

# ANALISA PENGARUH SUHU PADA MEDIA PENDINGIN TERHADAP SIFAT MEKANIS (KEKERASAN) BAJA S45C PADA PROSES HARDENING

Taufik Hidayat<sup>1)</sup> Priyagung Hartono<sup>2)</sup> Sujatmiko<sup>3)</sup>  
Program Strata Satu Teknik Mesin Universitas Islam Malang<sup>1)</sup>  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang<sup>2,3)</sup>  
Jl. MT Haryono 193 Malang 65145  
E-mail: [Ringin\\_hmm@yahoo.com](mailto:Ringin_hmm@yahoo.com)

## ABSTRAK

*Peranan baja dalam dunia industri saat ini sangatlah penting terutama dalam hal pembuatan komponen yang berhubungan dengan kekerasan seperti roda gigi, mata silet, mata gergaji dan lain sebagainya, Alasan yang mendasari untuk mengambil Baja S 45C karena baja tersebut banyak dipergunakan dalam bidang teknik atau industri. Baja ini memiliki kekerasan sehingga cocok untuk komponen yang membutuhkan kekerasan, keuletan maupun ketahanan terhadap gesekan. Untuk mendapatkan kekerasan dan ketahanan pada baja maka perlu proses perlakuan panas menggunakan proses quenching. Bahan penelitian ini adalah baja karbon S45C dengan jumlah spesimen 4, 1 spesimen untuk uji kekerasan sebelum perlakuan dan 3 spesimen sesudah perlakuan dengan uji vickers, proses pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Brawijaya Malang. Proses perlakuan panas (heat treatment) yang dilakukan suhu hardening 850°C, Dari hasil analisa perbandingan uji T pada baja S45C sebelum dan sesudah perlakuan hardening didapatkan kekerasan yang mengalami peningkatan. Ini dapat dilihat dari analisa uji T diketahui bahwa  $T_{hitung} > T_{tabel}$  yaitu,  $31,577 > 2,920$  maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak berarti nilai kekerasan baja S45C setelah perlakuan lebih keras dari pada sebelum mengalami perlakuan. dari hasil variasi menggunakan pendingin 20,50,80°C menunjukkan adanya peningkatan kekerasan pada baja S45C dengan nilai kekerasan rata-rata 1698,875 HVN, 764,075 HVN, dan 583,05 HVN.*

**Kata kunci :** baja S45C, hardening, pendingin .

## PENDAHULUAN

Peranan baja dalam dunia industri otomotif saat ini sangatlah penting terutama dalam hal pembuatan komponen otomotif seperti roda gigi, mata silet, mata gergaji dan lain sebagainya. Dalam bagian mesin juga sering kita jumpai suatu bahan yang memerlukan kekerasan dan keuletan misalnya poros engkol, dengan permasalahan ini maka tentunya diperlukan adanya sebuah rekayasa material untuk memperbaiki sifat mekanis baja agar diperoleh kualitas yang baik. Sifat mekanis baja sangat terhubung ke mikro yang diperoleh setelah perlakuan panas yang umumnya dilakukan untuk mencapai kekerasan maupun kekuatan tarik, dalam pengaruh laju pendinginan terhadap sifat mekanis baja sangat berpengaruh yang mana dalam tiap penurunan panas yang cepat akan membuat unsur-unsur kekerasan pada baja menjadi martensit, Baja merupakan logam paduan yang mempunyai unsur dasar besi karbon dan lainnya, sifat baja sangatlah tergantung pada kadar karbon yang dimiliki yang mana karbon itu sendiri merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan baja itu sendiri. Dilihat dari kadar karbonnya baja dapat

dikelompokkan diantaranya baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi selain itu baja juga sangat penting kaitannya dalam bidang industri khususnya dalam hal permesinan dan dari itu di butuhkan sebuah perlakuan dalam rekayasa sifat fisik atau mekanik dari material bahan dengan menggunakan proses Heat Treatment. Heat Treatment adalah suatu perlakuan pada material yang bertujuan untuk mengubah sifat fisik suatu material sesuai dengan kebutuhan tanpa mengubah susunan kimia yang ada pada material itu sendiri. Diantaranya proses Hardening yaitu adalah suatu proses perlakuan panas yang bertujuan memberikan kekerasan pada logam. Jika baja atau logam didinginkan dengan kecepatan minimum yang disebut dengan kecepatan pendinginan kritis maka seluruh austenit akan berubah ke dalam bentuk martensit sehingga dihasilkan kekerasan baja yang maksimum. Adapun kecepatan pendinginan kritis tergantung dari komposisi kimia dari baja yang digunakan.

Baja S45C adalah baja yang mempunyai kadar karbon sekitar 0,51%, dan tergolong baja karbon menengah, baja S 45C banyak digunakan sebagai alat-alat perkakas, poros

engkol dan roda gigi. Komposisi dari baja S 45C dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Komposisi kimia Baja S45C**  
([www.indonetwork.co.id/Surya](http://www.indonetwork.co.id/Surya).)

Unsur	Jumlah kandungan
Carbon (C)	0,42 – 0,50%
Iron (Fe)	97,74%
Mangan (Mn)	0,50 – 0,80%
Fosfor (P)	0,035%
Sulfur (S)	0,035%

Baja S45C merupakan produk standarisasi dari jepang yang biasa disingkat JIS (*Japan Industrial Standart*). Baja S45C memiliki kandungan unsur utama berupa karbon (C) sebesar 0,50%, sulfur (S) sebesar 0,035%, mangan (Mn) sebesar 0,80%. Baja ini mempunyai sifat mampu untuk dilakukan proses perlakuan panas untuk dapat memperoleh sifat mekanis yang lebih baik. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai poros roda gigi, mata gergaji, mata silet dan bantalan.

Sifat mekanis (kekerasan) merupakan ketahanan dari suatu material terhadap deformasi atau perubahan bentuk yang tetap, kekerasan selalu berhubungan langsung dengan kekuatan oleh karena itu dalam pembahasan suatu material dengan angka maka akan tergambar bagaimana kekerasan pada material tersebut, untuk mengetahui kekerasan pada baja ada cara pengujian kekerasan yaitu uji kekerasan Vickers, Brinell dan Rockwell.

Uji kekerasan Vickers (VHN)

Pengujian ini tidak jauh berbeda dengan metode Brinell, hanya saja penetrator atau indektor yang digunakan terbuat dari intan yang berbentuk piramida dengan alas bujur sangkar dan besar sudut intan adalah  $136^\circ$ . Dasar dari perhitungan yang digunakan untuk menghitung kekerasan spesimen menurut Vickers dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$VHN = \frac{2 \cdot P \cdot \sin \frac{\phi}{2}}{L^2} \rightarrow \frac{1.854 \cdot P}{L^2}$$

Dimana :

P = beban (kg)  
L = Diagonal indentasi (mm)  
 $\phi$  = sudut sisi intan ( $136^\circ$ )

( Sumber: Djaprie, Sriati; 1993:334 "Metalurgi teknik)

Keuntungan :

1. Tidak menyebabkan kerusakan yang berarti pada bahan uji
2. Skala kekerasannya yang kontinu untuk rentang yang luas, dari yang sangat lunak dengan nilai 5 maupun material yang sangat keras dengan nilai 1500 karena indenter intan yang sangat keras. Selain pada uji vickers beban tidak perlu diubah dan tidak bergantung pada besar beban indenter .

*Heattreatment* atau perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat yang bertujuan untuk memperbaiki struktur mikro dan sifat-sifat mekanis pada logam. Dengan melakukan proses perlakuan panas dengan tepat akan menghasilkan tegangan dalam yang dapat dihilangkan, besar butir dapat diperbesar dan diperkecil, ketangguhan dapat ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. (Sriati Djaprie, 1981:135)

Syarat Heattreatment

1. Suhu pemanasan (*heating*) harus naik secara teratur dan merata
2. Alat ukur suhu harus seteliti mungkin. Proses Heat Treatment  
Telah menjadi pengetahuan kita semua bahwa sifat mekanik tidak hanya tergantung dari komposisi kimia suatu paduan, tetapi juga tergantung pada struktur kimianya.

Pada proses perlakuan panas dikenal dengan tiga macam proses yaitu :

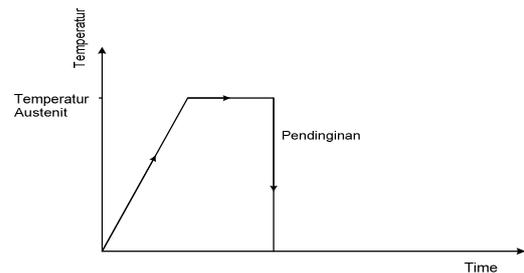
- a. Proses *Heating* : proses pemanasan dari suhu kamar sampai suhu tertentu sesuai dengan yang diperlukan hal ini bertujuan agar atom-atom logam terjadi perubahan struktur.
- b. Proses *Holding* : proses pemanasan pada temperature yang sudah ditentukan dengan pemanasan yang merata kebagian dalam logam, hal ini bertujuan agar mendapatkan struktur logam yang teratur sebelum proses pendinginan.
- c. Proses *Coiling* : proses pendinginan dilakukan setelah logam mengalami proses *holding* selain itu proses pendinginan dilakukan dengan kecepatan pendinginan yang sudah ditentukan.

proses *heat treatment* merupakan proses pemanasan pada logam dan kemudian didinginkan dengan kecepatan pendinginan tertentu yang dilakukan pada logam dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat logam yang diinginkan. Dari pernyataan di atas proses *heat treatment* dapat digunakan sebagai proses untuk memanipulasi sifat mekanik suatu logam sesuai dengan kebutuhan.

Hardening adalah proses pemanasan logam (baja) untuk mengeraskan seluruh bagian logam (full hardening), tujuan ini dapat dicapai apabila bahan mempunyai kandungan karbon minimal 0,4 %. Prosesnya logam dipanaskan sampai suhu austenit ( di atas temperatur kritis ) dalam waktu tertentu, kemudian didinginkan kejut ( quenc) pada media yang sesuai. Akibat pendinginan kejut akan terbentuk struktur martensit yang keras. Proses pemanasan dapat dilakukan pada dapur/tungku dengan fasilitas kontrol suhu yang lengkap, pada dapur induksi, atau memakai nyala api .(Wardaya,2009)

lain misalnya *carburizing*. Pengaruh Pendinginan

Jika baja atau logam didinginkan dengan kecepatan minimum yang disebut dengan kecepatan pendinginan kritis maka seluruh austenit akan berubah ke dalam bentuk martensit. sehingga dihasilkan kekerasan baja yang maksimum. Pendinginan langsung (*direct quenching*) yaitu pendinginan secara langsung dari media karburasi. Efek yang kemungkinan timbul dalam proses ini adalah terjadi pengelupasan pada benda kerja, pada proses pendinginan ini akan diperoleh permukaan benda kerja yang getas.



Gambar 2.8 Diagram proses pendinginan langsung (*Direct quenching*)

Sumber: [www.indoskripsi.com](http://www.indoskripsi.com)

Gambar 1.1 Diagram besi-karbida besi (Sriati Djaprie, 1981:136)

Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada laju pendinginan, kadar karbon dan ukuran benda. pada baja paduan, jenis dan jumlah paduan akan mempengaruhi pengerasan. (Sriati Djaprie, 1981:144)

Perlu dibedakan antara kekerasan dan kemampuan kekerasan (*Hardenability*). kemampuan kekerasan adalah kemampuan bahan untuk dikeraskan. sedangkan yang terjadi harapan dari perlakuan jenis ini yaitu agar tahan gesek dan kekar (*rigid*). Oleh karena kekerasan tidak selalu dilakukan pada semua titik bagian mesin, maka pengerasan itu pun disesuaikan dengan kebutuhannya. pada roda gigi misalnya pengerasan hanya diperlukan dibagian luarnya. pada as propeler kapal pengerasan dilakukan pada bagian-bagian yang ditumpu dengan *sliding contac bearing* (Suharto, 1995:220-221)

Kekerasan maksimum yang dapat dicapai untuk suatu baja tergantung pada kadar karbonnya, makin tinggi kadar karbon maka makin tinggi kekerasan yang dicapai. pada karbon rendah kenaikan kekerasan ini tidak berarti, sehingga pengerasan hanya dilakukan terhadap baja karbon yang cukup, yaitu tidak kurang dari 0,30% C. Untuk mengeraskan baja dengan kadar karbon yang lebih rendah cara

Air mempunyai efek pendinginan yang lebih efektif bila dibandingkan dengan zat yang lain sehingga dalam proses pengerasan logam banyak dipakai sebagai media pendingin. Pada baja karbon sedang sangat cocok menggunakan pendingin air, air merupakan senyawa yang dapat berwujud padat, cair dan gas. kualitas air yang digunakan adalah air dengan keasaman: pH menunjukkan derajat keasaman suatu larutan. Air yang baik adalah air yang bersifat netral (PH = 7). Air dengan pH kurang dari 7 dikatakan air bersifat asam sedangkan air dengan pH di atas 7 bersifat basa. menurut PERMENKES RI Nomor 416 Tahun 1990, batas pH minimum dan maksimum air layak pakai berkisar 6,5-8,5 khusus air hujan minimumnya adalah 5,5.

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan menggunakan metodologi eksperimen nyata atau kuantitatif yaitu dengan cara yang digunakan untuk mencari hubungan sebab akibat dari satu variabel dengan variabel lainnya yang sengaja dimunculkan dengan menyisihkan variabel lain yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui sejauh mana kekerasan pada baja S 45C dengan perlakuan *hardening* dengan

kecepatan pendinginan *quenching* untuk di aplikasikan dalam pembuatan mata gergaji,poros engkol dan roda gigi.

Bahan penelitian ini adalah baja karbon S45C, dengan jmlah spesimen 4, 1 spesimen untuk uji kekerasan sebelum perlakuan dan 3 spesimen sesudah perlakuan dengan uji vickers. Proses penelitian ini dilakukan di laboratorium pengujian Bahan Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Peralatan yang digunakan adalah dapur pemanas, penjepit, Thermometer, Centrifugal Sand Paper Machine, Digital Micro hardness Tester, clock timer.

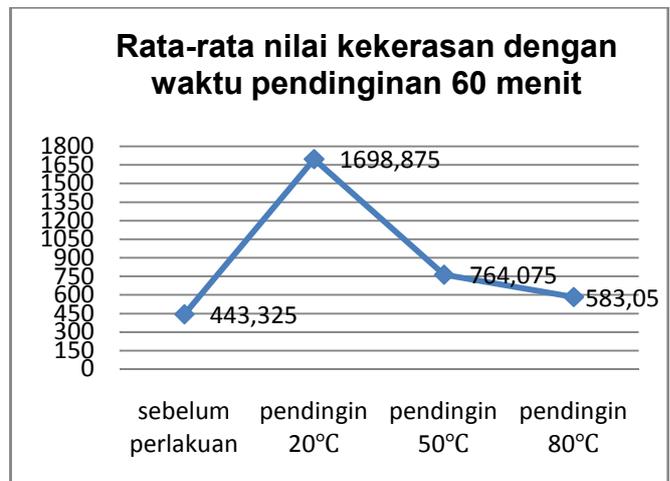
Proses perlakuan panas ( *Heat treatment*) yang dilakukan adalah hardening. Permukaan spesimen dihaluskan terlebih dahulu dan mendapatkan uji kekerasan vickers untuk mengetahui tingkat kekerasan bahan sebelum mendapatkan perlakuan panas. Setelah itu dilanjutkan dengan memasukan spesimen kedalam box spesimen ditutup rapat da langsung dimasukan kedalam dapur pemanas (*furnance*) hingga suhu 850°C dan langsung di holding time selama 30 menit setelah selesai kemudian spesiment di keluarkan dan didinginkan langsung dengan air dengan tingkat pH 7 selama 60 menit. Setelah itu di lanjut dengan memperhalus permukaan spesimen hingga rata guna mendapatkan permukaan yang diinginkan yang di lanjut dengan pengujian kekerasan vickers dengan masing-masing pengujian sebanyak empat titik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian kekerasan (Vickers)

Titik uji spesi men	Sebe lum Perla Kuan	Pendi ngingan 20°C	Pendi ngingan 50°C	Pendi ngingan 80°C
1.	413,1	1662,1	681,2	759,6
2.	446,7	1515,3	753,5	568,4
3.	444,0	1786,7	797,4	497,2
4	469,5	1831,4	824,2	507,0
Jumlah (Σ)	1773,3	6795,5	3056,3	2332,2
Rata-rata	443,325	1698,875	764,075	583,05

Grafik 4.1 perbedaan nilai kekerasan Baja S45C setelah perlakuan hardening dengan pendinginan 20°C, 50°C, 80°C dengan waktu kecepatan pendingin 60 menit.



Hasil penelitian ini baja S45C dilihat dari uji kekerasan sebelum dan sesudah perlakuan hardening. Dari hasil analisa perbandingan uji T pada baja S45C sebelum dan sesudah perlakuan hardening dengan pendinginan didapatkan kekerasan yang mengalami peningkatan. Ini dapat dilihat dari analisa uji T diketahui bahwa  $T_{hitung} > T_{tabel}$  yaitu,  $31,577 > 2,920$  maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  berarti nilai kekerasan baja S45C setelah perlakuan lebih keras dari pada sebelum mengalami perlakuan.

Hasil penelitian baja S45C dilihat dari uji kekerasan setelah perlakuan dengan membandingkan antara suhu 20°C, 50°C dan 80°C dari penelitian ini didapatkan hasil yang menunjukkan baja S45C dengan pendinginan 20°C dengan 50°C dengan waktu kecepatan pendinginan 60 menit lebih keras dari pada baja dengan pendinginan 50°C, hal ini dapat dilihat dari hasil uji T yang menunjukkan  $T_{hitung} > T_{tabel}$  yaitu,  $16,137 > 2,920$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, Sedangkan baja dengan pendinginan 50°C dan 80°C menunjukkan baja S45C dengan pendinginan 50°C dengan waktu kecepatan pendinginan 60 menit tidak ada perbedaan nilai kekerasan dengan pendinginan 80°C, sedangkan dari hasil baja S45C dengan pendinginan 20°C dan 80°C dari penelitian ini didapatkan hasil baja S45C dengan pendinginan 20°C lebih keras dari pada baja dengan pendinginan 80°C hal ini dapat dilihat dari hasil uji T, yang menunjukkan  $T_{hitung} > T_{tabel}$  yaitu  $10,057 > 2,920$  maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak, penurunan nilai kekerasan dari baja S45C dengan pendinginan 50 dan 80°C dikarenakan perpindahan panas harus terjadi pada daerah

yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin sehingga membuat proses pendinginan pada material baja tidak sempurna.

Hasil penelitian baja S45C dilihat dari uji kekerasan sesudah perlakuan hardening. Dari hasil analisa uji F pada baja S45C sesudah perlakuan hardening dengan pendinginan didapatkan adanya perbedaan nilai kekerasan yang mengalami peningkatan pada material, ini dapat dilihat dari analisa uji F diketahui bahwa  $F_{Hitung} > F_{Tabel}$  yaitu,  $7,037 > 4,3$  maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak artinya bahwa ada perbedaan nilai kekerasan setelah perlakuan hardening dengan variasi pendinginan 20°C, 50°C dan 80°C. Faktor yang mempengaruhi kekerasan meningkat adalah unsur sementit (memiliki sifat sangat keras) naik setelah mengalami proses hardening.

Dari penelitian ini diketahui banyak sekali faktor-faktor yang mempengaruhi kekerasan pada baja S45C yang mengalami proses hardening yaitu suhu pada dapur pemanas yang tidak stabil atau tidak konstan di suhu yang diinginkan, penghalusan permukaan pada material yang tidak merata sehingga terkadang ditemukan nilai kekerasan yang tidak maksimal, spesimen baja S45C yang tidak sama kandungan unsurnya pada tiap titiknya sehingga mempengaruhi nilai kekerasan.

## KESIMPULAN

Dilihat dari hasil penelitian Baja S45C dengan suhu pendinginan 20°C, 50°C dan 80°C pada Baja S45C dengan waktu kecepatan pendingin 60menit masing-masing material memiliki tingkat kekerasan berbeda-beda. terlebih pada pendinginan 20°C yang menunjukkan perbedaan kekerasan yang lebih tinggi dari pendinginan 50 dan 80°C yang dapat dilihat dari analisa Uji T, yang mana jika baja didinginkan dengan kecepatan pendinginan kritis maka seluruh austenit akan berubah kedalam bentuk martensit sehingga di

peroleh nilai kekerasan pada baja, sedangkan untuk pendinginan 50 dan 80°C adanya proses perubahan fasa yang lambat pada struktur bajahal ini dikarenakan perpindahan panas harus terjadi pada daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin sehingga membuat proses pendinginan pada material baja tidak sempurna.

Dari hasil perhitungan uji F didapatkan kesimpulan ada perbedaan nilai kekerasan setelah perlakuan hardening dengan pendinginan 20°C, 50°C dan 80°C, terlebih pada pendinginan 20°C yang menunjukkan perbedaan kekerasan yang lebih tinggi dari pendinginan 50 dan 80°C. Faktor lain yang mempengaruhi kekerasan diakibatkan oleh kadar unsur sementit pada tiap titik baja S45C setelah diproses hardening.

## SARAN

Adapun saran dari penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memperbaiki sifat mekanis baja dengan cara melakukan variasi suhu dari 0°C-100°C pada media pendingin, bahan material bisa diganti dengan baja yang lain serta suhu pada dapur furnace yang dapat di rubah.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Sriati Djaprie.,1993., "Metalurgi Mekanik1", Jakarta, PT. Erlangga..
2. Wardaya, Flame Hardening pada Baja amutit, 2009
3. David kurniawan, SKRIPSI Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik UM, 2009
4. Jefri Suhatta, Pengaruh sifat mekanis bahan AISI 1045 yang mengalami proses double hardening dengan carburizing, 2010
5. Nanse H. Pattiasina Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon, 2011
6. Navalovers, Pengaruh kecepatan pendingin pada baja terhadap struktur mikro.