

PENGARUH VARIASI BEDA TEMPERATUR TERHADAP SIFAT KEKERASAN  
BAJA ST 41

*THE EFFECT OF TEMPERATURE VARIATIONS ON THE HARDNESS OF ST 41 STEEL*

**Muhrijal Sofarrifai<sup>1</sup>**

Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

<sup>1)</sup>[sofarrifal96@gmail.com](mailto:sofarrifal96@gmail.com),

**Nely Ana Mufarida<sup>2</sup>, Kosjoko<sup>3</sup>**

Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

<sup>2)</sup>[nelyana\\_munfarida@yahoo.com](mailto:nelyana_munfarida@yahoo.com), <sup>3)</sup>[kosjoko@unmuhjember.ac.id](mailto:kosjoko@unmuhjember.ac.id)

**Abstrak**

Baja merupakan material yang banyak digunakan dalam kegiatan sektor perindustrian. Pada kondisi operasi atau penggunaannya, baja telah diketahui memiliki sifat mekanik tertentu seperti kekerasan. Sifat mekanik tersebut dapat diperbaiki dengan melakukan beberapa proses perlakuan salah satunya yaitu perlakuan mekanik atau perlakuan panas. Seperti sekarang ini besi dan baja banyak dipakai sebagai bahan industry yang merupakan sumber yang sangat besar, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonominya, tetapi yang paling penting karena sifatnya bervariasi. Yaitu bahwa bahan tersebut mempunyai sifat yang paling lunak dan mudah dibuat sampai yang paling keras sekalipun. Pada sistem kemudi kendaraan, khususnya pada bagian kingpin, pasak dan poros dituntut untuk memiliki sifat yang keras dan tahan terhadap aus. Oleh karenanya pemilihan material baja harus sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan untuk menunjang fungsi utama dari king pin yang memang sering bergesekan. Material yang sering dipergunakan untuk pembuatan poros ataupun pasak biasanya memiliki tingkat kekerasan yang tinggi seperti Baja berjenis ST 41, ST 42, ST 60 dan lain – lain. Perlakuan panas (*heat treatment*) sangat diperlukan guna memperbaiki sifat mekanis dari baja, salah satunya perlakuan *hardening*. Pengujian kekerasan pada baja ST 41 hasil dari proses perlakuan panas didapatkan nilai rata – rata tertinggi pada spesimen dengan variasi suhu 750°C senilai 79,9 HRG yang meningkat sekitar 16,7 HRG sampai 15,7 HRG dibandingkan pada suhu 800°C dan 850°C yang memiliki nilai rata – rata tingkat kekerasan 63,2 HRG dan 64,2 HRG.

**Kata Kunci : Baja ST 41, Heat Treatment, HRG.**

*Abstract*

*Steel is a material that is widely used in industrial sector activities. Under operating conditions or their use, steel has been known to have certain mechanical properties such as hardness. As now iron and steel are widely used as industrial materials which are a very large source, which is partly determined by its economic value, but most importantly because of its varied nature. Namely that the material has the softest properties and is easy to make even the hardest ones. In vehicle steering systems, especially in the kingpin section, pegs and shafts are required to have hard and wear resistant properties. Therefore the selection of steel material must be in accordance with the needs needed to support the main function of the king pin which is often rubbing together. Materials that are often used for the manufacture of shafts or pegs usually have a high level of hardness such as steel type ST 41, ST 42, ST 60 and others. Heat treatment is needed to improve the mechanical properties of steel, one of which is hardening treatment. Hardness testing on ST 41 steel results from the heat treatment process obtained the highest average value in specimens with temperature variations of 750°C valued at 79.9 HRG which increased by around 16.7 HRG to 15.7 HRG compared to temperatures of 800°C and 850°C which had an average temperature average level of violence was 63.2 HRG and 64.2 HRG.*

*Keyword : ST 41 Steel, Heat Treatment, HRG.*

**PENDAHULUAN**

Baja merupakan material yang banyak digunakan dalam kegiatan sektor perindustrian. Pada kondisi operasi atau penggunaannya, baja telah diketahui

memiliki sifat mekanik tertentu seperti kekerasan. Sifat mekanik tersebut dapat diperbaiki dengan melakukan beberapa proses perlakuan salah satunya yaitu perlakuan mekanik atau perlakuan panas. Seperti sekarang ini besi dan baja banyak

dipakai sebagai bahan industry yang merupakan sumber yang sangat besar, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonominya, tetapi yang paling penting karena sifatnya bervariasi. Yaitu bahwa bahan tersebut mempunyai sifat yang paling lunak dan mudah dibuat sampai yang paling keras sekalipun.

Pada kendaraan, khususnya pada bagian kingpin, pasak dan poros dituntut untuk memiliki sifat yang keras dan tahan terhadap aus. Oleh karenanya pemilihan material baja harus sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan untuk menunjang fungsi utama dari king pin yang memang sering bergesekan. Material yang sering dipergunakan untuk pembuatan poros ataupun pasak biasanya memiliki tingkat kekerasan yang tinggi seperti Baja berjenis ST 41, ST 42, ST 60 dan lain – lain. Perlakuan panas (heat treatment) sangat diperlukan guna memperbaiki sifat mekanis dari baja, salah satunya perlakuan hardening. Dari penjelasan di atas maka didapatkan rumusan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana proses perlakuan pada baja ST 41?
2. Berapa besar tingkat nilai kekerasan baja ST 41 akibat proses perlakuan panas dan *quenching*?

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ST 41.
2. Penelitian ini hanya di fokuskan pada nilai kekerasan baja ST 41.
3. Variasi temperatur yang digunakan 750°C, 800°C dan 850°C.
4. Pendinginan yang digunakan pada penelitian ini adalah air.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Baja

Baja dihasilkan dari campuran antara besi (Fe) dan elemen pepadu, elemen pepadu utama besi atau karbon adalah karbon (C) dan juga ditambahkan unsur – unsur lain seperti (S, P, Mg, Si dll). Namun unsur – unsur ini hanya dalam prosentase yang kecil . Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1% sampai 1,7%, sedangkan unsur lainnya dibatasi oleh persentasenya (Amanto, 1999).

Secara garis besar baja dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon dibagi

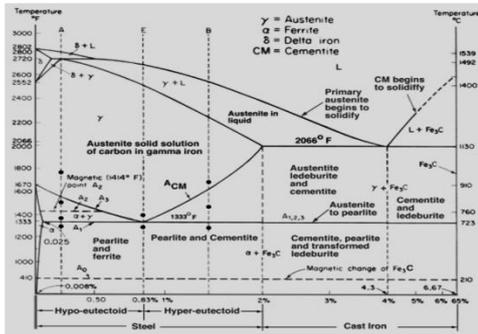
menjadi tiga yaitu baja karbon rendah ( $< 0,3\% C$ ), baja karbon sedang ( $0,30\% < C < 0,7\%$ ) dan baja karbon tinggi ( $0,70 < C < 1,40\%$ ). Baja paduan dibagi menjadi dua yaitu baja paduan rendah (jumlah unsur paduan khusus  $< 8,0\%$  ) dan baja paduan tinggi (jumlah unsur paduan khusus  $> 8,0\%$  ).

Baja ST 41 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon rendah, disebut juga baja lunak, banyak sekali digunakan untuk pembuatan baja batangan, tangki, perkapalan, jembatan, menara, pesawat angkat dan dalam permesinan. Baja ST 41 adalah salah satu dari baja karbon rendah. Bahan ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,20%. Baja karbon rendah sering digunakan dalam komponen mesin-mesin industri seperti gear, rantai, skrup, pasak dan poros. Selain itu juga baja ST 41 juga digunakan sebagai handle rem sepeda motor, bodi mobil, pipa saluran, konstruksi jembatan, rivet. Baja ST 41 banyak digunakan untuk konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan kepekaan terhadap retak las. Baja ST 41 adalah berarti baja yang mempunyai kekuatan tarik 41 - 49 kg/mm<sup>2</sup> atau sekitar 410/490 N/mm<sup>2</sup>.

### Diagram Fasa Fe-C

Diagram fasa Fe-C atau biasa disebut diagram kesetimbangan besi karbon merupakan diagram yang menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi di dalam baja dengan segala perlakuannya. Konsep dasar dari diagram fasa adalah mempelajari bagaimana hubungan antara besi dan paduannya dalam keadaan setimbang. Hubungan ini dinyatakan dalam suhu dan komposisi, setiap perubahan komposisi dan perubahan suhu akan mempengaruhi struktur mikro. Pada diagram fasa Fe-C yang ditampilkan muncul larutan padat ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ) atau disebut besi delta ( $\delta$ ), austenit ( $\gamma$ ) dan ferit ( $\alpha$ ). Ferit mempunyai struktur Kristal BCC (*Body Centered Cubic*) dan austenit mempunyai struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*) sedangkan besi delta ( $\delta$ ) mempunyai struktur kristal FCC pada suhu tinggi. Diagram fasa menunjukkan hubungan struktur mikro dengan sifat-sifat mekanis suatu material, yang semuanya berhubungan dengan

karakteristik diagram fasanya. seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram Fasa Fe-c

### Proses Perlakuan Panas

Perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah proses untuk memperbaiki sifat-sifat dari logam dengan jalan memanaskan logam sampai pada temperatur tertentu yang cocok, kemudian dibiarkan beberapa waktu pada saat itu, kemudian didinginkan ke temperatur yang lebih rendah dengan kecepatan pendinginan yang sesuai (Chijiwa, 1999). Adapun proses dari perlakuan panas logam yaitu proses *hardening* atau proses pengerasan logam. *Hardening* ialah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai ke temperatur pengerasannya, dan menahannya pada temperatur tertentu untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau di *quench* agar diperoleh kekerasan yang diinginkan.

Tabel.1 *Holding Time* (Pramono, 2011)

No.	Jenis Baja	Waktu Tahan ( <i>Holding Time</i> )
1.	Baja Karbon Rendah Dan Paduan Rendah	5 – 15 Menit
2.	Baja Paduan Menengah	15 -25 Menit
3.	<i>Low Allow Tool Steel</i>	10 – 30 Menit
4.	<i>High Alloy Tool Steel</i>	10 – 60 Menit
5.	<i>Hot-Work Tool Steel</i>	15 – 30 Menit

*Holding time* atau waktu penahanan dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses perlakuan panas dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen. Dapat dilihat seperti pada tabel 1 baja karbon dan baja paduan rendah yang mengandung karbida yang mudah larut, diperlukan *holding time* yang singkat, 5 – 15 menit setelah mencapai

temperatur pemanasannya dianggap sudah memadai.

### Pendinginan (*Quenching*)

Setelah material dipanaskan sampai temperatur austenit dan temperaturnya ditahan langkah berikutnya adalah *quenching* (celup cepat). Metode *quenching* merupakan salah satu metode pendinginan dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam suatu media pendingin berbentuk cairan. Supaya memperoleh sifat mekanik yang lebih keras. Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang biasanya dilakukan pencelupan dengan media pendingin air, sedangkan untuk baja karbon tinggi dan baja paduan digunakan minyak sebagai media pencelupan, dikarenakan minyak laju pendinginannya tidak secepat air (Bahtiar et al, 2014).

Tabel. 2 Perbandingan celup cepat dan pendinginan lambat (Supardi, 1997)

Celup Cepat	Pendinginan Lambat	Sifat
Lebih Keras	Lebih Lunak	Keras
Lebih Kuat	Kurang Kuat	Kekuatan
Martensit	Ferrit, Pearlite, Sementit	Struktur
Butiran Halus	Butiran Logam Besar	Ukuran Butir

Setelah material dipanaskan sampai temperatur *austenite* dan temperaturnya ditahan langkah berikutnya adalah *quenching* (celup cepat) seperti pada tabel 2. Metode *quenching* merupakan salah satu metode pendinginan dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam suatu media pendingin berbentuk cairan. Supaya memperoleh sifat mekanik yang lebih keras.

### Uji Kekerasan

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen (Dieter, 1987). Pengujian kekerasan sering dilakukan untuk mengetahui kekerasan suatu material maka (secara umum) juga dapat diketahui beberapa sifat mekanis lainnya, seperti kekuatan. Kekerasan suatu logam merupakan bagian dari sifat mekanis dari suatu logam tersebut. Besarnya nilai kekerasan akan berbeda untuk material yang berbeda pula karena kekerasan material dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti struktur material, komposisi material, dan

sifat mekanis yang dimiliki oleh material tersebut.

Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (*specimen*) yang berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Pengujian kekerasan *Rockwell* cocok untuk suatu material yang keras atau lunak, penggunaannya sederhana dan penekanannya dapat dengan leluasa. Indentor yang dipakai adalah bola baja keras atau kerucut intan yang disebut konis berpuncak yang berbentuk konis dan mempunyai puncak (Suharto,1995:188-189). Kelebihan dari pengujian logam dengan metode *Rockwell*, diantaranya:

1. Cocok untuk semua material yang keras dan lunak.
2. Proses pengujian dapat dilaksanakan dengan cepat.
3. Sangat cocok untuk pengujian material dalam jumlah banyak.

#### METODE PENELITIAN

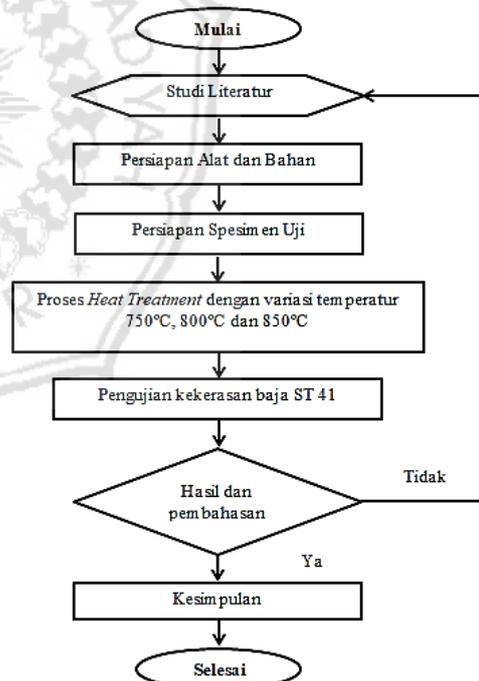
Penelitian dilaksanakan pada tiga tempat. Untuk proses pemotongan benda kerja dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember. Proses *heat treatment* dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Malang dan proses pengujian kekerasan dilakukan di laboratorium Uji Material Universitas Negeri Jember.

Seperti pada gambar 2, di mulai dari studi literatur seperti dengan membaca buku-buku dan jurnal penelitian terdahulu yang berhubungan dengan proses *heat treatment* baja karbon. Setelah melakukan studi literatur, di lanjutkan dengan persiapan alat dan bahan, pastikan saat pemilihan alat dan bahan pilih yang kondisinya benar-benar bagus (di sarankan memiliki sertifikat dari pabrik) agar keaslian dari material benar – benar sesuai dan data yang di hasilkan lebih maksimal sesuai dengan keinginan

Setelah semua alat dan bahan tersedia, maka di lanjutkan ke tahap proses persiapan spesimen yaitu mulai dari proses pemotongan hingga meratakan benda kerja sehingga pada saat proses pengujian mendapatkan hasil yang maksimal.

Setelah spesimen uji siap selanjutnya spesimen di masukkan ke dalam tungku pemanas (*furnace*) dengan variasi suhu mulai dari 750°C, 800°C dan 850°C dengan waktu penahanan (*holding time*) selama 15 menit pada setiap suhu. Ketika sudah mencapai suhu yang diinginkan dan *holding* sudah mencapai batasnya, kemudian spesimen di *quenching* dengan menggunakan media pendingin air.

Untuk selanjutnya pengujian dengan melakukan pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell*. Tetapi sebelum melaksanakan pengambilan data, spesimen di bersihkan dan di ratakan dengan amplas. Dengan tujuan agar pada saat proses pengambilan data nantinya dapat maksimal dan diperoleh data yang sesuai. Setelah dirasa cukup, kemudian mulai pengambilan data pengujian kekerasan setiap spesimen dari masing – masing variasi suhu. Setelah dilakukan penelitian dan didapatkan data dan dirasa sudah maksimal maka dilanjutkan dengan pengolahan data atau analisa data, setelah melakukan analisa data maka dilanjutkan penyajian data dan selesai.



Gambar. 2 Diagram Alir Penelitian

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

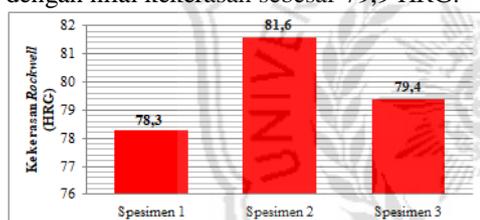
Data hasil dari pengujian kekerasan setelah dilakukan proses *heat treatment* dengan variasi suhu pemanasan. Dari tabel –

tabel berikut dapat dilihat bahwa hasil pengujian kekerasan pada baja ST 41 yang telah mengalami perlakuan panas (heat treatment) dan *quenching* terjadi perubahan baik peningkatan serta penurunan nilai kekerasan.

Tabel. 3 Nilai Kekerasan Spesimen Dengan Suhu 750°C dan *Quenching*

Spesimen Uji	Parameter Variasi	Indentor	Niai Kekerasan Rockwell (HRG)
1	750°C	Bola Baja 1/16"	78,3
2		Bola Baja 1/16"	81,6
3		Bola Baja 1/16"	79,4
Rata - rata	79,9		

Dari tabel. 3 dapat dilihat data hasil pengujian kekerasan *Rockwell* pada spesimen baja ST 41 yang diperlakukan panas dengan suhu 750°C yang di *holding time* selama 15 menit dan di *Quenching* menggunakan air. Pada gambar. 3 nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen ke-2 sebesar 81,6 HRG. Sedangkan yang terendah pada spesimen pertama sebesar 78,3 HRG dengan selisih 3 HRG. Rata – rata kekerasan tertinggi pada variasi suhu 750°C dengan nilai kekerasan sebesar 79,9 HRG.



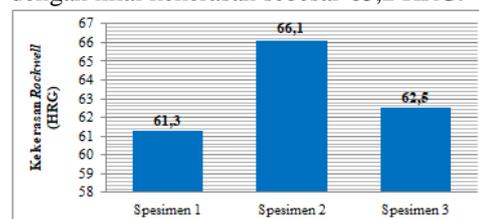
Gambar. 3 Grafik Nilai Kekerasan Spesimen Pada Suhu 750°C

Tabel. 4 Nilai Kekerasan Spesimen Dengan Suhu 800°C dan *Quenching*

Spesimen Uji	Parameter Variasi	Indentor	Niai Kekerasan Rockwell (HRG)
1	800°C	Bola Baja 1/16"	61,3
2		Bola Baja 1/16"	66,1
3		Bola Baja 1/16"	62,5
Rata - rata	63,2		

Dari tabel. 4 dapat dilihat data hasil pengujian kekerasan *Rockwell* pada spesimen baja ST 41 yang diperlakukan panas dengan suhu 800°C yang di *holding time* selama 15 menit dan di *Quenching* menggunakan air. Pada gambar. 4 nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen ke-2 sebesar 66,1 HRG. Sedangkan yang terendah pada spesimen pertama sebesar 61,3 HRG dengan selisih 5 HRG. Rata – rata

kekerasan tertinggi pada variasi suhu 800°C dengan nilai kekerasan sebesar 63,2 HRG.

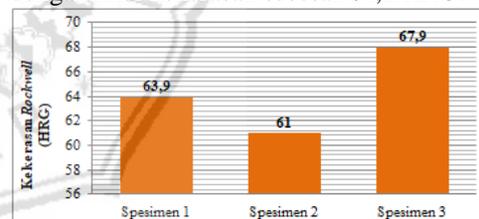


Gambar. 4 Grafik Nilai Kekerasan Spesimen Pada Suhu 800°C

Tabel. 5 Nilai Kekerasan Spesimen Dengan Suhu 850°C dan *Quenching*

Spesimen Uji	Parameter Variasi	Indentor	Niai Kekerasan Rockwell (HRG)
1	800°C	Bola Baja 1/16"	63,9
2		Bola Baja 1/16"	61
3		Bola Baja 1/16"	67,9
Rata - rata	64,2		

Dari tabel. 5 dapat dilihat data hasil pengujian kekerasan *Rockwell* pada spesimen baja ST 41 yang diperlakukan panas dengan suhu 850°C yang di *holding time* selama 15 menit dan di *Quenching* menggunakan air. Pada gambar. 5 nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen ke-3 sebesar 67,9 HRG. Sedangkan yang terendah pada spesimen ke-2 sebesar 61 HRG dengan selisih 6,9 HRG. Rata – rata kekerasan tertinggi pada variasi suhu 850°C dengan nilai kekerasan sebesar 64,2 HRG.

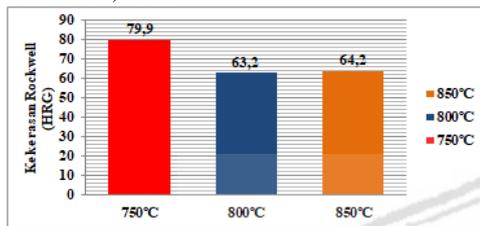


Gambar. 5 Grafik Nilai Kekerasan Spesimen Pada Suhu 850°C

Tabel. 6 Perbandingan Rata- Rata Kekerasan *Rockwell*

Variasi	Spesimen Ke-	E	h	Rockwell	e	Nilai Kekerasan (HRG)
Raw Material						
		130	0,1112	0,002	55,6	74,4
750°C	1	130	0,1034	0,002	51,7	78,3
	2	130	0,0968	0,002	48,4	81,6
	3	130	0,1012	0,002	50,6	79,4
Rata-Rata						
						79,9
800°C	1	130	0,1374	0,002	68,7	61,3
	2	130	0,1278	0,002	63,9	66,1
	3	130	0,1352	0,002	67,6	62,4
Rata-Rata						
						63,2
850°C	1	130	0,1322	0,002	66,1	63,9
	2	130	0,138	0,002	69	61
	3	130	0,1242	0,002	62,1	67,9
Rata-Rata						
						64,2

Dari tabel. 6 didapatkan nilai kekerasan dari masing – masing perlakuan panas setelah semua data dari proses pengambilan dan perhitungan nilai kekerasan menggunakan metode *Rockwell* pada spesimen baja ST 41 yang diperlakukan panas dengan suhu 750°C, 800°C dan 850°C yang di *holding time* selama 15 menit dan di *Quenching* menggunakan air. Pada gambar. 6 nilai rata – rata kekerasan tertinggi terdapat pada suhu 750°C sebesar 79,9 HRG. Sedangkan yang terendah pada suhu 800°C sebesar 64,2 HRG dengan selisih sekitar 15,7 HRG.



Gambar. 6 Grafik Nilai Kekerasan Rata – Rata Spesimen

Hal ini dapat terjadi karena pada suhu 850°C mendekati titik leleh logam yang cenderung tidak bersifat *heat treatment* khususnya pada pendinginan cepat atau *quenching* tapi lebih cenderung pada pendinginan lambat atau *tempering*. Akibatnya baja akan bersifat ulet bukan bersifat getas, oleh karena itu tingkat kekerasannya cenderung rendah.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian di atas maka di dapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai perbandingan kualitas kekerasan dengan variasi suhu kemudian di *quenching* menggunakan air, dapat dilihat bahwasanya pada variasi suhu 750°C memiliki kecenderungan sifat kekerasan yang paling tinggi yaitu 81,6 HRG.
2. Rata – rata kekerasan terbaik terdapat pada spesimen dengan variasi suhu 750°C senilai 79,9 HRG meningkat sekitar 16,7 HRG sampai 15,7 HRG dibandingkan pada suhu 800°C dan 850°C yang memiliki nilai rata – rata tingkat kekerasan 63,2 HRG dan 64,2 HRG.

### Saran

Dari hasil penelitian di atas terdapat beberapa saran yaitu :

1. Sebelum melakukan proses pemanasan didalam *furnace*, sesuaikan terlebih

dahulu suhu material dengan suhu didalam ruang *furnace*, berikan jeda waktu sebelum material mencapai suhu yang diinginkan.

2. Pada proses pendinginan gunakan wadah yang berbeda pada setiap media pendingin. Karena akibat pencelupan dari wadah yang sama dapat merubah sifat dari logam tersebut.
3. Pada saat proses *quenching*, pencelupan material dilakukan pada saat yang sama dengan tujuan untuk memperoleh kesetaraan sifat material.
4. Pada saat sebelum melakukan pengujian kekerasan perlu adanya pengontrolan pada saat proses pengamplasan agar mendapatkan data yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, Hari. 1999. Ilmu Bahan. Jakarta: Bumi Angkasa
- Bahtiar, M. Iqbal, Supramono. 2014. Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas SAE40 Pada Proses Quenching dan Tempering Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah. Jurnal Mekanikal 5(1):455-463
- Dieter, G., terjemahan oleh Sriati Djaprie, 1987, Metalurgi Mekanik, Jilid 1, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Pramono A., 2011. Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja AISI 1045 Media Quenching untuk Aplikasi Sprocket Rantai. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M 5(1):32-38
- Suharto. 1995. Teori Bahan dan Pengaturan Teknik. Jakarta: Rineka Cipta
- Supardi, Rochmad. 1997. Korosi. Bandung: Tarsito