

# STUDI SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA DIN 1.7223 41CrMo4 DENGAN PENGARUH PERLAKUAN PANAS

H. Koos Sardjono, Eri Diniardi, Sugianto  
Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta

**Abstrak.** Logam baja merupakan logam yang masih dominan dipergunakan dalam suatu industri rancang bangun, konstruksi mesin dan peralatan kebutuhan sehari-hari. Dalam memenuhi kebutuhan industri yang di tuntut tersedianya logam baja yang memiliki kualitas dan sifat mekanis yang baik. Untuk tujuan tersebut dilakukan penelitian dengan judul "Studi sifat mekanis dan struktur mikro pada baja DIN 1.7223 41CrMo4 dengan pengaruh perlakuan panas"

Dalam penelitian ini temperatur pemanasan yang diberikan adalah 850°C, dan di tahan selama 20 menit setiap sampel yang di berikan perlakuan panas kemudian dicelupkan kedalam air dan oli kemudian dilakukan pengujian tarik, pengujian kekerasan, dan pengujian metallografi.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, pada temperatur pemanasan 850 °C diperoleh nilai kekuatan tarik tinggi sebesar 1404,16N/mm<sup>2</sup> dengan media quenching air. Dari hasil yang di peroleh nilai kekerasan tertinggi nilai rata-ratanya adalah 54 HRC pada temperatur pemanasan 850 °C dengan media quenching oli. Pada temperatur pemanasan 850 °C fasa yang tampak adalah pearlit dan martensit dan nilai kekerasannya lebih tinggi.

Kata kunci: Logam baja, struktur mikro pada baja DIN 1.7223 41CrMo4

## PENDAHULUAN

### LATAR BELAKANG

Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi saat ini dibutuhkan suatu material bahan yang baik. Logam baja dan besi tuang merupakan logam yang paling banyak dipakai. Secara umum baja mempunyai sifat-sifat fisis seperti konduktivitas panas dan listrik yang baik, secara keuletan dan ketangguhan yang cukup baik. Baja karbon sedang ( medium carbon steel ) merupakan baja yang mengandung karbon antara 0.3 – 0.6 % dan sedikit unsur paduan lain yang memungkinkan baja mempunyai kekerasan yang tinggi. Dalam hal ini DIN 17223 41CrMo4 merupakan salah satu material bahan yang paling banyak digunakan untuk komponen-komponen pada mesin yang memiliki permukaan dengan tingkat kekerasan yang tinggi seperti pada komponen-komponen poros roda gigi, komponen pompa injeksi, alat untuk mengukur berukuran besar, pin piston dan lain-lain

Seiring dengan penggunaan baja DIN 17223 41CrMo4 dengan sendirinya diikuti pula dengan meningkatnya permasalahan yang timbul pada logam tersebut. Adapun permasalahan yang sering terjadi adalah adanya pembebanan dan penekanan dalam penggunaan baja DIN 17223 41CrMo4 tersebut dalam penggunaannya.

Agar mendapatkan kekerasan yang diinginkan dari baja DIN 17223 41CrMo4 ini maka dapat dilakukan dengan cara proses perlakuan panas. Variable-variabel yang mempengaruhi proses perlakuan panas pada baja DIN 17223 41CrMo4 tersebut adalah komposisi kimia, proses pemanasan, dan proses pendinginan dengan media pendinginannya.

## LANDASAN TEORI

### PENGERTIAN BAJA

Baja adalah logam alloy yang komponen utamanya adalah besi, dengan karbon sebagai material pengalloy utama. karbon bekerja sebagai agen penguat, mencegah atom besi, yang secara alami teratu dalam lattice, bergeser melalui satu sama lain. Memvariasikan jumlah karbon dan penyebaran alloy dapat mengontrol kualitas baja. Baja dengan peningkatan jumlah karbon dapat memperkeras dan memperkuat besi, tetapi juga lebih rapuh. Definisi klasik, baja adalah besi karbon - alloy dengan kadar karbon sampai 5,1 persen; ironisnya, alloy dengan kadar karbon lebih tinggi dari ini dikenal dengan besi.

Sekarang ini ada beberapa kelas baja di mana karbon diganti dengan material alloy lainnya, da karbon, bila ada, tidak diinginkan. Definisi yang lebih baru, baja adalah alloy berdasar-besi yang dapat dibentuk secara plastik.

Dalam kehidupan sehari-hari, kita pasti sering melihat benda-benda yang terbuat dari baja, baik itu dalam lingkungan rumah tangga ataupun di lingkungan sekitar. Misalnya benda dari baja adalah kawat, sekrup, baut, pisau dan lain-lain. Bahkan sangat sering digunakan sebagai alat pendukung dalam kehidupan manusia seperti untuk mendirikan jembatan, rumah/gedung, dan lain-lain.

Baja adalah merupakan logam paduan, yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Dan pada umumnya baja diklasifikasikan lagi berdasarkan banyaknya kadar karbon yang dikandung dan juga berdasarkan banyaknya paduan yang dikandung. karbon merupakan salah satu unsur yang sangat penting, karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja.

Berdasarkan unsur paduannya, klasifikasi baja mengikuti aturan yang telah ditetapkan dalam SAE Society of Automotive Engineers dan AISI (American Iron and Steel Institute), misalnya SAE-AISI 1320 - 1340, artinya adalah baja paduan dengan unsur Mangan (Mn) sekira 1,5%-2,0%.

Menurut komposisi kimianya:

- a. Baja karbon (carbon steel), dibagi menjadi tiga yaitu;
  - Baja karbon rendah (low carbon steel)
    - 0,05 %-0,30% C: Sifatnya mudah ditempa dan mudah di mesin. Penggunaannya
    - 0,05 % - 0,20 % C : automobile bodies, buildings, pipes, chains, rivets, screws, nails.
    - 0,20 % - 0,30 % C : gears, shafts, bolts, forgings, bridges, buildings.
  - Baja Karbon menengah (medium carbon steel)
    - Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah.
    - Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong. Penggunaan:
      - 0,30 % - 0,40 % C : connecting rods, crank pins, axles.
      - 0,40 % - 0,50 % C : car axles, crankshafts, rails, boilers, auger bits, screwdrivers.
      - 0,50 % - 0,60 % C : hammers dan sledges.
  - Baja karbon tinggi (high carbon steel) tool steel
    - Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Kandungan 0,60 % - 1,50 % C  
Penggunaan :
      - screw drivers, blacksmiths hammers, tables knives, screws, hammers, vise jaws, knives, drills. tools for turning brass and wood, reamers, tools for turning hard metals, saws for cutting steel, wire drawing dies, fine cutters.

b. Baja paduan (alloy steel)

Tujuan dilakukan penambahan unsur yaitu:

1. Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan tarik dan sebagainya)
2. Untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah
3. Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi) Untuk membuat sifat-sifat spesial

Baja paduan yang diklasifikasikan menurut kadar karbonnya dibagi menjadi:

1. Low alloy steel, jika elemen paduannya  $\leq 2,5$  %
2. Medium alloy steel, jika elemen paduannya 2,5 – 10 %

### **PERLAKUAN PANAS PADA BAJA.**

Proses perlakuan panas ini dilakukan dengan pemanasan perubahan fasa (struktur). Perubahan struktur akan merubah sifat sifat mekanis dari logam tersebut.

Proses perlakuan panas ini tergantung dari pemakaiannya dapat digunakan untuk mengeraskan (Hardening), melunakkan (Annealing), Menghaluskan butiran logam (Spheroidizing) dan lain lain. Laju pendinginan sangat menentukan hubungan antar struktur dan sifat-sifat yang dihasilkan, dengan pendinginan yang cepat dari suhu austenisasi dapat menghasilkan kekerasan yang tinggi sebagai akibat terbentuknya struktur martensit. Sedangkan pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur ferit dan perlit yang lunak. Klasifikasi perlakuan panas sebagai berikut:

a. Pengerasan (Hardening).

Memanaskan baja hingga seluruh baja menjadi austenit dan kemudian didinginkan dengan cepat yaitu dengan mencelupkan kedalam media pendingin seperti air, oli atau media lainnya. Tujuannya adalah untuk menggeraskan baja.

b. Melunakkan (Annealing).

Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan baja dengan suhu diatas transformasi ( $> 723$  OC) yaitu seluruh austenit, lalu kemudian dilakukan pendinginan perlahan-lahan (Didiamkan didapur). Tujuannya adalah untuk melunakkan baja.

c. Tegangan Sisa (Stress Relieving).

Proses ini menghilangkan sisa tegangan dalam logam yaitu dengan memanaskan sampai mendekati suhu transformasi, ditahan beberapa lama dan kemudian didinginkan di udara.

d. Menaikan Ketangguhan (Tempering).

Proses kembali baja yang sudah di keraskan atau yang telah diberi proses hardening suhu pemanasannya adalah relatif rendah yaitu dibawah suhu transformasi eutektoit. Tujuannya adalah untuk mengurangi sedikit kekerasan logam sehingga keuletan (ketangguhan) logam akan meningkat.

e. Pembulatan Karbida. (Spheroidizing).

Proses pemanasan untuk menghasilkan karbida yang bulat menyerupai bola didalam baja. Proses ini dapat dilakukan melalui:

- Pemanasan yang lama dibawah eutektoit
- Pemanasan dan pendinginan silih berganti diatas dan dibawah suhu eutektoid.

Tujuannya adalah untuk meningkatkan ketangguhan daya tahan aus yang lebih baik dari suatu logam.

## METODOLOGI PENELITIAN

### DATA BENDA PENGUJIAN

Spesimen yang akan digunakan dalam pengujian ini adalah Machinery Steel DIN 1.7223 41CrMo4 dengan unsur-unsur paduannya adalah sebagai berikut:

**Tabel 1 Komposisi kimia Baja DIN 1.7223 41CrMo4**

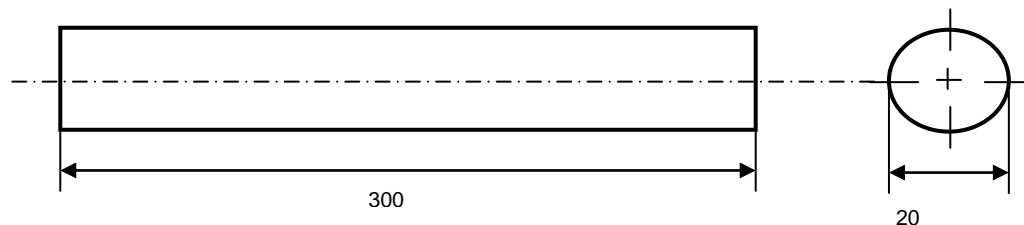
Unsur	C	SI	MN	P	S	CR	Ni	Mo	Cu
%	0,41	0,30	0,70	0,012	0,023	1,10	0,14	0,20	0,31

Baja DIN 1.7223 41CrMo4 termaksud Karbon menengah (medium carbon steel)

- Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah.
- Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong. Penggunaan:
  - 0,30 % - 0,40 % C : connecting rods, crank pins, axles.
  - 0,40 % - 0,50 % C : car axles, crankshafts, rails, boilers, auger bits, screwdrivers.
  - 0,50 % - 0,60 % C : hammers dan sledges.

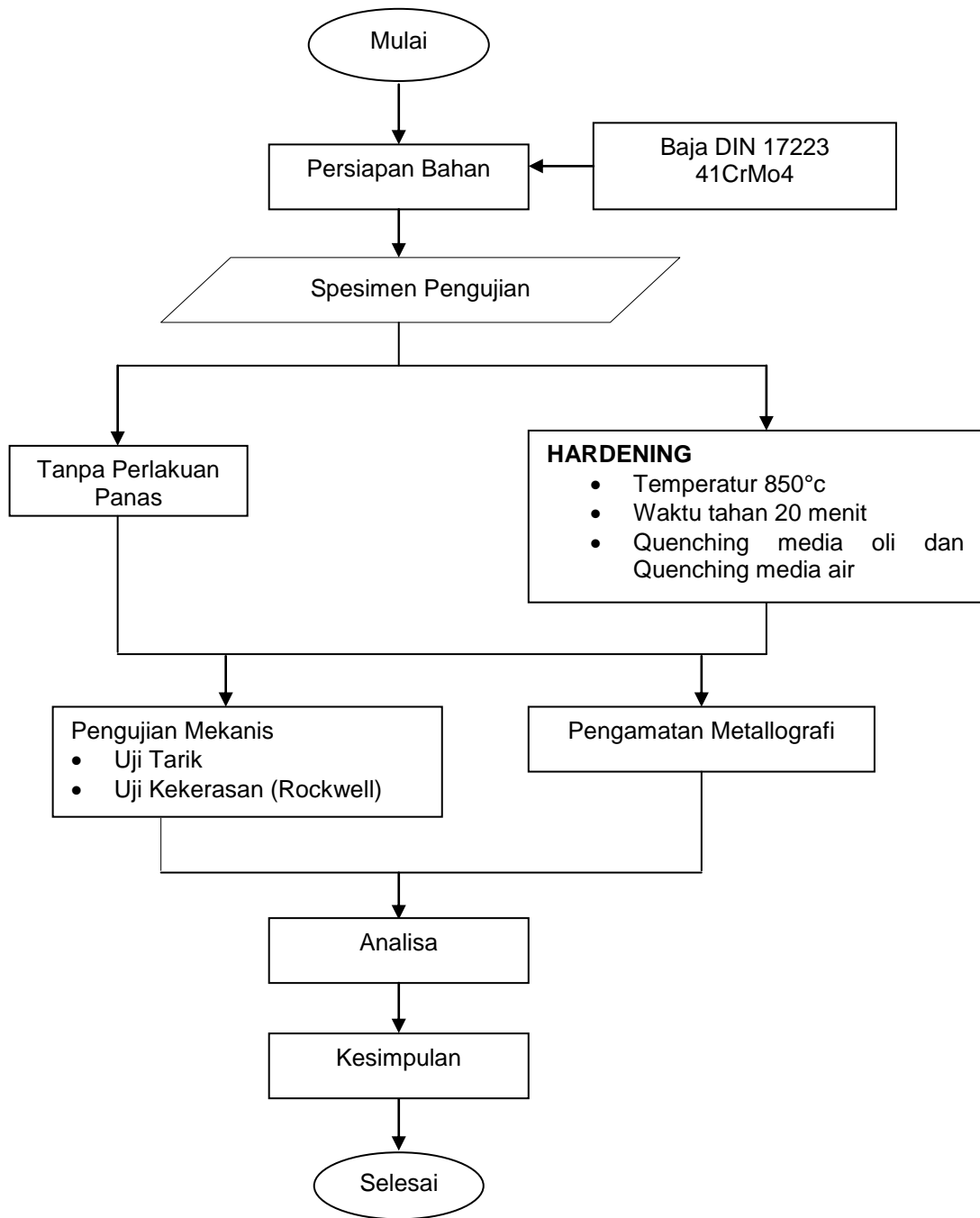
Pada tahap persiapan, benda uji harus di bentuk sesuai dengan standar pengujian yang telah di tetapkan. Adapun standar yang digunakan adalah standar ASTM E 571. pada pengujian ini ada 3 variable benda dengan suhu pemanasan yang berbeda beda yaitu

- Temperatur pemanasan  $850^{\circ}$  C untuk hardening dengan media pendingin air.
- Temperatur pemanasan  $850^{\circ}$ C untuk hardening dengan media pendingin oli.
- Temperatur normal atau tanpa perlakuan panas.



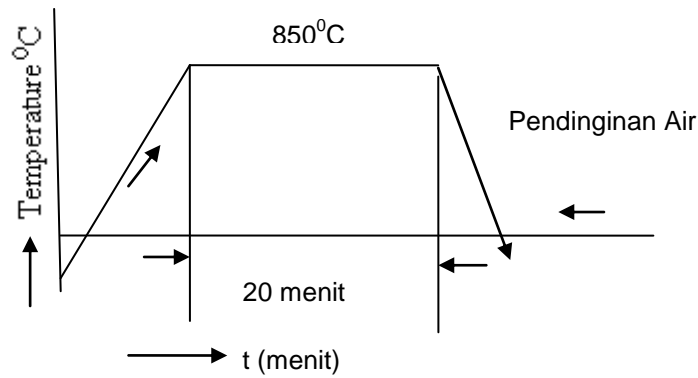
Specimen yang akan diberikan perlakuan panas.

**Gambar 1 Benda Uji**

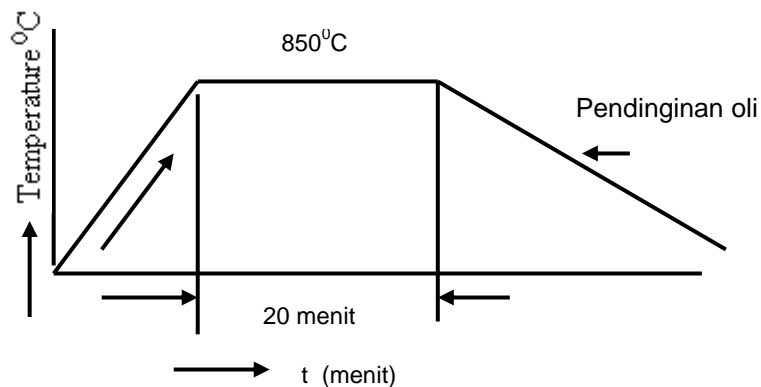


**PROSES PERLAKUAN PANAS.**

Benda uji dari baja DIN 17223 41CrMo4 kemudian di berikan perlakuan panas untuk melihat pengaruh yang terjadi selama baja tersebut. Adapun proses perlakuan panas yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2 Hubungan temperatur 8500 C dengan waktu 20 menit pada baja. Proses hardening.



Gambar 3 Hubungan temperatur 8500 C dengan waktu 20 menit pada baja. Proses hardening..

**PROSES Pengerasan.**

Setiap 1 sampel dimasukkan kedalam dapur pemanas untuk kemudian dilakukan proses pemanasan sampai suhu 850 °C, serta ditahan selama 20 menit setiap proses pemanasan yang diberikan, agar terjadi pemerataan temperatur pada semua sampel. Setelah itu didinginkan dengan air dan oli.

**PENCELUPAN (Quenching).**

Setelah perlakuan panas hardening 850 °C. Sampel-sampel dicelupkan kedalam bak yang di isi dengan air dan oli sebagai media pendinginnya.

**ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**Uji Tarik**

Uji tarik dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan specimen dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi spesimen. Pada uji tarik sumbu bertambah besar secara berkelanjutan, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami specimen.

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum, Ultimate Tensile Strength (UTS), adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal specimen.

$$\sigma \text{ maks} = \frac{P_o}{A_o}$$

- Dimana :  $P_o$  = Beban
- $A_o$  = Luas penampang awal (mm<sup>2</sup>)
- Maks = Kekuatan tarik maksimum (N/mm)

## ANALISA HASIL UJI TARIK

Setelah melakukan proses perlakuan panas pada specimen baja DIN 17223 41CrMO4 dilanjutkan dengan analisa data pengujian setelah dilakukan penelitian.

Analisa penelitian dilakukan dengan menggunakan grafik untuk lebih mempermudah pengkajian atas hasil-hasil pengujian yang telah dilakukan. Dari grafik tersebut dapat dilihat perubahan – perubahan nilai dari sifat mekanis Baja Paduan DIN 17223 41CrMO4. Dengan temperatur antara lain:

- Dengan hardening 850°C, waktu penahanan 20 menit, quenching air.
- Dengan hardening 850°C waktu penahanan 20 menit, quenching oli.
- Tanpa perlakuan panas.

Data pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan Mesin UPM 1000 KN (Universal Proof Machine). Dari hasil pengujian kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui

NO	Diameter (mm)	Lo (mm)	ΔL (mm)	Ao (mm <sup>2</sup> )	Fe (kN)	Fm (kN)	σy (N/mm <sup>2</sup> )	σu (N/mm <sup>2</sup> )	ε (%)
1	12,60	50	2	124,63	155	175	1243,68	1404,16	4
2	12,43	50	1,5	121,29	-	159	-	1310,91	3
3	12,42	50	8	121,09	-	151	-	1247,01	16

kekuatan masing-masing specimen .

**Tabel 2 Hasil Uji Tarik**

### 1. Luas Penampang Awal :

$$A_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

- Spesimen I (dengan perlakuan panas / hardening 850 oC media quenching air) :

$$A_0 = \frac{3,14(12,60^2)}{4} = 124,6 \text{ mm}^2$$

- Spesimen II (dengan perlakuan panas / hardening 850 oC media quenching oli) :

$$A_0 = \frac{3,14(12,43^2)}{4} = 121,2 \text{ mm}^2$$

- Spesimen III ( tanpa perlakuan panas ) :

$$A_0 = \frac{3,14(12,42^2)}{4} = 121,09 \text{ mm}^2$$

### 2. Kuat Tarik Maksimum

$$\sigma_{maks} = \frac{F_{maks}}{A_0}$$

- Spesimen I (dengan perlakuan panas / hardening 850 oC media quenching air)

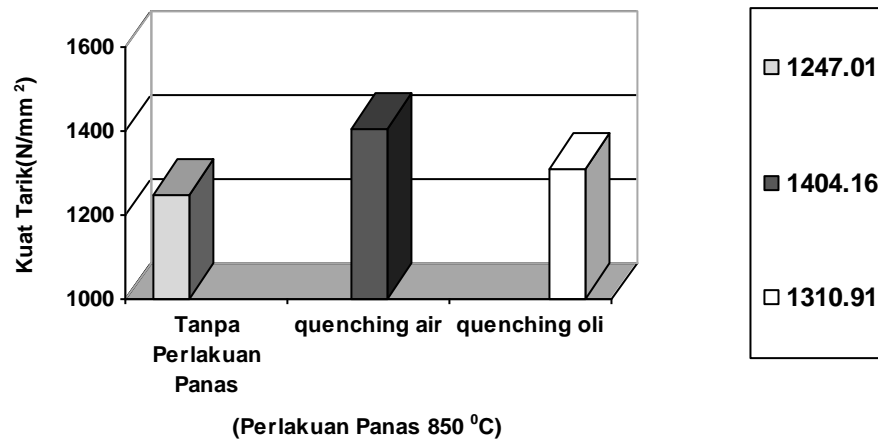
$$\sigma_{maks} = \frac{175 \text{ kN}}{124,63 \text{ mm}^2} = 1404,16 \text{ N/mm}^2$$

- Spesimen II (dengan perlakuan panas / hardening 850 media quenching oli)

$$\sigma_{maks} = \frac{159 \text{ kN}}{121,29 \text{ mm}^2} = 1310,91 \text{ N/mm}^2$$

- Spesimen III ( tanpa perlakuan panas )

$$\sigma_{maks} = \frac{151 \text{ kN}}{121,09 \text{ mm}^2} = 1247,01 \text{ N/mm}^2$$



**Gambar 4 Grafik Kuat Tarik Maksimum vs Perlakuan Panas**

Data pengujian ini diperoleh dalam tiga kelompok pengujian yaitu specimen tanpa perlakuan panas, hasil proses hardening dan hasil proses tempering.

- Kekuatan tarik material baja karbon sedang sebesar 1247,01 N/mm<sup>2</sup>, setelah proses hardening menjadi sebesar 1310,91 N/mm<sup>2</sup> atau meningkat 5,12% dengan media quenching oli.
- Kekuatan tarik material baja karbon sedang sebesar 1247,01 N/mm<sup>2</sup>, setelah proses hardening menjadi sebesar 1404,16 N/mm<sup>2</sup> atau meningkat 12,60% dengan media quenching air.

#### 4. Regangan

Kemampuan suatu bahan meregang plastis sebelum putus. Dalam hal ini diukur dengan elongasi dan dengan reduksi penampang. Pengukuran regangan dilakukan dengan menggabungkan bagian yang putus, kemudian diukur panjangnya, regangan (elongasi) adalah rasio antara pertambahan panjang dengan panjang awal.

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\%$$

- Spesimen I ( Di hardening 850°C dengan quenching air) :

$$\varepsilon = \frac{51-50}{50} \times 100\% = 16 \%$$

- Spesimen II (Di hardening 850°C dengan quenching oli) :

$$\varepsilon = \frac{51,5-50}{50} \times 100\% = 4 \%$$

#### 5. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas menunjukkan kekuatan logam dimana makin besar harga modulus elastisitas maka makin kaku logam tersebut. Modulus elastisitas (E) merupakan ukuran kekuatan suatu bahan uji tersebut.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

- Specimen I (Tanpa Pemanasan/ temperatur ruang)

$$\frac{1247,01\text{N}}{0.16 \text{ mm}}$$

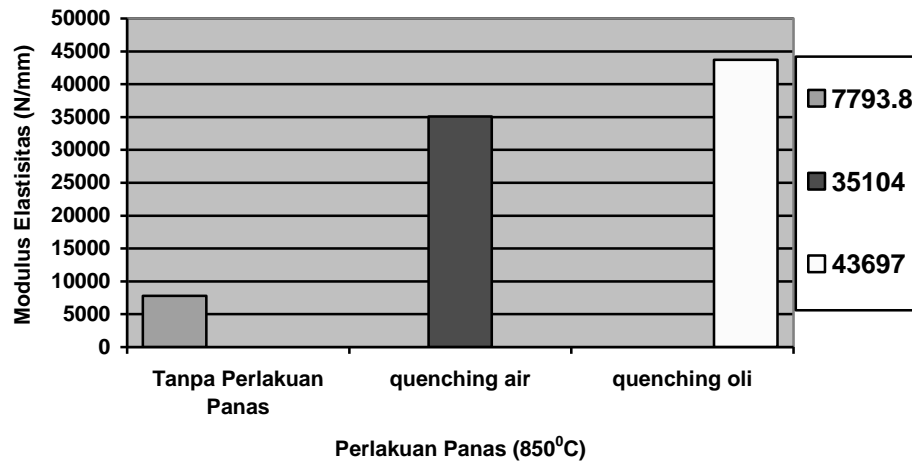
$$E = \quad = 7793,8\text{N/mm}^2$$

- Specimen II (Hardening 850°C, media quenching air)

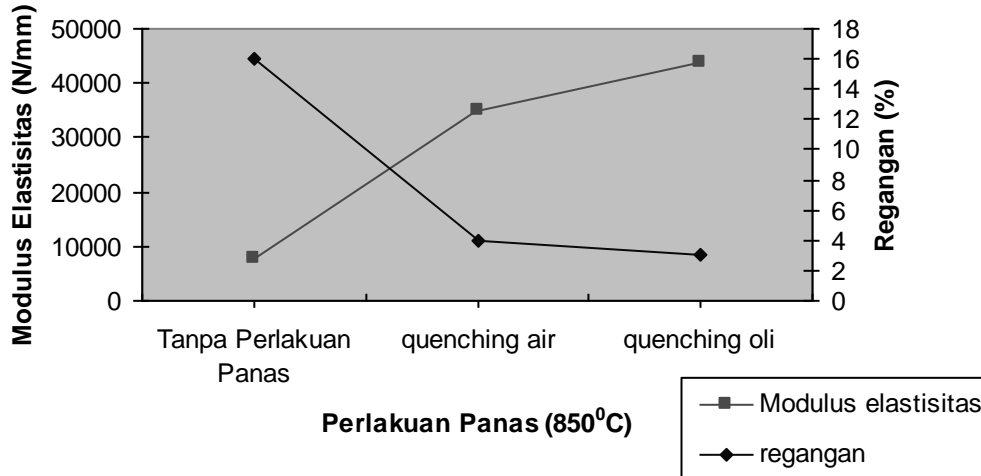
$$E = \frac{1404,16\text{N}}{0,04 \text{ mm}} = 35104 \text{ N/mm}^2$$

- Specimen III (Hardening 850°C, media quenching oli)

$$E = \frac{1310,91\text{N}}{0,03 \text{ mm}} = 43697 \text{ N/mm}^2$$



**Gambar 5 Grafik Modulus Elastisitas Vs Perlakuan Panas**



**Gambar 6 Grafik Modulus Elastisitas & Regangan Vs Perlakuan Panas**

### HASIL ANALISA UJI KEKERASAN

Hasil uji kekerasan menggunakan metode Rockweel, dimana nilai kekerasan rata-rata bahan tanpa perlakuan panas. Hasil kekerasan dibawah ini adalah kekerasan bahan yang diberi perlakuan panas yaitu pada temperatur :

- Suhu 850 oC dengan media quenching air = 52.3 HRc
- Suhu 850 oC dengan media quenching oli = 55,9 HRc
- Tanpa perlakuan panas = 33,5 HRc

**Tabel 3 Uji Kekerasan Dalam HRC**

No	Tanpa Perlakuan Panas	Quenching Oli	Quenching Air



1.	33,5	54,5	42,5
2.	33,5	54,3	40
3.	33	51,5	36
4.	34	54	42,5
5.	33,2	54	44

Alat : Frank Welltest  
 Metode Uji : Hardness Rockwell Cone (HRC)  
 Beban : 1471 N  
 Waktu : 15 detik  
 Permukaan Benda Uji : Polishing 1mm  
 Temperatur Uji :  $\pm 28^{\circ}\text{C}$   
 Standar Uji : Din 50103

Besar Nilai kekerasan yang di peroleh sangat dipengaruhi oleh fasa yang terbentuk dan jumlah fasa. Sedangkan fasa dipengaruhi oleh perlakuan panas yang diberikan sebelumnya pada bahan tersebut.

Struktur yang ada pada specimen tanpa perlakuan panas adalah struktur martensit annealed dengan kandungan 0,41 % berat karbon yang terdiri dari perlit dan ferit dengan pembesaran 500x.

Pada Gambar 4.14 spesimen yang mengalami perlakuan panas dengan temperatur 850 °C dan menggunakan media pendingin air, struktur yang dihasilkan adalah martensite.

Pada gambar 4.17 struktur bahan yang mengalami proses perlakuan panas dengan temperature 850 0C dan menggunakan media pendingin oli adalah martensit dengan butiran kasar sehingga kekerasannya meningkat sedangkan kekuatannya menurun.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan pada baja DIN 17223 41CrMO4 dengan perlakuan panas pada temperature 850°C dengan media quenching yang berbeda dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Pada specimen tanpa perlakuan panas memiliki kuat tarik maksimum 1247,01 N/mm<sup>2</sup>. dan memiliki regangan sebesar 16 % dan nilai modulus elastisitasnya 7793,8N/mm serta tingkat kekerasannya sebesar 33,5 HRC dengan struktur martensit annealed.
- Pada specimen dengan perlakuan panas temperature 850°C dan media pendingin air memiliki kuat tarik maksimum 1404,16 N/mm<sup>2</sup> dan memiliki regangan sebesar 4% dan nilai modulus elastisitasnya 35104 N/mm serta tingkat kekerasannya sebesar 42,5 HRC dengan struktur martensit.

Pada specimen dengan perlakuan panas temperature 850°C dan media pendingin oli memiliki kuat tarik maksimum 1310,91N/mm<sup>2</sup> dan memiliki regangan sebesar 3% dan nilai modulus elastisitasnya 43697 N/mm serta tingkat kekerasannya sebesar 54 HRC dengan struktur martensit dengan butiran kasar sehingga kekerasannya meningkat sedangkan kekuatannya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Adyana DN, DR, IR "**Logam dan paduan**". Tinjauan proses pengolahan dan hubungan antar struktur dan sifat mekanis
2. Dieter George. "**E Metalurgi Mekanik**". edisi III.
3. Metal Hand Book, "**Metalografi dan mikrostruktur**", edisi 4, vol 9
4. smith F Wiliam, "**Foundation of Materials, Science and engineering**" Mc Graw Hill, Inc 2.1993
5. Vander voort. ME. "**Ilmu dan ternologi bahan**" edisi 5, Jakarta, Erlangga.