

**ANALISA STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN BAJA S45C  
PADA PROSES *QUENCH-TEMPER* DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR**

**Awang Annas Firmansyah**

S1 Pendidikan Teknik Mesin Produksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: pirmsyah.awanz@gmail.com

**Mochamad Arif Irfa'i**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: marifirfai@yahoo.co.id

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan mengungkap pengaruh proses *Quench-Temper*, yaitu diawali dengan proses *hardening* disusul pendinginan cepat menggunakan media air. Kemudian dilakukan proses *temper* untuk mengetahui struktur mikro dan nilai kekerasannya. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja S45C dengan kadar karbon 0,45% yang merupakan baja karbon sedang. Bahan berbentuk silinder pejal dengan diameter 25 mm dan panjang 20 mm. Proses *hardening* menggunakan variasi temperatur 930°C, 955°C dan 980°C dilanjutkan dengan proses pendinginan menggunakan air. Proses akhir yaitu *tempering*, menggunakan temperatur *temper* 625°C. Kemudian dilakukan foto mikro serta pengujian kekerasan *Rockwell*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang sangat kuat penggunaan variasi temperatur *hardening* pada proses *quench-temper* terhadap kekerasan baja S45C menggunakan media pendingin air. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen dengan temperatur *hardening* 930°C. Nilai kekerasan rata-rata pada media pendingin air sebesar 52,2 HRC atau meningkat 71,1% dari spesimen *raw material*. Struktur mikro yang terbentuk berupa *ferrite*, *pearlit* dan *martensit*. Struktur *ferrite* berkembang lebih besar apabila temperatur *hardening* semakin tinggi.

**Kata Kunci:** *Baja S45C, Hardening, Quenching, Tempering, Media Pendingin, Struktur Mikro, Kekerasan*

**Abstract**

This study aims to reveal the influence of the Quench-Temper, which begins with the hardening process followed by rapid cooling using water media. Tempering process is then performed to determine the microstructure and hardness values. This study is experimental. Materials used in this study is S45C steel with a carbon content of 0.45% which is a medium carbon steel. Cylindrical solid material with a diameter of 25 mm and a length of 20 mm. Hardening process uses a variation of temperature 930°C, 955°C and 980°C followed by a cooling process using water, oil and salt water. The end process is tempering, use temper temperature 625°C. Then a micro photo and Rockwell hardness testing. The results showed that there is a very strong influence on the use of variations in hardening temperature quench-tempering processes to violence S45C steel using water coolant, oil and salt water. The highest hardness value of the specimen with a hardening temperature of 930°C. Average hardness value at water cooling media for 52.2 HRC an increase of 71.1% of the raw material specimens. Microstructure formed in the form of ferrite, pearlite and martensite. Ferrite structures grow larger when the higher hardening temperature.

**Key Words:** S45C Steel, Hardening, Quenching, Tempering, Cooling Media, Microstructure, Hardness

## PENDAHULUAN

Baja banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, komponen-komponen otomotif, kebutuhan rumah tangga, generator pembangkit listrik sampai kerangka gedung dan jembatan, menggunakan baja. Dalam aplikasi pemakaiannya tersebut, tentunya baja harus memiliki struktur yang kuat, karena semua struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk.

Usaha menjaga agar logam lebih tahan gesekan adalah dengan cara perlakuan panas, hal ini memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kekerasan baja sesuai kebutuhan. Selain itu, pemilihan jenis bahan juga perlu diperhatikan sesuai dengan fungsinya.

Salah satu proses perlakuan panas yang dilakukan pada baja ini adalah *Hardening* (pengerasan). Menurut Anrinal (2013:82), *hardening* adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai temperatur pengerasannya (temperatur austenisasi) dan menahannya pada temperatur tersebut (*holding time*) untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau di *quench* agar diperoleh kekerasan yang diinginkan.

Proses *hardening* mengakibatkan baja timbul tegangan dalam (*internal stresses*) dan rapuh (*britles*), sehingga baja tersebut belum cocok untuk segera digunakan. Oleh karena itu, pada baja tersebut perlu dilakukan proses lanjut yaitu *tempering*. Pada proses *tempering*, kegetasan dan kekerasan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan, kekuatan tarik turun sedangkan keuletan dan ketangguhan meningkat.

Penelitian ini menggunakan variasi temperatur *hardening* 930 °C, 955 °C, 980 °C dengan *holding time* 30 menit. Media pendingin yang digunakan pada proses *quenching* adalah air karena air memiliki laju pendinginan yang cepat dari jenis media pendingin lain. Sedangkan temperatur *tempering* adalah 625°C dengan *holdinng time* 45 menit. Hal ini sesuai penelitian yang dilakukan oleh para peneliti sebelumnya sebagai berikut. Penelitian Bambang Tri Wibowo (2006), hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan baja ST 60 setelah *quenching* sebesar 118,3 HRC, sedangkan

nilai kekerasan setelah *tempering* 112,13. Proses *tempering* juga mempengaruhi nilai keuletan. Nilai keuletan maksimum setelah *quenching* sebesar 9,80%, sedangkan nilai keuletan maksimum setelah *tempering* sebesar 14,09%.

Baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja S45C. Baja S45C merupakan baja karbon sedang. Baja karbon sedang mengandung karbon antara 0,3-0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagaimana dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. (Hari Amanto dan Daryanto, 2003:33)

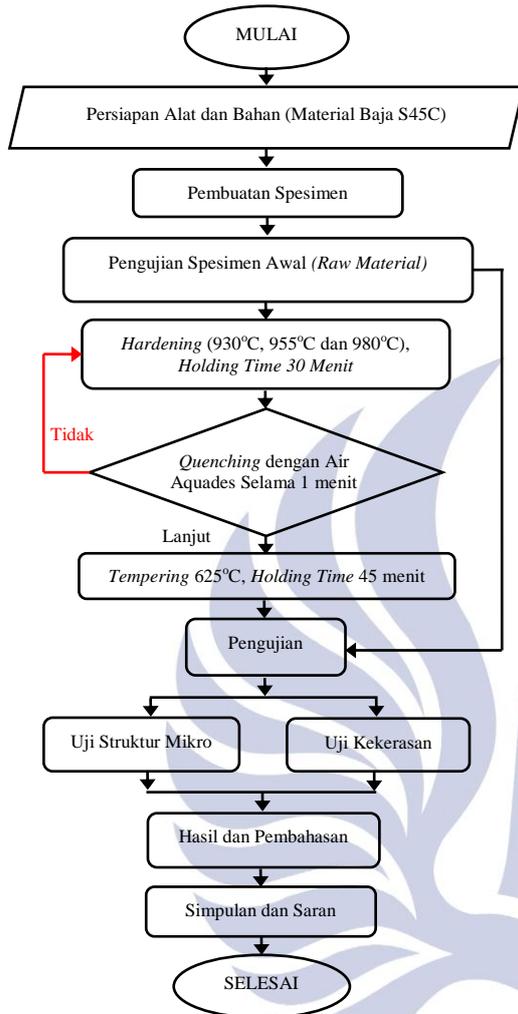
Berdasarkan uraian di atas, maka diadakan pengujian yang diharapkan dapat memberikan informasi tentang analisa struktur mikro dan kekerasan baja S45C pada proses *quench-temper* dengan media pendingin air, sehingga mampu mengaplikasikan baja ini menjadi bahan yang berkualitas dan dapat menghasilkan produk yang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengaruh proses *quench-temper* dan media pendingin air terhadap struktur mikro dan kekerasan baja S45C.

Manfaat yang dicapai dalam penelitian ini adalah Memberikan sumbangan pemikiran baru untuk pengembangan mata kuliah ilmu bahan, khususnya materi *heat treatment*. Hasil penelitian yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Sebagai bahan referensi dalam proses belajar mengajar terutama pada matakuliah Ilmu Bahan bagi jurusan teknik mesin Universitas Negeri Surabaya. Menambah pengetahuan dan wawasan dalam upaya meningkatkan ilmu pengetahuan. Serta Menerapkan teori-teori yang didapatkan di bangku kuliah secara nyata.

## METODE

### Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

### Tempat dan Waktu Penelitian

- Laboratorium Perlakuan Bahan Politeknik Negeri Malang, untuk melakukan eksperimen proses *hardening* dan *tempering*
- Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang, untuk melakukan pengujian struktur mikro.
- Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya, untuk melakukan pengujian kekerasan.

Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Januari 2014 – Juni 2014.

### Variabel Penelitian

#### • Variabel Bebas

- Variasi temperatur *hardening* pada proses *Quenching* (930°C, 955°C, 980°C)

#### • Variabel Terikat

- Pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro pada baja S45C.

#### • Variabel Kontrol

- Dimensi spesimen adalah  $\varnothing = 25$  mm , P= 20 mm.
- *Holding time* pada proses *hardening* selama 45 menit.
- Suhu *tempering* yang digunakan adalah 625°C dengan *Holding time* selama 45 menit menggunakan media pendingin udara (suhu kamar).
- Beban pengujian kekerasan *Rockwell* sama untuk setiap spesimen uji.

### Alat dan Bahan Penelitian

#### • Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Mesin Bubut Konvensional
- Tang Penjepit
- Plat Tempat spesimen
- Kawat baja
- Jangka Sorong
- Kamera Digital
- Tempat Penampung Air (baskom)
- Sarung Tangan
- Mesin Grinding Shapir 330

#### • Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

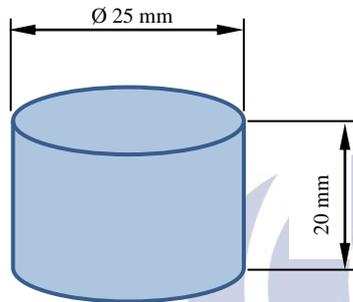
- Baja karbon menengah S45C
- Ampelas no. 100 cw, 320 cw, 600 cw, 800 cw dan 1000 cw
- Alkohol
- Asam Nitrat (Kosentrasi HNO<sub>3</sub> = 2,5%)
- Air Aquades

### Instrumen Penelitian

- Furnace (Dapur Pemanas)
- Mesin Temper
- Mikroskop Optik
- *Digital Rockwell Hardness Tester*
- *Stopwatch*

### Spesifikasi Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan bahan baja karbon sedang S45C dengan Standar JIS G4051 memiliki kandungan C = 0,44%, Si = 0,21%, Mn = 0,67%, P = 0,010%, S = 0,012%, Cr = 0,08%, Ni = 0,02%, Cu = 0,01%, B = 0,0014%, dengan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 2. Dimensi Spesimen

### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Agar penelitian ini menghasilkan data yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan, maka pada saat proses penelitian perlu dibuat lembar pengamatan. Langkah ini akan mempermudah dalam proses pengolahan data selanjutnya. Penelitian ditujukan untuk mengetahui struktur mikro dan kekerasan baja S45C akibat pengaruh *quench-temper*

### Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode statistika asosiatif. Statistika asosiatif merupakan pengujian koefisien korelasi yang ada pada sampel untuk diberlakukan pada seluruh populasi dimana sampel diambil. (Sugiyono, 2012:224). Selain itu, penelitian ini menggunakan metode statistik dekriptif, merupakan metode statistik dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung.

Khusus untuk pengujian struktur mikro, data langsung disajikan dalam bentuk foto mikro dengan menunjukkan bagian struktur mikro yang berubah. Semua hasil penelitian akan dibandingkan perbedaannya dengan *raw material*. Dengan

membandingkan hal tersebut, maka akan diketahui perbedaan nilai kekerasan dan struktur mikro.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

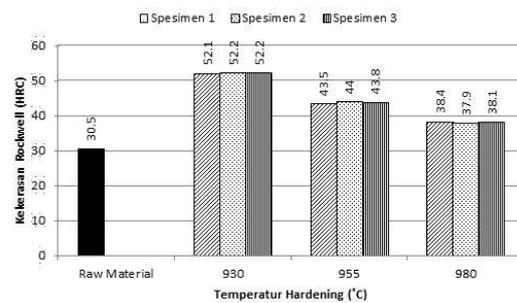
### Hasil Pengujian Kekerasan

- Hasil Uji kekerasan Spesimen Setelah Proses *Quench-Temper* dengan Media Pendingin Air

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan Setelah Proses *Quench-Temper* dengan Media Pendingin Air

Kode Spesimen	Temperatur Hardening (°C)	Nilai Kekerasan Rockwell 3 Titik (HRC)			Rata-Rata (HRC)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
Raw Material	-	30,4	30,7	30,5	30,5
A1	930	52,4	51,8	52,2	52,1
A2	930	51,8	52,2	52,7	52,2
A3	930	52,1	52,9	51,6	52,2
A1.1	955	43,4	44,1	43,2	43,5
A1.2	955	44,3	43,5	44,1	44,0
A1.3	955	43,5	44,1	43,8	43,8
A2.1	980	38,1	38,8	38,3	38,4
A2.2	980	38,5	37,8	37,4	37,9
A2.3	980	37,7	38,2	38,4	38,1

Dari data tabel yang telah didapat di atas, selanjutnya akan ditampilkan dalam bentuk grafik batang dengan menampilkan hasil rata-rata dari masing-masing spesimen seperti berikut ini:



Gambar 3. Grafik Nilai Uji kekerasan Setelah Proses *Quench-Temper* dengan Media Pendingin Air

Pada Gambar 3, terdapat 3 kelompok spesimen hasil pengujian kekerasan setelah proses *quench-temper* dengan variasi temperatur *hardening* 930°C, 955°C dan 980°C. Semua spesimen pada setiap kelompok perlakuan panas menggunakan media pendingin air aquades.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai kekerasan rata-rata spesimen *raw material* sebesar 30,5 HRC. Untuk spesimen dengan nilai kekerasan

tertinggi terjadi pada pada kelompok spesimen dengan temperatur *hardening* 930°C, menunjukkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 52,2 HRC, atau naik 71,1% terhadap spesimen *raw material*. Sedangkan untuk nilai kekerasan terendah terjadi pada kelompok spesimen dengan temperatur *hardening* 980°C, menunjukkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 37,9 HRC, atau naik 24,2% terhadap spesimen *raw material*.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *hardening* pada proses *quench-temper*, semakin menurun pula nilai kekerasan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena apabila baja karbon sedang S45C (0,44C) dipanaskan melebihi temperatur A3 (850°C) pada saat proses *hardening*, karbida yang terlarut semakin banyak dan membentuk butiran austenit yang relatif semakin besar.

- Membuat Tabel Penolong

Tabel 2. Tabel Penolong Untuk Menghitung Korelasi Variasi Temperatur *Hardening* Pada Proses *Quench-Temper* Terhadap Kekerasan Dengan Media Pendingin Air

No.	Kekerasan Setelah Proses <i>Quench-Temper</i> (X)	Kekerasan Sebelum Proses <i>Quench-Temper</i> (Y)	(X - $\bar{x}$ ) x	(Y - $\bar{y}$ ) y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	xy
1	52,1	30,4	7,41	0,2	54,92	0,02	1,15
2	52,2	30,7	7,51	0,5	56,42	0,21	3,42
3	52,2	30,5	7,51	0,3	56,42	0,07	1,92
4	43,5	30,1	-1,19	-0,1	1,41	0,02	0,17
5	44,0	30,0	-0,69	-0,2	0,47	0,06	0,17
6	43,8	30,2	-0,89	0,0	0,79	0,00	0,04
7	38,4	30,0	-6,29	-0,2	39,55	0,06	1,54
8	37,9	30,2	-6,79	0,0	46,09	0,00	0,30
9	38,1	30,1	-6,59	-0,1	43,41	0,02	0,95
	$\Sigma = 402,2$ $\bar{x} = 44,69$	$\Sigma = 272,2$ $\bar{y} = 30,2$	0	0	299,49	0,46	9,66

- Menentukan Nilai r hitung

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (1)$$

$$r_{xy} = \frac{9,66}{\sqrt{(299,49)(0,46)}}$$

$$r_{xy} = 0,82$$

Bila n = 9 dan taraf kesalahan yang digunakan sebesar 5% maka dapat dilihat nilai r tabel sebesar = 0,666.

Ternyata harga r hitung lebih besar dari r tabel, sehingga Ho ditolak dan Ha diterima. Jadi kesimpulannya ada hubungan positif (pengaruh) dan koefisien korelasi antara variasi temperatur *Hardening* pada proses *quench-temper* terhadap kekerasan baja S45C dengan media pendingin air dan tanpa variasi temperatur *Hardening* pada proses *quench-temper* terhadap kekerasan baja S45C dengan media pendingin air. sebesar sebesar 0,82.

- Pengujian Tingkat Signifikansi

Tabel 3. Pedoman untuk Memberikan Interpretasi Terhadap Koefisien Korelasi

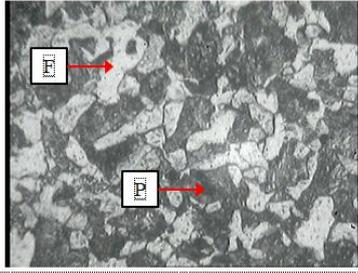
Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 - 0,199	Sangat Rendah
0,20 - 0,399	Rendah
0,40 - 0,599	Sedang
0,60 - 0,799	Kuat
0,80 - 1,000	Sangat Kuat

Nilai koefisien korelasi adalah 0,82 yang berada di antara rentang 0,80 – 1,000 berarti tingkat signifikasinya adalah sangat kuat. Jadi dapat disimpulkan terdapat pengaruh yang sangat kuat antara variasi temperatur *hardening* pada proses *quench-temper* baja S45C terhadap kekerasan dengan media pendingin air.

### Hasil Analisa Foto Mikro Spesimen

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur yang terkandung dalam spesimen penelitian dalam bentuk foto mikro. Setiap spesimen memiliki struktur yang berbeda pula bergantung jenis perlakuan yang diberikan. Struktur mikro pada hasil penelitian ini diambil dengan menggunakan mikroskop optik merk *Time Beijing*. Bentuk penampang mikro dengan pembesaran 400 kali adalah sebagai berikut:

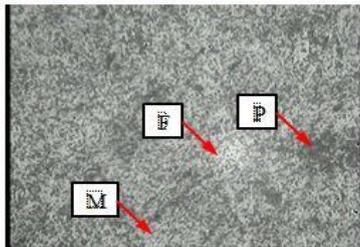
- Foto Mikro Spesimen Awal (*Raw Material*)



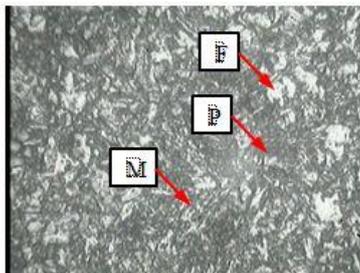
Gambar 4. Struktur Mikro Spesimen *Raw Material*

Pada Gambar 4. merupakan foto struktur mikro spesimen awal (*raw material*) dari baja S45C dengan kadar karbon sedang (0,44C). Bentuk yang terlihat pada foto tersebut hasil dari pembesaran 400 kali. Pada gambar terlihat terdapat *ferrite* (F) dan *pearlite* (P). Struktur yang berwarna terang atau putih adalah struktur *ferrite*, sedangkan struktur yang berwarna gelap atau hitam adalah struktur *pearlite*. Struktur *ferrite* memiliki sifat yang lunak dan liat, memiliki ukuran butir yang besar dan tampak terlihat kasar, mempunyai nilai kekerasan rata-rata 30,4 HRC.

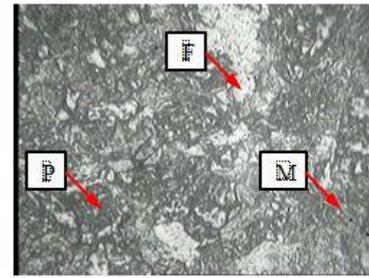
- Foto Mikro Spesimen Setelah Proses *Quench-Temper* dengan Media Pendingin Air



(a) Temperatur *Hardening* 930°C,



(b) Temperatur *hardening* 955°C



(c) Temperatur *Hardening* 980°C

Gambar 5. Struktur Mikro Proses *Quench-Temper* Temperatur *Hardening* 930°C (a), 955°C (b), 980°C (c) dengan Media Pendingin Air

Keterangan:

F : *Ferrite*  
P : *Pearlite*  
M : *Martensite*

Pada Gambar 5 merupakan foto mikro spesimen setelah proses *quench-temper* dengan temperatur pemanasan (*hardening*) 930°C, 955°C dan 980°C menggunakan media pendingin air aquades. Foto mikro merupakan hasil pembesaran 400 kali. Struktur yang terbentuk adalah *ferrite*, *pearlite* dan *martensite*. Struktur *ferrite* berwarna putih, sedangkan berwarna gelap adalah *pearlite* dan berwarna abu-abu kehitaman bentuknya menyerupai jarum adalah struktur *martensite*. Tampak pada gambar, *martensite* terbentuk lebih merata pada temperatur *hardening* 930°C, nilai kekerasannya adalah 52,2 HRC, tertinggi daripada temperatur *hardening* 955°C dan 980°C. Selain itu, semakin tinggi temperatur *hardening*, semakin berbeda pula ukuran *ferrite*, yaitu semakin membesar ukurannya. Hal ini menyebabkan kekerasan semakin menurun karena *ferrite* memiliki sifat yang lunak dan liat.

## PENUTUP

### Simpulan

- Terdapat pengaruh yang sangat kuat penggunaan variasi temperatur *hardening* pada proses *quench-temper* terhadap kekerasan baja S45C menggunakan media pendingin air dan pada temperatur *hardening* 930°C dengan rata-rata nilai kekerasan 52,2 HRC. Hasil tersebut berbanding dengan meningkatnya nilai

kekerasan sebesar 71,1% dari spesimen *raw material* yang sebesar 30,5 HRC.

- Struktur mikro yang terbentuk berupa *ferrite, pearlit dan martensit*. Struktur *ferrite* berkembang lebih besar apabila temperatur *hardening* semakin tinggi.

Tata Surdia., & Saito Shinroku. (2005) *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita

#### Saran

- Proses *quench-temper* menyebabkan terjadinya penurunan angka kekerasan pada spesimen yang dimulai dari tepi spesimen, untuk mendukung data tersebut pada penelitian selanjutnya saat pengambilan foto mikro hendaknya dilakukan dengan memperhatikan daerah terjadinya penurunan kekerasan.
- Penelitian ini hanya menggunakan *tempering* pada temperatur tinggi sebesar 625°C, untuk mengetahui lebih jelas perbedaan karakteristik baja karbon sedang S45C pengujian selanjutnya hendaknya menggunakan variasi *tempering* pada temperatur rendah, menengah dan tinggi serta menggunakan jenis baja karbon sedang yang lain sehingga dapat diketahui pengaruh unsur campuran dalam bahan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Amanto Hari., & Daryanto. (2003). *Ilmu Bahan*. Jakarta : PT. Bumi Akasara.

Anrinal. (2013). *Metalurgi Fisik*. Yogyakarta : CV. Andi Offset.

Smallman, R. E., & Bishop, R.J. (2006). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.

Sugiyono. (2012). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung : Alfabeta

Suratman, Rochim. (1994). *Panduan Proses Perlakuan Panas*. Bandung: Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung.

Tri Wibowo, Bambang. (2006). *Pengaruh Temper Dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Baja ST 60*. Semarang: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang