

## **ANALISIS KEKERASAN BAJA S45C HASIL HARDENING DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN**

Subagiyo, Asrori, dan Lisa Agustriyana

*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang*

*Email: bagpoltek50@gmail.com*

### **ABSTRACT**

Steel has good mechanical properties compared with the other materials, that is strength, hardness, rigidity, etc. Specially the steel hardness can be increased by heat treatment (Hardening).

The purpose of this research is to obtain information about hardness of S45C steel after hardening by variation of cooling media.

This research were used  $\varnothing$  25 mm x 10 mm S45C steel, Hardened by variation of cooling media and then they were tested by Rockwell Harness Test.

The result showed that the hardness of S45C steel after hardening increased from about 15 HRC (before hardening) to 71.89 HRC (Brane quenching), 68.22 HRC (Water quenching), 64.67 HRC (Water + Soluble oil quenching) and 56.89 HRC (Oil quenching), but for the range were opposite to 3.84 HRC (Brane quenching), 4.24 HRC ( Water quenching), 4.22 HRC (Water + Soluble oil quenching) and 5.65 HRC (Oil quenching)

Keyword : Steel,Hardness, Hardening, Cooling Media.

### **1. PENDAHULUAN**

Baja S45C sangat banyak digunakan untuk bahan komponen-komponen mesin, baik komponen transmisi, atau komponen konstruksi yang lain pada konstruksi permesinan atau mesin perkakas. Baja jenis ini termasuk baja karbon medium yang memiliki sifat hardenability yang cukup baik yaitu mudah untuk dikeraskan hingga cukup tinggi hingga mencapai 60 – 70 HRC.

Dalam proses pengerasan (Hardening) diperlukan proses heating, holding dan cooling/quenching, kecepatan heating tergantung dari furnace, holding tergantung dari tebal benda kerja, sedangkan cooling/quenching tergantung dari media pendingin. Media pendingin ada bermacam- macam diantaranya air garam,

air, oil yang umum digunakan.

Berbagai macam media pendingin tersebut diatas akan mempunyai laju pendinginan yang berbeda, sehingga akan menghasilkan nilai kekerasan yang berbeda, karena hasil hardening yang dapat bertransformasi menjadi martensit yang keras harus melebihi laju pendinginan kritis.

Dari penjelasan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian proses hardening pada baja dengan variasi media pendingin, sehingga dapat diketahui sejauhmana peningkatan kekerasan, dan media pendingin yang mana yang sesuai.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Baja Karbon**

Pada dasarnya baja karbon dikelompokkan menjadi beberapa kelompok, yang sebenarnya ditujukan untuk mempermudah pemilihan jenis baja yang ada. Pengelompokan dapat digolongkan berdasarkan pada kelas atau kualitas, atau juga dapat digolongkan berdasarkan baja kadar karbon.

Pengelompokan yang didasarkan pada kelas seperti tersebut di atas adalah berdasarkan pada kekuatan tarik yang dimiliki oleh baja yang bersangkutan, sebagai contoh DIN mengelompokkan baja yang memiliki kekuatan tarik 37 kg/mm dengan symbol st 37, sedangkan baja yang berdasarkan kadar karbon berupa baja hipotektoid dan baja hiperetektoid. AISI (*American Iron Steel Institute*) dan SAE (*Society of Automotive Engineer*) mengelompokkan baja dengan system penomoran empat atau lima angka yang mencerminkan komposisi paduannya seperti seri 10XX, digit pertama menunjukkan baja karbon, digit kedua modifikasi paduan, contohnya 11XX mengandung banyak sulfur, 12XX mengandung banyak fosfor dan lain-lain, sedang dua digit terakhir adalah kadar karbon, dalam besaran dikalikan dengan 0,01 %. Baja karbon rendah mengandung 0-0,25% kadar karbon, sedang baja karbon medium mengandung antara 0,25 - 0,55 % kadar karbon, sedang > 0,55% kadar karbon adalah baja karbon tinggi.

### **2.2 Hubungan antara kandungan karbon dan kegunaannya pada baja**

Kegunaan baja tergantung dengan paduan dan *heat treatment* dan variabel lain.

Tabel berikut dapat digunakan untuk pemilihan bahan saja.

Tabel 1. Kadar karbon dan kegunaanya

Carbon Content, %	Usage
0.02-0.10	Nails, stampings, welding materials, wire rivets
0.10-0.20	Free-cutting materials, carburizing materials, structural steels, heavy-duty bolts
0.20-0.30	Cams, camshafts, gears (carburized), structural steels, cranks and levers
0.30-0.40	Heat-treated bolts, screws, nuts, and axles, free-cutting manganese steel, key stock, cold heading, machine parts
0.40-0.50	Heat-treated parts, axles, bolts, cam shafts, carbon steel forgings, studs, gears, adapters
0.50-0.60	Oil hardening gears
0.60-0.70	Lock washers, forging dies, screw drivers, set and socket screws, low-carbon tool steel
0.70-0.80	Wrenches, saws (band), hammers, medium tool steels
0.80-0.90	Agricultural steels, harrow knives, spring steel, punches, cold chisels, rivet sets, shear blades, rock drills, music wire, mower blades
0.90-1.00	Harrow disks, springs, knives, dies
1.00-1.10	Ball bearings, drills, tool bits, cutters, taps
1.10-1.20	Cutting tools, essentially same as 1.00-1.10
1.20-1.30	Files, cutting tools
1.30-1.40	Saws, boring tools, instruments

Sumber : Herman W.Pollack, 1991

### 2.3 Perlakuan Panas

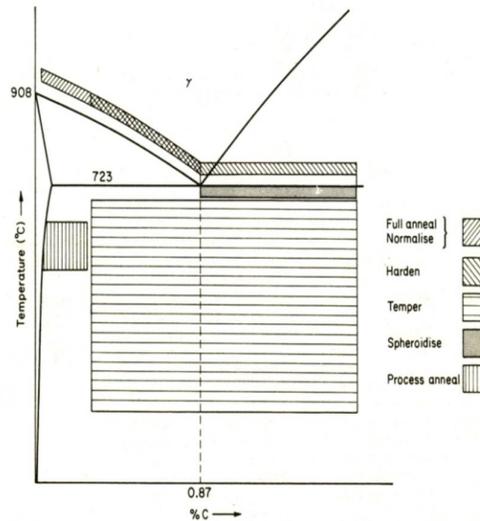
Perlakuan panas atau *heat treatment* dapat didefinisikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap logam/paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu, dan dimaksudkan untuk memperoleh sifat tertentu (Wahid Suherman, 1990).

Langkah pertama dalam setiap proses laku panas adalah memanaskan logam/paduannya sampai temperatur tertentu. Selama pemanasan dan pendinginan ini akan terjadi beberapa perubahan struktur mikro, hal ini yang menyebabkan terjadinya perubahan sifat dari logam/paduan tersebut.

Struktur mikro yang terjadi pada akhir suatu proses laku panas selain ditentukan oleh komposisi kimia dari logam/paduan dan proses laku panas yang dialami, juga struktur kondisi awal benda kerja. Struktur kondisi awal ini banyak ditentukan oleh pengerjaan dan proses laku panas yang dialami sebelumnya.

Dalam praktek terdapat banyak macam proses laku panas yang dilakukan terhadap berbagai jenis paduan. Secara garis besar berbagai macam laku panas ini dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu proses laku panas yang menghasilkan struktur yang ekuilibrium seperti *annealing*, *normalizing*, dan proses laku panas yang lain adalah proses laku panas yang menghasilkan struktur mikro non

ekuilibrium, yaitu pengerasan dan lain sebagainya. Macam-macam proses perlakuan panas diantaranya : *Annealing*, *Normalizing*, *Hardening* dan *Tempering* dan lain-lain. Daerah pemanasan proses perlakuan panas dapat dilihat pada gambar berikut.

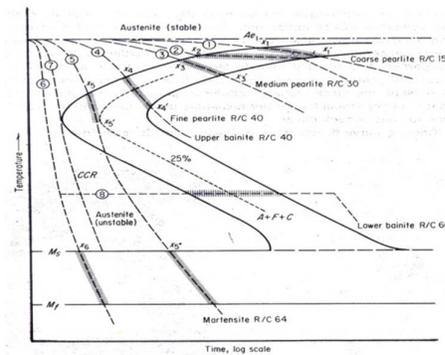


Gambar 1. Daerah Pemanasan Proses Perlakuan Panas

Sumber : V.B John, 1983

### 2.4 Diagram transformasi pendinginan

Diagram transformasi pendinginan lebih dikenal daripada diagram transformasi pemanasan, karena banyak digunakan khususnya pada proses perlakuan panas. Gambar berikut menjelaskan beberapa kurva pendinginan baja karbon ektoid pada diagram transformasi.



Gambar 2. Diagram transformasi pendinginan Baja karbon ektoid

Sumber : Sidney H. Avner 1994

### 3. METODE

Jenis metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental. Penelitian dilakukan di laboratorium Perlakuan dan Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

#### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis eksperimen bagian dari perlakuan bahan teknik yang dilakukandengan metoda *Hardening* dengan katagori pengembangan IPTEK bidang Teknik Mesin.

#### 3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perilaku dan Pengujian Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Dan instansi lain yang kompeten.

#### 3.3 Rancangan percobaan

Bahan spesimen baja S45C diameter 25 mm atau 1 inch dipotong dengan tebal 10 mm skema rancangan penelitian seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Rancangan Penelitian

Parameter/treatment	Kekerasan setelah Hardening	Kekerasan setelah tempering
1. Media air garam	Hha 1,2,3	Hta 1,2,3
2. Media air	Hhb 1,2,3	Htb 1,2,3
3. Media air dromus	Hhc 1,2,3	Htc 1.2.3
4. Media oil	Hhd 1,2,3	Htd 1,2,3

Jumlah sampel penelitian diambil dengan 1 jenis diameter specimen standard dengan pengulangan 9 kali sehingga jumlah sample yang diperlukan adalah 45 buah specimen.

### 3.4 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Mesin Bubut ,digunakan untuk membubut spesimen sebelum perlakuan .



Gambar 3. Mesin Bubut

2. Mesin Uji Kekerasan,digunakan untuk menguji kekerasan bahan sebelum dan setelah proses (Hardening)



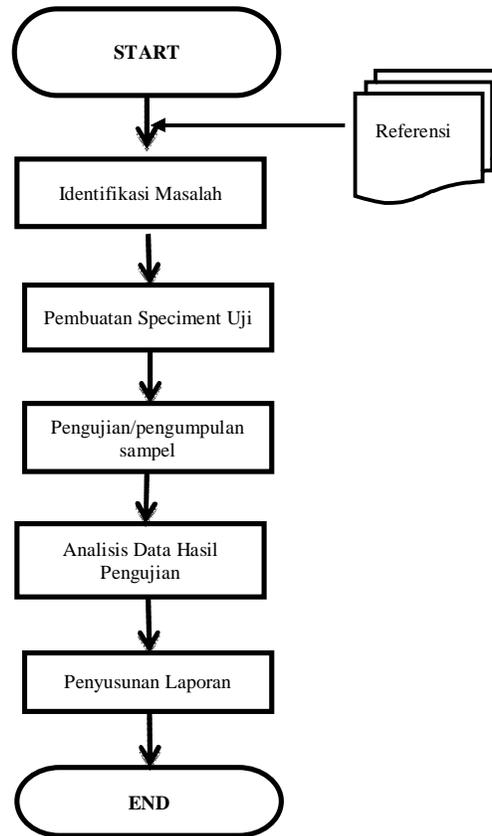
Gambar 4. Mesin uji kekerasan

3. Dapur Pemanas (Furnace), digunakan untuk Proses perlakuan panas



Gambar 5. Dapur pemanas ( *Furnace* )

### 3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 6. Prosedur Eksperimen

### 3.6 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja S45C yang banyak digunakan untuk komponen mesin. Bahan spesimen baja S45CØ 25 mm dengan ketebalan 10 mm.

Proses pembuatan sampel dilakukan dengan mengambil baja S45C standard JIS, dan dilakukan proses pemesinan menggunakan mesin bubut, untuk mendapatkan ukuran specimen sesuai dengan rancangan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian dan perlakuan didapatkan hasil pengujian seperti berikut. Data sebelum proses Hardening.

Tabel 3. Data Kekerasan sebelum proses Hardening

Bahan	Pengujian Kekerasan	HBN
Bahan Baja S45C	Brinell	161,168,185,190,160,176,170,180, 160

Data setelah proses Hardening

Tabel 4. Data Kekerasan setelah proses Hardening

No	Media Pendingin	Kekerasan setelah Hardening ( HRC )	Rata-rata Kekerasan (HRC)
1	Media air garam	69,74,73,73,74,73,68,71,72	71,89
2	Media air	65,66,66,67,68,68,73,73,68	68,22
3	Media air dromus	68,68,67,61,62,63,65,63,65	64,67
4	Media oil	55,58,55,61,62,59,55,52,55	56,89

Dengan menggunakan analisis Statistik Batas Kontrol Atas dan Batas Kontrol Bawah didapatkan :

- Kekerasan bahan sebelum perlakuan panas Hardening,

$$\overline{SD} = \frac{\sum|(x - \bar{x})|}{n} = \frac{84,2}{9} = 9,36$$

- Batas Kontrol Atas (BKA) =  $\bar{x} + \overline{SD} = 172,2 + 9,36 = 181,56$
- Batas Kontrol Bawah (BKB) =  $\bar{x} - \overline{SD} = 172,2 - 9,36 = 162,84$

Kekerasan bahan sebelum dilakukan proses hardening mempunyai nilai kekerasan dengan nilai antara 162,84 BHN dan 181,56 BHN dan kekerasan rata-rata adalah 172,2 BHN, jika dikonversi sekitar 15 HRC.

- Kekerasan bahan setelah perlakuan panas Hardening pendingin air garam,

$$\overline{SD} = \frac{\sum|(x - \bar{x})|}{n} = \frac{17,22}{9} = 1,91$$

- Batas Kontrol Atas (BKA) =  $\bar{x} + \overline{SD} = 71,89 + 1,91 = 73,8$

- Batas Kontrol Bawah (BKB) =  $\bar{x} - \overline{SD} = 71,89 - 1,91 = 69,98$

Kekerasan bahan setelah dilakukan proses hardening dengan media pendingin air garam mempunyai nilai kekerasan dengan nilai antara 69,98 HRC dan 73,8 HRC dan kekerasan rata-rata adalah 71,89 HRC.

- Kekerasan bahan setelah perlakuan panas Hardening pendingin air,

$$\overline{SD} = \frac{\sum|(x - \bar{x})|}{n} = \frac{19,1}{9} = 2,12$$

- Batas Kontrol Atas (BKA) =  $\bar{x} + \overline{SD} = 68,22 + 2,12 = 70,34$

- Batas Kontrol Bawah (BKB) =  $\bar{x} - \overline{SD} = 68,22 - 2,12 = 66,1$

Kekerasan bahan setelah dilakukan proses hardening dengan media pendingin air mempunyai nilai kekerasan di antara 66,1 HRC dan 70,34 HRC dan kekerasan rata-rata adalah 68,22 HRC.

- Kekerasan bahan setelah perlakuan Hardening pendingin air dromus,

$$\overline{SD} = \frac{\sum|(x - \bar{x})|}{n} = \frac{19}{9} = 2,11$$

- Batas Kontrol Atas (BKA) =  $\bar{x} + \overline{SD} = 64,67 + 2,11 = 66,78$

- Batas Kontrol Bawah (BKB) =  $\bar{x} - \overline{SD} = 64,67 - 2,11 = 62,56$

Kekerasan bahan setelah dilakukan proses hardening dengan media pendingin air dromus mempunyai nilai kekerasan dengan nilai antara 62,56 HRC dan 66,78 HRC dan kekerasan rata-rata adalah 64,67 HRC.

- Kekerasan bahan setelah perlakuan panas Hardening pendingin oil,

$$\overline{SD} = \frac{\sum|(x - \bar{x})|}{n} = \frac{23,89}{9} = 2,65$$

- Batas Kontrol Atas (BKA) =  $\bar{x} + \overline{SD} = 56,89 + 2,65 = 59,54$
- Batas Kontrol Bawah (BKB) =  $\bar{x} - \overline{SD} = 56,89 - 2,65 = 54,24$

Kekerasan bahan setelah dilakukan proses hardening dengan media pendingin Oil mempunyai nilai kekerasan dengan nilai antara 54,24 HRC dan 59,54 HRC dan kekerasan rata-rata adalah 56,89 HRC.

Dari uraian diatas dapat dilihat bahwa kekerasan bahan S45C sebelum proses hardening mempunyai nilai rata-rata 172,2 BHN dengan Batas Kontrol Atas (BKA) = 181,56 BHN dan Batas Kontrol Bawah (BKB) = 162,84 HRC, dan jika dikonversi dengan HRC adalah berkisar sekitar 15 HRC.

Setelah mengalami proses hardening, pada semua media pendingin mengalami peningkatan kekerasan yaitu :

1. Untuk media Air garam, Kekerasan rata-rata 71,89 HRC , BKA = 73,8 HRC dan BKB = 69,98 HRC.
2. Untuk media pendingin Air, Kekerasan rata-rata 68,22 HRC, BKA = 70,34 HRC, BKB = 66,1 HRC.
3. Untuk media pendingin Air dromus, Kekerasan rata-rata 64,67 HRC, BKA= 66,78 HRC, BKB = 62,56 HRC
4. Untuk Media pendingin Oil, kekerasan rata-rata 56,89, BKA = 59,89 HRC, BKB = 54,24 HRC.

Dengan hasil diatas, maka yang dicapai media pendingin air garam adalah tertinggi yaitu 71,89 HRC dan berurutan dengan media Air = 68,22 HRC, Air dromus = 64,67, dan oil = 56,89 HRC, sedangkan rentang nilai kekerasan cenderung berbanding terbalik yaitu dengan media Oil = 5,65 HRC, Air dromus = 4,22 HRC, Air = 4,24 HRC, dan Air garam = 3,84 HRC.

## 5. KESIMPULAN

### Kesimpulan

1. Proses Hardening pada bahan S45C dengan menggunakan 4 macam media pendingin semua mengalami peningkatan dari sekitar 15 HRC menjadi 71,89 HRC (Air garam), 68,22 HRC (Air), 64,67 HRC (Air dromus) dan 56,89 HRC.
2. Rentang nilai kekerasan yang dicapai cenderung berbanding terbalik yaitu : Air garam = 3,84 HRC, Air = 4,24 HRC, Air dromus = 4,22 HRC dan Oil = 5,65 HRC.

### Saran

1. Media pendingin harus cukup banyak agar transformasi martensit sempurna.
2. Dimensi bahan harus seragam dan halus, untuk memudahkan dalam pengujian

## DAFTAR PUSTAKA

- J. Bradbury, 1991, *Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Herman W Pollack, 1991, *Material Science and Metalurgy*, 4<sup>th</sup> edition, Reston Publishing Company, Inc, Reston Virginia.
- Karl-erik Thelning, 1994, *Steel and Its Heat Treatment*, Second edition, Butterworth & Co, London, Boston..
- Sidney H. Avner, 1994, *Introduction to Physical Metallurgy*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Wahid Suherman, Ir, 1990, *Perlakuan Panas*, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya.

Halaman ini sengaja dikosongkan