

# **OPTIMALISASI SIFAT - SIFAT MEKANIK MATERIAL S45C**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana Teknik Industri**



**Era Satyarini**

**09 06 05987**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ATMA JAYA  
YOGYAKARTA  
2013**

# OPTIMALISASI SIFAT-SIFAT MEKANIK MATERIAL S45C

Era Satyarini <sup>1)</sup>, Baju Bawono <sup>2)</sup>  
Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri,  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta  
[erasatyarini@gmail.com](mailto:erasatyarini@gmail.com) <sup>1)</sup>, [bajubawono@gmail.com](mailto:bajubawono@gmail.com) <sup>2)</sup>

## Abstrak

Permasalahan yang terjadi di Politeknik ATMI Surakarta adalah kekerasan material S45C tidak sesuai (lebih rendah) dengan data standar kekerasan yang dikeluarkan oleh BOHLER, karena itu perlu dilakukan perbaikan metode untuk mengatasi permasalahan tersebut. Metode yang digunakan untuk merancang alternatif perbaikan proses *hardening* S45C adalah Metode Campuran Eksploratoris Sekuensial Pragmatik. Metode ini digunakan karena pada penelitian ini penulis mengambil data kualitatif melalui diskusi, wawancara, literatur jurnal, observasi lapangan, dokumentasi, dan hasil *brainstorming*. Pengambilan data kuantitatif didapatkan dari interpretasi hasil kuesioner dan hasil percobaan yang diperoleh. Hubungan penggunaan data kualitatif dengan data kuantitatif ini disebabkan survei terhadap pengalaman pekerja dan penilaian dari konsumen dapat dilakukan dengan lebih baik hanya jika eksplorasi terhadap cara proses *hardening* oleh pekerja dan konsumen terlebih dahulu diterapkan. Hasil penelitian ini adalah usulan perbaikan metode proses *hardening* material S45C dengan cara mengubah media *quenching* menjadi *water* kemudian *oil* dengan hasil kekerasan rata-rata 54 HRC dan kenaikan 28,07% dari metode yang diterapkan sebelumnya.

**Kata Kunci :** Material S45C, *Heat Treatment*, Metode Campuran, *Hardening*.

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Dunia industri saat ini sedang berkembang pesat. Kebutuhan dan selera masyarakat yang semakin banyak ragamnya, serta daya beli masyarakat yang cenderung meningkat menyebabkan persaingan industri semakin ketat. Persaingan ketat tersebut menuntut perusahaan memiliki strategi untuk bersaing, yaitu menyesuaikan antara harga produk dengan kemampuan atau daya beli masyarakat. Faktor utama yang berkaitan dengan harga produk adalah biaya produksi. Biaya produksi ditentukan oleh penggunaan bahan baku dan metode kerja yang digunakan. Salah satu faktor yang mempengaruhi metode kerja adalah prinsip efektifitas dan efisiensi. Prinsip efektifitas memfokuskan agar tujuan dapat tercapai tepat pada sasaran, sedangkan prinsip efisiensi memfokuskan pemilihan cara yang tepat agar mencapai sasaran tersebut. Metode kerja yang baik akan berdampak pada penekanan biaya produksi dan terjaminnya kualitas produk yang dihasilkan.

Kualitas produk dikatakan baik apabila produk tersebut tidak mengalami cacat dan mencapai standar yang telah ditentukan agar memiliki nilai kegunaan yang optimal sesuai dengan umur produk. Permasalahan ini umumnya terlihat jelas pada industri manufaktur. Produk yang dihasilkan harus optimal agar mendapatkan kepuasan pelanggan dan meningkatkan daya saing. Politeknik ATMI Surakarta yang dijadikan objek penelitian merupakan institusi pendidikan tinggi sekaligus industri yang berkonsentrasi pada pendidikan vokasi di bidang manufaktur (mesin industri) di Indonesia. Politeknik ATMI Surakarta beralamat di Jalan Mojo No. 1, Karangasem, Laweyan, Surakarta. Politeknik ATMI Surakarta memproduksi *precision parts and tools*, *single purpose machine*, *sheet metals product*, dan *injection plastic*. Salah satu proses untuk memproduksi *precision parts and tools* dan *single purpose machine* adalah proses *heat treatment*.

Penulis mengambil topik perbaikan metode *hardening* sebagai salah satu permasalahan yang dialami Politeknik ATMI Surakarta.

Proses *heat treatment* yang sering dikerjakan Politeknik ATMI Surakarta adalah *machinery steel* S45C yang diaplikasikan sebagai bahan pembuat komponen mesin seperti *gear*, *shaft*, *coupling*, *pulley* dan komponen lain. Material S45C sangat sering digunakan karena harganya yang sangat murah dibanding *machinery steel* lainnya seperti VCL 140, VCN 150, dan V330. Material S45C adalah merk salah satu produk baja yang diproduksi oleh BOHLER. S45C memiliki kesamaan dengan beberapa merk lain seperti AISI 1045, DIN C 45 W, HITACHI NS 1045, ASSAB 760, dan THYSEN 1730. Setiap material tersebut memiliki jumlah kadar *carbon*, *silizium*, dan *mangan* yang sama, namun material tersebut diproduksi oleh pabrik yang berbeda-beda. Sifat material S45C yang dibutuhkan adalah keras, tahan aus, tahan beban puntir, dan cukup ulet pada bagian inti. Sifat tersebut dapat diperoleh secara optimal bila kekerasan material tersebut 57 HRC, sesuai dengan buku pedoman BOHLER. HRC adalah satuan nilai kekerasan *Rockwell* seri C. Kualitas hasil produk material S45C dicapai melalui tahap *hardening* dan *tempering*. Kedua tahap ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan material, agar material tersebut sesuai pada fungsi dan kondisi penggunaannya.

Masalah yang terjadi di Politeknik ATMI Surakarta adalah kekerasan material tersebut tidak sesuai dengan standar kekerasan (HRC) yang telah ditentukan oleh BOHLER. Cara pengerjaan material S45C di Politeknik ATMI Surakarta saat ini dilakukan dengan cara *heat treatment* berulang sebanyak dua kali dengan hasil akhir kekerasan maksimal 52 HRC. *Heat treatment* berulang ini dimaksudkan agar kekerasan dapat meningkat, karena pada hasil *heat treatment* pertama tidak diperoleh kekerasan yang diinginkan. Efek *heat treatment* berulang ini adalah struktur mikro besi menjadi sangat besar yang akan berpengaruh pada sifat mudah patah. BOHLER menyatakan bahwa material S45C seharusnya mampu mencapai kekerasan 57 HRC dalam satu kali pengerjaan *heat treatment*. Kekerasan

material di bawah 57 HRC memberikan sifat ulet, cepat aus, dan mudah mengalami *deformasi* sehingga dalam penggunaannya tidak sesuai dengan harapan konsumen. Buku data produksi material S45C di Politeknik ATMI Surakarta selama 1 tahun terakhir menunjukkan adanya kejanggalan, yaitu terdapat rentang nilai kekerasan yang besar pada penggunaan metode dan perlakuan yang sama. Hal ini menimbulkan ketidakpastian hasil kekerasan yang diperoleh dalam penerapan metode dan perlakuan yang sama untuk mendapatkan hasil kekerasan tertentu yang diinginkan.

Berdasarkan permasalahan diatas maka perlu dilakukan penentuan metode perbaikan yang tepat, agar kekerasan material S45C dapat sesuai dengan standar kekerasan BOHLER dan sesuai dengan harapan konsumen. Setidaknya toleransi perbedaan kekerasan material  $57 \pm 1$  HRC, sesuai data BOHLER. Variabel bebas yang digunakan adalah media pelindung, suhu *austenitizing*, media *quenching* dan perlakuan *stress relieving*, variabel terikat yang digunakan adalah suhu *pre-heating*, suhu *tempering*, waktu tahan/*holding time austenitizing*, ukuran diameter dan tebal material. Ukuran diameter dan tebal material dijadikan konstan agar hasil yang didapat memiliki rentang yang pendek (Brammer dkk, 2011). Lamanya waktu dan suhu sangat menentukan kenaikan kekerasan yang dapat dicapai (Kuscu dkk, 2008). *Quenching* merupakan proses lanjutan *austenitizing*, dengan menggunakan media pendingin untuk mencapai kekerasan. Tanpa salah satu proses tersebut maka kekerasan tidak akan tercapai (Raygan dkk, 2008). Perlakuan-perlakuan tersebut akan membuat perubahan *microstructure* material awal menjadi lebih kuat dan keras (Clarke dkk, 2011). Kekerasan juga tidak dapat tercapai apabila terjadi dekarburisasi (Shin dkk, 2009). Metode yang tepat akan memberi beberapa keuntungan seperti meminimalkan biaya produksi, menjaga agar kualitas dan standar tetap terpenuhi, serta meningkatkan persaingan di dalam pasar industri.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas diketahui bahwa permasalahan yang dialami Politeknik ATMI Surakarta dibagi menjadi 2. Pertama adalah kekerasan material S45C lebih rendah dengan data standar kekerasan yang dikeluarkan oleh BOHLER. Kedua adalah adanya ketidakpastian hasil kekerasan (variasi nilai dengan rentang nilai yang besar) yang diperoleh saat menggunakan metode serta ketentuan yang sama.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- Merancang uji percobaan untuk proses *hardening* S45C.
- Mengidentifikasi dan membandingkan hasil percobaan untuk dianalisis.
- Menemukan metode yang tepat untuk proses *hardening* S45C.

## 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian mengenai perbaikan metode *hardening* material S45C adalah:

- Lingkup pembahasan terbatas pada proses *hardening* material S45C, mengingat permasalahan yang terjadi adalah hasil kekerasan yang dicapai proses *hardening* material S45C tidak sesuai dengan data yang diberikan oleh BOHLER dan tidak pasti meski metode yang dilakukan sama.
- Proses *hardening* dilakukan dengan menggunakan oven listrik, mengingat permasalahan terjadi di Politeknik ATMI Surakarta yang menggunakan oven listrik sebagai alat utama proses *heat treatment*.
- Material yang dipakai dalam percobaan berukuran diameter 30 mm dan tebal 25 mm, mengingat pada aplikasinya material ini hanya membutuhkan kekerasan pada kulit dengan kedalaman +/- 5 mm per sisi.
- Material *trial* disediakan oleh pihak Politeknik ATMI Surakarta, mengingat persentase penggunaan bahan baku Politeknik ATMI Surakarta untuk proses *hardening* mencapai 95%.

Percobaan *hardening* ini terbatas pada proses *austenitizing* dan proses *quenching*, mengingat kedua proses tersebut merupakan proses kunci yang menentukan hasil.

## 2. Metode Penelitian

Menurut Creswell (2010), Metode Campuran merupakan pendekatan penelitian yang mengkombinasikan atau mengasosiasikan bentuk kualitatif dan bentuk kuantitatif. Pendekatan ini melibatkan asumsi-asumsi filosofis, aplikasi pendekatan-pendekatan kualitatif dan kuantitatif, dan pencampuran (*mixing*) kedua pendekatan tersebut dalam satu penelitian. Pendekatan ini lebih kompleks dari sekadar mengumpulkan dan menganalisis dua jenis data, ia juga melibatkan fungsi dari dua pendekatan penelitian tersebut secara kolektif sehingga kekuatan penelitian ini secara keseluruhan lebih besar ketimbang penelitian kualitatif dan kuantitatif.

Peneliti tidak menggunakan metode desain eksperimen Taguchi karena parameter yang digunakan dalam proses *hardening* tidak bisa diubah (harus sesuai dengan parameter Politeknik ATMI Surakarta) dan keterbatasan akses penulis untuk masuk ke area pengerjaan *hardening*. Keterbatasan akses ini dikarenakan pihak Politeknik ATMI Surakarta tidak mengizinkan pihak luar untuk melihat secara langsung proses pengerjaan *hardening*. Politeknik ATMI Surakarta hanya menyediakan jasa *hardening* dan pembelian material saja, sehingga penulis membeli material dan menggunakan jasa *hardening* di Politeknik ATMI Surakarta.

Penulis menggunakan filosofis/pandangan dunia pragmatik. Pandangan ini lebih berfokus pada efek-efek tindakan, berpusat pada masalah, bersifat pluralistik, dan berorientasi pada praktik dunia nyata. Para peneliti pragmatik lebih menekankan pada pemecahan masalah dan menggunakan semua pendekatan yang ada untuk memahami masalah.

Penelitian ini menggunakan strategi pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif

secara sekuensial dengan Metode Campuran Eksploratoris Sekuensial Pragmatik. Eksploratoris Sekuensial melibatkan pengumpulan dan analisis data kualitatif pada tahap pertama dan kemudian diikuti oleh pengumpulan dan analisis data kuantitatif pada tahap kedua yang didasarkan pada hasil-hasil tahap pertama. Prosedur-prosedur eksploratoris dilakukan melalui pertanyaan-pertanyaan, pengumpulan data, analisis data, interpretasi, laporan tertulis, dan validasi.

Berdasarkan penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa metode yang tepat untuk penelitian percobaan proses *hardening* adalah Metode Campuran Eksploratoris Sekuensial Pragmatik dengan strategi pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif secara sekuensial melalui prosedur eksploratoris. Hal ini dikarenakan peneliti dengan Metode Campuran ini melakukan suatu penelitian dengan asumsi bahwa mengumpulkan berbagai jenis data yang dianggap terbaik dapat memberikan pemahaman yang menyeluruh tentang masalah yang diteliti. Penelitian ini dapat dimulai dengan survei secara luas agar dapat dilakukan generalisasi terhadap hasil penelitian dari populasi yang telah ditentukan. Tahap selanjutnya dilakukan wawancara kualitatif secara terbuka agar dapat mengumpulkan pandangan-pandangan dari partisipan.

Penelitian ini melakukan pengajuan pertanyaan-pertanyaan melalui diskusi, wawancara, dan kuesioner. Pengumpulan data dilakukan dengan kuesioner dan rekapan data hasil kekerasan material S45C selama 1 tahun terakhir. Analisis data dilakukan dengan mengecek hasil kekerasan dan analisis kuesioner. Laporan tertulis dilakukan dengan membuat penjelasan hasil yang diperoleh dari percobaan dan membuat perbandingan nilai kekerasan rata-rata. Validasi dilakukan dengan pengujian sekali lagi terhadap alternatif yang diambil.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pengujian Kekerasan Awal Material di Politeknik ATMI Surakarta

Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak 3 kali di 3 posisi berbeda dengan hasil 11 HRC, 11 HRC, 12 HRC. Penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan dengan satuan *Rockwell-C* karena metode pengujian tersebut sangat tepat penggunaannya untuk *hardened steel*, serta sama penggunaannya dengan alat uji kekerasan di Politeknik ATMI Surakarta, sehingga hasil pengujian sama (tidak perlu konversi ke satuan lain) dan lebih sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

#### 3.2. Parameter-Paramater yang Digunakan Dalam Proses *Hardening* Menurut BOHLER

Tabel 3.1. Parameter *Hardening* BOHLER

<i>Heat treatment</i>	Temperatur, °C	Applications					
<i>Hot forming</i>	1100-800	<i>Low stressed parts in set of tools, all types of hand tools and agricultural tools, structural parts for composite tools.</i>					
<i>Normalizing</i>	850						
<i>Annealing</i>	680-710						
<i>Stress Relieving</i>	600-650						
<i>Hardening</i>	800-830						
<i>Quenchant</i>	<i>After Hardening</i>	<i>Average HRC after tempering at ... °C</i>					
		100	200	300	400	500	600
<i>Water</i>	54-57 HRC	57	54	48	49	42	38

### 3.3. Parameter-Paramater yang Digunakan Dalam Proses *Hardening* Menurut ATMI

Tabel 3.2. Parameter *Hardening* Politeknik ATMI Surakarta

<i>Heat treatment</i>	Temperatur, °C	Applications					
<i>Normalizing</i>	40°-50° di atas suhu austenit	<i>Low stressed parts in set of tools, all types of hand tools and agricultural tools, structural parts for composite tools.</i>					
<i>Annealing</i>	50°-150° di bawah suhu austenit						
<i>Stress Relieving</i>	600°-650°						
<i>Hardening</i>	850°						
<i>Quenchant</i>	<i>After Hardening</i>	<i>Average HRC after tempering at ...°C</i>					
		100	200	300	400	500	600
<i>Oil</i>	Max 52 HRC	-	54	-	-	-	-

### 3.4. Rekap Data Pengerjaan S45C di Politeknik ATMI Surakarta

Selama ini Politeknik ATMI Surakarta menggunakan media *quenching oil* untuk material S45C. Berikut ini adalah data 1 tahun terakhir dari Politeknik ATMI Surakarta yang menggunakan suhu *tempering* 200°C dengan media *quenching oil*.

Perhitungan kekerasan rata-rata dengan media *oil*.

- Jumlah data (n)= 14
- Nilai rata-rata ( $X_r$ ) =  $\frac{543}{14} = 38,786$
- $SD = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_r)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{828,357}{13}} = \sqrt{63,72} = 7,982$
- $SD_r = \frac{SD}{\sqrt{n}} = \frac{7,982}{\sqrt{14}} = \frac{7,982}{3,742} = 2,133$
- $DR = \frac{SD_r}{X_r} \times 100\% = \frac{2,133}{38,786} \times 100\% = 5,499\%$
- Nilai kekerasan (HR) = ( $X_r \pm Dr$ )  
 $= 38,786 \pm 5,499\%$   
 $= 38,786 \pm 0,055$

$$= 38,841 \text{ dan } 38,731$$

- Kedalaman luka tekan (e)

$$HR = a - \frac{e \text{ (mm)}}{0,002 \text{ (mm)}}$$

$$e = 0,002 (a - HR)$$

$$= 0,002 (100 - 38,786)$$

$$= 0,122 \text{ mm}$$

### 3.5. Parameter Variabel Percobaan Kekerasan Material S45C

Proses *hardening* merupakan sekumpulan proses yang saling terkait satu sama lain. Hal tersebut berarti setiap langkah atau proses begitu penting peranannya karena dapat menentukan keberhasilan atau kegagalan proses *hardening*. Beberapa hal penting yang mempengaruhi kegagalan *hardening*, antara lain :

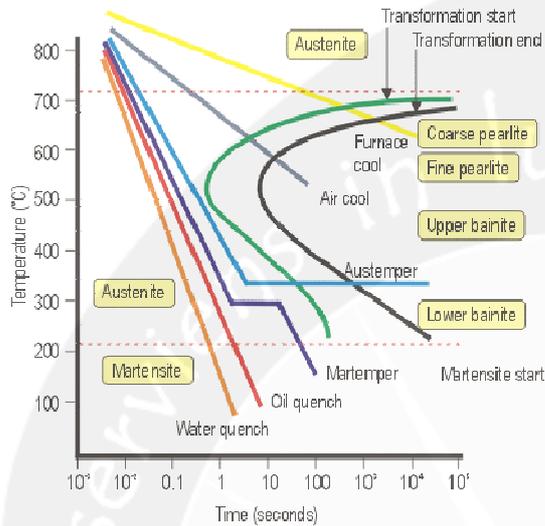
- Suhu *Austenitizing*
- Holding time*  (waktu tahan) *Austenitizing* (lihat tabel 3.3)
- Media pelindung *Austenitizing*
- Media *Quenching* (lihat gambar 3.1 dan 3.2)

Tabel 3.3. Ketentuan *Holding Time* Menurut *Associated Swedish Steels AB*

Thickness (mm)	Holding Time at Austenitizing Temperature (minutes)
<6	4
12	6
18	8
25	10
38	15
50	15
75	15
100	15

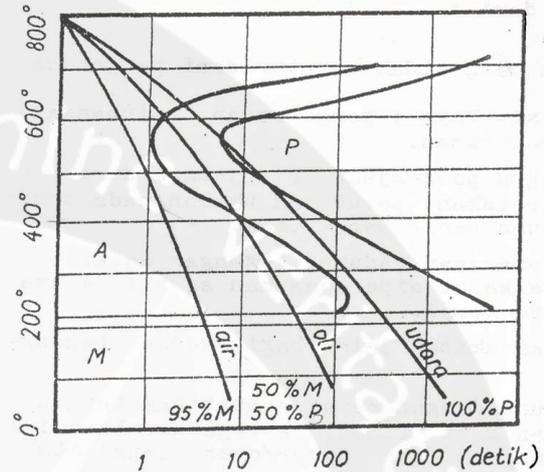
**Tabel 3.3. Lanjutan**

Thickness (mm)	Holding Time at Austenitizing Temperature (minutes)
125	15
150	15
175	15
>200	15



**Gambar 3.1. Grafik TTT-Diagram dan Laju Pendinginan Pada Baja Karbon Bukan Paduan Dengan Kadar Karbon 0,83%**

Keempat hal di atas merupakan faktor penting yang menentukan keberhasilan proses *hardening* (kekerasan material tinggi). Suhu *austenitizing*, media pelindung *austenitizing*, dan media *quenching* digunakan sebagai variabel bebas untuk memperoleh hasil pengerasan yang terbaik. Waktu tahan/*holding time*



**Gambar 3.2. Grafik TTT-Diagram dan Laju Pendinginan Pada Baja Karbon Bukan Paduan Dengan Kadar Karbon 0,7%**

menggunakan waktu 7 menit sesuai tabel dari buku ASSAB. Hal-hal lain diluar variabel tersebut dijadikan parameter tetap, antara lain:

- Suhu *pre-heating* : 500°C
- Suhu *tempering* : 200°C
- Holding time* 7 menit

### 3.6. Analisis Data Hasil Percobaan Alternatif 1, 2, 3, 4, 5, dan 6

Berdasarkan 6 alternatif yang telah dilakukan dapat dibandingkan hasil pengujian kekerasan tiap-tiap alternatif, yaitu:

**Tabel 3.4. Hasil Kekerasan Percobaan Alternatif 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 di Pengujian ATMI**

Alternatif	Kekerasan setelah <i>quenching</i> (HRC)	Kekerasan setelah <i>tempering</i> (HRC)	Kekerasan rata-rata setelah <i>tempering</i>
1	46;47;49;49;48	48;43;48;47,5;47	47
2	58;56;59;58;57	56;56;57;56;55,5	56
3	54;55;54;55;56	54;54;56;54;55	54
4	50;51;53;52;50	51;52;51;51,5;52	51
5	61;60;61;60;59	58;60;59;58,5;59	59
6	56;56;55;55;54	55;56;54;55,5;54,5	55

Berdasarkan data hasil percobaan, juga dapat diketahui bahwa:

**Tabel 3.5. Hasil Kekerasan Percobaan 1, 2, 3, 4, 5, dan 6**

Alt.	Kelebihan	Kekurangan
1	a. Waktu proses efisien (tidak perlu set ulang suhu oven) b. Tidak ada resiko <i>crack</i>	Kekerasan material rendah
2	a. Waktu proses efisien (tidak perlu set ulang suhu oven) b. Kekerasan material tinggi dan sesuai data BOHLER	Resiko <i>crack</i> sangat besar karena laju pendinginan sangat cepat, terutama komponen dengan desain kritis
3	a. Waktu proses efisien (tidak perlu set ulang suhu oven) b. Resiko <i>crack</i> dapat diminimalisir karena ada pengurangan laju pendinginan	Kekerasan material tinggi namun belum sesuai data BOHLER
4	Tidak ada resiko <i>crack</i>	a. Perlu waktu lebih untuk <i>setting</i> ulang suhu oven b. Kekerasan material tinggi namun belum sesuai data BOHLER
5	Kekerasan paling tinggi di antara alternatif lain	a. Perlu waktu lebih untuk <i>setting</i> ulang suhu oven b. Resiko <i>crack</i> sangat besar karena laju pendinginan sangat cepat, terutama komponen dengan desain kritis c. Kekerasan terlalu tinggi dibandingkan dengan data BOHLER, sehingga besar kemungkinan material sangat getas
6	a. Kekerasan material tinggi dan sesuai data BOHLER b. Resiko <i>crack</i> dapat diminimalisir karena ada pengurangan laju pendinginan	Perlu waktu lebih untuk <i>setting</i> ulang suhu oven

Berdasarkan 6 alternatif percobaan di atas, dapat disimpulkan bahwa alternatif ke 6 merupakan alternatif terbaik karena:

- a. Alternatif 6 memberikan hasil kekerasan yang paling maksimal dan sesuai data BOHLER dibandingkan metode *hardening* yang lain (55 HRC).
- b. Resiko material mengalami *crack* juga menjadi minimal karena ada penurunan laju kecepatan pendinginan.

Penulis dan pihak Politeknik ATMI Surakarta lebih memilih alternatif 3 dengan alasan:

- a. Kekerasan yang diperoleh sudah cukup mendekati data BOHLER dan hasil tersebut masih masuk dalam toleransi nilai kekerasan yang digunakan di ATMI, yaitu  $\pm 2$  HRC. Hasil kekerasan yang diperoleh hanya berbeda sedikit dari hasil alternatif 6.
- b. Penghematan waktu proses dan penghematan listrik penggunaan oven juga menjadi pertimbangan terbesar untuk memilih alternatif 3.

- c. Resiko material mengalami *crack* juga menjadi minimal karena ada penurunan laju kecepatan pendinginan. Ketiga alasan tersebut menunjukkan bahwa alternatif 3 dipilih sebagai alternatif terbaik agar hasil penelitian ini semakin riil mendekati kondisi sebenarnya di lapangan.

### 3.7. Analisis Data Hasil Percobaan Alternatif 3 dan alternatif 7

Alternatif 7 menghasilkan kekerasan sebesar 54 HRC. Percobaan tersebut memberi kesimpulan bahwa metode alternatif yang terbaik adalah alternatif 3 karena hasil kekerasan yang diperoleh tidak jauh berbeda, namun alternatif 7 membutuhkan waktu *holding time* yang lebih lama (+30 menit). Perbandingan percobaan tersebut membuktikan bahwa alternatif 3 lebih baik daripada alternatif 7.

### 3.8. Analisis Data Hasil Percobaan Alternatif 3 dan Alternatif 8

Alternatif 8 menghasilkan kekerasan sebesar 57 HRC. Percobaan tersebut

memberi kesimpulan bahwa metode alternatif 8 lebih baik daripada alternatif 3 karena memberi kekerasan yang lebih tinggi (57 HRC) dan menghilangkan adanya resiko *crack*. Tambahan proses *stress relieving* yang memakan banyak waktu perlu diperhatikan dengan *output*/hasil yang diperoleh sepadan atau tidak dengan biaya yang dikeluarkan.

Penulis menyimpulkan bahwa alternatif 3 merupakan metode *hardening* yang cocok untuk digunakan pada proses *hardening* material S45C secara umum mengingat hasil kekerasan yang tinggi dan waktu proses yang pendek, namun apabila terdapat material/produk dengan desain yang kritis (memperbesar resiko *crack*) maka penulis menyarankan untuk menggunakan alternatif 8 sebagai metode *hardening*.

**Tabel 3.6. Analisis Data Hasil Alternatif 3 dan 8**

Pembandingan	Alternatif 3	Alternatif 8
Kekerasan (HRC)	54, 54, 56, 54, 55 HRC	57 HRC
Resiko <i>Crack</i>	Ada tapi minimal	Tidak ada (karena ada <i>stress relieving</i> ).
Jumlah proses	1 ( <i>hardening</i> )	2 ( <i>stress relieving</i> dan <i>hardening</i> )
Lama proses	<i>Hardening</i> = 7 menit	<i>stress relieving</i> = 3 jam. <i>Hardening</i> = 7 menit

### 3.9. Analisis Data Hasil Percobaan Alternatif 3 dan Hasil Yang Telah Dicapai ATMI 1 Tahun Terakhir

Berdasarkan data yang ada, dapat diketahui bahwa selama 1 tahun terakhir ini ATMI menggunakan media *quenching oil*. Perhitungan nilai kekerasan yang tercapai selama ini memiliki rata-rata 38 HRC. Tentunya hal ini dapat diperbaiki dengan penggunaan alternatif 3 dengan nilai rata-rata kekerasan 54 HRC. Metode yang diubah adalah media *quenching oil* menjadi *water* kemudian *oil*. Perbandingan nilai kekerasan yang telah dicapai ATMI 1 tahun terakhir dengan alternatif 3, menunjukkan adanya kenaikan sebesar 28,07%.

### 3.10. Kendala Pembuatan Alternatif

Kendala selama pembuatan alternatif adalah penggunaan oven tanpa pelindung yang dapat menyebabkan terjebaknya oksigen di dalam oven sehingga terjadi oksidasi. Peristiwa ini dapat dicegah jika Politeknik ATMI Surakarta mengganti dengan oven *vacuum*. Selama melakukan percobaan di Politeknik ATMI Surakarta, posisi peletakan benda uji di dalam oven berada di dasar oven. Hal ini dapat mempengaruhi perataan panas benda uji. Alasan Politeknik ATMI Surakarta meletakkan benda uji di bagian dasar oven dikarenakan tidak adanya keranjang bantu untuk wadah di dalam oven. Letak yang paling bagus adalah di bagian atas dalam oven atau setidaknya di

bagian tengah oven. Hal ini dikarenakan udara panas selalu berada di posisi atas.

## 4. Kesimpulan

Hasil dari percobaan material S45C yang telah dilakukan penulis adalah sebagai berikut :

1. Suhu *stress relieving* yang digunakan alternatif 8 adalah 650<sup>0</sup>C. *Holding time stress relieving* yang digunakan alternatif 8 adalah 180 menit. *Holding time* pendinginan *stress relieving* yang digunakan alternatif 8 adalah metode *slow cooling*. Suhu *pre-heating* yang digunakan alternatif 1 sampai dengan alternatif 8 adalah 500<sup>0</sup>C. Suhu *austenitizing* yang digunakan alternatif 1 sampai dengan alternatif 8 secara berturut-turut adalah 850<sup>0</sup>C, 850<sup>0</sup>C, 850<sup>0</sup>C, 810<sup>0</sup>C, 810<sup>0</sup>C, 810<sup>0</sup>C, 850<sup>0</sup>C, dan 850<sup>0</sup>C. *Holding time austenitizing* yang digunakan alternatif 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 8 adalah 7 menit. Alternatif 7 menggunakan *holding time austenitizing* 7 menit + 30 menit. Media *austenitizing* yang digunakan alternatif 7 adalah arang, sedangkan alternatif lainnya tidak menggunakan arang. Media *quenching* yang digunakan alternatif 1 sampai dengan alternatif 8 secara berturut-turut adalah *oil*, *water*, *water-oil*, *oil*, *water*, *water-oil*, *water-oil*, dan *water-oil*. Suhu *tempering* yang digunakan alternatif 1 sampai dengan alternatif 8 adalah

- 200<sup>0</sup>C.  *Holding time* yang digunakan alternatif 1 sampai dengan alternatif 8 adalah 1 jam. Hasil kekerasan alternatif 1 sampai dengan alternatif 8 secara berturut-turut adalah 47 HRC, 56 HRC, 54 HRC, 51 HRC, 59 HRC, 55 HRC, 54 HRC, dan 57 HRC.
2. Penerapannya penulis dan pihak Politeknik ATMI Surakarta lebih memilih alternatif 3. Pertama, kekerasan yang diperoleh sudah cukup mendekati data BOHLER dan hasil tersebut masih masuk dalam toleransi nilai kekerasan yang digunakan di Politeknik ATMI Surakarta, yaitu  $\pm 2$  HRC. Hasil kekerasan yang diperoleh hanya berbeda sedikit dari hasil alternatif 6. Kedua, penghematan waktu proses dan penghematan listrik penggunaan oven juga menjadi pertimbangan terbesar untuk memilih alternatif 3. Ketiga, resiko material mengalami *crack* juga menjadi minimal karena ada penurunan laju kecepatan pendinginan. Ketiga alasan tersebut menunjukkan bahwa alternatif 3 dipilih sebagai alternatif terbaik agar hasil penelitian ini semakin riil mendekati kondisi sebenarnya di lapangan.
  3. Penulis menyimpulkan bahwa alternatif 3 merupakan metode *hardening* yang cocok untuk digunakan pada penerapan proses *hardening* material S45C secara umum mengingat hasil kekerasan yang tinggi dan waktu proses yang pendek, namun apabila terdapat material/produk dengan desain yang kritis (memperbesar resiko *crack*) maka penulis menyarankan untuk menggunakan alternatif 8 sebagai metode *hardening*.

Catatan: artikel ini disusun berdasarkan skripsi penulis Era Satyarini dengan Pembimbing 1 Baju Bawono, S.T.,M.T.

#### Daftar Pustaka

1. BOHLER. *Special Steel*. PT. Bhinneka Bajanas (Distributor) : Jakarta.
2. Brammer, P., Mauvoisin, G., Bartier, O., Hernot, X., & Sablin, S.-S. (2011). *Influence of sample thickness and experimental device configuration on the spherical indentation of AISI 1095 steel*. *Journal of Materials Research*, 27(01), 76–84. doi:10.1557/jmr.2011.247
3. Clarke, K. D., Van Tyne, C. J., Vigil, C. J., & Hackenberg, R. E. (2011). *Induction Hardening 5150 Steel: Effects of Initial Microstructure and Heating Rate*. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 20(2), 161–168. doi:10.1007/s11665-010-9825-8
4. Creswell, J. W. (2010). *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed*. Hal 3-28 dan 304-324. Pustaka Pelajar : Yogyakarta.
5. H.M., Jogiyanto. (2008). *Pedoman Survei Kuesioner* (Ed. 1). Hal 169-175. Badan Penerbit Fakultas Ekonomika dan Bisnis UGM. Yogyakarta.
6. Kuscu, H., Becenen, I., & Sahin, M. (2008). *Evaluation of temperature and properties at interface of AISI 1040 steels joined by friction welding*. *Assembly Automation*, 28 (4), 308 – 316. doi: 10.1108/01445150810904468
7. Rajan, T.V., Sharma, C.P., dan Sharma, A. (1994). *Heat Treatment-Principles and Techniques* (Ed. 4). 1-3, 97-122, 238-240. Jaipur-India: Prentice Hall of India.
8. Raygan, S., Rassizadehghani, J., & Askari, M. (2008). *Comparison of Microstructure and Surface Properties of AISI 1045 Steel After Quenching in Hot Alkaline Salt Bath and Oil*. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 18(2), 168–173. doi:10.1007/s11665-008-9273-x
9. Shin, H. S., Kim, S. W., Kim, H. P., & Park, J. K. (2009). *Effect of Decarburization Heat Treatment and Chromium Addition on Corrosion Behavior of Carbon Steel*, (May)
10. Suroto, A. dan Sudibyo, B. (1983). *Ilmu Logam Metallurgy*. ATMI Michael College. Solo: ATMI PRESS.