

# PENGARUH PROSES HARDENING PADA BAJA HQ 7 AISI 4140 DENGAN MEDIA OLI DAN AIR TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

Cahya Sutowo<sup>1</sup>.,ST.MT., Bayu Agung Susilo<sup>2</sup>

Lecture<sup>1</sup>,College student<sup>2</sup>,Departement of machine, Faculty of Engineering, University Muhammadiyah Jakarta, JalanCempakaPutih Tengah 27 Jakarta Pusat 10510, Tlp 021-4244016,4256024, email : [csutowo@yahoo.com](mailto:csutowo@yahoo.com)

## ABSTRAK

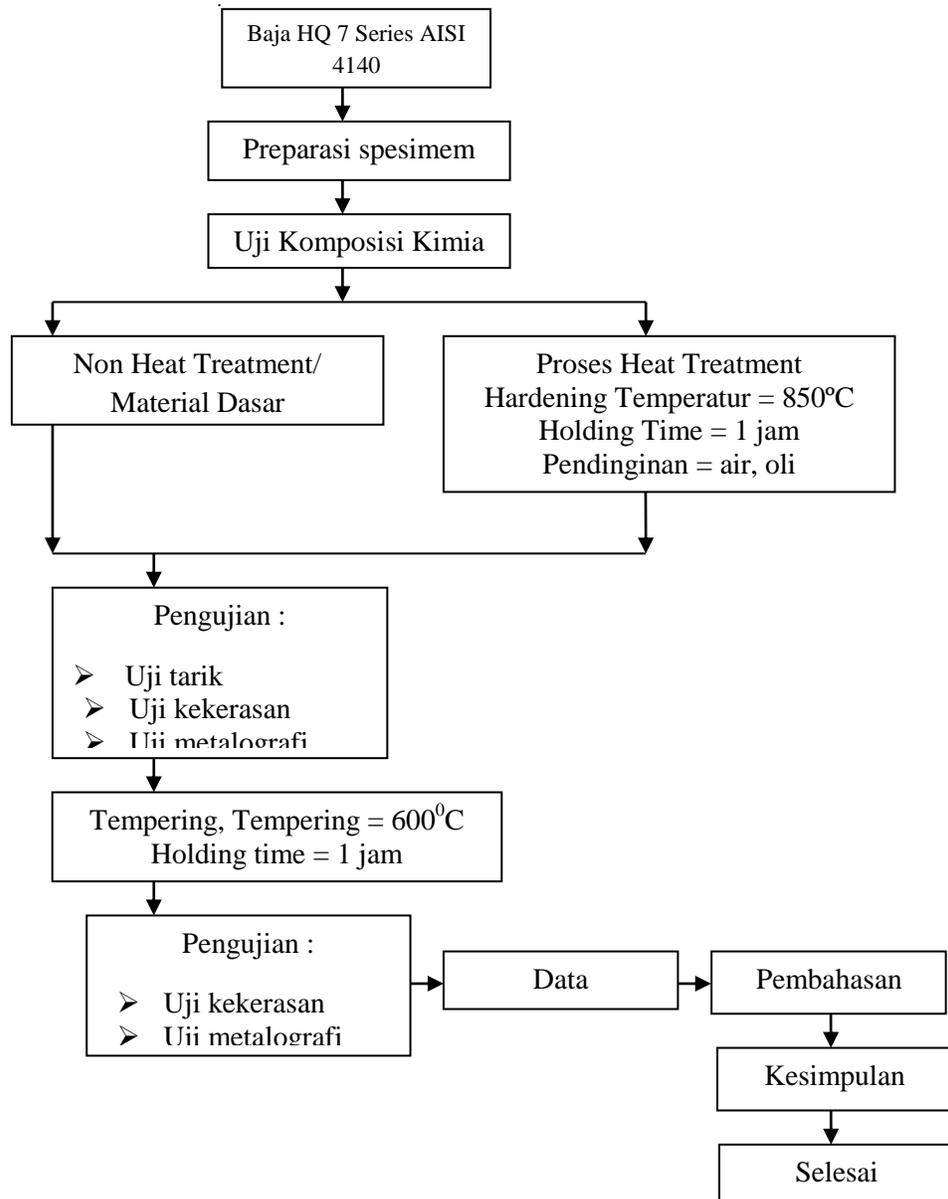
*Proses hardening dilakukan pada temperatur pemanasan 850°C terhadap baja AISI 4140 dengan memberikan holding time selama 1 jam serta 2 macam media pendingin yaitu oli dan air. Selanjutnya dilakukan proses tempering pada temperatur 600°C dengan memberikan waktu penahanan selama 1 jam. Perubahan sifat mekanis yang diamati sebelum dan sesudah mengalami proses perlakuan panas terdiri dari nilai kekuatan tarik, nilai kekerasan serta struktur mikronya. Nilai kekuatan tarik sebelum proses hardening 1069,38 N/mm<sup>2</sup> sedangkan setelah proses hardening nilai kekuatan tariknya sebesar 1524,63 N/mm<sup>2</sup> untuk pendinginan oli dan sebesar 990,85 N/mm<sup>2</sup> untuk pendinginan air. Nilai kekerasan sebelum proses hardening sebesar 19,2 HRc setelah proses hardening dengan temperatur dan holding time yang sama berurutan untuk pendinginan air dan oli adalah 36,06 HRc dan 34,44 HRc. Sedangkan nilai kekerasan setelah proses tempering dengan temperatur 600°C dan holding time 1 jam untuk pendinginan oli dan air adalah 38,06 HRc dan 34,74 HRc. Dari hasil pengamatan struktur mikro terlihat pembentukan martensit pada kondisi pendinginan oli dan air, dan pembentukan martensit temper pada proses tempering dengan pendinginan yang sama.*

*Kata Kunci :Baja AISI 4140, Tempering, Hardening, Kekuatan Tarik*

## 1.PENDAHULUAN

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan dalam perlakuan panas antara lain: komposisi kimia, perlakuan panas, cairan pendingin, temperatur pemanasan dan lain-lain.Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja dan kekerasan yang terjadi akan tergantung pada temperatur pemanasan (*temperatur autenitising*), holding time dan laju pendinginan yang dilakukan serta seberapa tebal bagian penampang yang menjadi keras panyak tergantung pada hardenability.Perlakuan panas pada baja memegang peranan dalam upaya peningkatan kekerasan baja sesuai dengan kebutuhan. Proses ini meliputi pemanasan baja pada suhu tertentu, ditahan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media tertentu pula.

## 2. DIAGRAM ALIR



Gambar 2.1 Diagram alir penelitian

## 3. METODE PENELITIAN

Dengan melakukan pengamatan, pengukuran serta pengujian dilaksanakan terhadap masing-masing specimen

## 4. DATA HASIL PENELITIAN

### 4.1 Data Hasil Uji Komposisi Kimia

Data hasil uji komposisi kimia menggunakan metode SPARK OES, komposisi kimianya dapat dilihat dalam table 4.1 dengan kesimpulan bahwa specimen uji termasuk baja karbon sedang

Tabel 4.1 hasil uji komposisi kimia

Unsur	Kadar %
C	0,4
Si	0,28
Mn	0,74
P	0,09
Si	0,025
Cr	1,95
Ni	0,08
Mo	0,19
Al	0,034
Cu	0,19

### 4.2. Data Hasil Uji Tarik

Pengujian ini menggunakan mesin UPM 1000 pada skala beban 10 kN (untuk specimen raw material) dan 25 kN (untuk specimen *hardening*) dimana benda yg dipakai adalah baja HQ 7 AISI 4140 dengan menggunakan standar pengujian ASTM A 370

- Spesimen 1 : Raw material (*non heat treatment*) menghasilkan bentuk patahan *star fracture*, patahan penampang berbentuk *cup-cone* tetapi terdapat sobekan tak beraturan pada sisi penampang ukur dan butirannya seperti kristal.
- Spesimen 2 : dengan pemanasan pada temperature 850 °C , *holding time* 60 menit. Dilakukan *Quenching* air menghasilkan patahan pada permukaan penampang tampak rata, ini menunjukkan bahwa specimen mengalami patah getas (*brittle fracture*)
- Specimen 3 : dengan pemanasan pada temperature 850 °C, *holding time* 60 menit. Dilakukan *Quenching* oli menghasilkan patahan seperti specimen 2 yaitu : patahan pada permukaan penampang tampak rata, ini menyatakan bahwa specimen mengalami patah getas (*brittle fracture*).



Gambar 4.1 Spesimen yang telah diuji tarik

Tabel 4.2 hasil uji tarik

Kode	Penampang	Panjang	Gaya saat	Gaya maksimum	Perubahan
spesimen	spesimen	lo (mm <sup>2</sup> )	yield	Fm (KN)	Panjang
	bulat, do (mm)		Fy (KN)		ΔL (mm)
1	12,3	50	119	127	10
2	12,6	50	175	190	1
3	12,55	50	*	122,5	1

\*) tidak terukur

Spesimen 1

- Perhitungan luas penampang :

$$\begin{aligned}
 A_o &= \frac{\pi}{4} D^2 \\
 &= \frac{3,14}{4} 12,30^2 \\
 &= 118,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Perhitungan tegangan tarik :

$$\begin{aligned}
 \sigma_u &= \frac{F_m}{A_o} \\
 &= \frac{127000 \text{ N}}{118,76 \text{ mm}^2} \\
 &= 1069,38 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

- Perhitungan tegangan yield :

$$\begin{aligned}
 \sigma_y &= \frac{F}{A_o} \\
 &= \frac{119000 \text{ N}}{118,76 \text{ mm}^2} \\
 &= 1002,02 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

- Perhitungan regangan :

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% \\
 e &= \frac{10 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 100\% \\
 &= 20\%
 \end{aligned}$$

Diatas dilakukan pada spesimen lainnya, hasil perhitungan dapat dilihat dalam tabel pengolahan data uji tarik sebagai berikut :

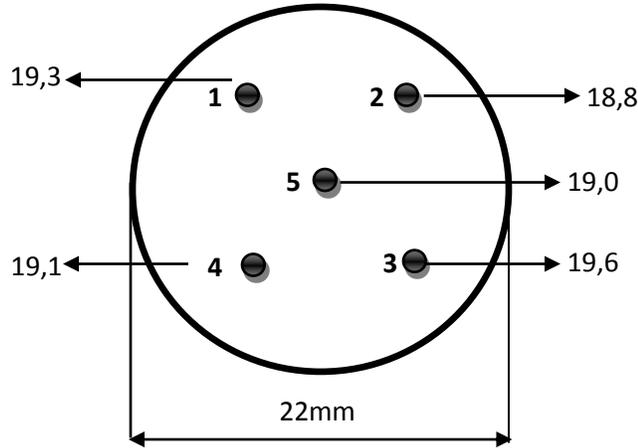
Tabel 4.3 Hasil pengolahan data

Kode Spesimen	Luas penampang awal, A <sub>o</sub> (mm <sup>2</sup> )	Tegangan yield σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan tarik σ <sub>uts</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan saat patah e (%)
1	118,76	1002,02	1069,38	20
2	124,62	1404,26	1524,63	2
3	123,63	*	990,85	2

\*) tidak terukur

### 4.3 Data Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode *Rockwell* pada beban 150 kgf, indenter intan 120° dan *pre load* 10 kgf. Posisi pengujian sebagai mana pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Contoh pengujian kekerasan Rockwell

Hasil pengujian sebagaimana table 4.4 di bawah ini

Tabel 4.4 Hasil Uji Kekerasan Rockwell (HRc)

Kode Spesimen	Nilai kekerasan HRc					Nilai kekerasan rata-rata (HRc)
	1	2	3	4	5	
1	19,3	18,8	19,6	19,1	19,0	19,2
2	36,4	37,0	36,1	35,6	35,2	36,06
3	34,7	34,0	34,2	35,0	34,3	34,44
4	37,6	38,5	38,1	38,0	38,1	38,06
5	34,5	34,6	34,7	35,0	34,9	34,74

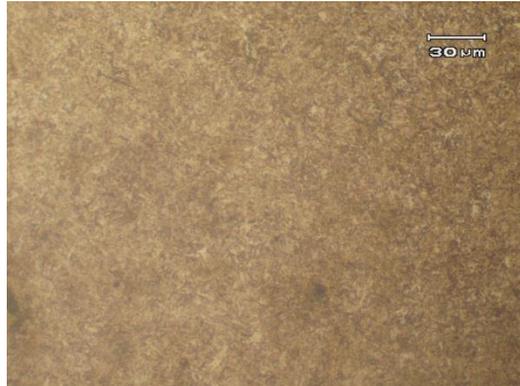
### 4.4 Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian metalografi dilakukan dengan metode pengujian ASTM E 407-93



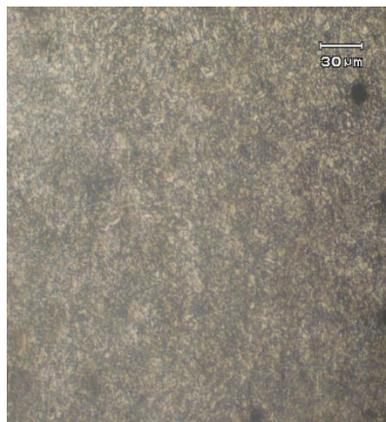
Gambar 4.3 Foto struktur mikro spesimen 1, fasa perlit dan ferit etsa nital 2%

Gambar di atas menunjukkan Foto struktur mikro spesimen 1 (raw material), terlihat bahwa struktur yang terbentuk pada spesimen ini adalah pearlite (pada gambar berwarna hitam atau gelap) dan ferrite (pada gambar berwarna terang) walau terdapat sedikit martensite yang terbentuk. Hal ini dikarenakan pada spesimen ini masih murni (raw material) tetapi terbentuknya martensite dikarenakan baja ini merupakan bja karbon sedang yang karbonnya berkisar 0,40% C. Oleh karena itulah terdapat unsur martensite pada spesimen ini walau pun tidak dominan namun berpengaruh pada kekerasan material.



Gambar 4.4 Foto struktur mikro spesimen 2, fasa martensite dan etsa nital 2%

Gambar di atas menunjukkan foto struktur mikro spesimen 2 (Quenching air), terlihat pada gambar tersebut struktur mikro yang terbentuk adalah martensite (bentuk jrum) lebih dominan dibanding dengan bainit (berwarna putih) sehingga menghasilkan kekerasan yang tinggi, hal ini dikarenakan pada spesimen 2 mengalami proses hardening dan dilakukan pendinginan dengan media air sehingga spesimen berubah menjadi keras dan mengalami patah getas (brittle fracture). Karena pendinginan dengan menggunakan media air sangat mempengaruhi stuktur mikro yang terbentuk berubah menjadi martensite dikarenakan air merupakan media pendingin kejut yang baik sehingga merubah spesimen menjadi getas.



Gambar 4.5 Foto struktur mikro specimen 3, fasa martensite etsa nital 2%

Gambar di atas menunjukkan foto struktur mikro speimen 3 (Quenching oli), terlihat pada gambar struktur mikro yang terbentuk adalah martensite (bentuk jrum) dan sedikit bainit (putih) sehingga mengakibatkan kekerasan dari spesimen mengalami peningkatan dan pada uji tariknya juga menghasilkan patah getas (brittle fracture) dibandingkan dengan spesimen non heat treatment dan spesimen proses temper. Spesimen 3 dengan spesimen 2 sama-sama mengalami patah getas karena mengalami proses pendinginan kejut. Karena oli dan air mempengaruhi terbentuknya struktur martensite pada spesimen setelah mengalami proses hardening kemudian didinginkan dengan media oli dan air.



Gambar 4.6 Foto struktur mikro spesimen 4, fasa martensite temper etsa nital 2%

Gambar di atas menunjukkan foto struktur mikro spesimen 4 (temper air), terlihat pada gambar struktur mikro yang terbentuk adalah kristal martensite tampak lebih halus dibandingkan dengan spesimen 5 (temper oli), sehingga nilai kekerasannya mengalami peningkatan dibandingkan dengan sampel 5. Hal ini dikarenakan pendinginan air lebih baik dan lebih cepat dibandingkan dengan pendinginan yang menggunakan media pendingin oli. Karena itu spesimen yang menggunakan media pendingin air lebih getas dari pada pendinginan dengan oli.



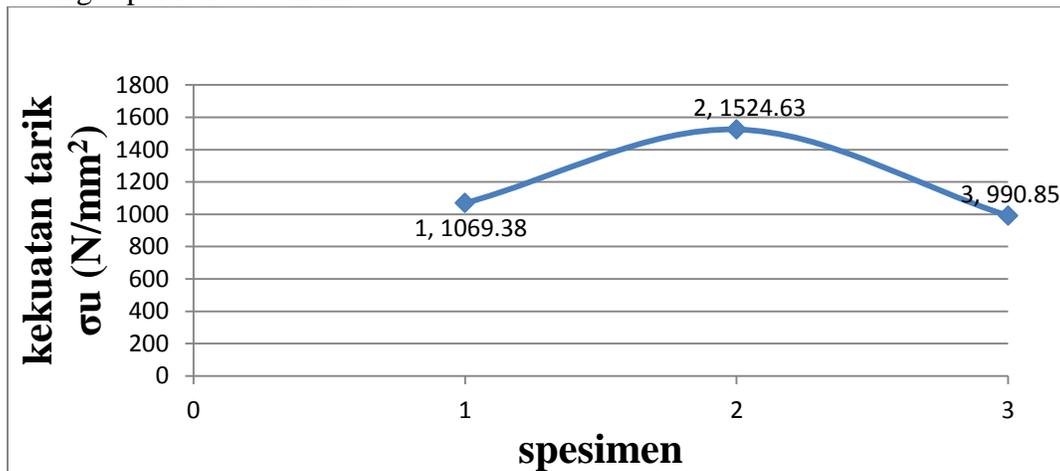
Gambar 4.7 Foto struktur mikro spesimen 5, fasa martensite temper etsa nital 2%

Gambar di atas menunjukkan foto struktur mikro spesimen 5 (temper oli), terlihat pada gambar struktur mikro yang terbentuk adalah kristal martensite tampak lebih besar dibandingkan dengan sampel nomor 4 sehingga nilai kekerasannya menurun. Hal ini disebabkan karena media pendinginan oli pada sampel 5 tidak lebih bagus dengan sampel 4 (pendinginan air) sehingga mengakibatkan nilai kekerasannya menurun.

## 4.5 PEMBAHASAN

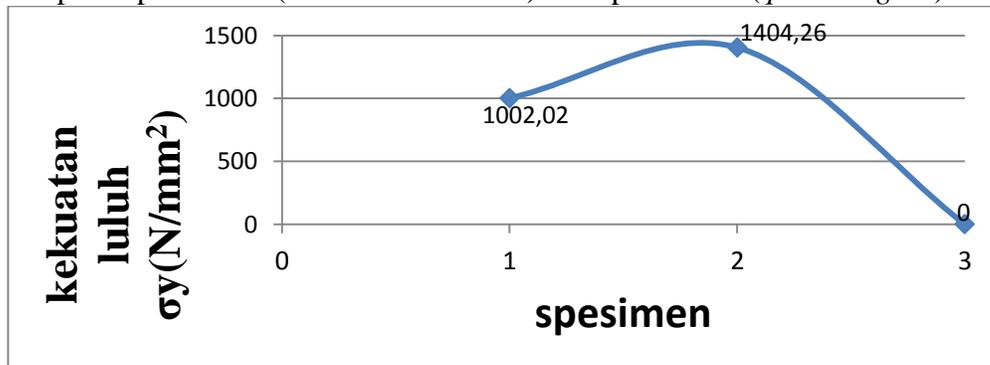
### 4.5.1 Pembahasan Uji Tarik

Dari table 4.3 hasil pengujian tarik selanjutnya dimasukkan ke dalam diagram batang seperti di bawah ini:



Gambar 4.8 Diagram kekuatan tarik

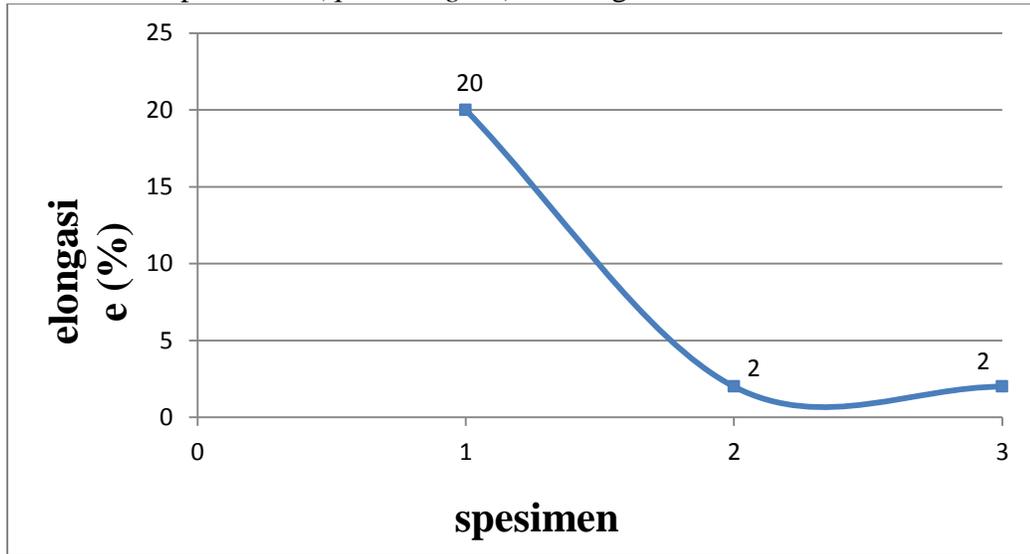
Data dari hasil pengujian menunjukkan nilai kekuatan tarik spesimen 1 (non *heat treatment*) dengan spesimen 2 (*quenching* oli) mengalami peningkatan yaitu 455,25 N/mm<sup>2</sup> atau 29,85%, hal ini disebabkan karena pengaruh dari *quenching* oli sehingga spesimen 2 kekuatan tariknya lebih besar, sedangkan nilai kekuatan tarik untuk spesimen 1 (non *heat treatment*) dengan spesimen 3 (*quenching* air) mengalami penurunan sebesar 78,53 N/mm<sup>2</sup> atau 7,34%, hal ini dikarenakan spesimen 3 (*quenching* air) menjadi getas daripada spesimen 1 (non *heat treatment*) dan spesimen 2 (*quenching* oli)



Gambar 4.9

Diagram kekuatan luluh

Data dari hasil pengujian menunjukkan spesimen1 (non *heat treatment*) dengan spesimen 2 (*quenching* oli) mengalami peningkatan sebesar 402,24 N/mm<sup>2</sup> atau 28,64%, sedangkan untuk spesimen 1 (non *heat treatment*) dengan spesimen 3 (*quenching* air) mengalami penurunan 1002,02 N/mm<sup>2</sup> atau 100% penurunan. Karena pada spesimen 3 (*quenching* air) kekuatan luluhnya tak terukur oleh mesin uji tariknya. Hal ini di sebabkan karena spesimen 3 (*quenching* air) terlalu getas.

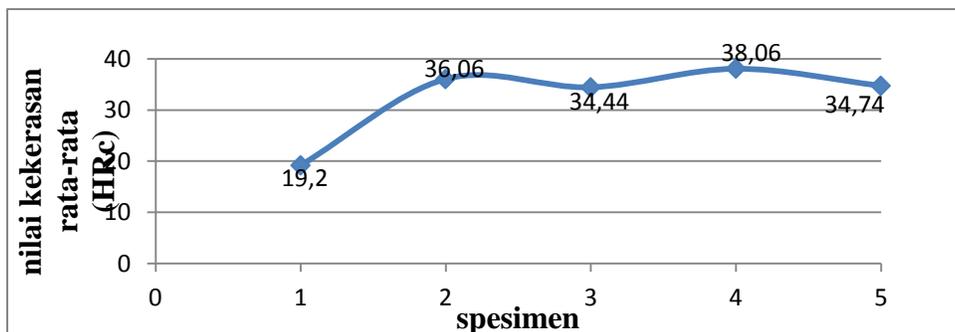


Gambar 4.10 Diagram regangan

Data dari hasil pengujian menunjukkan nilai regangan pada spesimen 1 (non *heat treatment*) terhadap spesimen 2 (*quenching* oli) dan spesimen 3 (*quenching* air) sama-sama mengalami penurunan sebesar 90%. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari *quenching* oli dan *quenching* air terhadap material 1 dan 2 sehingga *elongasi* yang di dapatkan tidak signifikan.

#### 4.5.2 Pembahasan Uji Kekerasan

Dari tabel 4.4 hasil pengujian kekerasan selanjutnya dimasukkan ke dalam grafik seperti di bawah ini:



Gambar 4.11 Diagram kekerasan

Data dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan rata-rata untuk spesimen 1 (*non heat treatment*) dengan spesimen 2 (*quenching* air) mengalami peningkatan sebesar 16,86 HRc. Untuk spesimen 1 (*non heat treatment*) terhadap spesimen 3 (*quenching* oli) juga mengalami peningkatan nilai kekerasan yaitu 15,24 HRc. Untuk spesimen 3 (*quenching* oli) terhadap spesimen 5 (*oli temper*) mengalami peningkatan namun tidak signifikan sebesar 0,3 HRc. Sedangkan untuk spesimen 2 (*quenching* air) terhadap spesimen 4 (*air temper*) juga mengalami peningkatan sebesar 2 HRc.

#### 4.5.3 PEMBAHASAN PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO

Pada foto struktur mikro baja karbon medium dengan spesimen 1 seperti dilihat pada gambar 4.3 terlihat bahwa struktur yang terbentuk adalah pearlite (berwarna hitam atau gelap) dan ferrite (berwarna terang) walau ada sedikit martensit yang terbentuk.

Pada foto struktur mikro baja karbon medium dengan spesimen 2 seperti dilihat pada gambar 4.4 bahwa struktur yang terbentuk adalah martensit (bentuk jrum) lebih dominan dibandingkan dengan bainit (putih) sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi dan juga menghasilkan patah getas (*brittle fracture*)

Pada foto struktur mikro baja karbon medium dengan spesimen 3 seperti dilihat pada gambar 4.5 bahwa struktur yang terbentuk adalah martensite (bentuk jrum) dan sedikit bainit (putih) sehingga mengakibatkan kekerasan dari spesimen mengalami peningkatan dan pada uji tariknya menghasilkan patah getas (*brittle fracture*) dibandingkan dengan spesimen *non heat treatment* dan spesimen proses temper.

Pada foto struktur mikro baja karbon medium dengan spesimen 4 seperti dilihat pada gambar 4.6 terlihat bahwa struktur yang terbentuk adalah kristal martensite tampak lebih halus dibandingkan dengan spesimen 5, sehingga nilai kekerasannya naik dibandingkan sampel 5.

Pada foto struktur mikro baja karbon medium dengan spesimen 5 seperti dilihat pada gambar 4.7 terlihat bahwa struktur yang terbentuk adalah kristal *martensite* tampak lebih besar dibandingkan dengan sampel 4, sehingga nilai kekerasannya menurun.

#### 5.1. KESIMPULAN

- a. Pengaruh *quenching* terhadap sifat mekanis dan struktur mikro yaitu peningkatan pada nilai kekerasan dan kekuatan tarik, sedangkan kekuatan luluhnya tidak terukur karena spesimen terlalu getas dibandingkan dengan spesimen *non heat treatment*.
- b. Pengaruh *quenching* oli terbentuknya struktur *martensit* sehingga spesimen menjadi keras. Sedangkan untuk *quenching* air memiliki sifat mendinginkannya yang teratur dan lebih cepat. Spesimen yang didinginkan dengan air akan membentuk struktur kristal *martensit* yang lebih dominan dibandingkan *quenching* oli, sehingga spesimen menjadi lebih keras sekitar 1,62 HRc dibandingkan *quenching* oli.
- c. Spesimen hasil *quenching* oli memiliki kuat tarik maksimum 1524,63 N/mm<sup>2</sup>, serta tingkat kekerasannya sebesar 34,44 HRc dan untuk sampel hasil *quenching*

air memiliki kuat tarik maksimum  $990,85 \text{ N/mm}^2$ , serta tingkat kekerasannya sebesar 36,06 HRc. Regangan sama-sama 2% dan kekuatan luluh untuk *quenching* oli  $1404,26 \text{ N/mm}^2$  sedangkan kekuatan luluh *quenching* air tidak terukur karena memiliki sifat getas, sedangkan struktur mikro keduanya sama yaitu *martensit*.

- d. Pengaruh temper  $600^\circ$  terhadap sifat mekanis dan struktur mikro dalam pengujian ini kurang berpengaruh untuk penurunan nilai kekerasan, kekuatan tarik, regangan dan kekuatan serta struktur mikro menghasilkan struktur *martensit temper* saja jika dibandingkan dengan spesimen hasil *hardening*.
- e. Spesimen hasil temper ini kurang sesuai diaplikasikan pada komponen roda gigi, poros batang penggerak dan sebagainya. Dengan melihat sifat-sifat mekanis hasil karakterisasi di atas.

## 5.2. SARAN

Agar penelitian yang selanjutnya bisa mendapatkan hasil yang lebih baik, penulis memberikan masukan saran sebagai berikut:

- a. Tujuan perlakuan panas (*heat treatment*) akan dapat dicapai sesuai karakteristik bahan dan jenis-jenis perlakuan. Jenis perlakuan sangat dipengaruhi oleh suhu panas yang ditentukan dari kadar karbon dan unsur lainnya.
- b. Dimensi spesimen disesuaikan dengan kemampuan alat uji. Pemanasan spesimen dalam dapur harus waktu penahanannya. Saat mendinginkan dalam bak oli dicelupkan tegak lurus dan dibiarkan menggantung dalam media.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi suhu dan waktu tahan dalam proses perlakuan panas sehingga dapat diperoleh hasil yang optimal untuk meningkatkan sifat mekanis
- d. Perlu adanya penelitian lanjut yang variabel kontrolnya lebih lengkap dengan melihat tegangan dalamnya (*internal stress*)

## DAFTAR REFERENSI

1. Amanto, Hari. "*ilmu bahan*", Bumi Aksara, Jakarta, 1999.
2. Djafrie, Sriati, "*Teknologi Mekanik Jilid I*", Erlangga, Jakarta 1992
3. George E. Dieter, Sriati Djafri. "*Metalurgi Mekanik*", Erlangga, Jakarta 1993.
4. [Http://encarta.msn.com/US](http://encarta.msn.com/US)
5. [Http://www.google.co.id/gambar](http://www.google.co.id/gambar)
6. Japanese Standard Association, "*JIS HANDBOOK*", *Ferrous Materials and Metallurgy*, japan 1998
7. Schonmetz, Gruber. "*Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*", Aksara, Bandung, 1985.
8. Supardi, Edih. "*Pengujian Logam*", Angkasa, Bandung, 1999.
9. Suratman, Rochim. "*Ilmu Proses Perlakuan panas*", Bandung, Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung, 1994.
10. Surdia T, Saito S. "*Pengetahuan Bahan Teknik*", PT. Pradnya Paramita Cetakan Ke Dua, Jakarta 1992
11. Vlack, Van. "*Ilmu dan Teknologi Bahan*", Erlangga, Jakarta, 1992

