

Perbandingan Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja AISI 1045 Pada Proses Quenching Dengan Variasi Media Pendingin Air dan Oli 10W

Windi Indryani^{*1}, Dr. Muhammad Hasan Albana, S.Pd.,M.T.^{*2}

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: windiindriani0709@gmail.com

Abstrak

Baja memiliki peran yang sangat penting di dunia industri. Salah satu jenis baja karbon menengah adalah baja AISI 1045 memiliki sifat yang mampu mengandung karbon sekitar 0,43%-0,50%. Tujuan perlakuan panas adalah menambah kekerasan, ketahanan aus dan kekuatan tarik. Salah satu cara meningkatkan kekerasan dengan melalui proses Quenching, yaitu proses pendinginan cepat dengan media pendingin Oli 10W dan media pendingin Air., menggunakan variasi pendingin air dan oli 10W, metode pengujian menggunakan alat Rockwell dan mikroskop optik. Dalam pengujian ini bertujuan untuk membandingkan sifat mekanik baja dan mikro struktur pada material baja AISI 1045 sehingga dapat diketahui hasil dari dua pengujian tersebut, membandingkan suhu holding time dengan penelitian terdahulu. Dalam pengujian mikro menggunakan mikroskop optik dengan lensa 50x setelah melakukan pengujian dapat disimpulkan hasil pengamatan dari mikro struktur bahwa perbedaan nilai kekerasan sesuai dengan perbedaan fasa terbentuk media pendingin air menghasilkan martensit karena pendinginan nya yang cepat, sedangkan oli terdapat campuran martensit halus dan bainit akibat pendinginan sedang dan pengujian tanpa media pendingin terdapat struktur ferrit dan pearlit akibat tanpa media pendingin. Sedangkan pengujian kekerasan pada baja AISI 1045 menggunakan Rockwell dengan block kalibrasi block set S/N 90 HRB yang mana hasil dari pengujian kekerasan disimpulkan nilai kekerasan paling tinggi yaitu 87,3 HRB setelah itu oli 10W 75,9 HRB dan tanpa media pendingin terendah 69,9 HRB dan hasil dari pengujian dari metode quenching media pendingin air lah unggul dalam kekerasan peningkatan mencapai 26% di bandingkan kekerasan tanpa media pendingin karena itu cepat mendorong terbentuknya martensit.

Kata kunci: Baja aisi 1045, Quenching air dan oli 10W, Rockwell, Struktur mikro

Abstract

Steel plays a crucial role in the industrial world. AISI 1045 is a type of medium-carbon steel with a carbon content ranging from approximately 0.43% to 0.50%. Heat treatment aims to enhance hardness, wear resistance, and tensile strength. One method to increase hardness is quenching—a rapid cooling process—using either 10W oil or water as the cooling medium. Testing involved the use of a Rockwell hardness tester and an optical microscope to compare the mechanical properties and microstructure of AISI 1045 steel under different cooling conditions and to compare holding temperatures with previous studies. Microstructural analysis using an optical microscope (50x magnification) revealed that variations in hardness values corresponded to the phases formed by the cooling media: water quenching produced martensite due to rapid cooling; oil quenching resulted in a mixture of fine martensite and bainite due to moderate cooling rates; and samples cooled without a medium exhibited ferrite and pearlite structures. Hardness testing was conducted using a Rockwell tester (calibrated with an S/N 90 HRB block set), yielding the following results: water quenching produced the highest hardness (87.30 HRB), followed by 10W oil (75.93 HRB), while the sample cooled without a medium showed the lowest hardness (69.9 HRB). Water quenching proved superior in increasing hardness—achieving a 26% increase compared to the unquenched sample—because the rapid cooling rate promoted the formation of the martensite phase.

Keywords: AISI 1045 steel, Water and oil quenching 10W, Rockwell, Microstructure

1. Pendahuluan

Baja memiliki peran yang sangat penting di dunia industri banyak rancangan komponen mesin pabrik memakai material tersebut sifat mekanik yang dimiliki material ini mampu untuk berbagai penggunaan lapangan di berbagai aplikasi. Efisiensi dan efektifitas dari baja tersebut menjadi pertimbangan pemilihan material sesuai pamakainya. [1] salah satu jenis baja karbon menengah adalah baja AISI 1045 yang mengandung karbon sekitar 0,43%-0,50%. [2] Baja AISI 1045 memiliki sifat yang mampu, sehingga banyak digunakan pada industri permesinan, Baja ini memiliki sifat tahan aus yang baik, yaitu menahan aus dari gesakan, beban dan tekanan. [3]

Salah satu untuk meningkatkan ketahanan material alternatifnya adalah dengan melakukan heat treatment atau perlakuan panas. Tujuan perlakuan panas menambah kekerasan, ketangguhan, dan kekuatan pada baja. [3] salah satu sifat mekanik yang sering ditingkatkan adalah kekerasan, ketahanan aus, dan kekuatan tarik. Yang penting pada komponen-komponen seperti poros, gear, alat potong dan elemen lainnya, salah satu cara untuk meningkatkan kekerasan dengan melakukan proses quenching. Quenching merupakan pendinginan cepat dari austenitisasi yang mengubah struktur mikro menjadi martensit, fasa supersaturasi yang keras dan rapuh. [4] jenis media pendingin yaitu oli, viskositas oli berkaitan karakteristik pendinginan jenis oli viskositas sedang adalah oli 10W digunakan karena memungkinkan pendinginan cepat, sehingga martensit terbentuk lebih banyak dan nilai kekerasan yang tinggi. [5] media pendingin air dapat mempertahankan nilai kekerasan baja saat di uji [1]

Holding time sangat mempengaruhi kekerasan saat proses heat treatment, waktu penahan yang terlalu singkat menyebabkan kekerasan rendah karena jumlah karbida terlarut tidak mencukupi dalam larutan, sedangkan waktu penahan lama menyebabkan perubahan mengikuti pertumbuhan butir yang menurunkan kekerasan [3] Struktur mikro merupakan butiran-butiran benda logam yang kecil dan tidak bisa dilihat dengan mata telanjang sehingga perlu mikroskop optik untuk melihat butiran-butiran logam. Analisis struktur mikro digunakan agar parameter struktur berada dalam spesifikasi tertentu dan menentukan perubahan dari struktur mikro akibat perlakuan panas atau komposisi. [6] Sifat mekanis baja merupakan kemampuan baja untuk menahan beban maupun gaya tanpa menyebabkan kekerasan pada benda tersebut. [7]

kode	C%	Si%	Mn%	Mo%	P%	S%
AISI 1045	0,4-0,45	0,1-0,3	0,60-0,90	0,025	0,025 max	0,05 max

Tabel 1. Komposisi baja AISI 1045 [8]

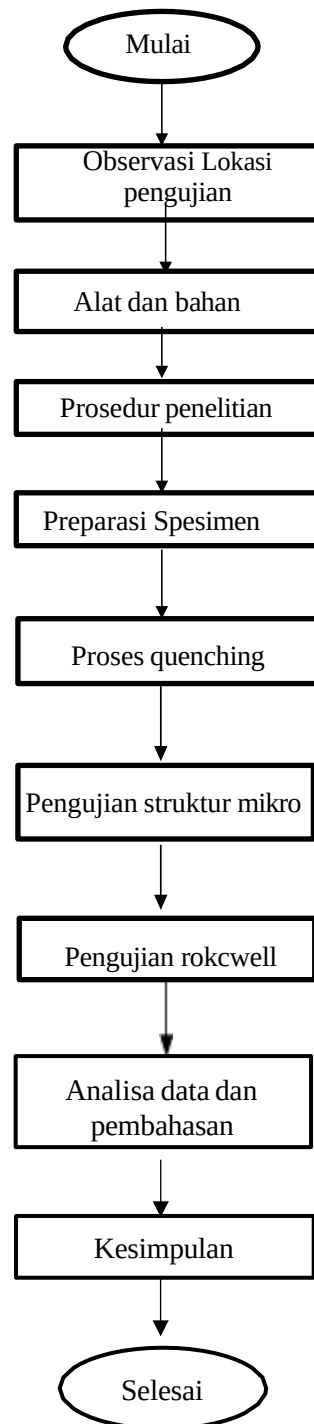
Pada penelitian terdahulu dilakukan perlakuan panas dengan variasi media pendingin air mineral dan oli SAE 20W-50, waktu penahanan 45 menit. Bagaimana pengaruh perlakuan panas terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada baja AISI 1045 yang di quenching pada media air dan oli. Hasil dari nilai kekerasan rata-rata pada media air adalah 89,35 HRC dan 49,90 HRC pada media oli, dari sebelum perlakuan panas yaitu 12,32 HRC. Struktur mikro didapatkan fasa martensit lebih mendominasi dari pada fasa perlit dan ferit. Dimana pengaruh pendingin air merupakan pendinginan yang relatif cepat dan oli dengan pendinginan yang lambat, dengan sifat mekanis dan fisis dari baja AISI 1045 [1] Batasan pada penelitian ini adalah material yang digunakan adalah baja AISI 1045 ukuran spesimen diameter 20 mm dan tebal 15 mm, dengan suhu 850 °C holding time 120 menit, menggunakan variasi pendingin air dan oli 10W-30, metode pengujian menggunakan alat rockwell dan mikroskop optik.

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Membandingkan sifat mekanik dan mikro struktur pada material baja aisi 1045 sehingga dapat diketahui dari hasil dari media pendingin tersebut.
2. Membandingkan suhu dan holding time dengan penelitian terdahulu.
3. Menguji material dengan jenis baja AISI 1045

2. Metodologi Penelitian

2.1 Diagram alir Penelitian



Gambar 1 diagram alir penelitian

Penelitian ini dimulai dari tahap persiapan material baja AISI 1045 pemotongan material menggunakan suhu 850 °C dan holding time 120 menit menggunakan furnace untuk tungku pemanas baja menggunakan mikroskop optik dan rockwell dengan skala HRB .

2.2 Oservasi Lokasi pengujian

Tempat penelitian di politeknik Negeri Batam Workshop 1 metalurgi.

• Alat dan bahan

1. Material baja AISI 1045		Baja aisi yang mengandung Karbon 0,43%-0,50%
2.Mesin furnace		Tungku pemananas saat melakukan pengujian dengan suhu 850 °C
3.alat uji rokcwell		Mesin yang menguji kekerasan dengan kalibrasi block 90 HRB
4.mikroskop optik		Merek olympus untuk melihat secara detail struktur mikro pada baja saat di lakukan pengujian
5.Mesin polisher		Mesin yang berfungsi untuk mempermudah saat mengaplas material
6.Alat pemotong besi		Alat yang berfungsi memotong material sebelum pengujian
7.Timer		Patokan waktu saat proses pemanasan material
8.Amplas		Penghalus material dari great 240,500,1000,1500,2000

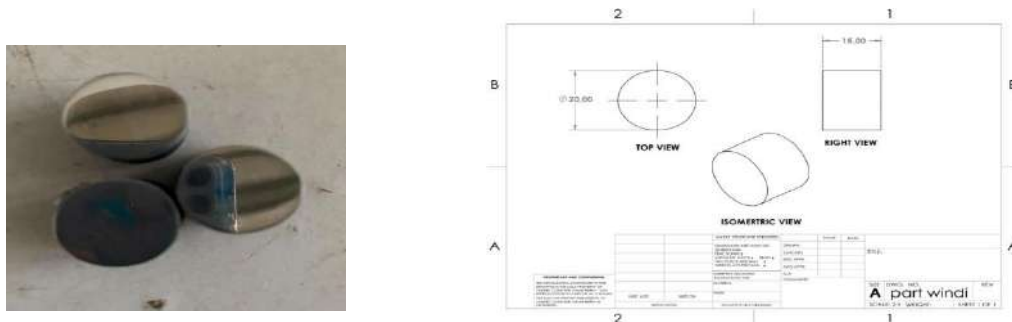
9.Oli 10W-30		Media pendingin pada saat pengujian proses quenching dengan viskositas rendah
10.larutan etsa		Meningkatkan kontras sebelum pengujian pada material uji
11.alkohol		Pembersih logam sebelum benda akan di uji
12.penejepit specimen		Alat yang mempermudah saat memindahkan material yang panas dari furnace
13.sarung tangan		Melindungi tangan dari panas material
13.Autosol		Pengkilap baja sebelum dilakukan pengujian
14 caliper		Sebagai alat ukur material agar sesuai dengan ukuran
15. Air		Media pendingin pada proses quenching

2.3 prosedur penelitian

Heat treatment adalah proses memperbaiki sifat mekanik dan struktur mikro pada suatu material logam yang bisa di tentukan sesuai kebutuhan. Heat treatment juga di pengaruhi oleh suhu pemanas, waktu tahan ,dan media pendingin, tujuan lainya perlakuan panas merubah sifat dari suatu material sesuai kebutuhan seperti peningkatan performa material karena bertambahnya karakteristik kekuatan dari material .[1]

2.4 spesimen baja AISI 1045

Dalam pengujian material yang akan di uji menggunakan baja AISI 1045 pengujian kekerasan dan struktur mikro dengan diameter 20 mm dan tebal 15 mm seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3 Gambar spesimen

2.5 Preparasi spesimen

Spesimen baja karbon di potong menggunakan mesin potong logam hingga sesuai dengan ukuran diameter 20 dan tebal 15, setiap permukaan spesimen di bersihkan dan di amplas dengan ukuran amplas 240,500,1000,1500,2000 serta dari kotoran minyak atau oksidasi untuk memastikan proses pemanasan berlangsung merata.

Siapkan semua bahan yang akan di gunakan dalam pengujian. Menghidupkan furnace dan mengkalibrasi furnace agar tidak terjadi kesalahan temperatur, spesimen dipanaskan dalam furnace hingga mencapai suhu 850 °C sehingga struktur mikro berubah sepenuhnya menjadi austenit, waktu tahan di tetapkan selama 120 menit pemanasan di lakukan secara bertahap untuk mencengah gradien suhu berlebih yang dapat menyebabkan distorsi

2.6 proses Quenching

Setelah melakukan proses tersebut spesimen dipindahkan dengan cepat dari furnace ke media pendingin sesuai variasi

- Media pendingin air spesimen dicelupkan ke air pada suhu kamar, pendinginan cepat ini di untuk menghasilkan martensit. Volume oli yang digunakan sebesar 1 liter untuk watu pencelupan hingga material tersebut dingin
- Media pendingin oli spesimen dicelupkan ke oli dengan suhu awal 28-30 °C, oli memberikan pendinginan berpotensi menghasilkan campuran martensit dan bainit. volume air yang digunakan 1 liter durasi pencelupan 30 menit samapai asap/gelembung hilang dan panas material hilang.
- Setelah melakukan variasi pendingin angkat lalu keringkan Proses ini dilakukan secara konsisten dengan durasi pencelupan yang beragam dan setiap spesimen di pegang menggunakan penjepit logam tahan panas untuk menghindari cedera



Gambar 4 media pendingin air dan oli

2.7 pengujian struktur mikro

1. Langkah pertama material harus di bersihkan menggunakan autosol dan sikat halus dengan kain lembut
2. Nyalakan tombol power pada mikroskop optik pada monitor
3. Mencilupkan etsa dan alkohol sebagai pembersih material
4. Lakukan pencelupan spesimen logam kedalam larutan etsa selama 3 detik dan alkohol selama 3 detik untuk menghilangkan lapisan atau bagian tertentu dari suatu material
5. Diatur pembesaran lensa yang akan digunakan umum nya di W1 menggunakan lensa 100x
6. Di posisikan spesimen pada area pengamatan mikroskop
7. Gambaran struktur mikro uji dapat di lihat pada layar monitor komputer maupun lensa dari mikroskop optik(ketika ingin melihat hasil uji layar monitor maka tarik tuas yang ada di sisi kanan mikroskop optik jika ingin melihat lensa mikroskop posisikan tuas seperti semula
8. Matikan tombol off setelah spesimen di uji.

2.8 pengujian kekerasan rockwell

1. tekan tombol power untuk menghidupkan rockwell
2. pastikan uji yang ditampilkan di layar telah sesuai dengan satuan dalam standar uji dan jenis material
3. ambil block 90 HRB untuk alat kalibrasi pada rockwell
4. kalibrasi material agar mengetahui apakah rockwell bermasalah atau tidak
5. letakkan material uji pendingin tanpa media pendingin di lakukan sebanyak 3 titik dekatkan material dengan indenter setelah itu dekatkan dan lihat hasilnya
6. letakkan material media pendingin air pendingin di lakukan sebanyak 3 titik dekatkan material dengan indenter setelah itu dekatkan dan lihat hasilnya
7. letakkan material material pendingin oli di lakukan sebanyak 3 titik dekatkan material dengan indenter setelah itu dekatkan dan lihat hasilnya
8. setelah mendapatkan kekerasan matikan mesin rockwell tersebut.

3.0 Analisa Data dan Pembahasan

Pengujian dilakukan untuk membandingkan nilai kekerasan dan struktur mikro baja AISI 1045 hasil proses quenching pada tiga variasi media pendingin, yaitu tanpa media pendingin, air, dan oli 10W-30, dengan parameter suhu austenisasi 850 °C dan holding time 120 menit. Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell dan hasil pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik disajikan dan dibahas pada sub-bab berikut

Gambar dari data uji spesimen pada metode rockwell



Gambar5 pengujian spesimen tanpa media pendingin



Gambar 6 : Pengujian spesimen dengan Air



Gambar 7 : Pengujian Spesimen dengan Oli

2.2 Pembahasan hasil pengujian kekerasan rockwell

Dari hasil pengujian dalam metode rockwell pada gambar di atas terdapat perbedaan variasi dari media pendingin nilai kekerasan spesimen media pendingin air menunjukkan kekerasan paling tinggi dengan rata-rata 87,3 HRB (85,6HRB 87,8 HRB dan 88,5 HRB) peningkatan mencapai 26% di bandingkan kekerasan tanpa media pendingin karena itu cepat mendorong terbentuknya fasa martensit sementara media pendingin oli dengan rata – rata kekerasan 75.9 HRB (76,3HRB , 77,1HRB, dan 74,1 HRB) nilai kekerasan nya lebih tinggi di bandingkan tanpa media pendingin karena oli memiliki viskositas yang menyebabkan pendinginan lebih lambat di bandingkan air sehingga martensit tidak terbentuk sepenuhnya

Spesimen tanpa media pendingin menghasilkan rata-rata terendah 69,9 HRB dengan pengukuran 3 titik (68,1 HRB 68,7 HRB dan 70,1 HRB) bahwa tanpa media pendingin mengalami pendinginan lambat sehingga bertransformasi menjadi pearlit dan ferrit yang bersifat lunak

Hasil pengujian kekerasan rockwell ini dapat di lihat bahwa media pendingin air memberikan efek kekerasan paling optimal pada baja aisi 1045 setelah itu oli10W, sedangkan tanpa media pendingin kekerasan nya paling rendah

Metode Pengujian	ASTM E18-15 — Standard Test Methods for Rockwell Hardness Testing of Metallic Materials
Tanggal Pengujian	17 Juli 2026
Kode Spesimen	51R – 53R
Keterangan Spesimen	Baja AISI 1045
Alat Uji	Mitutoyo Rockwell Hardness Tester, Model HR-400, S/N 300061911
Kalibrasi Alat	Block Set B, S/N 90 HRB

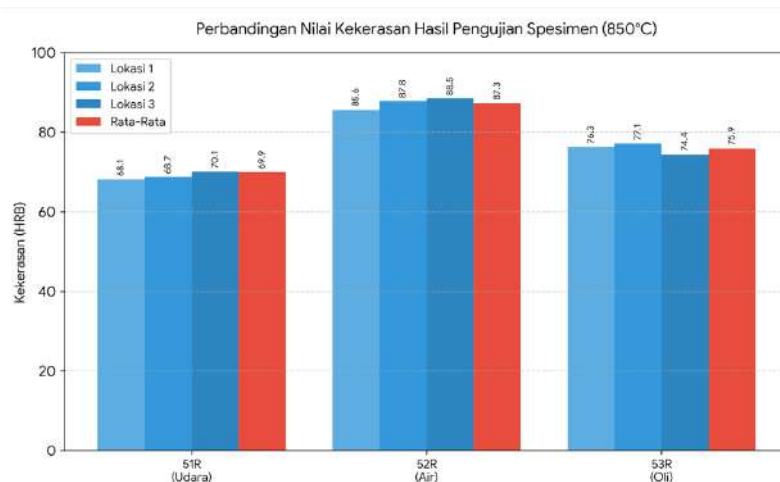
Tabel 2 spesifikasi material

Kode Spesimen	Temperature	Media Pendinginan	Test Location (HRB)			Rata-Rata (Average) (HRB)
			1	2	3	
51R	850°C	Udara	68,1	68,7	70,1	69,9
52R		Air	85,6	87,8	88,5	87,3
53R		Oli	76,3	77,1	74,4	75,9

Tabel 3 perbandingan hasil uji setelah quenching

Media pendingin	Kekerasan brinell HB	Rockwell B-HRB	Vickers-HV
Air	81	41	85

Tabel 4 konversi brinell ke rockwell



Gambar 8 : Diagram nilai kekerasan rata-rata (HRB)

Hasil pengujian kekerasan Rockwell menunjukkan perbedaan yang signifikan antar variasi media pendingin. Spesimen dengan media pendingin air menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dengan rata-rata 87,3 HRB (85,6 HRB; 87,8 HRB; dan 88,5 HRB), meningkat sekitar 26% dibandingkan spesimen tanpa media pendingin. Hal ini disebabkan oleh laju pendinginan air yang sangat cepat, sehingga mendorong terbentuknya fasa martensit secara dominan.

Spesimen dengan media pendingin oli 10W-30 menghasilkan rata-rata kekerasan 75,9 HRB (76,3 HRB; 77,1 HRB; dan 74,4 HRB), lebih tinggi dibandingkan spesimen tanpa media pendingin, tetapi lebih rendah dibandingkan spesimen dengan media air. Oli memiliki viskositas yang menyebabkan laju pendinginan lebih lambat dibandingkan air, sehingga transformasi austenit menjadi martensit tidak berlangsung sepenuhnya.

Spesimen tanpa media pendingin menghasilkan nilai kekerasan rata-rata terendah, yaitu 69,9 HRB (68,1 HRB; 68,7 HRB; dan 70,1 HRB). Laju pendinginan yang lambat pada kondisi ini menyebabkan austenit bertransformasi menjadi ferrit dan pearlit, yang bersifat lebih lunak dibandingkan martensit.

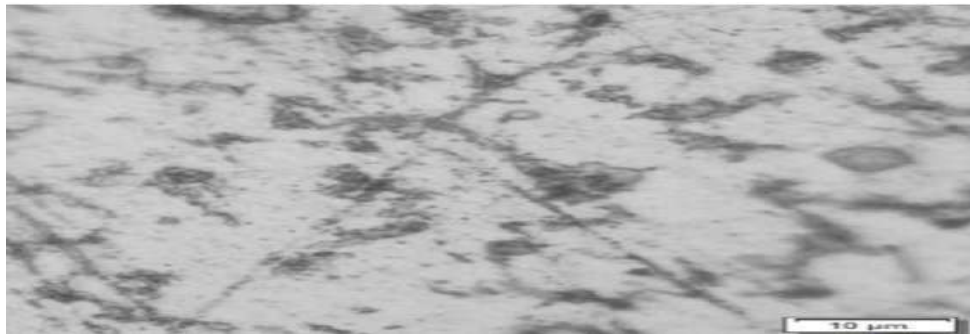
Berdasarkan hasil pengujian kekerasan Rockwell tersebut, dapat disimpulkan bahwa media pendingin air memberikan efek pengerasan paling optimal pada baja AISI 1045, diikuti oleh oli 10W-30, sedangkan kondisi tanpa media pendingin menghasilkan kekerasan paling rendah.

Dari hasil pengujian tersebut air memiliki kekerasan yang paling tinggi karena dipengaruhi viskositas, dan densitas pada baja selain itu Fase Delta H369 pada pendingin air menyebabkan pelepasan panas secara instan tanpa penghalang uap, sehingga menghasilkan kekerasan martensit yang maksimal namun memperbesar risiko logam retak atau melengkung akibat tegangan sisa yang tinggi.

2.3 Hasil pengujian mikro struktur

Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100x pada ketiga variasi spesimen, yaitu tanpa media pendingin, air, dan oli 10W-30. menggunakan standart ASTM E3/E407

Dari hasil observasi menggunakan oli 10 w-30



Gambar 8 menggunakan oli 10W

Oli 10W-30 memiliki viskositas rendah, tetapi laju pendinginannya tetap lebih lambat dibandingkan air. Laju pendinginan yang ini tidak secepat air, namun jauh lebih cepat dibandingkan udara menyebabkan austenit tidak sempat bertransformasi seluruhnya menjadi martensit, sehingga terbentuk campuran dua fasa, yaitu martensit halus yang tampak sebagai area gelap berbentuk jarum-jarum tipis pada bagian yang mengalami pendinginan cukup cepat, dan bainit yang tampak sebagai area gelap menggumpal (feathery), terbentuk karena sebagian austenit bertransformasi pada rentang suhu menengah sebelum mencapai suhu M_s (martensite start).

Campuran fasa inilah yang menyebabkan kekerasan spesimen dengan media oli (rata-rata 75,9 HRB) berada di antara spesimen tanpa media pendingin (69,9 HRB, struktur ferrit dan pearlit yang lunak) dan spesimen dengan media air (87,3 HRB, struktur martensit dominan).

Data hasil penelitian tanpa media pendingin



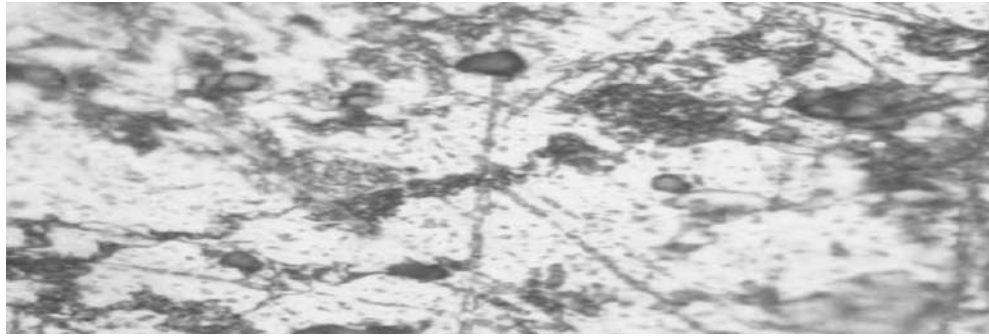
Gambar : 9 Tanpa Media Pendingin Oli dan Air:

Tanpa media pendingin, spesimen hanya didinginkan oleh udara bebas sehingga laju pendinginannya sangat lambat, jauh di bawah laju kritis yang dibutuhkan untuk membentuk martensit. Kondisi ini menyebabkan austenit bertransformasi secara difusional (bukan secara geser seperti pada pembentukan martensit) menjadi ferrit, yaitu fasa lunak berkadar karbon rendah yang tampak sebagai area terang, dan pearlit, yaitu campuran lamelar ferrit dan sementit (Fe_3C) yang tampak sebagai area gelap bergumpal.

Struktur ini merupakan struktur dasar baja karbon menengah dalam kondisi normalizing/annealing, tanpa mengalami

proses pengerasan. Hal ini sejalan dengan nilai kekerasan yang diperoleh, yaitu paling rendah di antara ketiga variasi (rata-rata 69,9 HRB), karena ferrit dan pearlit jauh lebih lunak dibandingkan martensit maupun campuran martensit-bainit.

Data hasil penelitian air



***Gambar: 10** Hasil Uji dari Air.*

Air memiliki laju pendinginan paling cepat di antara ketiga media yang diuji, jauh melampaui laju pendinginan kritis baja AISI 1045. Pendinginan yang berlangsung sangat cepat ini menyebabkan austenit tidak sempat bertransformasi secara difusional menjadi ferrit/pearlit maupun bertahan pada fase bainit, melainkan langsung bertransformasi secara displasif (geser) menjadi martensit, yaitu fasa supersaturasi karbon yang keras dan getas, dengan morfologi khas berupa jarum-jarum (lath/plate martensite) yang saling silang seperti terlihat pada Gambar 10.

Kepadatan dan kehalusan struktur jarum martensit inilah yang membuat spesimen dengan media air memiliki kekerasan tertinggi di antara ketiga variasi (rata-rata 87,3 HRB, meningkat sekitar 26% dibandingkan spesimen tanpa media pendingin), karena martensit secara intrinsik jauh lebih keras dibandingkan ferrit/pearlit maupun campuran martensit-bainit.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen, pengujian kekerasan metode Rockwell (skala HRB), dan analisis struktur mikro pada baja AISI 1045 dengan parameter pemanasan suhu 850 °C dan holding time 120 menit, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Pengaruh Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan (Sifat Mekanik):

- Variasi media pendingin berpengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai kekerasan baja AISI 1045.
- Media pendingin Air menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dengan rata-rata 87,3 HRB, mengalami peningkatan kekerasan sebesar 26% dibandingkan spesimen tanpa media pendingin (udara).
- Media pendingin Oli 10W-30 menghasilkan nilai kekerasan rata-rata 75,9 HRB, lebih tinggi dari pendinginan udara tetapi lebih rendah dari air.
- Spesimen Tanpa Media Pendingin (Udara) menghasilkan nilai kekerasan terendah dengan rata-rata 69,9 HRB.

Pengaruh Laju Pendinginan Terhadap Perubahan Struktur Mikro (Fasa):

- Media Air: Laju pendinginan yang sangat cepat melampaui laju kritis, sehingga mendorong terbentuknya fasa martensit secara dominan berstruktur jarum (lath/plate martensite) yang keras dan getas.
- Media Oli 10W-30: Laju pendinginan sedang memicu terbentuknya fasa campuran antara martensit halus dan bainit.
- Tanpa Media Pendingin (Udara): Laju pendinginan lambat menyebabkan austenit bertransformasi secara difusional membentuk struktur fasa ferrit dan pearlit yang bersifat lebih lunak.

Daftar Pustaka

- [1] A. A. H. V. et al. N. Sukarno, "Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro," vol. 5, no. 1, pp. 140–144, 2025.
- [2] Andre Wijaya, Anal. Kekerasan Dan Ketahanan Aus Baja AISI 1045 Akibat Heat Treat. Untuk Apl. Sprocket Gear, vol. 11, pp. 75–80, 2023.
- [3] N. A. Sukarno, A. Azis, H. Vebriyadi, and C. B. K. Sampurno, "Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Sifat Kekerasan Baja Aisi 1045 Pada Proses Heat Treatment Dengan Media Pendingin Oli," *Perwira J. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 78–80, 2024.
- [4] S. N. K. Andrianto, T. Andromeda, M. I. N. Sasongko, and C. Yazirin, "Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja Karbon: Studi Eksperimental Pada Variasi Quenching Media," *J. Ind. Eng. Technol. Innov.*, vol. 3, no. 2, pp. 101–106, 2025.
- [5] S. Alfarisyi, S. Syamsuar, and J. Jufriadi, "Pengaruh Proses Heat Treantment Dengan Media Quenching Oli Terhadap Kekerasan Struktur Mikro Baja Karbon Menengah Aisi 1045," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 9, no. 2, p. 108, 2025.
- [6] F. Yusman, "PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES QUENCHING TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKUR MIKRO BAJA AISI 1045 Oleh FAKHRIZAL YUSMAN," *Skripsi*, vol. 1045, 2018.
- [7] R. Rahmadani et al., "Pengaruh Hardening Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Baja AISI 1045," *J. JMMME*, vol. 1, no. 2, p. 14, 2020.
- [8] T. Struktur, M. Dan, K. Tarik, and T. Strength, "Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha," vol. 8, no. 2, pp. 86–93, 2020, doi: 10.23887/jptm.v8i2.27772.