

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR *HARDENING* TERHADAP KEKERASAN BAJA S45C DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR

Ryan Fakhruddin Syuffi

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: ryan.fakhruddin.s@gmail.com

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: marifirfai@yahoo.co.id

Abstrak

Hardening merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kekerasan yang bertujuan untuk membuat material menjadi tahan terhadap gesekan. *Hardening* akan optimal jika memperhatikan faktor temperatur dan media pendingin yang digunakan. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja S45C dengan diameter 25 mm dan tebal 20 mm. Jumlah spesimen yang diujikan berjumlah 9 spesimen. Spesimen akan diberikan perlakuan panas *hardening* dengan variasi temperatur sebesar 930°C, 955°C, 980°C dengan *holding time* 30 menit, disusul pendinginan cepat dengan menggunakan air. Setelah itu spesimen akan diuji kekerasan dengan menggunakan standar *Hardness Rockwell Cone* (HRC). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan *Rockwell* pada temperatur 930°C mempunyai rata-rata nilai kekerasan 57,9 HRC, lalu pada temperatur 955°C mempunyai rata-rata nilai kekerasan 48,6 HRC dan pada temperatur 980°C mempunyai rata-rata nilai kekerasan 43,4 HRC. Kesimpulannya terdapat pengaruh yang sangat kuat penggunaan variasi temperatur *hardening* terhadap kekerasan baja S45C dengan media pendingin air dan temperatur optimal terjadi pada temperatur 930°C dengan media pendingin air yang mempunyai rata-rata nilai kekerasan 57,9 HRC.

Kata Kunci: baja S45C, temperatur, media pendingin, kekerasan.

Abstract

Hardening is one of method to increase the hardness of making material be a stand for friction. *Hardening* will be optimal if we pay attention the temperature and the fridge media factor which are used. This research is experiment research. Specimen which is used in this research is S45C steel with diameter 25mm and thickness 20mm. Total specimen tested is 9 specimen. Specimen will be given *hardening* heat treatment with variation of temperature are 930°C, 955°C, 980°C and uses holding time 30 minutes, and followed by fast cooler using water, oil and brine. After that the specimen will be tested the hardness by using hardness Rockwell cone (HRC) standard. The result of this research showed that Rockwell hardness value on temperature 930°C has an average hardness value 57,9 HRC, then on temperature 955°C has an average hardness value 48,6 HRC and on the temperature 980°C has an average hardness value 43,4 HRC. The conclusion is there is a very strong influence using temperature *hardening* variation to S45C steel hardness with fridge water media and the optimal temperature happened on temperature 930°C with fridge water media which has an average hardness value 57,9HRC.

Key Words: S45C steel, temperature, fridge media, hardness.

PENDAHULUAN

Komponen-komponen mesin di industri seperti *gearbox*, poros/as dan roda gigi merupakan bagian penting dari sebuah mesin. Apabila terjadi kerusakan pada komponen tersebut, akan terjadi kerugian yang sangat besar. Seperti jika komponen dari mesin di industri yang digunakan untuk proses produksinya terjadi kerusakan, industri tersebut tidak dapat melakukan proses produksi. Hal itu menyebabkan industri mengalami kerugian finansial yang sangat besar.

Faktor yang menyebabkan komponen mesin mengalami kerusakan adalah pemakaian mesin secara terus-menerus yang menyebabkan komponen mesin mengalami gaya tegangan gesek yang melebihi batas kekerasan sehingga komponen mesin menjadi aus.

Usaha untuk meningkatkan ketahanan dan kekuatan komponen mesin terhadap tegangan gesek dapat dilakukan dengan cara bermacam-macam. Salah satunya adalah dengan perlakuan panas *Hardening*. Laku panas *Hardening* adalah proses pemanasan baja pada temperatur tertentu dan ditahan pada waktu tertentu disusul dengan pencelupan pada media pendingin (Tata dan Surdia, 2005). Perlakuan panas *Hardening* akan optimal jika memperhatikan faktor temperatur dan media pendingin yang digunakan.

Temperatur *hardening* akan menentukan terhadap tingkat ketahanan dan kekuatan material. Pemanasan sampai suhu di daerah atau di atas daerah kritis 900°C akan terbentuk struktur *austenite* yang merupakan larutan solid dari karbon dalam baja. Struktur *austenite* ini akan berubah menjadi struktur *martensite* saat benda didinginkan. Sehingga sejauh mana terbentuk struktur *martensite* yang sempurna, maka peningkatan ketahanan dan kekuatan material akan bertambah.

Struktur *martensite* akan terbentuk sempurna tergantung dari laju pendinginannya. Sedang laju pendinginan tergantung dari media pendingin yang digunakan, karena setiap media pendinginan memiliki karakteristik berbeda-beda. Berbagai jenis media pendingin, media pendingin air adalah media pendingin yang paling sering digunakan. Karena media pendingin tersebut mampu memberikan nilai kekerasan yang berbeda.

Penelitian ini menggunakan variasi temperatur 930°C, 955°C, 980°C dan media pendingin air. Pemilihan variasi temperatur dan media pendingin tersebut didasarkan pada beberapa penelitian berikut. Penelitian yang dilakukan oleh Fajar Kurniawan pada tahun 2012 menggunakan variasi temperatur 820°C, 830°C, 840°C untuk media pendingin air dan variasi temperatur 840°C, 850°C, 860°C untuk media pendingin oli dengan *Holding Time* 60 menit

pada baja AISI 4140H menunjukkan nilai kekerasan optimal sebesar 58,6 HRC terjadi pada temperatur 840°C dengan media pendingin air sedangkan dengan media pendingin oli kekerasan optimal sebesar 54,3 HRC terjadi pada temperatur 860°C dan penelitian yang dilakukan oleh Ihsan Gata Bangsawan, dkk pada tahun 2012 menggunakan variasi temperatur 800°C, 840°C, 880°C dan *Holding Time* 15, 25, 35 menit dengan media pendingin oli SAE 40 pada baja ASSAB 760 menunjukkan nilai kekerasan optimal sebesar 27,66 HRC dengan menggunakan temperatur 800°C dan *Holding Time* 35 Menit.

Pada dunia industri, penggunaan material baja karbon sudah tidak asing lagi. Karena material yang paling sering digunakan untuk pembuatan komponen mesin seperti *gearbox*, poros/as dan roda gigi adalah baja karbon sedang. Baja karbon sedang digunakan karena sifatnya yang kuat, ulet dan mudah dibentuk jika dibandingkan dengan jenis baja karbon lainnya seperti baja karbon rendah dan baja karbon tinggi.

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja S45C. Baja S45C merupakan baja karbon sedang dengan kadar karbon 0,44%. Banyak sekali kegunaan baja ini, tidak hanya untuk pengganti komponen mesin tetapi juga bisa dipakai untuk konstruksi bangunan industri ataupun gedung.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini menggunakan pengaruh variasi temperatur dan media pendingin air untuk meningkatkan kekerasan baja S45C.

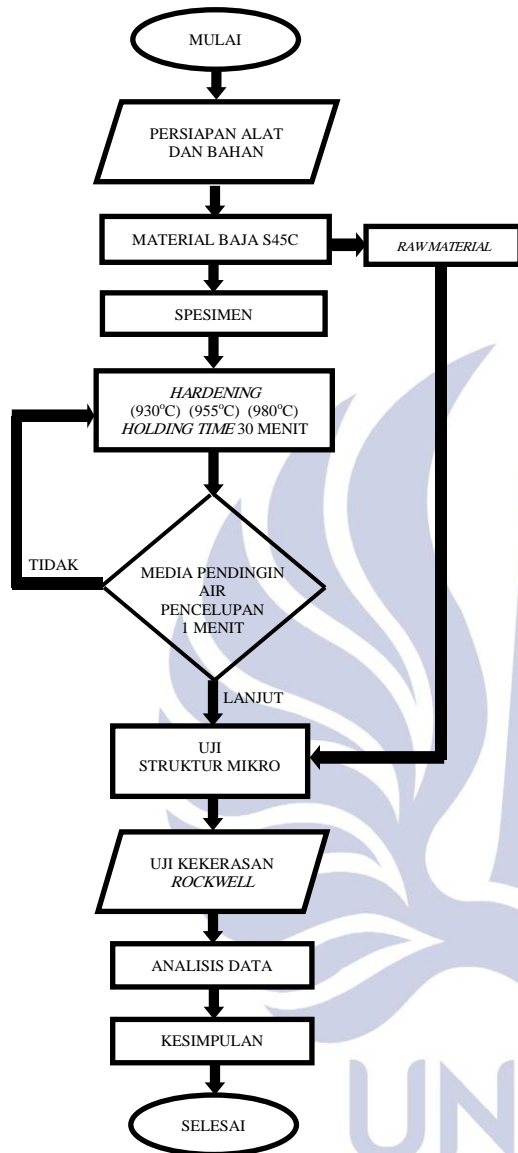
Tujuan yang dicapai dalam penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *Hardening* terhadap kekerasan baja S45C dengan media pendingin air dan Untuk mengetahui temperatur *Hardening* yang optimal terhadap kekerasan baja S45C dengan media pendingin air.

Manfaat yang dicapai dalam penelitian ini adalah memberikan pilihan solusi dalam pemilihan bahan untuk pembuatan komponen mesin ataupun peralatan produksi. Pengetahuan baru untuk pengembangan ilmu bahan, khususnya tentang *Heat Treatment*. Sebagai khasanah ilmu pengetahuan dalam pemilihan karakteristik bahan dan memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang ilmu bahan.

METODE

Rancangan Penelitian

Langkah-langkah penelitian dilakukan seperti Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di tiga tempat yaitu proses *Hardening* di Laboratorium perlakuan bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang, pengujian Struktur Mikro di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang dan pengujian kekerasan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya. Waktu penelitian dilaksanakan mulai Januari 2014 sampai dengan Mei 2014.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam penelitian ini adalah:

- Variabel Bebas
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah proses *Hardening* dengan variasi temperatur 930°C, 955°C, 980°C dan media pendingin yang menggunakan air.
- Variabel Terikat
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekerasan dan foto struktur mikro baja S45C.
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah dimensi spesimen, penahanan waktu (*Holding Time*), Volume media pendingin, Alat pengujian dan Operator.

Alat, Bahan dan Instrumen Penelitian

- Alat
 - Mesin Bubut Konvensional
 - Mesin *Grinding* Shafir 330
 - Tang
 - Sarung Tangan
 - Plat pengambil spesimen
 - Jangka Sorong
 - Kamera Digital
 - Bak Aluminium
 - *Stopwatch*
- Bahan
 - Baja S45C
 - Ampelas 100cw, 320cw, 600cw, 800cw, 1000cw
 - Majun (Kain Bekas)
 - Isolasi
 - Air Aquadest
 - Alkohol 70%
 - Asam Nitrat 2,5%
- Instrumen
 - Dapur Pemanas (*Furnace*) Linn Elektro Therm LK312.06
 - Mikroskop Logam TIME Beijing
 - *Digital Rockwell Hardness Tester Future Tech FR3e*

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini bersifat eksperimen, maka pada saat proses penelitian perlu dibuat lembar pengamatan. Dengan menggunakan lembar pengamatan diharapkan penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan tertib dan data yang didapat tercatat dengan baik. Langkah ini akan mempermudah dalam proses pengolahan data selanjutnya.

Prosedur Penelitian

- Material baja S45C dipotong dan diratakan dengan mesin bubut dengan ukuran P=20mm dan D=25mm. Spesimen dipotong sebanyak 10 potong material dengan 1 *raw material* dan 9 spesimen.
- Setelah persiapan diatas selesai, ambil 9 spesimen untuk dipersiapkan proses *Hardening*.
- Sebelum proses *hardening* dilakukan, persiapkan dan masukan media pendingin air aquadest ke dalam bak aluminium masing – masing sebanyak 1 liter.
- Proses *hardening* diawali dengan memasukan 9 spesimen ke dalam dapur pemanas. Pada saat memasukan ke dalam dapur pemanas, spesimen ditata di dalam dapur pemanas dibagi menjadi 3 spesimen. Jadi spesimen mempunyai 3 kelompok, masing – masing berjumlah 3 spesimen setiap kelompoknya. Ini dimaksudkan agar ketika pengambilan spesimen, spesimen tidak mengalami penurunan temperatur yang drastis.
- Setelah seluruh spesimen sudah masuk dan tertata rapi, lalu nyalakan dapur pemanas dan berikan temperatur pemanasan awal (*pre heating*) sebesar 600°C dengan *holding time* 30 menit.
- Ketika temperatur sudah mencapai 600°C dengan *holding time* 30 menit, naikan temperatur ke 930°C dengan *holding time* 30 menit.
- Persiapkan peralatan seperti sarung tangan, tang dan plat pengambil spesimen.
- Pada saat temperatur sudah mencapai 930°C dengan *holding time* 30 menit, ambil 3 spesimen awal dengan menggunakan tang dan plat pengambil spesimen. Lakukan pengambilan dengan cepat lalu masukan spesimen ke dalam media pendingin air. Masing – masing pencelupan media pendingin selama 1 menit.
- Setelah mencapai 1 menit, ambil seluruh spesimen dengan menggunakan tang, dan keringkan dengan majun lalu masukan ke dalam kantong spesimen.
- Tahap proses *hardening* selanjutnya yaitu naikan temperatur sebesar 955°C dengan *holding time* 30 menit.
- Sebelum temperatur mencapai angka yang diinginkan, ganti media pendingin air dengan media pendingin yang baru.
- Sama seperti langkah sebelumnya, ketika sudah mencapai naikan temperatur sebesar 955°C dengan *holding time* 30 menit. Ambil 3 spesimen selanjutnya dengan menggunakan tang dan plat pengambil spesiemen. Lakukan pengambilan dengan cepat lalu masukan spesimen ke dalam media pendingin air. Masing – masing pencelupan media pendingin selama 1 menit.
- Setelah mencapai 1 menit, ambil seluruh spesimen dengan menggunakan tang, dan keringkan dengan majun lalu masukan ke dalam kantong spesimen.
- Proses selanjutnya adalah pengujian struktur mikro dengan menggunakan mikroskop logam.
- Siapkan 4 spesimen dengan 3 perwakilan masing – masing dari setiap media pendingin dan 1 *raw material*. Lakukan penandaan pada masing – masing spesimen dengan menulis pada bagian silinder spesimen dan diberi isolasi.
- Seluruh spesimen tersebut akan dilakukan pembersihan awal dengan mesin *grinding* menggunakan ampelas no. 100cw, 320cw, 600cw, 800cw dan 1000cw.
- Ketika seluruh spesimen selesai dilakukan pembersihan awal. Siapkan larutan *etsa* dengan perbandingan campuran 1:3 antara alkohol 70% dan asam nitrat HNO₃ 2,5%.
- Lakukan *etsa* pada satu per satu spesimen, *etsa* dilakukan selama 3 detik lalu dibilas air dan tutupi sebagian permukaan yang di etsa dengan isolasi.
- Setelah proses *etsa* selesai, lakukan pengambilan foto mikro dengan pembesaran 400x dengan mengambil 2 foto pada masing – masing spesimen.
- Setelah pengujian struktur mikro selesai, spesimen akan dilakukan pengujian kekerasan Rockwell dengan 9 spesimen dan 1 *raw material*.
- Sebelum dilakukan pengujian kekerasan *rockwell*, permukaan seluruh spesimen dibersihkan dari kerak menggunakan mesin *grinding*.
- Proses pengujian kekerasan *rockwell* dilakukan tiga titik pada setiap spesimen dan *raw material*. Tahap pertama dilakukan pengujian pada 1 *raw material* dan 3 spesimen dari temperatur 930°C lalu catat hasil pengujian di lembar pengamatan. Tahap kedua dilakukan pada 3 spesimen dari temperatur 955°C dan

catat pada lembar pengamatan. Tahap terakhir dilakukan pada 3 spesimen pada temperatur 980°C lalu catat pada lembar pengamatan.

- Setelah semua data sudah didapatkan, lakukan analisis data dengan mengambil rata – rata nilai kekerasan dari setiap titik pengujian.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode hipotesis asosiatif. Data yang sudah dikumpulkan akan digambarkan secara grafis dalam bentuk diagram batang dan dihitung untuk mengetahui seberapa besar tingkat pengaruh dari setiap variabel. Khusus untuk pengujian struktur mikro, data langsung disajikan dalam bentuk foto mikro dengan menganalisa bagian struktur mikro yang berubah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

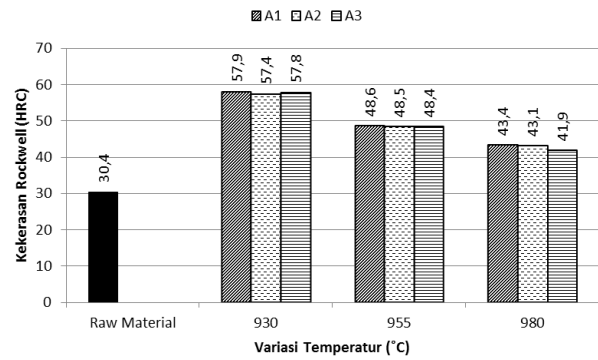
Pengaruh Variasi Temperatur *Hardening* Terhadap Kekerasan Baja S45C Dengan Media Pendingin Air

Pengujian kekerasan spesimen baja S45C setelah proses *hardening* dengan temperatur 930°C, 955°C dan 980°C menggunakan media pendingin air dalam penelitian ini, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan Baja S45C Dengan Media Pendingin Air

Kode Material	Nilai Kekerasan <i>Rockwell</i> (HRC)			Rata-rata (HRC)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
<i>Raw Material</i>	30,7	30,3	30,1	30,4
930 A1	56,7	58,4	58,6	57,9
930 A2	58,1	57,4	56,8	57,4
930 A3	57,9	57,5	58,1	57,8
955 A1	48,1	49,2	48,5	48,6
955 A2	49,3	48,4	47,8	48,5
955 A3	47,6	48,4	49,2	48,4
980 A1	42,3	44,2	43,7	43,4
980 A2	42,8	44,1	42,3	43,1
980 A3	41,2	40,9	43,7	41,9

Data yang sudah dikumpulkan, akan dianalisa dengan mencari rata – rata dari 3 titik pengujian kekerasan. Selanjutnya agar data mudah dibaca, data akan ditampilkan dalam grafik batang seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Variasi Temperatur *Hardening* Terhadap Kekerasan Baja S45C Dengan Media Pendingin Air

Hasil dari grafik di atas dapat dilihat nilai kekerasan *Rockwell* baja S45C dengan variasi temperatur 930°C, 955°C dan 980°C menggunakan media pendingin air terjadi penurunan ketika temperatur semakin tinggi. Nilai kekerasan *Rockwell* tertinggi terjadi pada temperatur 930°C A1 dengan rata-rata nilai kekerasan 57,9 HRC. Jika dibandingkan dengan *raw material* rata-rata nilai kekerasan A1 meningkat sebesar 27,5 HRC atau dalam persentase sebesar 90,7%. Sebaliknya, nilai kekerasan terendah terdapat pada temperatur 980°C A3 dengan rata-rata nilai kekerasan 41,9 HRC. Jika dibandingkan dengan *raw material* rata-rata nilai kekerasan A3 hanya meningkat sebesar 11,6 HRC atau dalam persentase sebesar 38,1%.

Berdasarkan analisis yang dilakukan dengan metode hipotesis asosiatif, diporelah bahwa harga r hitung lebih besar dari r tabel, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Jadi kesimpulannya terdapat pengaruh penggunaan variasi temperatur *hardening* terhadap kekerasan baja S45C dengan media pendingin air.

Sedangkan untuk mengetahui seberapa besar tingkat pengaruhnya, dapat dilihat pada tabel pedoman interpretasi koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi $r = 0,830$ berada di rentang 0,80-1,000 berarti tingkat pengaruhnya adalah sangat kuat. Jadi dapat disimpulkan terdapat pengaruh yang sangat kuat antara variasi temperatur *hardening* terhadap kekerasan baja S45C dengan media pendingin air.

Temperatur *Hardening* Yang Optimal Terhadap Kekerasan Baja S45C Dengan Media Pendingin Air

Hasil pengujian kekerasan *Rockwell* yang optimal pada baja S45C terjadi pada temperatur 930°C. Secara lebih jelas dapat dilihat pada diagram batang pada gambar 2.

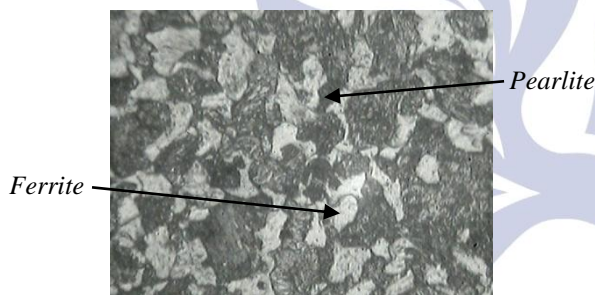
Berdasarkan grafik pada gambar 2, dapat dilihat nilai kekerasan optimal terjadi pada temperatur 930°C dengan menggunakan media pendingin air kode A1 yang mempunyai rata-rata nilai kekerasan 57,9 HRC. Jika dibandingkan dengan *raw material* terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 27,5 HRC atau dalam persentase sebesar 90,7%.

Hasil Foto Struktur Mikro

Foto struktur mikro pada spesimen merupakan hasil pengamatan dengan mikroskop logam sehingga dapat terlihat batas-batas butir yang terlihat. Perubahan struktur tergantung dari temperatur dan media pendingin yang digunakan. Struktur mikro pada hasil penelitian ini diambil dengan menggunakan mikroskop logam merk *TIME Beijing* dengan pembesaran 400X pada beberapa spesimen yaitu 1 *Raw Material* dan 3 spesimen dari setiap variabel.

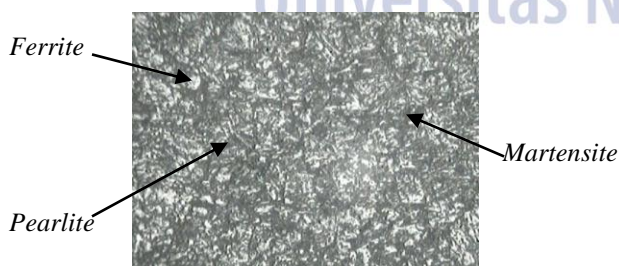
- Foto Struktur Mikro *Raw Material*

Struktur mikro yang tampak pada *raw material* adalah *pearlite* dan *ferrite*, dimana *pearlite* berwarna gelap dan *ferrite* berwarna putih. Susunan kristal sesuai dengan kadar karbon yang dikandung yaitu 0,44%C dan mempunyai nilai kekerasan 30,6 HRC.

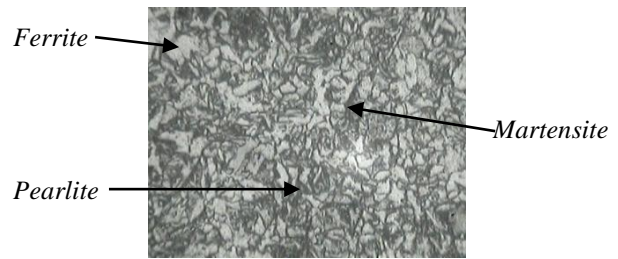


Gambar 3. Foto Struktur Mikro *Ferrite* dan *Pearlite* Pada *Raw Material*

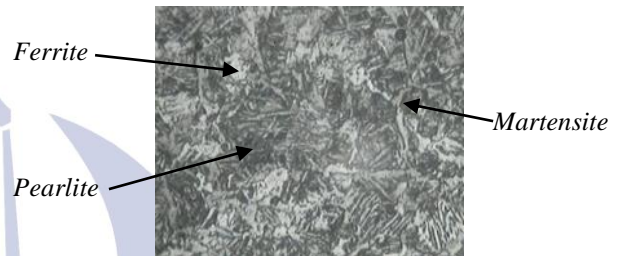
- Foto Struktur Mikro Setelah Proses *Hardening* Dengan Media Pendingin Air



Gambar 4. Foto Struktur Mikro Temperatur *Hardening* 930°C



Gambar 5. Foto Struktur Mikro Temperatur *Hardening* Temperatur 955°C



Gambar 6. Foto Struktur Mikro Temperatur *Hardening* Temperatur 980°C

Pada gambar di atas, hasil foto mikro menggunakan variasi temperatur 930°C, 955°C dan 980°C dengan menggunakan media pendingin air. Struktur yang terdapat pada gambar di atas yaitu *pearlite*, *ferrite* dan *martensite*. Struktur *pearlite* berwarna gelap dan struktur *ferrite* berwarna putih sedangkan struktur *martensite* berwarna gelap agak kecoklatan dan berbentuk seperti jarum. Jika dilihat pada gambar 4 temperatur 930°C ukuran butir-butirnya kecil (halus). Struktur *pearlite*, *ferrite* dan *martensite* tersebar merata pada setiap bagian. Struktur mikro tersebut berbanding dengan hasil kekerasannya dengan rata-rata nilai kekerasan 57,9 HRC. Selanjutnya, Jika dilihat pada gambar temperatur 955°C ukuran butir-butirnya sedikit besar (agak kasar). Struktur *pearlite*, *ferrite* dan *martensite* tersebar merata pada setiap bagian. Namun yang membedakan ukuran dari setiap struktur mempunyai ukuran yang sedikit lebih besar dari pada temperatur sebelumnya. Struktur mikro tersebut berbanding dengan hasil kekerasan dengan rata-rata nilai kekerasan 48,6 HRC. Sedangkan pada gambar temperatur 980°C ukuran butir-butirnya cukup besar (kasar). Struktur *pearlite*, *ferrite* dan *martensite* tersebar merata pada setiap bagian. Namun yang membedakan ukuran dari setiap struktur mempunyai ukuran yang lebih besar dari pada temperatur-temperatur sebelumnya. Struktur mikro tersebut berbanding dengan hasil kekerasan dengan rata-rata nilai kekerasan 43,4 HRC. Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa struktur mikro terbaik terdapat pada temperatur 930°C dengan media pendingin air dengan rata-rata nilai kekerasan 57,9 HRC.

PENUTUP

Simpulan

- Terdapat pengaruh yang sangat kuat penggunaan variasi temperatur *Hardening* terhadap kekerasan baja S45C dengan media pendingin air dengan rata-rata nilai kekerasan 57,9 HRC pada temperatur 930°C, lalu pada temperatur 955°C mempunyai rata-rata nilai kekerasan 48,6 HRC dan pada temperatur 980°C mempunyai rata-rata nilai kekerasan 43,4 HRC.
- Temperatur optimal terjadi pada temperatur 930°C menggunakan media pendingin air dengan rata-rata nilai kekerasan 57,9 HRC meningkat sebesar 27,5 HRC dari *raw material*, jika dilihat dalam persentase nilai kekerasan tersebut meningkat sebesar 90,7%.

Saran

- Perlu ditambah media pendingin yang lain seperti udara, minyak goreng, pasir, dll. Karena dengan perbedaan karakteristik dari media pendingin akan mempengaruhi nilai kekerasan dari setiap spesimen.
- Pengambilan foto struktur mikro sebaiknya menggunakan alat uji SEM (*Scanning Elektron Microscope*).

DAFTAR PUSTAKA

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

Bangsawan, I.G., Suharno., & Harjanto, Budi. 2012. *Pengaruh Variasi Temperatur Dan Holding Time Dengan Media Quenching Oli Mesran SAE 40 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja Assab 760*. Article 1 of 13 Diambil pada tanggal 10 Februari 2014 dari portalgaruda.org/download_article.php?article=109522&val=4092

Kurniawan, Ibnu. 2007. *Perbedaan Nilai Kekerasan Pada Proses Double Hardening Dengan Media Pendingin Air Dan Oli SAE 20 Pada Baja Karbon Rendah*. Article 1 of 106 Diambil pada tanggal 10 Februari 2014 dari lib.unnes.ac.id/3723/1/2009a.pdf

Sugiyono. 2012. *Statistik Untuk Penelitian*. Bandung : Alfabeta.

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