

## ANALISA PENGARUH HARDENING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA S45C

*Sigit Yulianto*

*Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta  
yuliantosigit9@gmail.com*

### Abstrak

Sesuai dengan namanya, perlakuan panas *hardening* dimaksudkan untuk meningkatkan kekerasan baja. Ciri utama perlakuan panas *hardening* adalah dengan membentuk fase martensite, yang dapat diamati pada struktur mikro, yang mempunyai karakteristik kekerasan yang tinggi. Fase martensite, umumnya terbentuk akibat pendinginan cepat setelah baja dipanaskan sampai temperatur terbentuknya austenite. Pada penelitian ini dilakukan perlakuan panas terhadap baja S45C dengan cara memanaskannya sampai dengan 840°C, kemudian ditahan pada temperatur tersebut selama 30 menit, kemudian didinginkan secara cepat pada larutan air garam (air + 10% garam). Spesimen kemudian dilakukan pengujian kekerasan, ketangguhan dan struktur mikro. Pengujian kekerasan, ketangguhan dan struktur mikro juga dilakukan terhadap spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas. Hasil-hasil pengujian kedua spesimen tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas *hardening* terhadap ketiga parameter pengujian tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kekerasan akibat perlakuan panas ini yaitu dari 192 HB menjadi 131 HB, dan terjadi peningkatan ketangguhan dari 1,094J/mm<sup>2</sup> menjadi 1,927J/mm<sup>2</sup>. Penurunan kekerasan akibat perlakuan panas *hardening* merupakan anomali dari tujuan dilakukannya perlakuan panas *hardening*. Namun penurunan kekerasan ini terkonfirmasi dari uji struktur mikro, dimana tidak terbentuk struktur martensite akibat perlakuan. Kemungkinan besar terjadi proses *decarburization* atau penurunan kadar karbon pada permukaan baja, namun hal ini tidak diuji pada penelitian ini.

Kata kunci : perlakuan panas, *hardening*, kekerasan, ketangguhan, *martensite*.

### 1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangannya, kebutuhan material pada dunia industri menjadi sangat penting dan beragam. Setiap *part* atau konstruksi mekanik memerlukan material dengan karakteristik yang spesifik. Baja adalah salah satu material yang paling banyak digunakan untuk konstruksi mekanik. Keunggulan baja adalah sifat mekaniknya yang dapat direkayasa sesuai kebutuhan *part* atau konstruksi mekanik, hal ini menjadikannya sebagai pilihan yang tepat. Perlakuan panas adalah salah satu cara untuk merekayasa sifat mekanik baja dengan memainkan temperatur pemanasan sampai terbentuknya fase austenite dan memainkan laju pendinginannya.

Beberapa tujuan dari perlakuan panas pada baja adalah untuk menghilangkan tegangan dalam, memperkecil atau memperbesar butir, meningkatkan ketangguhan, meningkatkan kekerasan, serta meningkatkan kekuatan tarik baja, dan sebagainya (Avner, 2010). Salah satu metode perlakuan panas yang banyak dilakukan adalah *hardening*. *Hardening* merupakan proses perlakuan panas dengan memanaskan

baja sampai dengan terbentuknya fase *austenite*, kemudian ditahan selama waktu tertentu, dan selanjutnya didinginkan dengan cepat sehingga terbentuk fase *martensite*, dan dengan terbentuknya *martensite*, baja akan meningkat kekerasannya (Avner, 2010).

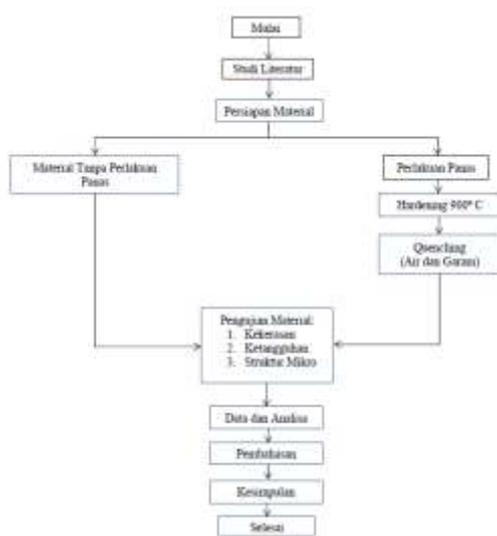
Perlakuan panas *hardening* umumnya dilakukan terhadap *part* atau konstruksi mekanik yang memerlukan kekerasan tinggi, utamanya untuk penggunaan yang dapat mencegah keausan, misalnya pada perkakas (*tools*), cetakan (*mould*), ataupun *part* yang terlibat gesekan pada penggunaannya.

Baja JIS S45C (JIS: *Japanese Industrial Standard*) setara dengan AISI 1045 (AISI: *American Iron and Steel Institute*), atau DIN 1.1730 (DIN: *Deutsches Institut fur Normung*). Baja ini merupakan jenis baja karbon rendah "*Medium Carbon Steel*" (baja dengan kandungan unsur karbon 0.45% atau kisaran antara 0,3-0,5% C. Baja S45C banyak digunakan untuk pembuatan komponen mesin seperti *shaft*, *pulley*, *gear*, *coupling*, dan komponen lainnya yang dalam penggunaannya memang memerlukan kekerasan dan ketangguhan yang tinggi (Pramono, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh perlakuan panas *hardening* pada baja S45C terhadap sifat mekanik, yaitu kekerasan dan ketangguhan. Pengujian struktur mikro juga dilakukan untuk dapat memahami perubahan yang terjadi secara mikro dan mengkaitkannya dengan perubahan sifat mekanik.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan pengujian terhadap hasil eksperimen. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Sesuai dengan diagram alir ini, penelitian ini dimulai dengan studi literatur, kemudian dilakukan pembuatan spesimen; satu spesimen tidak dilakukan perlakuan panas, dan satu spesimen lainnya dilakukan perlakuan panas. Terhadap kedua jenis spesimen ini dilakukan pengujian kekerasan, ketangguhan dan struktur mikro. Dari hasil-hasil pengujian kemudian dilakukan analisa untuk dapat menarik kesimpulan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Tentang Baja S45C

Baja ini merupakan jenis baja “*Medium Carbon Steel*” dengan komposisi kimia 0,45% C atau dalam kisaran 0,3-0,5% C, 0,15-0,35 % Si, 0,60 - 0,90% Mn, maksimum 0,035% S, maksimum 0,2% Cr, maksimum

0,2% Ni, maksimum 0,35% (Ni + Cr) dan maksimum 0,03% P.

### 3.2 Proses perlakuan panas *hardening*

Terhadap baja yang akan dilakukan perlakuan panas, tahap pertama dilakukan pembuatan spesimen uji kekerasan, spesimen uji ketangguhan dan sampel untuk uji struktur mikro. Spesimen tersebut kemudian dipanaskan pada dapur HT, setelah mencapai 900°C, kemudian temperturnya ditahan selama 30 menit, dan secara cepat spesimen dicelupkan kedalam larutan air garam sampai dingin ke temperatur ruang.

### 3.3 Hasil Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan untuk spesimen yang dilakukan perlakuan panas (dengan HT) dan yang tidak dilakukan perlakuan panas (tanpa HT) ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan

Spesimen	Kekerasan (HB)
Tanpa HT	192
Dengan HT	131

Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

### 3.4 Hasil Uji Ketangguhan

Hasil uji ketangguhan untuk spesimen yang dilakukan perlakuan panas (dengan HT) dan yang tidak dilakukan perlakuan panas (tanpa HT) ditampilkan pada tabel berikut.

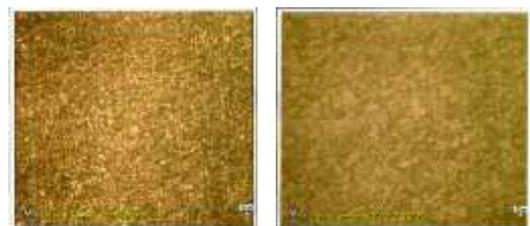
Tabel 2 Hasil Uji Ketangguhan

Spesimen	Ketangguhan (J/mm <sup>2</sup> )
Tanpa HT	1,094
Dengan HT	1,927

Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

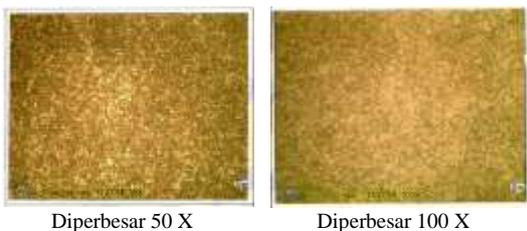
### 3.5 Hasil Uji Struktur Mikro

Hasil uji struktur mikro untuk spesimen yang dilakukan perlakuan panas (dengan HT) dan yang tidak dilakukan perlakuan panas (tanpa HT) ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 2: Struktur Mikro Tanpa HT

Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 3: Struktur Mikro dengan HT  
 Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

### 3.6 Pembahasan

Sebagaimana dijelaskan pada pendahuluan, perlakuan panas *hardening* dimaksudkan untuk meningkatkan kekerasan baja karbon. Peningkatan kekerasan pada perlakuan panas *hardening* dapat terjadi karena terbentuknya fase martensite akibat pendinginan cepat setelah baja dipanaskan sampai temperatur terbentuknya austenite.

Berdasarkan tabel 1 diatas, pada penelitian ini justru dihasilkan anomali atau penyimpangan dimana kekerasan menurun setelah dilakukan perlakuan panas *hardening*, pemanasan 900°C, waktu tahan 30 menit dan dicelupkan langsung ke air garam.

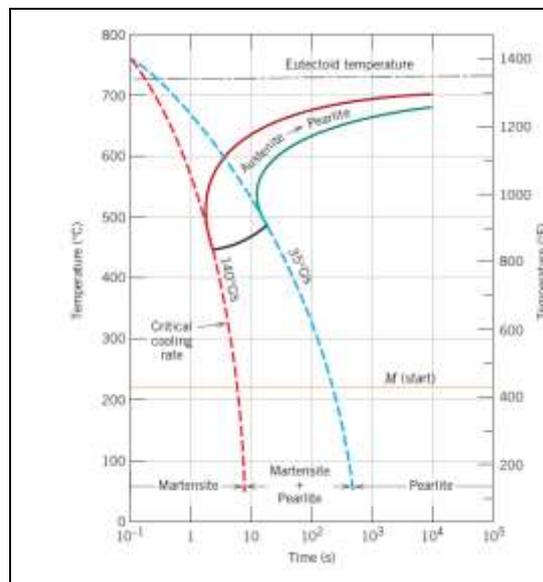
Ada beberapa faktor yang menyebabkan penurunan kekerasan ini. Pertama, terjadi proses *decarburization* atau penurunan kadar karbon pada permukaan baja. Penurunan kadar karbon dapat terjadi karena temperatur pemanasan terlalu tinggi dan waktu tahan yang terlalu lama (Callister, Rethwisch, 2012). Pada temperatur yang terlalu tinggi, ikatan atom karbon pada baja menjadi melemah dan dapat bereaksi dengan gas yang ada disekitarnya melalui reaksi (1) dan (2).



Jika reaksi (1) dan (2) berlangsung semakin lama, maka kadar karbon dalam baja akan berkurang semakin banyak. Berkurangnya kadar karbon dari permukaan baja akan menurunkan kekerasan, sesuatu yang sudah umum diketahui karena akan mengurangi terbentuknya fase sementit. Sayangnya pada penelitian ini tidak dilakukan uji SEM-EDX pada permukaan baja setelah dilakukan HT, sehingga asumsi ini belum bisa dikonfirmasi. Jika dilakukan uji SEM – EDX

maka dapat diketahui kadar karbon pada permukaan baja.

Alasan kedua, perlakuan panas pada penelitian ini tidak menghasilkan fase martensite sebagaimana yang diharapkan. Pembentukan martensi dipengaruhi oleh laju pendinginan baja dari temperatur austenite, semakin cepat laju pendinginan, akan semakin besar kemungkinan terbentuknya *martensite*.



Gambar 4: Diagram CCT Baja Karbon  
 Sumber: (Callister, Jr dan Retwisch, 2012)

Sebagaimana dapat dilihat pada gambar 4 tentang diagram CCT untuk baja karbon (Callister, Jr dan Retwisch, 2012), *martensite* akan terbentuk jika laju pendinginan sangat cepat, yaitu dari temperatur *austenite* sampai temperatur ruang hanya dalam waktu 10 detik, sedangkan jika waktu pendinginan lebih lama akan mulai terbentuk pearlite dan semakin lama martensite tidak terbentuk, atau lebih dari 1000 detik atau 16,6 menit, sudah terbentuk pearlite semuanya. Jika menggunakan referensi ini, maka pada perlakuan panas ini kemungkinan besar tidak terbentuk *martensite*, namun terbentuk *pearlite*. Karena komposisi baja S45C adalah 0.45%C, maka fase yang terbentuk adalah campuran *pearlite* dan *ferrite*, sama dengan komposisi awal sebelum dilakukan perlakuan panas. Argumentasi ini dapat diperkuat dengan melihat hasil uji struktur mikro, dimana dari foto dengan perbesaran 50X dan 100X, sama-sama menunjukkan tidak terbentuk martensite, namun strukturnya sama dengan sebelum dilakukan perlakuan panas, yaitu

ferrite dan pearlite. Sebagai pembanding, struktur mikro martensite ditunjukkan pada gambar 5 dibawah ini (Callister, Jr., Rethwisch, 2012). Tampak jelas bahwa struktur mikro pada gambar 3 sangat berbeda dengan struktur mikro pada gambar 5, sehingga hal ini mengkonfirmasi tidak terbentuk *martensite* pada perlakuan panas dalam penelitian ini.



Gambar 5: Struktur Mikro Martensite  
Sumber: (Callister, Jr., Retwisch, 2012)

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a) Perlakuan panas *hardening* sebagaimana dilaksanakan pada penelitian ini dimaksudkan untuk meningkatkan kekerasan baja, namun yang terjadi justru terjadi penurunan kekerasan, yaitu dari

kekerasan awal material 91,98 HRB menjadi 74,16 HRB.

- b) Penurunan kekerasan sebagaimana dinyatakan dalam kesimpulan a), kemungkinan disebabkan oleh proses *decarburization* pada permukaan baja akibat temperatur pemanasan yang terlalu tinggi dan/atau waktu penahanan yang terlalu lama, sehingga terjadi penurunan kadar karbon pada permukaan baja yang akibatnya menurunkan kekerasan pada permukaan.
- c) Penurunan kekerasan juga dimungkinkan akibat tidak terbentuknya fase martensite pada proses pencelupan atau *quenching* sebagaimana diamati pada struktur mikro.
- d) Karena kekerasan menurun, maka nilai penyerapan energi/impak lebih tinggi. Nilai impak pada awal material 1,094 J/mm<sup>2</sup> menjadi 1,927 J/mm<sup>2</sup> setelah perlakuan panas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A. Pramono, Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja AISI 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprocket Rantai, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Cakra.M, 5 (1), 2011.
- Bondan Tiara Sofyan, Pengantar Material Teknik, Edisi 2, Universitas Pertahanan RI PRESS, 2021.
- Sidney H Avner, Introduction to Physical Metallurgy, Mc Graw Hill Book Company, Singapore, 2010.
- William D Callister, Jr., David G Rethwisch, Material Science and Engineering – An Introduction, 8<sup>th</sup> edition, John Wiley & Sons, Inc, United State of America, 2012.