

Optimasi Holding Time untuk Mendapatkan Kekerasan Baja S 45 C

Edi Widodo^{1*}, Miftahul Huda²

¹*Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*

²*Badan Pelatihan Kerja Surabaya*

ABSTRAK

Baja S 45 C merupakan bahan yang banyak dipakai menjadi berbagai bagian komponen mesin. Dengan luasnya penggunaan bahan, diperlukan karakter sesuai untuk mendapatkan fungsi maksimal dalam berbagai aplikasi perkakas. Perlakuan heat treatment yang tepat merupakan langkah dalam mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan. Langkah penelitian, bahan specimen S 45 C diuji dan dipanaskan dengan temperature 850⁰. Selanjutnya pendinginan cepat dengan media Oli SAE 90 pada wadah terbuka. Parameter waktu pendinginan dilakukan untuk mendapatkan hasil yang berbeda dari nilai kekerasan yang diperoleh. Kekerasan bahan dicatat dengan alat uji kekerasan Brinell test. Dari hasil penelitian, grafik rata-rata hasil uji menunjukkan bahwa nilai kekerasan mulai berkurang dari holding time 10 menit, kemudian holding time 20 menit, dan kekerasan tertinggi diperoleh pada holding time 30 menit. Hal ini disebabkan pada waktu holding yang pendek pembentukan martensit terjadi belum sempurna. Disebabkan penurunan suhu terpotong pada menit ke sepuluh. Pada holding yang paling lama yaitu 30 menit memberikan waktu yang cukup dalam pembentukan struktur Kristal yang seragam dan lebih teratur.

Kata kunci : kekerasan, heat treatment

*Corresponding author.

E-mail address: ediwidodo@umsida.ac.id,

Peer reviewed under responsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Edi Widodo Lahir di Semarang, pada tanggal 4 Juni 1980. Telah menamatkan pendidikan dasar sampai tingkat SLTA di tempat kelahirannya, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Berikutnya melanjutkan studi di Universitas Brawijaya Malang pada tahun 1999, pada Fakultas Teknik Jurusan Mesin. Setelah diwisuda pada tahun 2005, penulis sempat bekerja pada pabrik meubel PT IFURA Pasuruan sebagai asisten programmer CNC selama 6 bulan. Pada tahun 2006 mendapat tugas

mengajar pada SMK Muhammadiyah Suruh, Kabupaten Semarang, sebagai guru produktif otomotif. Tahun 2007 mendapat kesempatan melanjutkan studi Magister pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, pada Fakultas Teknologi Kelautan, dan diwisuda pada tahun 2009 dengan penelitian pada Teknologi Transportasi bidang pengembangan pembangunan pelabuhan perikanan. Penulis pernah menjadi pengajar mata pelajaran IPA SMP Muhammadiyah 5 Ngoro, Mojokerto dari tahun 2009 sampai 2012, menjadi tutor mata pelajaran FISIKA pada LBB Primagama dari 2008 sampai 2012. Pada tahun 2010 penulis menjadi dosen pengajar Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo sampai sekarang.



Miftahul Huda Lahir di Malang Jawa Timur Pada Tanggal 16 November 1970, Menamatkan pendidikan dasar, menengah dan atas (SDN, SMP Muhammadiyah dan Mdrshah Aliyah Negeri) di Lamongan. Tertarik dengan Teknik Mesin, melanjutkan Pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Malang, Tamat pada akhir th 1997, menyelesaikan

pendidikan Pascasarjana di UNESA tahun 2008, awal karier tahun 1998 menjadi Instruktur Teknologi Mekanik di Balai Latihan Kerja Industri Sureabaya Depnaker RI, bergabung dengan Umsida pada tahun 2001 dan menjadi Dosen Luar Biasa di Jurusan Teknik Mesin. Beberapa pendidikan dan pelatihan yang pernah diikuti antara lain pendidikan Instruktur politeknik di ITB, CAD CAM & Computer Graphics ICTC Korea Selatan, CNC, AQMS, Curriculum Design and Development, Pendidikan dan pelatihan asesor BNSP beberapa Jabatan yang dipercayakan saat ini, Ketua Jurusan Teknik Manufaktur BLKI Surabaya, Koordinator Program DIII Disnaker Prov. Jatim - ITS, Asesor Bidang Operasi Mesin dan Proses pada lembaga Sertifikasi Logam Mesin Indonesia, pada Desember 2015 di tunjuk sebagai Ketua Lembaga Sertifikasi Profesi BLK Surabaya, dan menjadi Tutor Di UT Surabaya.

Pendahuluan

Material baja S45C adalah merk salah satu produk baja yang diproduksi oleh bohler. Baja S45C JIS G 4051 (Japan) merupakan baja karbon untuk penggunaan struktur mesin. Baja ini memiliki komposisi kandungan Sulfur 0,035 % S, Karbon 0,42 % - 0,48 %, Silikon 0,15 % - 0,35 %, Khrom 0,2 % Cr, Mangan 0,6% - 0,9 %, Nikel 0,2 % Ni, Phospor 0,03 %P dan Tembaga 0,3 % Cu. Sedangkan data mekanik sesuai dengan dengan propertinya memiliki kekerasan HB : 137 – 170 , dengan suhu kritis Ac : 720-780 °C dan suhu kritis Ar : 689 - 750 °C.¹ Material ini banyak digunakan pada

industri otomotif untuk bahan baku pembuat komponen atau struktur mesin melalui pembentukan panas pengerolan maupun tempa. Produk yang dihasilkan adalah connecting rod, piston pin, axies, shaft, crankshaft, rel kereta dan lain-lain². Untuk memperbaiki sifat mekanis dari bahan ini diberikan perlakuan panas (*heat treatment*). Sifat mekanis bahan disesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan ketika menjadi bagian dari elemen permesinan. Perbaikan sifat mekanik ini akan memudahkan dalam proses permesinan, assembly serta ketahanan dari kerusakan yang fatal.

Heat treatment

Perlakuan panas atau heat treatment adalah kombinasi operasi pemanasan pada logam di bawah temperatur lebur logam tersebut dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu⁴.

1. Pemanasan (heating)

Pada proses ini logam dipanaskan sampai pada suhu tertentu dan dalam periode waktu tertentu. Tujuan dari proses ini agar molekul-molekul logam dapat mengalami perubahan struktur kristal atau struktur mikro yang terkandung didalamnya.

2. Penahanan (holding)

Mempertahankan suhu pada waktu tertentu sehingga temperturnya merata dan perubahan strukturnya terjadi secara merata pula.

3. Pendinginan (cooling)

Proses ini merupakan akhir dari proses heat treatment dalam membentuk sifat fisik dan sifat mekanik logam. Media pendingin yang biasa digunakan antara lain: gas, air, oli dan lain sebagainya

Hardening

Kekerasan suatu logam dapat dinaikkan melalui proses *heat treatment* dan salah satunya adalah proses *hardening* (pengerasan). Proses *hardening* adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Unsur yang diharapkan dengan memanaskan material sampai mencapai suhu rekristalisasi, sehingga terjadi perubahan struktur kristal logam yang akan merubah sifat mekanik dari logam.

Pada setiap operasi perlakuan panas, laju pemanasan merupakan faktor yang penting. Panas merambat dari luar ke dalam dengan kecepatan tertentu. Bila pemanasan terlalu cepat bagian luar akan jauh lebih panas dari bagian dalam sehingga tidak dapat diperoleh struktur yang merata. Bila bentuk benda tidak teratur, benda harus dipanaskan perlahan-lahan agar tidak mengalami distorsi atau retak. Makin besar potongan benda, makin lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh hasil yang merata. Kekerasan yang dapat

dicapai tergantung pada laju pendinginan, kadar karbon dan ukuran benda. Pada baja paduan, jenis dan jumlah paduan akan mempengaruhi kemampuan pengerasan. Perlu dibedakan antara kekerasan dan kemampuan pengerasan.

Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang, lazim dilakukan pencelupan dalam air. Laju pendinginannya cukup cepat sehingga terbentuk martensit. Untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak sebagai media pencelupan, pendinginannya tidak secepat air. Tersedia berbagai jenis minyak, seperti minyak mineral dengan kecepatan pendinginan yang berlainan sehingga dapat diperoleh baja dengan berbagai tingkat kekerasan. Untuk pendinginan yang cepat dapat digunakan air garam atau air yang disemprotkan. Beberapa jenis logam dapat dikeraskan melalui pendinginan udara akan tetapi untuk baja biasa, laju pendinginan udara terlalu lambat. Benda yang agak besar biasanya dicelup dalam minyak. Suhu media celup harus merata agar dapat dicapai pendinginan yang merata pula. Media pendingin yang digunakan dalam produksi harus dilengkapi dengan perlengkapan pendingin.

Baja dengan kadar karbon rendah sulit untuk dikeraskan. Dengan meningkatnya kadar karbon sampai sekitar 0,6% kekerasan akan naik. Di atas 0,6% kenaikan harga karbon hanya sedikit pengaruhnya, karena di atas suhu eutektoid baja dalam keadaan anil terdiri dari perlit dan sementit. Baja yang sebagian besar terdiri dari perlit dapat diubah menjadi baja yang keras.

Benda dengan ukuran yang lebih besar pada umumnya akan menghasilkan permukaan yang kurang keras meskipun kondisi perlakuan panas tetap sama. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya jumlah panas yang dapat merambat dari permukaan ke bagian dalam. Oleh karena itu kekerasan di bagian dalam benda akan lebih rendah daripada di bagian luar, dan ada nilai batas tertentu. Namun air garam atau air mungkin menurunkan suhu permukaan dengan cepat, yang diikuti dengan penurunan suhu di dalam benda tersebut, sehingga diperoleh lapisan keras dengan ketebalan tertentu. Hal ini tidak terjadi pada pencelupan minyak, suhu permukaan lebih lambat dingin dan mungkin masih agak tinggi hingga pendinginan terhambat.

Struktur Baja yang dikeraskan.

Telah diketahui bahwa austenit merupakan larutan padat karbon dalam besi-gamma. Baja karbon terdiri dari austenit pada suhu di atas suhu kritis.

Dengan pencelupan dari suhu yang cukup tinggi, biasanya tidak semua austenit berubah, dan austenit sisa ini mempunyai kekerasan setengah dari martensit dan bersifat non-magnetik.

Selanjutnya didinginkan secara mendadak / quenching dengan kecepatan pendinginan di atas kecepatan pendinginan kritis agar terjadi pembentukan martensit dan diperoleh kekerasan tinggi. Besar temperatur pemanasan tergantung dari jenis baja

Metode Penelitian

Pemilihan Bahan

Proses hardening pada bahan yang dilanjutkan dengan quenching dilakukan untuk mendapatkan kekerasan dan ketahanan aus. Kekerasan ini diperoleh karena terbentuknya martensit yang bersifat keras dan tahan aus. Quenching dengan media air terjadi perpindahan panas dari spesimen ke larutan pendingin yang ditandai dengan terbentuknya gelembung-gelembung udara yang mengakibatkan terbentuknya selubung udara pada permukaan spesimen. Selubung udara yang terbentuk dapat membuat laju pendinginan kritis.³

Dalam pelaksanaan pengujian bahan yang digunakan adalah baja karbon jenis S 45 C, yang mempunyai komposisi :

C = 0,42%-0,45%.

Si = 0,20%-0,40%.

Mn = 0,70%-0,90%.

Tahap utama dalam proses *hardening* adalah dalam pemanasan benda uji, sampai pada temperatur 850°C.

Adapun media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Media pendingin oli Sae 90 pada material pertama.
- Media pendingin oli Sae 90 pada material ke dua.
- Media pendingin oli Sae 90 pada material ke tiga

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* serta pengaruh media pendingin terhadap kekerasan baja S 45 C pada proses *hardening*.

Analisa Annova Dua Arah

Dalam rancangan penelitian mencari data kuantitatif dalam bentuk angka – angka. Dimana angka –angka tersebut menyatakan kekerasan baja S 45 C. Hasil kuantitatif disiapkan dalam bentuk tabel, tabel tersebut merupakan pengolahan data kekerasan rata-rata dari sampel yang diuji.

Tabel 1
Rancangan Penelitian

| No | Holding Time 10 Menit | Holding Time 20 Menit | Holding Time 30 Menit |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | A 10 | B 20 | C 30 |

| | | | |
|---|------|------|------|
| 2 | A 10 | B 20 | C 30 |
| 3 | A 10 | B 20 | C 30 |
| 4 | A 10 | B 20 | C 30 |
| 5 | A 10 | B 20 | C 30 |
| 6 | A 10 | B 20 | C 30 |
| 7 | A 10 | B 20 | C 30 |

Dari tabel tersebut dapat dicari harga-harga sebagai berikut:

Besar variasi total

$$SST = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n$$

Dimana:

Jumlah satu sampel ke r (baris) :

$$\sum_{i=1}^r$$

Jumlah satu sampel ke n (pengulangan)

$$\sum_{j=1}^c$$

Jumlah satu sampel ke k

$$\sum_{k=1}^n$$

Efek baris yang disebabkan media pendingin:

$$SSR = \frac{\sum_{j=1}^r (Ti \dots)^2}{c \cdot n} - \frac{(Ti \dots)^2}{r \cdot c \cdot n}$$

Dimana:

$$\frac{\sum_{j=1}^r (Ti \dots)^2}{c \cdot n} = \text{jumlah kuadrat kolom dari data}$$

Tabel 2
Annovel Dua Arah

| Variasi | SS | df | MMS | F _e |
|-------------------------|--------|------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Media pendingin (baris) | SSR | (r-1) | $S_1^2 = \frac{SSR}{r-1}$ | $F_{e1} = \frac{S_1^2}{S_4^2}$ |
| Temperatur kolom | SSC | (c-1) | $S_2^2 = \frac{SSC}{c-1}$ | $F_{e2} = \frac{S_2^2}{S_4^2}$ |
| Interaksi | SS(RC) | (r-1)(c-1) | $S_3^2 = \frac{SS(RC)}{(r-1)(c-1)}$ | $F_{e3} = \frac{S_3^2}{S_4^2}$ |
| Error | SSE | Rc(n-1) | $S_4^2 = \frac{SSE}{rc(n-1)}$ | |
| Error | SST | [r(n-1)] | | |

Harga masing-masing dari estimasi adalah sebagai berikut :

Estimasi σ^2 yang berdasarkan pada r-1, sebagai derajat kebebasannya maka diperoleh:

$$S_1^2 = \frac{SSR}{r-1}$$

Estimasi σ^2 yang berdasarkan pada c-1, sebagai derajat kebebasannya maka diperoleh:

$$S_2^2 = \frac{SSC}{c-1}$$

Estimasi σ^2 yang berdasarkan pada (r - 1) (c - 1), sebagai derajat kebebasannya maka diperoleh:

$$S_3^2 = \frac{SS(RC)}{(r-1)(c-1)}$$

Estimasi σ^2 yang berdasarkan pada (r - 1) (c - 1), sebagai derajat kebebasannya maka diperoleh:

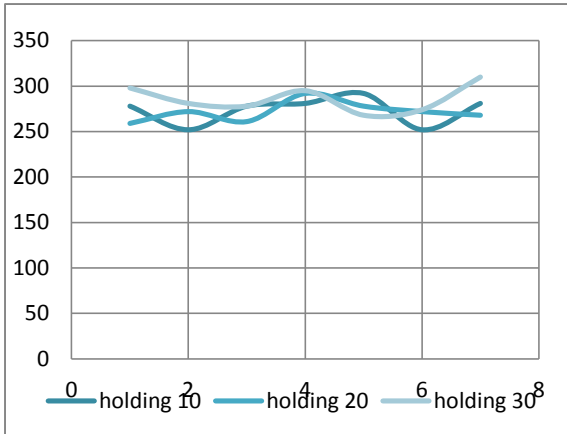
$$S_4^2 = \frac{SSE}{rc(n-1)}$$

Hasil dan Pembahasan

Tabel 3. Data uji kekerasan sesudah proses Holding Time (dalam kg/mm2)

| No | Holding Time 10 Menit | Holding Time 20 Menit | Holding Time 30 Menit |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 278 | 259 | 298 |

| | | | |
|---|-----|-----|-----|
| 2 | 252 | 272 | 281 |
| 3 | 278 | 261 | 278 |
| 4 | 281 | 292 | 295 |
| 5 | 292 | 278 | 268 |
| 6 | 252 | 272 | 274 |
| 7 | 281 | 268 | 310 |

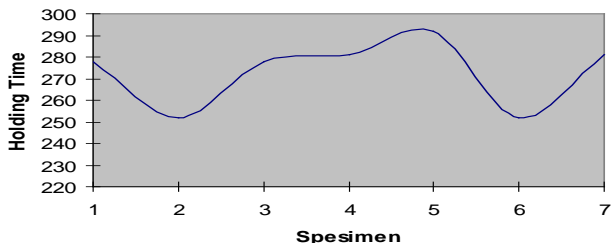


Gambar 1. Grafik rata-rata kekerasan berdasar holding time

Dari grafik rata-rata hasil uji tersebut diatas dapat diketahui bahwa nilai kekerasan mulai berkurang dari holding time 10 menit, kemudian media holding time 20 menit dan nilai kekerasan tertinggi yang dihasilkan oleh holding time 30 menit, dengan temperatur 850°C. Hal ini disebabkan, holding time 10 menit laju perpindahan panasnya lebih cepat dibandingkan holding time 20 menit dan holding time 30 menit.

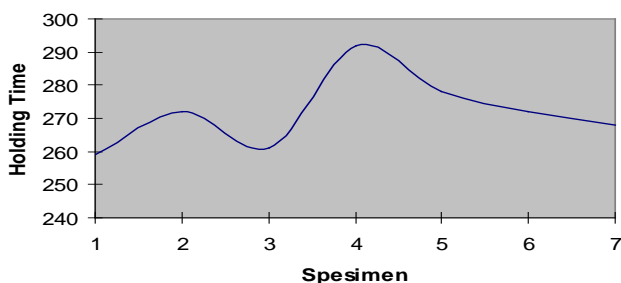
Untuk lebih detail mengenai data grafik rata-rata hasil uji tersebut, dapat dibuat hasil uji kekerasan pada setiap percobaan media waktu penahanan, dapat dilihat sebagai berikut ini:

Holding Time 10 Menit



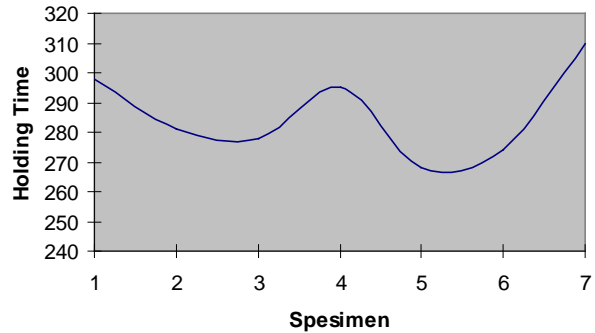
Gambar 2. Grafik holding time 10 menit

Holding Time 20 Menit



Gambar 3. Grafik holding time 20 menit

Holding Time 30 menit



Gambar 4. Grafik holding time 30 menit

Pada pendinginan cepat (quenching) austenit yang memiliki struktur FCC mengalami perubahan menjadi martensit dengan struktur BCT (Body Centered Tetragonal). Atom karbon yang seharusnya keluar dari austenit terperangkap menjadi struktur baru BCT. Kelarutan karbon pada ferit tergolong rendah antara 0.025% lebih rendah bila dibandingkan dengan austenit yang dapat melarutkan karbon hingga 2 %. Atom karbon yang tidak sempat berdifusi akan memperluas kisi atom satu arah dan membentuk struktur baru yakni BCT atau disebut dengan struktur martensit. Pada pendinginan cepat baja, tidak seluruhnya terbentuk struktur martensit, namun terdapat juga austenit sisa. Dengan media pendinginan quenching Oli SAE, pendinginan berlangsung relatif cepat. Pembentukan martensit pada pendinginan oli sebesar 40 % bila dibandingkan air sebesar 90 %. Waktu pendinginan yang lebih lambat mengakibatkan austenit tidak seluruhnya bertransformasi menjadi martensit. Austenit sisa memiliki waktu untuk bertransformasi menjadi ferit dan austenit.⁵

Spesimen baja dengan waktu pendinginan lebih lama memiliki waktu yang cukup untuk mendapatkan bentuk kristal yang seragam dan teratur.

Tabel 4. kekerasan spesimen dengan variasi holding time

| Media Holding Time | Specimen | | | jumlah |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 10 | 70056 kg/mm ² | 78118 kg/mm ² | 82052 kg/mm ² | 230226 kg/mm ² |
| 20 | 70448 kg/mm ² | 76212 kg/mm ² | 74504 kg/mm ² | 221164 kg/mm ² |
| 30 | 83738 kg/mm ² | 82010kg/mm ² | 83080 kg/mm ² | 248828 kg/mm ² |
| Jumlah (Tj...) | 224242 kg/mm ² | 236340 kg/mm ² | 239636 kg/mm ² | 701861 kg/mm ² |

Tabel 5. Annova dua arah

| Variasi | SS | df | MMS |
|--------------|---------|----------|------------|
| Holding Time | 119 | (3-1) | |
| (baris) | 805,78 | | 239 611,56 |
| Error | 2799,82 | [3(9-1)] | |

Kesimpulan

Hasil yang diperoleh dalam pengujian kekerasan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Data kekerasan baja S 45 C dalam Brinell test memiliki diagram hubungan kekerasan untuk setiap jenis pendinginan memiliki perbedaan kekerasan.
2. Dari grafik rata-rata hasil uji tersebut diatas dapat diketahui bahwa nilai kekerasan mulai berkurang dari holding time 10 menit, kemudian media holding time 20 menit dan nilai kekerasan tertinggi yang dihasilkan oleh holding time 30 menit, dengan temperatur 850^o C. Hal ini disebabkan, holding time 10 menit laju perpindahan panasnya lebih cepat dibandingkan holding time 20 menit dan holding time 30 menit.
3. Dalam penelitian uji beberapa spesimen pada interaksi media pendingin dengan heat treatment. Diketahui bahwa adanya interaksi antara specimen dengan beberapa media pendingin, sehingga berpengaruh terhadap nilai kekerasan baja S 45 C.

Referensi

- [1] Avner, H, S. 1974. Introduction to Physical Metallurgy. 2nd edition, New York; McGraw- Hill International Editions.
- [2] Ismanhadi S, Mohammad, Yuli Setyorini. Pengaruh Media Pendingin pada Proses Hardening terhadap Strukturmikro Baja Mangan Hadfield AISI 3401 PT Semen Gresik. Jurnal Teknik POMITS vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 PRINT)
- [3] Sardjono KP, Koos. Pengaruh *Hardening* Pada Baja JIS G 4051 *Grade* S45C Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia Vol. 11 No. 2 Agustus 2009 Hlm. 95-100.
- [4] Totten, GE, Bates, CE, Clinton, NA, Handbook of Quenchant and Quenching Technology, ASM International, USA, 1993
- [5] Winsteel 7 Prof-Subscription ver. 7.2.14.1 (Igor Terminal / 31.1.2020)