

## UJI KEKERASAN BAJA KONSTRUKSI ST-42 PADA PROSES HEAT TREATMENT

Achmad Syarief<sup>1)</sup>

Abstract - In metalurgy term, especially the steel should have certain characters, for example anti wear resistance cause of friction and has hard surface. Getting such components within their characters, it is need a heat treatment process in addition for getting hard surface and strength of the steel itself. Heat treatment process basically consists of some steps, at first, heating up to a certain temperature, then colding at certain speed.

In this research has been done heat treatment process, it is a heating steel at the temperature 850<sup>0</sup>C and holding for 30 minutes at this temperature for some seconds, then colding by soaked it into the water in which 27<sup>0</sup>C temperature so there is no enough time for austenit to change become pearlit and ferrit or pearlit and cementit, but austenit changes into martensit directly.

Maximum hardness will be reached after heat treatment process is interfered by more carbon, the higher carbon in it the higher hardness will be gotten. And the result is the hardness value after heat treatment process higher compare than before the heat treatment process has been done..

---

*Keywords - Colding, Heat treatment*

---

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Metalurgi adalah ilmu dan teknologi logam yang meliputi pengembangan dan penerapan pengetahuan mengenai komposisi, struktur dan pemrosesan logam sesuai dengan sifat dan pemakaiannya.

Besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang mempunyai nilai ekonomis dan sifat-sifatnya yang bervariasi, dari yang paling lunak dan mudah dibentuk sampai yang paling keras dan tajam. Sebagian besar baja karbon yang digunakan dalam bidang metalurgi banyak dijadikan baja konstruksi dan baja permesinan. Baja-baja ini dituntut mempunyai sifat-sifat, misalnya tahan aus akibat gesekan antar komponen (pada bantalan).

Untuk mendapatkan komponen dengan sifat-sifat tertentu maka perlu dilakukan pemrosesan logam lebih lanjut untuk mendapatkan kekerasan dari baja tersebut dan memperbaiki sifat permukaannya.

#### Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti adalah apakah ada peningkatan kekerasan baja konstruksi st 42 setelah dilakukan proses *Heat Treatment*, sehingga mendapatkan atau memperbaiki sifat-sifat mekanis seperti kekerasan, ketangguhan, keuletan dan kekuatannya, serta dapat memberikan wawasan dan alternatif baru dalam penggunaan bahan logam yang banyak digunakan dalam dunia industri, khususnya logam baja.

<sup>1)</sup> Staf pengajar Teknik Mesin Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

## KAJIAN TEORITIS

**Klasifikasi Baja Karbon.**

Klasifikasi dari baja karbon menurut Sriati Djaprie (1986 : 90) dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Baja Karbon

Jenis dan Kelas		Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm <sup>3</sup> )	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>3</sup> )	Perpanjangan	Kekerasan Brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	0.08	18 – 28	12 – 36	40 – 30	95 – 100	Pelat tipis
	Baja sangat lunak						
Baja karbon keras	Baja lunak	0.08 - 0.12	36 – 42	36 – 42	40 – 30	80 – 120	Batang, kawat
	Baja setengah lunak	0.12 – 0.20	38 – 48	38 – 48	36 – 24	100 – 130	Konstruksi umum
	Baja setengah sedang	0.20 – 0.30	44 – 55	44 – 55	32 – 22	112 – 145	
Baja karbon keras	Baja keras	0.30 – 0.40	50 – 60	50 – 60	30 – 17	140 – 170	Alat-alat mesin
		0.40 – 0.50	58 – 70	58 – 70	26 – 14	160 – 200	
	Baja karbon keras	Baja sangat tinggi	0.50 – 0.80	65 – 100	65 – 100	20 - 11	180 - 235

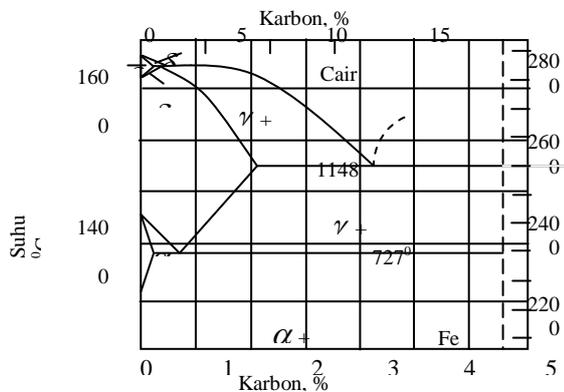
Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbonnya kurang 0,30 %, baja karbon sedang 0,30 – 0,45 % karbon dan baja karbon tinggi 0,45 – 1,70 %. Bila kadar karbon naik, kekuatan dan kekerasannya juga bertambah tinggi tetapi elastisitasnya menurun.

**Diagram Fase Fe – Fe<sub>3</sub>C**

Diagram keseimbangan besi karbon suatu diagram keseimbangan antara besi dan karbon yang bersenyawa menjadi Fe<sub>3</sub>C. Pada diagram keseimbangan antara besi karbida terdapat fase-fase yang berbeda tergantung pada temperatur dan kadar karbon yang ada. Hal ini dapat dilihat pada gambar 1. dimana dapat dilihat fase-fase ferrit (Fe -  $\alpha$ ), austenite (Fe -  $\gamma$ ),

besi delta (Fe -  $\delta$ ), sementit, pearlite dan ledeburite.

Menurut Van Vlack,(1992 : 380) secara garis besar diagram Fe - Fe<sub>3</sub>C ini terbagi atas daerah baja (kadar karbon 0 – 2,01 %) dan daerah besi tuang (kadar karbon 2,01 – 6,67 %). Pada daerah baja dikelompokkan menjadi baja hipoeutektoid (<0,8 % C) dan baja hipereutektoid (0,8 – 2,01 %) demikian pula untuk daerah besi tuang. Pada proses pendinginan dengan kadar karbon 4,3 % pada temperatur 1148<sup>0</sup>C terjadi transformasi eutektik, yaitu berubahnya fase metal cair menjadi austenit dan sementit (ledeburit) yang berbentuk lamel-lamel. Sedangkan pada karbon 0,8% dan pada temperatur 727<sup>0</sup>C terjadi transformasi eutektoid yaitu berubahnya fase austenit menjadi lamel-lamel ferrit dan sementit yang disebut pearlit.



**Gambar 1.** Diagram Keseimbangan Fe - Fe<sub>3</sub>C

Pada proses pemanasan besi murni terjadi perubahan struktur dua kali sebelum mencair, yaitu perubahan dari pemusatan ruang (BCC) menjadi kubus pemusatan sisi (FCC) pada suhu 912<sup>0</sup>C terjadi transformasi yang sebaliknya menjadi BCC lagi dan bentuk ini akan tetap stabil sampai temperatur leburnya.

Adapun fase-fase yang ada pada diagram keseimbangan Fe – Fe<sub>3</sub>C adalah sebagai berikut:

**a. ferrite (Fe - α)**

Merupakan suatu fase dari besi murni yang pada temperatur ruang disebut besi alpha. Fase ini bersifat lunak dan ulet yang mana pada temperatur dan dalam keadaan murni kekuatan tariknya kurang dari 310 Mpa dan bersifat ferromagnetik dengan berat jenis 7,88 mg/mm<sup>3</sup>. Ferrit mempunyai struktur BCC yang mempunyai bidang geser yang relatif sempit. Pada temperatur ruang kemampuan melarutkan karbonnya hanya 0,008%, sedangkan kemampuan maksimum untuk melarutkan karbon sekitar 0,025% yaitu pada temperatur 727<sup>0</sup>C. Kekerasan ferrit tidak lebih dari 90

HRB dan diatas temperatur 768<sup>0</sup>C bersifat ferromagnetik.

**b. Austenit ( Fe - γ)**

Merupakan salah satu modifikasi fase dari besi dengan struktur FCC. Fase ini stabil pada suhu antara 912 - 1394<sup>0</sup>C dengan kemampuan melarutkan karbon maksimum 2,11%. Pada temperatur ruang struktur ini tidak stabil, tetapi pada kondisi tertentu masih didapatkan austenit sisa yang stabil pada temperatur ruang.

**c. Besi delta ( Fe - δ)**

Pada kenaikan temperatur sampai diatas 1394<sup>0</sup>C austenit berubah lagi fasenya sehingga mempunyai struktur BCC. Fase ini dinamakan besi delta. Penelitian secara spesifik pada fase ini sulit dilakukan karena hanya stabil pada suhu tinggi. Dengan demikian data-data spesifik mengenai fase ini sangat terbatas. Kemampuan melarutkan karbon maksimum adalah 0,08% yaitu pada temperatur 1499<sup>0</sup>C.

**d. Sementit (Fe<sub>3</sub>C)**

Mempunyai komposisi kimia Fe<sub>3</sub>C dimana mengandung karbon 6,67%. Pada diagram kesimbangan fase ini merupakan senyawa yang keras dan rapuh.

**e. Pearlit**

Pearlit merupakan lamel-lamel yang terdiri dari fase ferrit dan sementit. Pada suhu eutektoid yaitu baja mengandung 0,8% C maka seluruhnya fase pearlit.

**f. Ledeburit**

Merupakan campuran eutektid dengan simentit yang mengandung 4,3%C. Fase ini terjadi dibawah temperatur 727<sup>0</sup>C. Adapun sifat besi ini rapuh dan keras.

**Heat Treatment (Perlakuan Panas)**

Proses perlakuan panas merupakan suatu proses tahapan penting pada pengerjaan logam yang bertujuan untuk mendapatkan atau memperbaiki sifat-sifat mekanis seperti kekerasan, ketangguhan, keuletan dan kekuatannya.

Secara umum heat treatment dapat diklasifikasikan menjadi empat bagian :

1. **Annealing** : Adalah pemanasan hingga temperatur 25 - 30<sup>0</sup>C diatas temperatur austenit dilanjutkan pendinginan lambat di dalam dapur, sehingga didapat pearlit kasar. Digunakan untuk mengurangi kekerasan, menghilangkan tegangan sisa, memperbaiki kekuatan dan menghaluskan ukuran butiran.

Annealing terdiri dari beberapa type yang diterapkan untuk mencapai sifat-sifat tertentu sebagai berikut :

a. **Full annealing** : Terdiri dari austenisasi dari baja diikuti dengan pendinginan lambat didalam tungku. Temperatur yang dipilih untuk austenisasi tergantung dari kadar karbon dari baja yang bersangkutan. Full annealing untuk baja hipoeutektoid dilakukan pada temperatur austenisasi sekitar 50<sup>0</sup>C diatas garis temperatur austenit dan mendiarkannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu, kemudian diikuti dengan pendinginan yang lambat ditungku. Pada temperatur austenisasi dan

austenit yang terbentuk relatif halus.

b. **Spheroidized Annealing** : Dilakukan dengan cara memanaskan baja sedikit diatas temperatur austenisasi, didiam-kan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu kemudian diikuti dengan pendinginan yang lambat. Tujuan dari spheroidzed annealing untuk memperbaiki sifat mampu mesin.

2. **Normalising** : Adalah pemanasan pada temperatur 50 - 60<sup>0</sup>C diatas temperatur

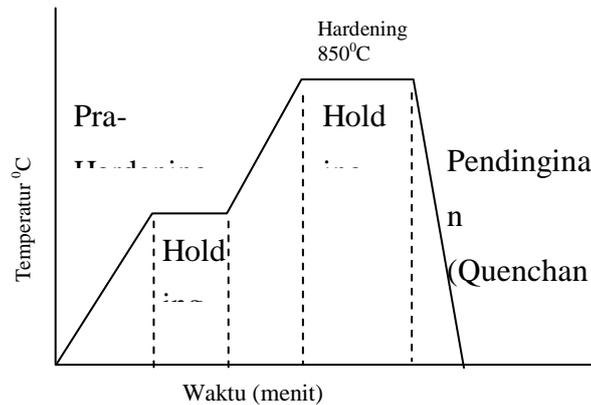
austenite dilanjutkan pendinginan lambat di udara, sehingga akan dihasilkan pearlite halus. Digunakan untuk mendapatkan struktur butiran yang halus dan seragam, juga untuk meng-hilangkan tegangan dalam.

3. **Hardening** : Adalah pemanasan pada temperatur 30 - 50<sup>0</sup>C diatas temperatur austenit dilanjutkan pendinginan secara cepat dengan mencelupkan kedalam media pendingin, seperti : air, udara, oli, garam cair (fussed) atau Brant (air + 10% sodium klorida)

4. **Tempering** <sup>0</sup>C : Adalah memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengurangi kekerasan. Temperatur pemanasannya dibawah temperatur kritis bawah (723 <sup>0</sup>C) serta membiarkannya beberapa saat dan didinginkan kembali di udara luar, tujuannya untuk mengembalikan

sebagian keuletan dan ke-tangguhannya meskipun dengan mengorbankan sebagian kekeras-an yang telah dicapai.

Siklus perlakuan panas yang dilakukan adalah seperti gambar di bawah ini :

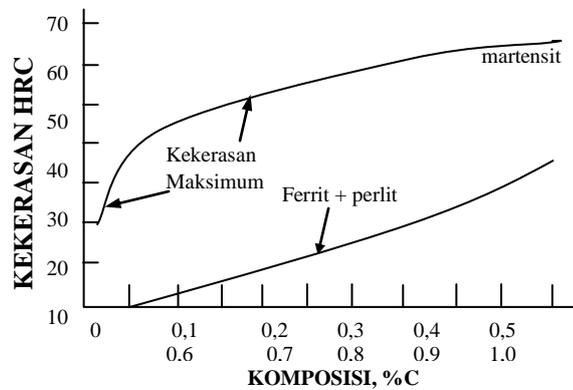


**Gambar 2.** Siklus Perlakuan Panas

**Pengaruh Heat Treatment**

Meskipun kekuatan yang ada dapat dilipatgandakan dalam jangkauan kadar karbon pada kondisi stabil ini, perubahan drastis dalam sifat dapat dicapai melalui perlakuan panas yang menghambat atau mempercepat terjadinya keseimbangan tersebut. Dengan pendinginan mendadak,

tidak ada waktu yang cukup bagi austenit untuk berubah menjadi pearlit, ferrit dan sementit, sebaliknya menyebabkan austenit berubah menjadi martensit. Kekerasan martensit adalah maksimal untuk kadar karbon tertentu.



**Gambar 3** Hubungan Kekerasan Maksimum dan Kadar Karbon Dalam Baja Karbon

Tingkat kekerasan struktur austenit setelah dicelupkan akan sebanding dengan regangan kisi, semakin rendah kadar karbon maka makin kecil regangan.

Di industri, baja dengan kadar karbon yang terlalu rendah, sangat memberikan efek pengerasan yang sangat berarti, maka baja dipanaskan dengan proses hardening. Baja yang dihasilkan efek pengerasan yang memadai disebut baja konstruksi.

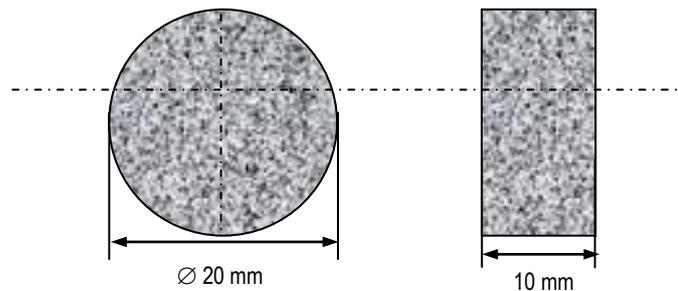
Martensit adalah struktur yang keras, tetapi dalam usaha mengeraskan

material pada baja karbon sering kali martensit ini menjadi suatu struktur yang diinginkan.

## METODOLOGI

### Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini dikerjakan dengan membuat 10 spesimen baja konstruksi st 42 yang berdiameter 20 mm dan panjang 10 mm



Gambar 4. Spesimen uji kekerasan

Perlakuan yang dilakukan terhadap masing-masing sampel sebagai berikut: Lima spesimen dimasukkan ke dalam dapur listrik untuk dilakukan pemanasan sampai 850 °C diholding 30 menit dan didinginkan dengan mencelupkan ke dalam air pada suhu kamar 27 °C.

Setelah selesai, semua spesimen (yang di heat treatment dan yang tidak di heat treatment) berjumlah 10 buah, kemudian dilakukan uji kekerasan Rockwell (HRC) skala C. Mula-mula permukaan yang akan diuji dibersihkan permukaannya dengan menggunakan kertas gosok supaya lebih halus dan rata permukaannya. Kemudian dilakukan penekanan dengan indenter kerucut intan

Dengan sudut puncak 120° dan gaya tekan adalah 150 kg. Dan hasil kekerasan sudah dapat dibaca pada skala kekerasan Rockwell.

### Peralatan dan Bahan yang Digunakan

- a. Peralatan :
  1. Dapur listrik (*Electronic Furnace*):
    - Merk : Heraeus D-6450
    - Type : M 110
    - Maks temp : 1100°C
    - Tegangan : 220 V 50–160 Hz  
2,9 kw

2. Kompresor Udara :
    - Model : D11 – 20
    - Press : 8 Kg/cm<sup>2</sup>
    - Power : 2 HP
    - Tank cap : 951
  3. Mesin uji kekerasan :
    - Merk : Torsee,
    - Type : RH – 3 N,
    - Beban : 150 Kg,
    - MFG. No : 8386,
    - Produksi : Tokyo, Japan.
  4. Peralatan pendukung lainnya:
    - Stopwatch* dan Tang jepit.
- b. Bahan uji (spesimen) : Baja Konstruksi ST 42

Sedangkan untuk media pendingin digunakan air dengan suhu kamar 27<sup>0</sup>C

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah data dari pengujian nilai kekerasan sebelum dilakukan perlakuan panas dan sesudah perlakuan panas

a. Data Kekerasan Sebelum Heat Treatment.

Dilakukan pengujian kekerasan permukaan pada 5 spesimen dan masing-masing 5 titik dengan :

- Pengujian kekerasan : HRC,
- Beban : 150 kg
- Penetrator : *Diamond cone*.

Dari pengujian diatas didapatkan data nilai kekerasan sebagai berikut :

Tabel 2. Data Kekerasan Sebelum *Heat Treatment*

No	Nilai Kekerasan (HRC)					Rata-rata kekerasan (X)	(Xi - $\bar{X}$ )	(Xi - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
A	41	41	40	41	42	41	0,2	0,04
B	39	40	39	41	41	40	-0,8	0,64
C	42	43	41	41	42	41,8	1,0	1,0
D	42	39	41	40	42	40,8	0,0	0,0
E	41	39	39	42	41	40,4	-0,4	0,16
						$\Sigma = 204$	$\Sigma = 0,0$	$\Sigma = 1,84$

\* Harga rata-rata ( $\bar{X}$ ) =  $\frac{\sum X}{n} = 204 / 5$   
= 40,8 HRC

\* Standart Deviasi (SD) =  $\sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{(n-1)}}$   
=  $\sqrt{\frac{1,84}{5-1}} = 0,678$

\* Standart Deviasi rata-rata ( $\overline{SD}$ ) = SD/n  
= 0,687 / 6 = 0,276

\* Hasil Perhitungan = HRC (40,8 + 0,276)

\* Kesalahan Relatif = (0,276 / 40,8) x 100 %  
= 0,676 %

b. Data Kekerasan Setelah *Heat Treatment*

Dilakukan pengujian kekerasan permukaan pada 5 spesimen dan masing-masing 5 titik dengan :

- Pengujian kekerasan : HRC
- Beban : 150 kg
- Penetrator: *Diamond cone*

Dari pengujian diatas didapatkan data nilai kekerasan sebagai berikut :

Tabel 3. Data Kekerasan Sesudah Heat Treatment

No	Nilai Kekerasan (HRC)					Rata-rata kekerasan		
						(X)	(Xi -)	(Xi - X) <sup>2</sup>
F	46	48	48	49	48	47,8	0,48	0,2304
G	49	46	49	47	49	48,0	0,68	0,4624
H	47	48	45	46	47	46,6	-0,72	0,5184
I	46	49	48	48	45	47,2	-0,12	0,0144
J	45	49	49	46	46	47,0	-0,32	0,1024
						$\Sigma = 236,6$	$\Sigma = 0,0$	$\Sigma = 1,3280$

$$* \text{ Harga rata-rata } (\bar{X}) = \frac{\sum X}{n} = 236,6 / 5 =$$

47,32 HRC

$$* \text{ Standart Deviasi (SD)} = 0,576$$

$$* \text{ Standart Deviasi rata-rata } (\overline{SD}) = 0,235$$

$$* \text{ Hasil Perhitungan} = \text{HRC } (47,32 + 0,235)$$

$$* \text{ Kesalahan Relatif} = (0,576 / 47,32) \times 100\% = 0,497 \%$$

Dari perhitungan di atas dapat dituliskan sebagai berikut :

1. Harga kekerasan ST- 42 sebelum Heat treatment adalah : HRC ( 40,8 + 0,276 )
2. Harga kekerasan ST- 42 sesudah Heat treatment adalah : HRC ( 47,32 + 0,235 )

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang uji kekerasan baja konstruksi st 42 pada proses heat treatment, maka dapat disimpulkan bahwa perhitungan angka kekerasan ST – 42 sebelum dilakukan heat treatment didapatkan angka kekerasan 47,32 HRC. Dari angka ini kita dapatkan kenaikan harga kekerasan pada skala kekerasan Rockwell sebesar 15,9 %.

Kenaikan ini tentunya bukan tanpa sebab karena pendinginan dilakukan dengan pen-celupan media air pada temperatur ruangan yang akan memungkinkan terbentuknya struktur martensit yang mempunyai butir dalam bentuk FCC yang mempunyai sifat yang sangat keras. Tetapi ST-42 bukan

merupakan baja hypereutektoid atau baja eutectoid, sehingga kenaikan angka kekerasan ini tidak semua struktur menjadi martensit, melainkan ada yang kembali menjadi ferrit, perlit atau juga ledeburit. Sehingga angka kekearasan tidak dapat mencapai angka diatas 60 HRC.

### DAFTAR PUSTAKA

- Rochim Suratman.** (1994), *Panduan Proses Perlakuan Panas*, Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung
- Lawrence H. Van Vlack, Sriati Dajprrie.** (1992), *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi Kelima, Erlangga Jakarta.
- Shinroku Saito, Tata Surdia.** (1985), *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Ketiga, PT Pradnya Paramita Jakarta.
- Djaindar Sidabutar.** (1979), *Petunjuk Praktek Pengukuran dan Pemeriksaan Bahan*, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Jakarta.
- Sriati Djaprie.** (1990), *Teknologi Mekanik Jilid II*, Erlangga Jakarta.
- George E.Dieter, Sriati Djaprie.** (1986), *Metalurgi Mekanik Jilid I*, Edisi Ketiga, Erlangga Jakarta.
- Beumer, Anwir B.S,** (1994), *Ilmu Bahan Logam*, Bhratara Jakarta

