

# Pengaruh Hardening Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Baja AISI 1045

R. Rahmadani, A. Hidayat, M.Y. Fadri, A.R. Syaputra, E.P.S. Haprabu, V.A. Nugroho, B. Goin, S. Arifin, S. Djiwo

Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
e-mail: [riskyrahmadani051011@gmail.com](mailto:riskyrahmadani051011@gmail.com)

## Abstrak

Baja AISI 1045 termasuk dalam kategori baja karbon sedang dengan kandungan karbon berkisar 0.42-0.50% yang sering digunakan pada komponen permesinan. Aplikasi tersebut membutuhkan material dengan karakter yang memenuhi persyaratan untuk mendapatkan fungsi maksimal dalam penggunaannya. Perlakuan panas yang tepat merupakan upaya untuk memperoleh sifat mekanis yang diinginkan. Pada penelitian ini baja AISI 1045 dipanaskan dengan temperatur 840°C selama 30 menit, selanjutnya pendinginan cepat dengan oli SAE 20W-40 pada wadah terbuka. Penelitian ini menguji struktur mikro, kekerasan Rockwell skala C, serta kekuatan tarik pada sampel sebelum perlakuan panas dan setelah perlakuan panas. Hasil penelitian yang diperoleh pada pengujian struktur mikro sebelum perlakuan panas berupa fasa perlit dan ferit, setelah perlakuan panas menjadi martensit, perlit dan ferit, sedangkan pengujian nilai kekerasan meningkat sebesar 44.67% dari 15.67 HRC menjadi 22.67 HRC, dan pada pengujian kekuatan tarik maksimum menghasilkan peningkatan sebesar 34.26% dari 765.73 N/mm<sup>2</sup> menjadi 1028.1 N/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** perlakuan panas hardening, struktur mikro, sifat mekanis, baja AISI 1045.

## Abstract

AISI 1045 steel is included in the category of carbon steel with carbon content of 0.42-0.50% which is often used in machining components. The application requires materials with characters that meet the requirements to get the maximum functionality in their use. Proper heat treatment is a benefit derived from the desired mechanical properties. In this study, AISI 1045 steel was heated to 840°C for 30 minutes, then quenching with SAE 20W-40 oil in an open container. This study discusses microstructure, Rockwell scale C, and tensile strength of samples before heat treatment and after heat treatment. The results obtained in the micro test before heat treatment consisted of pearlite and ferrite phases, after heat treatment into martensite, pearlite and ferrite, while hardness testing the value increased by 44.67% from 15.67 HRC to 22.67 HRC, and for tensile strength testing maximum by 34.26% from 765.73 N/mm<sup>2</sup> to 1028.1 N/mm<sup>2</sup>.

**Keywords:** hardening heat treatment, microstructure, mechanical properties, AISI 1045 steel.

## 1 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi bahan dan rekayasa teknologi memberikan dampak pada perubahan penggunaan material. Dalam dunia industri seringkali menggunakan logam sebagai bahan utama operasional atau bahan baku produksi. Pembuatan alat komponen mesin membutuhkan material yang memenuhi persyaratan sesuai dengan fungsi atau kegunaannya. Pada aplikasinya, masalah yang sering terjadi pada baja terhadap komponen otomotif adalah keterbatasan masa pemakaian yang tidak

sesuai dengan desain perhitungan awal akibat dari pengaruh gaya luar berupa tegangan gesek dan pembebanan berlebih. Oleh karena itu dibutuhkan perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja.

Perlakuan panas pada baja bertujuan untuk menghilangkan tegangan dalam, memperkecil dan memperbesar butir, meningkatkan ketangguhan, meningkatkan kekerasan serta meningkatkan kekuatan tarik baja, dan sebagainya (Purnomo, 2017). Salah satu metode perlakuan panas pada baja adalah pengerasan (*hardening*). Hardening merupakan proses perlakuan panas pada baja

hingga temperatur di atas maupun di daerah kritis, kemudian dilakukan pendinginan secara cepat.

Mengkaji hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait baja AISI 1045 bahwa laju pendinginan berperan penting dalam pembentukan struktur mikro dan sifat mekanis. Alwarits, dkk (2014) menyebutkan bahwa urutan media pendingin yang memberikan peningkatan nilai kekerasan tertinggi yaitu menggunakan media air garam, air, kemudian oli. Peningkatan kekerasan disebabkan terbentuk struktur martensit pada baja yang diakibatkan dari pendinginan cepat. Pendinginan dengan media air garam dan air, laju pendinginan terjadi lebih cepat dibanding dengan media oli, namun terdapat kelemahan apabila menggunakan media pendingin air garam dan air, yaitu menyebabkan kecenderungan material mengalami resiko keretakan dan getas.

Widodo dan Huda (2016) memperoleh peningkatan nilai kekerasan tertinggi dengan menggunakan holding time 30 menit dibandingkan 10 menit dan 20 menit. Hal ini diakibatkan pada waktu penahanan yang pendek terjadinya pembentukan martensit masih belum sempurna, sedangkan pada waktu penahanan yang lebih lama memberikan waktu yang cukup untuk pembentukan struktur kristal yang seragam dan lebih teratur.

Penelitian ini membahas tentang pengaruh perlakuan panas hardening terhadap struktur mikro dan sifat mekanis baja AISI 1045 menggunakan media pendingin oli SAE 20W-40 dan waktu penahan selama 30 menit. Suhu pemanas yang digunakan sebesar 840°C merujuk pada ISO C45 Handbook of Heat Treatment of Metals.

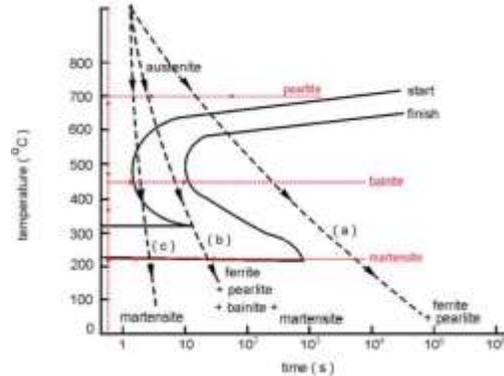
## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perlakuan Panas Hardening

*Hardening* adalah proses perlakuan panas pada baja hingga suhu di daerah atau di atas daerah kritis, kemudian dilakukan pendinginan secara cepat. Untuk suhu pemanasan yang digunakan dengan cara menyesuaikan kadar karbon pada baja dengan diagram fasa besi-karbida besi (Purnomo, 2017). Setelah baja ditahan untuk jangka waktu tertentu, kemudian didinginkan dalam air atau oli, tergantung pada jenis baja. Ketika spesimen berada dalam bak pendingin, kedua komponen dan media pendinginan harus tetap bergerak untuk meningkatkan efek pendinginan dan untuk mencegah bagian lunak. Oli harus bebas dari air dan harus dijaga dalam kondisi bebas (Zakharov, B., 1962).

Pada *continuous cooling transformation diagram* yang ditunjukkan pada Gambar 1 merupa-

kan pengaruh kecepatan pendinginan menerus terhadap struktur mikro yang terbentuk.



**Gambar 1.** Continuous cooling transformation diagram

### 2.2 Struktur Mikro

Struktur mikro merupakan gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang diamati melalui teknik metalografi. Berbagai macam unsur ditemukan dalam baja karbon dan paduan, seperti: fasa ferit, fasa sementit, fasa martensit, fasa perlit, dan fasa bainit. Unsur paduan pada baja berpengaruh pada pembentukan fasa dalam struktur mikro. Untuk menggambarkan struktur mikro, perlu untuk mengidentifikasi konstituen yang ada (*ASM Handbook Vol. 9 Metallography and Microstructure*). Penilaian struktur mikro yang benar tergantung pada persiapan spesimen metalografi yang tepat, yang dimulai dari *sectioning, mounting (optional), grinding, polishing, microetching*. Metode perhitungan struktur mikro baja dapat merujuk pada ASTM E-562, dengan rumus:

$$P_{Ms} = \frac{Q_{Ms}}{Q_o} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

PMs() = Persentase struktur mikro tertentu (%)

QMs() = Jumlah kotak struktur mikro tertentu (%)

Qo() = Jumlah keseluruhan kotak

### 2.3 Sifat Mekanis

Sifat mekanis baja adalah kemampuan suatu baja untuk menahan beban maupun gaya tanpa menimbulkan kerusakan pada benda tersebut. Beban-beban tersebut umumnya berupa beban puntir, tarik, tekan, bengkok, geser dan beban kombinasi (Purnomo, 2017). Pembebanan pada material terdiri dari beban statis yang tidak dipengaruhi oleh fungsi

waktu dan beban dinamis yang dipengaruhi oleh fungsi waktu. Sifat mekanis dapat diketahui melalui pengujian mekanis yang pada dasarnya pengujian mekanis bersifat merusak (*destructive test*). Hasil pengujian berupa data maupun kurva yang mencirikan keadaan dari material baja yang diuji (Sari, N., H., 2018).

### 2.3.1 Kekuatan Tarik

Untuk bentuk baja yang akan diuji kekuatan tariknya dapat merujuk ASTM A370 (*Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*). Berikut ini merupakan syarat nilai minimal kekuatan tarik yang dibutuhkan pada aplikasi sesuai dengan standar ISO: 898- 1.

### 2.3.2 Kekerasan Rockwell

Pada metode kekerasan *Rockwell* memiliki beberapa skala yang berbeda tergantung dari penggunaan indenter yang diinginkan. Jenis indenter terdiri dari kerucut intan dan bola baja yang dikeraskan dengan ukuran 1/16, 1/8, 1/4, dan 1/2 inci. Indenter berlian digunakan untuk material yang lebih keras dengan skala C.

## 2.4 Baja AISI 1045

Baja paduan AISI 1045 termasuk dalam kategori baja karbon menengah yang memiliki kadar karbon 0,42-0,50%. Kandungan baja karbon medium ini memungkinkan untuk dikeraskan menggunakan perlakuan panas dengan tujuan untuk membentuk struktur mikro martensit bersifat keras. Struktur baja AISI 1045 terdiri dari perlit dan sedikit ferit.

**Tabel 1.** Unsur Paduan Baja AISI 1045

Carbon (C)	Manganese (Mn)	Silicon (Si)
0.45%	0.70%	0.30%
<b>Total 1.45%</b>		

(Sumber: PT. Paragon Spesial Metal)

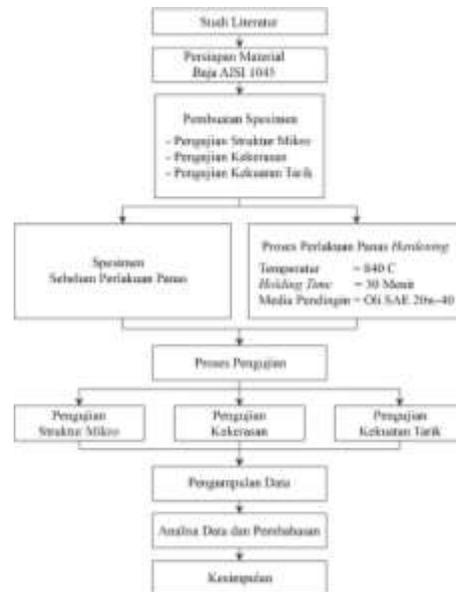
Baja AISI 1045 diaplikasikan secara luas untuk *pin, crank shafts, gears, spindle*, baut, sekrup, *push-rods, punchings, hub, camshaft, gear shafts*, kopling *disk* dan komponen lain untuk kendaraan bermotor, kereta api, poros lokomotif, dan khususnya untuk roda gigi dalam peralatan mesin untuk menurunkan

biaya dan meningkatkan produktivitas (Prabudhev, K., H., 1988).

## 3 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Baja AISI 1045 dibeli di PT. Paragon Spesial Metal dan pembuatan sampel dilaksanakan di Laboratorium Manufaktur Produksi ITN Malang, dimana sampel pengujian tarik merujuk pada ASTM A370.

Proses perlakuan panas *hardening* dilakukan di Laboratorium Metalurgi Universitas Negeri Malang. Pada pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan Politeknik Negeri Malang, pengujian kekerasan *Rockwell* di Laboratorium Uji Logam Universitas Merdeka Malang, dan pengujian kekuatan tarik dilaksanakan di Laboratorium Universitas Negeri Malang. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram alir penelitian

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Struktur Mikro

Sampel yang diuji adalah sampel sebelum perlakuan panas dan setelah perlakuan panas. Setelah proses *grinding, polishing*, dan *etching* menggunakan etsa Nital 5% dan *Alcohol* 95%, pengamatan struktur mikro dengan bantuan mikroskop menggunakan perbesaran 200x.

Gambar 3 merupakan struktur mikro pada sampel sebelum perlakuan panas, dimana material terbentuk dari hasil proses pengerolan (*hot rolling*) dan didinginkan dengan udara hingga suhu ruang yang memperlihatkan fasa perlit (gelap) dan ferit (terang), dengan ukuran butiran kristal besar-besar (kasar), menandakan bahwa kekerasan sedang (kadar karbon < 0,50%). Pada Gambar 4 memperlihatkan struktur mikro sampel setelah perlakuan panas *hardening* dengan temperatur 840°C selama 30 menit dan didinginkan pada media oli SAE 20W-40, diperoleh fasa martensit, (berbentuk jarum), ferit (putih), dan perlit (hitam).

Penyebab hilangnya perlit kasar disebabkan oleh pemanasan hingga suhu austenisasi 840°C, pada suhu austenisasi tersebut fasa awal yang berupa perlit akan berubah menjadi daerah austenisasi yaitu daerah dimana semua karbon bebas larut dalam logam, pemerataan daerah austenisasi dari perlit tergantung dari lamanya waktu penahanan (*holding time*) selama mempertahankan waktu penahanan suhu austenisasi tersebut, maka ferit akan berkesempatan untuk masuk kedalam butir-butir austenit (Reksotenoyo, 1992). Fasa martensit menurut diagram CCT (Gambar 1) terbentuk akibat pendinginan cepat menggunakan media oli dari austenit 840°C sampai dengan suhu berkisar di bawah 225°C pada garis kurva B, yang berakibat pada terjebak-nya atom karbon (tidak sempat berdifusi) se-hingga terjadi peregangan kisi dari struktur BCC (*Body Centered Cubic*) yang seharusnya ter-bentuk (ferit) menjadi martensit yang berstruktur BCT (*Body Centered Tetragonal*). Semakin banyak martensit yang terbentuk, maka spesimen tersebut memiliki sifat keras dan getas.



**Gambar 3.** Struktur mikro baja aisi 1045 sebelum perlakuan panas etsa: nital 5% dan *alcohol* 95%, persentase: fasa perlit 80.48% dan ferit 19.52%, perbesaran 200x



**Gambar 4.** Struktur mikro baja aisi 1045 setelah perlakuan panas etsa: nital 5% dan *alcohol* 95%, persentase fasa: martensit 35.45%, ferit 45.67%, dan perlit 18.88%, perbesaran 200x

#### 4.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell* skala C dengan beban mayor 150 kg dan beban minor 10 kg, serta indentor berupa *diamond cone*. Hasil nilai kekerasan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data Hasil Pengujian Kekerasan

Spesimen	Titik Uji			Rerata (HRC)
	1	2	3	
Sebelum Perlakuan Panas	17	15	15	15.67
Setelah Perlakuan Panas	22	21	25	22.67

Dari hasil pengujian kekerasan, didapatkan rerata 15.67 HRC pada sampel sebelum perlakuan panas dan 22.67 pada sampel setelah perlakuan panas. Terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 44.67%, disebabkan perubahan dari fasa perlit dan ferit menjadi fasa martensit. Pembentukan martensit terjadi akibat dari terperangkapnya atom karbon (tidak sempat berdifusi). Pembentukan struktur martensit kurang merata dikarenakan laju pendinginan oli tidak secepat media pendingin air maupun air garam, sehingga sebagian austenit sisa menjadi ferit dan perlit, volume media pendingin dan kadar karbon juga berpengaruh pada pembentukan fasa martensit (Alwarits, dkk., 2014).

#### 4.3 Pengujian Kekuatan Tarik

Data hasil pengujian kekuatan tarik maksimum dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai kekuatan tarik maksimum pada sampel sebelum perlakuan panas

sebesar 765.73 N/mm<sup>2</sup> dan setelah perlakuan panas sebesar 1028.1 N/mm<sup>2</sup>, memperoleh peningkatan kekuatan tarik maksimum sebesar 34.26%. Fasa martensit yang terbentuk pada sampel uji tarik setelah perlakuan panas baja sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik maksimum baja (Rendi, dkk., 2016). Nilai kekuatan tarik maksimum berbanding lurus dengan nilai kekerasan, apabila nilai kekerasan tinggi maka nilai yang didapat-kan pada kekuatan tarik maksimum juga tinggi (Yunaidi dan Harnowo, 2015).

**Tabel 4.** Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Spesimen	Sampel	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )
Sebelum Perlakuan Panas	1	768.5
	2	771.7
	3	757.0
<b>Rerata</b>		765.3
Setelah Perlakuan Panas	1	1042.8
	2	1115.3
	3	926.2
<b>Rerata</b>		1028.1

## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, antara lain:

- Sebelum perlakuan panas menghasilkan fasa perlit 80.48% dan ferit 19.52% dengan nilai kekerasan sebesar 15.67 HRC dan nilai kekuatan tarik maksimum sebesar 765.73 N/mm<sup>2</sup>.
- Setelah perlakuan panas menghasilkan fasa martensit 35.45%, ferit 45.67%, dan perlit 18.88% dengan nilai kekerasan sebesar 22.67 HRC dan nilai kekuatan tarik maksimum 1028.1 N/mm<sup>2</sup>.
- Hal-hal yang memengaruhi perubahan struktur mikro yaitu unsur paduan baja, proses perlakuan panas, laju pendinginan dan volume media pendinginan.
- Untuk peningkatan kekerasan dan kekuatan tarik dipengaruhi oleh unsur karbon, pendinginan cepat, dan struktur mikro.

## 6 DAFTAR PUSTAKA

Alwarits, A., Daswarman, D., & Nasir, M. 2014. Pengaruh Media Pendingin pada Proses *Harden-*

*ing* terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Sedang. *Automotive Engineering Education Journals*, 2(2).

ASTM International. ASTM A370 *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*.

ASTM International. ASTM E562 *Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count*.

Prabhudev, K. 1988. *Handbook of Heat-Treatment of Steels*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education.

Purnomo. 2017. *Material Teknik*. Malang: CV. Seribu Bintang.

Reksotenoyo, H. 1992. *Teknologi Cor Gravity: Teori Dasar dan Aplikasi*. Jakarta.

Rendi, O., Burhan, A., & Darlius, D. 2016. Pengembangan Pengaruh Perlakuan Panas terhadap Kekuatan Tarik Baja Paduan ASSAB *Machinery Steels 760* dan Kontribusinya terhadap Pembelajaran di SMK. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 3(1), 38-43.

Sari, N., H. 2018. *Material Teknik*. Yogyakarta: Deepublish CV. Budi Utama.

Widodo, E., & Huda, M. 2016. Optimasi  *Holding Time* untuk Mendapatkan Kekerasan Baja S45C. *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 1(1).

Yunaidi & Harnowo, S. 2015. Pengaruh Viskositas Oli sebagai Cairan Pendingin terhadap Sifat Mekanis pada Proses *Quenching* Baja ST 60. *Jurnal Teknik*, 5(1), 57-63.

Zakharov, B. 1962. *Heat Treatment of Metals*. Moscow: Peace Publisher.