

# PERUBAHAN SIFAT MEKANIK BAJA KONSTRUKSI JIS G4051 S17C SETELAH DILAKUKAN HARDENING DAN TEMPERING

MEDIA NOFRI

media\_nofri@yahoo.co.id

---

## Abstract

*Material JIS G 4051 S 17 C including low carbon steel with alloy composition 0:15% C, 0.157% Si, 1.2% Mn, 0.01% P, of 0.02% S. Low carbon steels are widely applied for construction machinery. This study aimed to analyze the effects of the process of hardening and tempering on material hardness, impact and metallografi. Results of this research show the value of Brinell hardness will increase the hardening process with temperatures of 900 C, holding time 15 minutes and the coolant medium is water. Brinell hardness is HB 364.22, is due to the structure of ferrite and pearlite transformed to martensite. Impact results increased in the process of tempering with temperature 500 C, holding time 15 minutes are cooled with air. Impact toughness value of 0.447 Joule / mm<sup>2</sup>, is because the value of tenacity to grow up and hardness decreased in the coarse grain structure..*

---

## PENDAHULUAN

Baja merupakan bahan dasar yang sering digunakan untuk berbagai rekayasa teknik, kegunaan dari baja berkaitan dengan sifat mekanis yang dimiliki oleh baja itu sendiri seperti kekerasan, keuletan, dan ketangguhan yang baik bila dibandingkan dengan bahan material lainnya. Besi dan baja merupakan logam yang banyak digunakan dalam paduan antara elemen besi dengan unsur-unsur lainnya seperti Karbon, Mangan, Silikon, Pospor, Belerang dan unsur lainnya.

Aplikasi pemakaian JIS G 4051 S 17 C dengan kadar karbon rendah sering digunakan untuk bagian-bagian konstruksi seperti halnya jembatan, pagar, crane, rangka atap dan lain-lain. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang terarah maka perlu adanya batasan masalah, sehingga sasaran penelitian ini dapat dicapai secara maksimum. Batas yang diambil disini adalah :

1. Pendinginan yang digunakan adalah air.
2. Temperatur hardening 900°C dengan

holding time 15 menit dan temperature tempering 500°C dengan holding time 15 menit

Alat yang digunakan untuk pengujian tempering adalah brinell Test, Impact Test dan struktur metalografi

Jika material JIS G 4051 S 17 C diberikan perlakuan panas berupa hardening dan tempering yang dapat menyebabkan perubahan sifat mekanis. Sampai sejauh mana perubahan tersebut terjadi fenomena tersebut akan terlihat pada hasil penelitian.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Baja Karbon

Besi dan baja dibedakan menurut kadar karbonnya, baja yang mempunyai kadar karbonnya lebih kecil dari 1,7%C, sedangkan besi mempunyai kadar karbon lebih besar dari 1,7%. Baja mempunyai unsur lain sebagai pemuat yang dapat mempengaruhi sifat dari baja itu sendiri. Untuk mendapat sifat-sifat tertentu dari baja maka ditambah unsur-unsur pemuat lainnya seperti: Mangan, Silikon, Vanadium, Chrom, Molbdenum, Cobalt serta unsur-unsur pemuat lainnya. Baja karbon dapat terbagi menjadi beberapa macam :

1. Baja karbon rendah (0,025– 0,25% C )
2. Baja karbon sedang ( 0,25 – 0,5% C )
3. Baja karbon tinggi ( > 0,5% C )

## Proses Perlakuan Panas (Heat Treatment)

### Definisi Heat Treatment

Heat Treatment adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol dengan maksud mengubah sifat fisik dari logam. Heat Treatment secara umum:

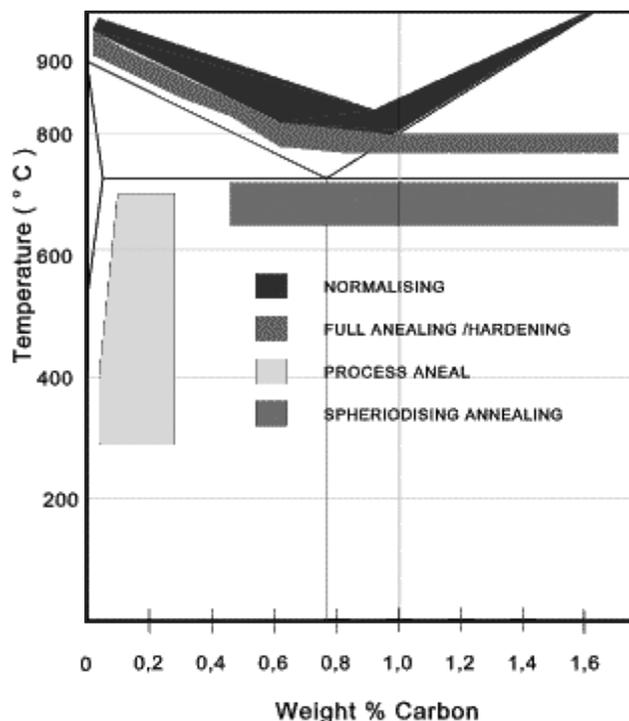
1. Pemanasan sampai suhu dan kecepatan tertentu.
2. Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata.
3. Pendinginan dengan media pendingin (air, minyak atau udara).

### Syarat-syarat Heat Treatment:

1. Suhu pemanasan harus naik secara teratur dan merata
2. Alat ukur hendaknya seteliti mungkin.

### Klasifikasi Proses Heat Treatment

Secara umum Heat Treatment dapat diklasifikasikan sebagai berikut : Hardening, Tempering, Anneling dan Normalising



Gambar 1. Proses Proses Heat Treatment

### Hardening

**Tujuan:** Merubah struktur baja sedemikian rupa sehingga diperoleh struktur martensit yang keras.

**Proses:** Baja dipanaskan sampai temperatur tertentu antara 770–830°C (tergantung dari kadar karbon) kemudian ditahan pada temperatur tersebut beberapa saat lalu didinginkan secara mendadak

dengan mencelupkan dalam air, oli ataupun media pendingin yang lain

Dengan pendinginan yang mendadak tak ada waktu yg cukup bagi austenite untuk berubah menjadi pearlite dan ferrite atau pearlite dan sementite

Pendinginan yang cepat menyebabkan austenite berubah menjadi martensite.

**Hasil:** Kekerasan tinggi.

### Tempering

Tempering adalah suatu proses memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengurangi kekerasan.

**Proses:** Memanaskan kembali baja tersebut yang berkisar pada temperatur 150–650°C dan didinginkan secara perlahan-lahan tergantung sifat akhir baja tersebut.

### Tempering dibagi dalam :

1. Tempering pada temperatur rendah (150-300)°C.
2. Tempering pada temperatur menengah (300 – 500)°C.
3. Tempering pada temperatur tinggi (500 – 600)°C.

### Pendinginan Pada Heat Treatment

Proses pendinginan pada heat treatment diklasifikasikan menjadi beberapa bagian antara lain:

1. Pendinginan cepat dengan air atau oli / minyak
2. Pendinginan normal dengan udara luar
3. Pendinginan lambat dengan udara dalam tungku

### Sifat Mekanik

#### Kekerasan

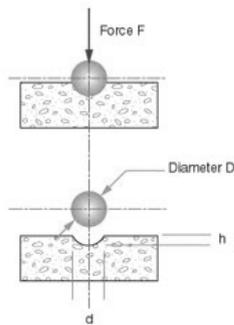
Pada umumnya kekerasan menyatakan ketahanan material terhadap deformasi plastis atau permanent. Umumnya ada 3 cara untuk menentukan kekerasan material yaitu : Cara Goresan, Cara Dinamik dan Cara Penekanan. Salah satu metoda pengujian kekerasan yang sering dipakai:

### Metoda Brinell

Pada pengujian ini cara penentuan kekerasan adalah dengan menekan bola baja yang diletakkan pada permukaan logam, dan diberi beban tertentu yang konstan, biasanya diameter bola baja 10 mm dan diberi tekanan atau beban sebesar 500 s/d 3000 kg dan ditekan selama 30 detik. Di dalam

metode brinell, standar uji test kekerasan Brinell yang digunakan adalah (ASTM E 10).

Catatan uji Brinell tidak begitu dipengaruhi oleh goresan dan kekasaran permukaan bidang dibandingkan uji kekerasan lain. Jejak Brinell yang besar ukurannya, dimana lekukan yang terjadi dapat menyebabkan kegagalan.



Gambar 2. Proses penekanan pada material dengan metode Brinell

Untuk perhitungan Brinell Test dapat dirumuskan:

$$Bhn = \frac{\text{Load mass}}{\text{indented area}} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana :

D = Diameter dari bola (mm).

d = Diameter tapak (impresi) pada benda uji (mm)

P = Beban yang digunakan (Kg) atau (N).

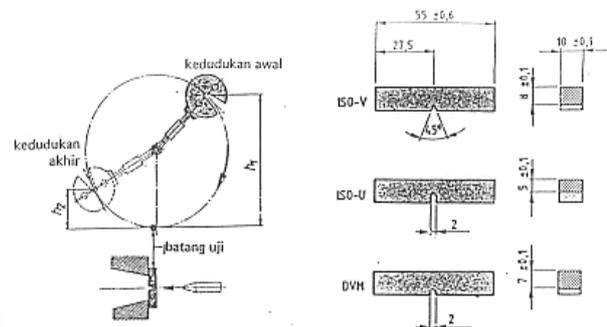
### Pengujian Impact

Ketangguhan adalah kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi tetapi tidak sampai hancur/rusak, atau kemampuan suatu bahan untuk menerima beban yang mendadak/tiba tiba. Bahan mengalami kegetasan disebabkan beberapa faktor yaitu:

1. Suhu, konstruksi pada waktu retak (gejala ini sering terjadi pada musim dingin)
2. Kecepatan, dengan terjadinya keretakan atau perubahan bentuk.
3. Adanya takikan-takikan, pada permukaan bahan dalam bentuk ketidakrataan atau alur.

Untuk mengetahui ketangguhan suatu bahan dilakukan uji impact, salah satunya menggunakan benda uji dengan takik V = 45o.

Dalam pengujian ini terdapat dua cara pengujian yaitu cara charpy dan cara izod.



Gambar 3. Bentuk uji impact untuk tipe charpy

Kerja (usaha) yang diperlukan untuk mematahkan benda uji yang telah distandarisasikan merupakan ukuran keliatan:

Untuk perhitungan Impact Test dapat dirumuskan:

$$W = F_g \times (h_1 - h_2)$$

Dimana

W = Kerja pukulan (Nm=J)

Fg = Massa palu

h1 = Tinggi awal kedudukan palu (m)

h2 = Tinggi ayunan akhir setelah patah (m)

Kerja patah ini dibagi dengan luas batang dibawah tekanan maka kita dapatkan kerja patah persatuan luas atau nilai pukulan takik.

$$K = W$$

$$A_0$$

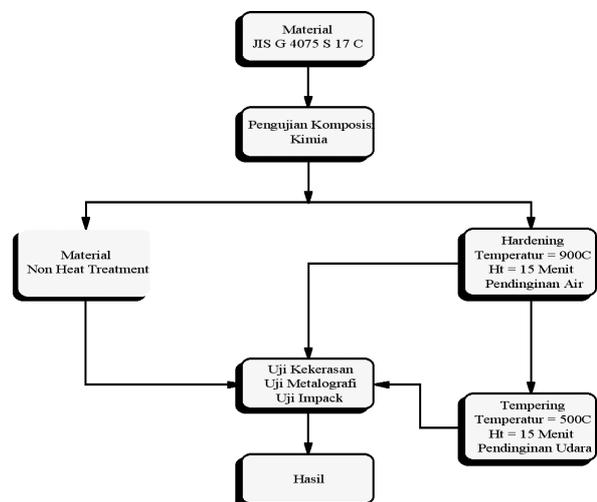
Dimana :

K = Nilai pukulan takik (J/mm<sup>2</sup>).

A0 = Penampang batang semula dibawah takikan (mm).

### METODE DAN HASIL PENELITIAN

#### Diagram Alir Proses Penelitian



Gambar 4 : Diagram alir proses penelitian

## Hasil Penelitian Komposisi Kimia

Tabel 1: Hasil pengujian komposisi kimia

No	Komposisi Kimia	Kadar %
1	Carbon ( C )	0.15343
2	Silicon ( Si )	0.15795
3	Sulfur ( S )	0.0203
4	Phosphorus ( P )	0.0145
5	Manganese ( Mn )	1.28029
6	Nickel ( Ni )	0.01918
7	Chromium ( Cr )	0.02659
8	Molybdenum( Mo )	0.00009
9	Vanadium ( V )	0.00232
10	Copper ( Cu )	0.0255
11	Wolfram ( W )	0.00209
12	Titanium ( Ti )	0.00166
13	Tin ( Sn )	0.00171
14	Aluminum ( Al )	0.02806
15	Lead ( Pb )	-0.00145
16	Niobium ( Nb )	0.03537
17	Zirconium ( Zr )	0.00005
18	Zinc ( Zn )	0.00035
19	Iron ( Fe )	98.2322

## Kekerasaan

Indentor pengujian kekerasan Brinell yang digunakan adalah  $\varnothing 2,5$  mm dan beban penekannya adalah 187,5 Kg

Tabel 2 : Hasil pengujian kekerasan Brinell

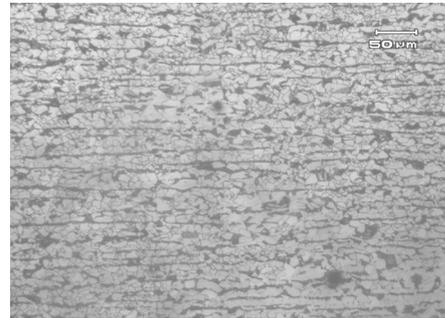
Benda Uji	Temperatur	Holding Time	BHN	BHN Rata-rata
Material Dasar	28 C		205.6	210.18 HB
			208.3	
			210.1	
			213.2	
			213.7	
Material Hardening	900 C	15 menit	362.8	364.22 HB
			332.3	
			325	
			371.3	
			429.7	
Material Tempering	500 C	15 menit	224.5	229.94 HB
			223.5	
			223.5	
			239.9	
			238.3	

## Impact

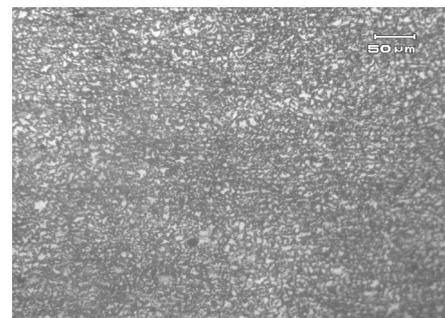
Tabel 2. Hasil pengujian Impact

Sample	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Energy Impact (Joule)	Harga Impact (Joule/mm <sup>2</sup> )
Material Dasar	71.048	28	0.394
Hardening	69.536	21	0.302
Tempering	71.571	32	0.447

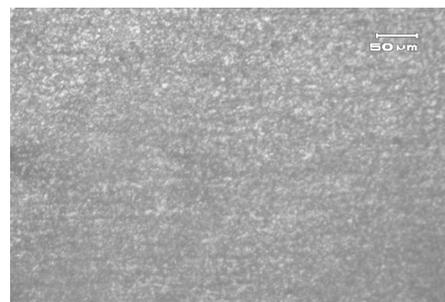
## Metallografi



Gambar 5. Foto sample metallografi tanpa perlakuan panas, perbesaran 300 X



Gambar 6. Foto sample metallografi pada proses hardening, perbesaran 300 X



Gambar 7. Foto sample metallografi pada proses tempering, perbesaran 300 X

## PEMBAHASAN Komposisi Kimia

Baja JIS G 4051 S 17 C, termasuk baja kadar karbon rendah, dengan kadar karbon 0.15343% dan unsur paduan utamanya adalah karbon dan mangan. Baja JIS G 4051 S 17 C mempunyai standar kadar karbon untuk S 17 C yaitu 0.2 sampai dengan 0.33%.

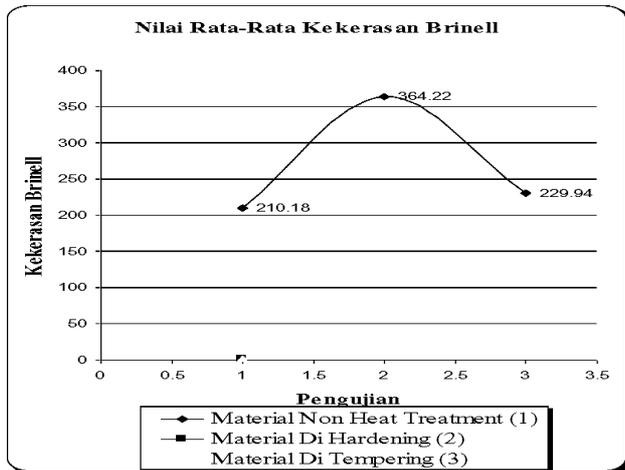
Dengan kadar karbon 0.15343 % dalam besi dapat menaikkan kekuatan, kekerasan baja tetapi keuletannya akan menurun. Sedangkan dengan kadar mangan 1.28029 % berfungsi sebagai de-oksidasi dari baja dan Mn juga mengikat Sulfur (S) dengan membentuk senyawa

MnS yang titik cairnya lebih tinggi dari titik cair baja dan juga untuk mencegah hot shortness

(kegetasan pada suhu tinggi) terutama pada proses pengerolan panas, disamping itu Mn menguatkan fasa Ferrite.

### Analisa Kekerasan Sebelum dan Sesudah Heat Treatment.

Dengan menggunakan proses heat treatment yang berbeda, temperatur yang berbeda dan media pendingin yang berbeda akan menghasilkan kekerasan yang berbeda, baik material dasar, material yang di hardening maupun material yang di tempering



Gambar 8. Nilai Kekerasan Rata-Rata Brinell Pada Material JIS G 4051 S 17 C

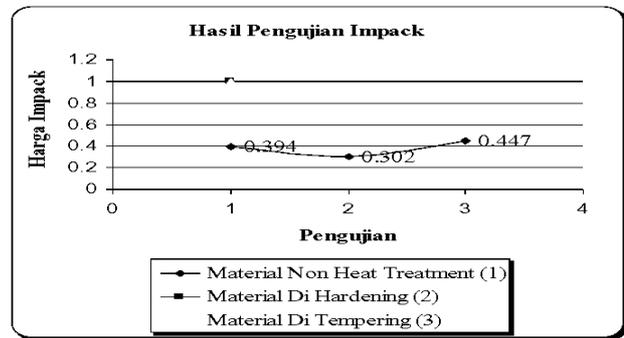
Pada Pengujian material non heat treatment nilai kekerasan Brinellnya adalah 210.18 HB dan kemudian dilakukan proses hardening yang menyebabkan kekerasannya naik yaitu 364.22 HB, ini dikarenakan adanya perubahan dari fasa ferit dan perlit menuju ke fasa Martensit sehingga kekerasannya meningkat, lalu adanya penurunan yang secara signifikan pada proses perlakuan tempering yang menyebabkan kekerasannya mulai menurun yaitu 229.94HB, proses tempering ini dikarenakan untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengurangi kekerasan pada proses struktur butir yang kasar.

### Analisa Uji Impact Sebelum dan Sesudah Heat Treatment

Dalam pengujian impact ini terdapat beberapa sample, yaitu sample material non heat treatment, material setelah di hardening, material setelah di tempering.

Tujuan dari uji impact ini adalah untuk mengetahui nilai ketangguhan dari suatu material dan jenis patahan yang terjadi pada saat proses uji

impact



Pada material non heat treatment nilai harga impactnya adalah 0.394 (joule/mm<sup>2</sup>) dan mempunyai jenis patahan ulet/liat, ini dikarenakan sifat dari baja yaitu lunak tapi ulet atau liat. Pada pengujian impact unsur nikel juga sangat berpengaruh, karena nikel dapat menaikkan ketangguhan dan ketahanan terhadap beban bentur.

Sedangkan pada pengujian material yang dihardening nilai harga impactnya menurun yaitu 0.302 (joule/mm<sup>2</sup>), ini dikarenakan pada proses hardening hanya untuk mengeraskan material tetapi tidak untuk keuletannya sehingga harga impactnya semakin menurun. Jenis patahan pada proses hardening ini masih bersifat ulet.

Material yang di tempering mempunyai harga impact 0.447 (joule/mm<sup>2</sup>), ini dikarenakan pada proses tempering bahan akan bersifat lunak dan lebih ulet, dan keuletannya sangat berbeda dengan proses material non heat treatment dan material yang di hardening. Jenis patahannya adalah ulet atau liat.

Patah ulet atau liat adalah patahan yang diiringi dengan perubahan bentuk mempunyai permukaan patahan yang tidak rata dan nampak seperti beludru, buram dan berserat. Tipe ini mempunyai nilai pukulan takik yang tinggi.

### Analisa Struktur Mikro Sebelum dan Sesudah Heat Treatment

Hasil dari foto Metallografi pada material JIS G 4051 S 17 C dengan proses non heat treatment dan heat treatment terbagi menjadi 2 bagian yaitu foto metallografi bagian sisi samping dan foto metallografi tegak lurus searah rol.

Foto metallografi pada material non heat treatment akan terlihat struktur ferrit dan perlit, dimana struktur ferrit adalah merupakan kristal besi murni (ferrum = Fe). Ferrit merupakan bagian

baja yang paling lunak dan ferrit murni tidak akan cocok andai kata digunakan sebagai bahan untuk benda kerja yang menahan beban karena kekuatannya kecil.

Sedangkan perlit adalah campuran khusus terdiri dari dua fasa dan terbentuk sewaktu austenit dengan komposisi eutektoid bertransformasi menjadi kristal ferrit halus dan kristal sementit halus, dimana struktur perlit terdiri dari pelat-pelat/lamel ferrit dan sementit yang tersusun berdampingan. Kekerasan ini diakibatkan adanya sementit.

Pada foto metallografi material yang dilakukan proses hardening dengan temperature 900°C, holding time 15 menit dan media pendinginan air akan terlihat adanya struktur ferrit dan perlit, dimana perlit terlihat lebih banyak dibandingkan ferrit. Ferrit bersifat lunak dan perlit berwarna hitam bersifat keras

Untuk proses tempering dengan temperatur 500°C dan holding time 15 menit pada pendinginan air struktur metallografinya adalah ferrit dan perlit halus, ini dikarenakan untuk mengurangi kekerasan pada proses struktur butir yang kasar dan keuletan logam tersebut akan naik. Bila kita bandingkan dengan martensit dan material non heat treatment adanya suatu perbedaan kekasaran struktur butir dengan material yang telah di tempering.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisa yang dilakukan mengenai perubahan sifat mekanik baja JIS G 4051 S 17 C setelah dilakukan hardening dan tempering maka kesimpulan yang dapat diambil adalah:

Baja JIS G 4051 S 17 C adalah baja karbon rendah dengan kadar karbon sebesar 0,15 % yang dipadu dengan Cr sebesar 0.02%

Hasil dari pengujian kekerasan dengan metode Brinell untuk material non heat treatment adalah 210.18 dilanjutkan dengan proses hardening kekerasannya meningkat menjadi 364.22 ini dikarenakan adanya perubahan struktur. Sedangkan pada proses tempering kekerasannya menurun menjadi 229.94 ini dikarenakan untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengurangi kekerasannya.

Pengujian impact untuk material non heat treatment harga impactnya adalah 0.394 (joule/mm<sup>2</sup>) dan patahannya adalah ulet. Sedangkan untuk material yang di hardenig nilai impactnya adalah 0.302 (joule/mm<sup>2</sup>), ini

dikarenakan hardening hanya untuk mengeraskan material sehingga keuletannya menurun. Untuk material yang ditempering harga impactnya naik menjadi 0.447 (joule/mm<sup>2</sup>), ini dikarenakan pada proses tempering bahan akan lunak dan lebih ulet.

Pada struktur metallografi untuk material non heat treatment strukturnya adalah ferrit dan perlit. Sedangkan untuk proses hardening struktur metallografinya adalah martensit dan untuk proses tempering struktur metallograafinya adalah ferrit dan perlit dengan struktur butiran yang lebih halus dan kekerasannya menurun.

Terlihat bahwa terjadi perubahan sifat mekanik baja JIS G 4051 S 17 C bila dilakukan proses hardening dan proses tempering

## DAFTAR PUSTAKA

George E Dieter, "Mechanical Metallurgy". 3<sup>th</sup> edition, McGraw Hill International Editions, 1986

Avner Sidney H, "Introduction to Physical Metallurgy". 2<sup>nd</sup> edition, McGraw Hill International Book Company, New York, 1974.

George Krauss, "Heat treatment and Processing Principles" 3<sup>th</sup> edition, Material Park, Ohio, 1995

Smith William F, "Principles of Materials Science and Engineering". 3<sup>th</sup> edition, McGraw Hill International Book Company, New York, 1993.

Sularso, "Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin". Cetakan ke-9, Pradnya Paramita. Jakarta, 1997.

Saito Shinroku and Tata Surdia, "Pengetahuan Bahan Teknik". Cetakan ke-5, Pradnya Paramita. Jakarta, 1997.