

# Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi *Sprochet* Rantai

Agus Pramono

Jurusan Teknik Metalurgi - Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa - Cilegon Banten  
 Jl. Jend. Sudirman Km.3 Cilegon, 42435  
 email : pramono@metal.ui.ac.id

## Abstract

Pada baja AISI 1045 dilakukan pengerasan (*hardening*) untuk memperoleh sifat tahan aus dan kekerasan yang tinggi, dengan proses *heat treatment* (perlakuan panas), yang dilanjutkan dengan proses *quenching*. Kekerasan yang dicapai tergantung pada temperatur pemanasan, *holding time*, dan laju pendinginan yang dilakukan pada laku panas. Kekerasan baja AISI 1045 yang dicapai pada proses perlakuan panas dilanjutkan *quenching* agitasi dengan tebal sampel dan volume air yang divariasikan, sehingga diperoleh kekerasan maksimum pada volume air 10 liter dengan nilai kekerasan rata-rata 59,62 HRC, sedangkan untuk nilai kekerasan rata-rata pada volume air 15 liter yaitu 58,56 HRC, untuk volume air 20 liter yaitu 57,62 HRC dan untuk volume air 25 liter yaitu 58,37 HRC. Dari hasil kekerasan yang dihasilkan pada masing-masing sampel berbeda-beda, hal ini disebabkan faktor lain yang mempengaruhi terjadinya perbedaan kekerasan pada masing-masing sampel hasil proses laku panas yang dipengaruhi oleh tebal sampel dan volume air *quenching* yang mempengaruhi.

**Key word:** *Hardening, Baja AISI 1045 dan Quenching*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam bidang material terdapat dua cara perlakuan panas untuk meningkatkan nilai kekerasan baja, yaitu perlakuan panas (*heat treatment*) dan deformasi plastis. Baja karbon yang dipanaskan hingga mencapai suhu austenit kemudian didinginkan secara cepat akan terbentuk struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari struktur perlit maupun ferit, proses ini dinamakan *quenching*. Baja spesifikasi AISI 1045 merupakan baja karbon menengah dengan komposisi karbon berkisar 0,43-0,50 %. Baja ini umumnya dipakai sebagai komponen automotif misalnya untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor yang pada aplikasinya sering mengalami gesekan dan tekanan maka ketahanan terhadap aus dan kekerasan sangat diperlukan sekali [KS Review, 2004]. Untuk mendapatkan kekerasan dan ketahanan terhadap aus dari bahan tersebut dapat dilakukan melalui perlakuan panas dengan cara *hardening* yang dilanjutkan dengan proses *quenching*, tujuannya untuk mendapatkan struktur martensit yang keras dan memiliki ketahanan aus yang baik. Dari proses *quenching* tersebut spesimen sering sekali mengalami *cracking*, *distorsi* dan ketidakseragaman kekerasan yang diakibatkan oleh tidak seragamnya temperatur larutan pendingin [Totten, 1993]. Pada proses *quenching* terjadi perpindahan panas dari spesimen baja ke larutan pendingin yang ditandai dengan terjadinya pembentukan gelembung-gelembung udara yang kemudian berlanjut dengan terbentuknya selubung udara pada permukaan spesimen tersebut. Adanya selubung udara ini dapat membuat laju pendinginan menjadi lebih kecil dari pada laju pendinginan kritis [Totten, 1993]. Turunnya laju pendinginan ini dapat menyebabkan tidak tercapainya pembentukan fasa martensit. Oleh karena

itu, untuk mempersingkat waktu terbentuknya selubung udara atau meningkatkan laju pendinginan, maka diperlukan suatu media air dalam alat *quenching* agitasi.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Baja AISI 1045

AISI 1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0,43 - 0,50 dan termasuk golongan baja karbon menengah [Glyn.*et.al*, 2001]. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai komponen automotif misalnya untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Komposisi kimia dari baja AISI 1045 dapat dilihat pada Tabel II.1.

**Tabel II.1** Komposisi Kimia Baja AISI 1045 [http://www.strindustries.com, 2006]

Kode	C %	Si %	Mn %	Mo %	P %	S %
AISI 1045	0,4-0,45	0,1-0,3	0,60-0,90	0,025	0,04 max	0,05 max

Baja AISI 1045 disebut sebagai baja karbon karena sesuai dengan pengkodean internasional, yaitu seri 10xx berdasarkan nomenklatur yang dikeluarkan oleh AISI dan SAE (*Society of Automotive Engineers*). Pada angka 10 pertama merupakan kode yang menunjukkan *plain carbon* kemudian kode xxx setelah angka 10 menunjukkan komposisi karbon [Glyn.*et.al*, 2001]. Jadi baja AISI 1045 berarti baja karbon atau *plain carbon steel* yang mempunyai komposisi karbon sebesar 0,45%. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai komponen roda gigi, poros dan bantalan. Pada aplikasinya ini baja tersebut harus mempunyai ketahanan aus yang baik karena

sesuai dengan fungsinya harus mampu menahan keausan akibat bergesekan dengan rantai. Ketahanan aus didefinisikan sebagai ketahanan terhadap abrasi atau ketahanan terhadap pengurangan dimensi akibat suatu gesekan [Avner, 1974]. Pada umumnya ketahanan aus berbanding lurus dengan kekerasan.

## 2.2. Proses Perlakuan Panas (*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 tertentu [Avner, 1974]. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh sifat yang diinginkan dengan merubah struktur mikronya. Struktur yang terjadi pada akhir suatu proses laku panas, selain ditentukan oleh komposisi kimia dari material dan proses laku panas yang dialami juga ditentukan oleh struktur awal material. Paduan dengan komposisi kimia yang sama, dan mengalami proses laku panas yang sama, mungkin akan menghasilkan struktur mikro dan sifat yang berbeda bila struktur awal materialnya berbeda. Struktur awal ini banyak ditentukan oleh pengerjaan dan laku panas yang dialami sebelumnya. Disamping itu dasar-dasar semua proses laku panas melibatkan transformasi dan dekomposisi austenit. Langkah pertama dalam proses laku panas baja adalah memanaskan material sampai temperatur tertentu atau di atas temperatur daerah kritis untuk membentuk fasa austenit. Kemudian diberi waktu penahanan agar austenit dapat lebih homogen baru setelah itu dilakukan proses pendinginan. Proses pendinginan dilakukan dengan cermat agar benda kerja tidak mengalami cacat retak setelah mengalami proses ini. Variasi tipe proses perlakuan panas di atas adalah sama karena seluruh proses perlakuan panas hanya melibatkan proses pemanasan yang membedakannya adalah temperatur pemanasan dan laju pendinginannya. Proses pemanasan dan kecepatan laju pendinginan ini sangat mempengaruhi hasil akhir dari proses perlakuan panas. Di dalam proses perlakuan panas ada tiga tahapan yang paling utama di antaranya tahap pemanasan, tahap penahanan, dan tahap pendinginan. [<http://www.uddeholm.com>, 2007].

### 2.2.1. Hardening

Proses ini berguna untuk memperbaiki kekerasan dari baja tanpa dengan mengubah komposisi kimia secara keseluruhan. Proses ini mencakup proses pemanasan sampai pada austenisasi dan diikuti oleh pendinginan dengan kecepatan tertentu untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Temperatur yang dipilih tergantung pada jenis baja yang diproses, dimana temperatur pemanasan 50-100 °C di atas garis  $A_3$  untuk baja *hypoeutektoid*. Sedangkan proses pendinginannya bermacam-macam tergantung pada kecepatan pendinginan dan media *quenching* yang dikehendaki. Untuk pendinginan yang cepat akan didapatkan sifat

logam yang keras dan getas sedangkan untuk pendinginan yang lambat akan didapatkan sifat yang lunak dan ulet.

Pada baja *hypoeutektoid* temperatur di atas garis  $A_{c3}$ , struktur baja akan seluruhnya berkomposisi butir austenit, dan pada saat pendinginan cepat akan menghasilkan martensit. *Quenching* baja *hypoeutektoid* dari temperatur di atas temperatur optimum akan menyebabkan terjadinya *overheating*. *Overheating* dalam *hardening* akan menghasilkan butir martensit kasar yang mempunyai kerapuhan yang tinggi.

Proses ini sangat dipengaruhi oleh parameter tertentu seperti :

- Temperatur pemanasan, yaitu temperatur austenisasi yang dikehendaki agar dicapai transformasi yang seragam pada material.
- Waktu pemanasan, yaitu lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur pemanasan tertentu (temperatur austenisasi).
- Waktu penahanan, yaitu lamanya waktu yang diperlukan agar didapatkan distribusi temperatur yang seragam pada benda kerja.

Waktu pemanasan ini merupakan fungsi dari dimensi dan daya hantar panas benda kerja. Lamanya waktu penahanan akan menimbulkan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan kekuatan material. Martensit adalah mikro konstituen yang terbentuk tanpa melalui proses difusi. Konstituen ini terbentuk saat Austenit didinginkan secara sangat cepat, misalnya melalui proses *quenching* pada medium air. Transformasi berlangsung pada kecepatan sangat cepat, mendekati orde kecepatan suara, sehingga tidak memungkinkan terjadi proses difusi karbon. Transformasi martensite diklasifikasikan sebagai proses transformasi tanpa difusi yang tidak tergantung waktu (*diffusionless time-independent transformation*). Martensit yang terbentuk berbentuk seperti jarum yang bersifat sangat keras (*hard*) dan getas (*brittle*). Fasa martensit adalah fasa metastabil yang akan membentuk fasa yang lebih stabil apabila diberikan perlakuan panas. Martensit yang keras dan getas diduga terjadi karena proses transformasi secara mekanik (geser) akibat adanya atom karbon yang terperangkap pada struktur kristal pada saat terjadi transformasi *polymorfi* dari FCC ke BCC. Hal ini dapat dipahami dengan membandingkan batas kelarutan atom karbon di dalam FCC dan BCC serta ruang intertisi maksimum pada kedua struktur kristal tersebut. Akibatnya terjadi distorsi kisi kristal BCC menjadi BCT atau (*body centered tetragonal*). Distorsi kisi akibat transformasi pada proses pendinginan secara cepat tersebut berbanding lurus dengan jumlah atom karbon terlarut.

### 2.2.2. Holding time

*Holding time* dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening* dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang

homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon dan unsur paduannya. Waktu penahanan sangat berpengaruh pada saat transformasi karena apabila waktu penahanan yang diberikan kurang tepat atau terlalu cepat, maka transformasi yang terjadi tidak sempurna dan tidak homogen selain itu waktu tahan terlalu pendek akan menghasilkan kekerasan yang rendah hal ini dikarenakan tidak cukupnya jumlah karbida yang larut dalam larutan. Sedangkan apabila waktu penahanan yang diberikan terlalu lama, transformasi terjadi namun diikuti dengan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan ketangguhan [Thelning, 1984]. Pedoman untuk menentukan waktu penahanan dari berbagai jenis baja dapat dilihat pada Tabel II.2 berikut ini.

**Tabel II.2** Jenis baja dan waktu tahan yang dibutuhkan pada proses perlakuan panas [Prayitno.et.al, 1999].

Jenis baja	Waktu tahan (menit)
Baja karbon dan baja paduan rendah	5-15
Baja paduan menengah	15-25
Low alloy tool steel	10-30
High alloy chrome steel	10-60
Hot-work tool steel	15-30

Ketebalan benda uji sangat mempengaruhi pemberian waktu penahanan pada saat proses austenisasi. Secara matematis pemberian waktu penahanan terhadap ketebalan benda uji dapat ditulis pada persamaan 1 berikut [Krauss, 1986].

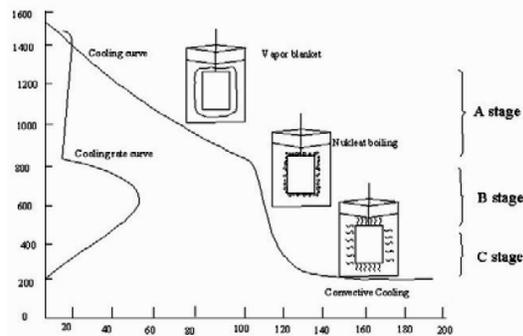
$$T = 1,4 \times H \dots\dots\dots (1)$$

dengan : T = waktu penahanan (menit)  
H = tebal benda kerja (mm)

**2.3. Quenching**

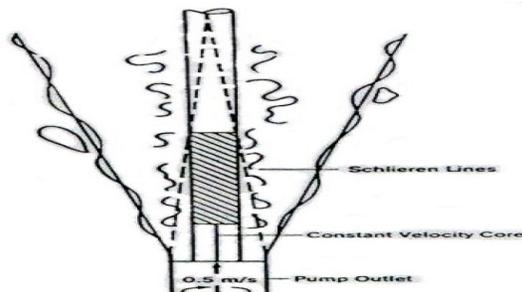
Proses quenching adalah proses heat transfer (perpindahan panas) dengan laju yang sangat cepat. Pada perlakuan quenching terjadi percepatan pendinginan dari temperatur akhir perlakuan dan mengalami perubahan dari austenite menjadi bainite dan martensite untuk menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang tinggi. Pengerasan maksimum yang dapat dicapai baja yang di-quench hampir sepenuhnya ditentukan oleh konsentrasi karbon dan kecepatan pendinginan yang sama atau lebih tinggi dengan kecepatan pendinginan kritis untuk paduan tersebut. Media quenching meliputi: air, air garam, oli, air-polymer, dan beberapa kasus digunakan inert gas. Gambar 2.2. di bawah memperlihatkan laju pendinginan panas dari logam sebagai fungsi dari temperatur permukaan logam. Awal pencelupan (Tahap A), logam akan diselubungi oleh selubung uap,

yang akan pecah saat logam mendingin. Perpindahan panas saat terbentuknya selubung uap ini buruk, dan logam akan mendingin dengan lambat pada tahap ini. Stabilitas dan lamanya proses pendinginan tahap A sangat dipengaruhi oleh agitasi, umumnya waktu pendinginan tahap ini berkurang dengan peningkatan agitasi [Totten, 1993].



Gambar 2.2 Mekanisme pendinginan pada spesimen yang di-quench [Totten, 1993].

Tahap B dari kurva pendinginan dinamakan tahap didih nukleat dan pada tahap ini terjadi perpindahan panas yang cepat karena logam langsung bersentuhan dengan air. Pada tahap ini, logam masih sangat panas dan air akan mendidih dengan hebatnya. Kecepatan pembentukan uap air menunjukkan sangat tingginya laju perpindahan panas. Selanjutnya perpindahan panas pada pendinginan tahap ini dapat ditingkatkan dengan peningkatan agitasi [Totten, 1993]. Pada tahap C, merupakan tahap pendinginan konveksi dan konduksi, dimana permukaan logam telah bertemperatur dibawah titik didih air. Tahap ini hanya mengalami perpindahan panas melalui konveksi dan konduksi [Totten, 1993]. Perpindahan panas konveksi terdiri dari konveksi alamiah dan konveksi paksa. Konveksi paksa yang terjadi karena gaya luar seperti agitasi secara umum perpindahan panasnya lebih cepat dari pada konveksi alamiah, laju pendinginan meningkat dengan peningkatan agitasi [Totten, 1993].

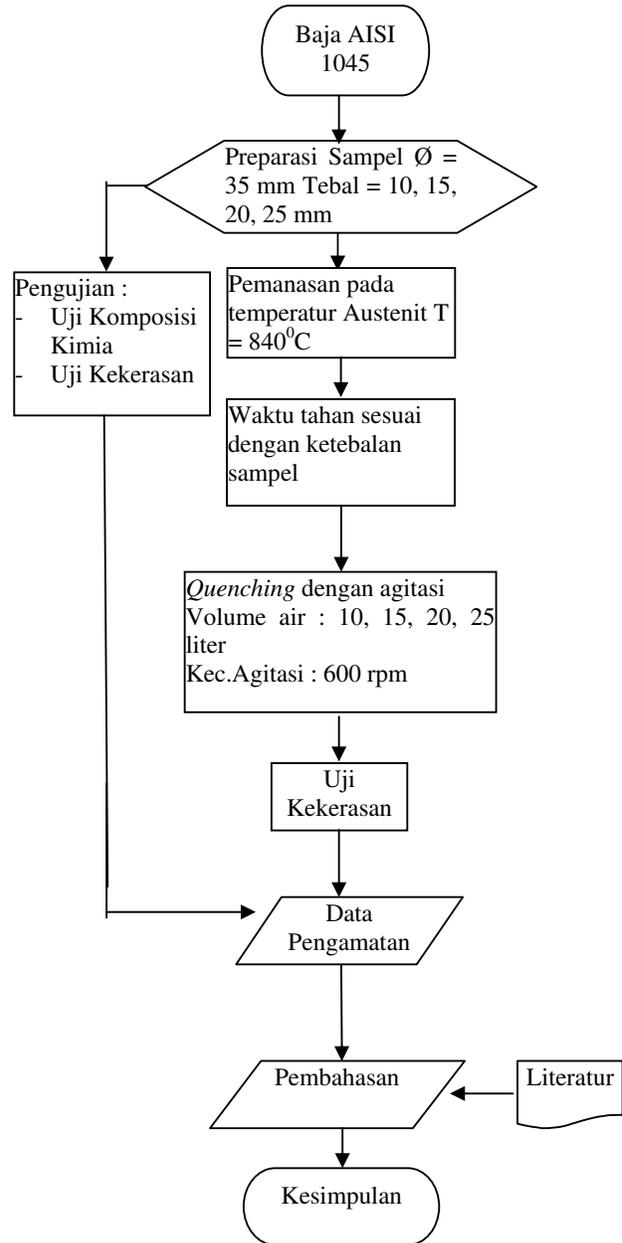


Gambar 2.3 Tampilan skematik dari aliran turbulen disekeliling spesimen panas pada proses quenching [Totten, 1993].

Keseragaman kondisi *quenchant* penting untuk meminimalisir adanya *cracking*, *distorsi*, dan ketidakseragaman kekerasan, hal ini berarti bahwa selama proses *quenching* sebisa mungkin perpindahan panasnya seragam atau dengan kata lain temperatur larutan pendingin pada bak harus tetap dijaga seragam, sehingga setiap bagian dari spesimen yang di-*quench* tetap didinginkan pada temperatur yang sama. Akibat adanya perpindahan panas dari spesimen baja kelarutan pendingin maka terjadi pembentukan gelembung-gelembung udara yang kemudian berlanjut dengan terbentuknya selubung udara pada permukaan specimen tersebut, selubung udara tersebut perlu segera disingkirkan agar perpindahan panasnya tetap baik. Permasalahan selubung udara diatas dapat diatasi dengan dua cara, pertama adalah dengan membuat larutan pada bak pendingin teragitasi, atau dengan cara membuat specimen bergerak berputar-putar didalam bak larutan pendingin. Membuat specimen bergerak dalam larutan pendingin cukup sulit apalagi jika spesimennya besar dan tidak beraturan, sehingga membuat larutan pada bak quench tersirkulasi merupakan cara yang paling baik. Pengaruh agitasi pada hasil *quench* dengan memvariasikan kecepatan aliran menunjukkan adanya peningkatan kekerasan dengan meningkatnya kecepatan aliran. Agitasi, atau sirkulasi paksa pada *medium quenching*, dibutuhkan untuk mempersingkat waktu pendinginan. Tanpa agitasi, konveksi alamiah dari *quenchant* dan penguapan *quenchant* akan menghambat perpindahan panas terhadap lapisan batas fluida pada permukaan. Membuat konveksi paksa pada fluida akan mengurangi hambatan aliran panas pada lapisan batas fluida. Efek dari agitasi pada mekanisme pendinginan dari sebuah perak yang di-*quench* dengan *medium quench* air bertemperatur 60 °C ditunjukkan pada aliran air dengan kecepatan  $V_i$  diinjeksikan dari bagian bawah bak *medium quench* dan diarahkan ke logam. Semakin besar laju aliran (agitasi), semakin besar temperatur yang dapat dilepas dengan mengurangi kemungkinan terjadinya pembentukan selubung uap namun langsung terjadi dididih nukleat karena efektifitas perpindahan panasnya paling baik. Agitasi yang besar juga akan mempercepat pendinginan pada tahap dididih nukleat dan pendinginan konveksi dan konduksi [Totten, 1993].

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Diagram Alir Penelitian

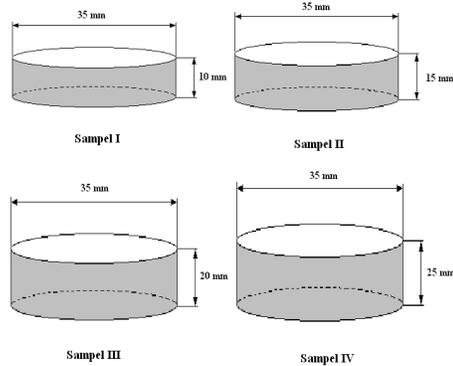


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

#### 3.2. Prosedur Penelitian

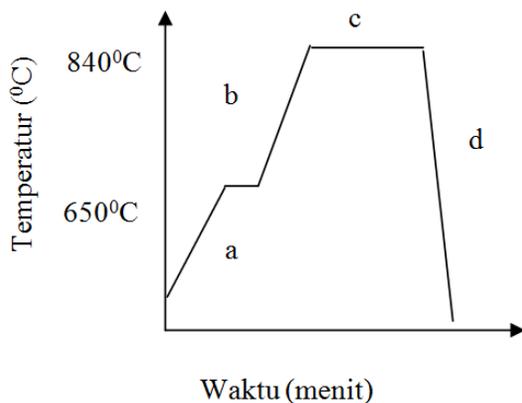
Prosedur penelitian awal yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan diantaranya:

1. Memotong baja AISI 1045 terdiri dari 4 buah sampel dengan dimensi ukuran masing-masing seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Bentuk dan ukuran sampel yang digunakan

2. Melakukan pengujian awal terhadap komposisi kimia, kekerasan dan pengamatan metalografi baja AISI 1045 sebelum dilakukan proses *hardening*.
3. Menyiapkan air dan alat uji *quenching* agitasi.
4. Proses pemanasan pada baja AISI 1045 dalam *muffle furnace*. Pada proses ini baja AISI 1045 dipanaskan hingga temperatur austenisasi (untuk baja AISI 1045 temperatur austenisasinya berkisar 840 °C), kemudian ditahan dengan waktu penahanan yang disesuaikan ketebalan masing-masing spesimen. Setelah ditahan sampel tersebut kemudian didinginkan ke dalam media pendinginan yang teragitasi dengan variasi volume air 10 liter, 15 liter, 20 liter dan 25 liter. Dengan kecepatan agitasi 600 rpm. Gambaran mengenai proses pemanasan dan pendinginan dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Skema proses laku panas yang digunakan [Blackwood.*et.al.*, 2008].

Keterangan :

- a = pemanasan awal diikuti dengan penahanan.
- b = pemanasan lanjutan sampai temperatur austenisasi
- c = waktu penahanan pada temperatur austenisasi
- d = proses pendinginan atau *quench*

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Komposisi Sampel Uji Baja AISI 1045

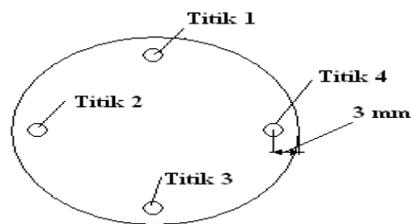
Dari hasil pengujian komposisi kimia terhadap sampel awal yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Tabel IV.1. Proses pengujian kimia dilakukan oleh PT.TIRA AUSTETITE Tbk, dengan standar DIN 50049/EN 10204/2.3.

Tabel IV.1 Komposisi Kimia Hasil Pengujian dan Standar Baja AISI 1045

Komposisi (%)	Standar AISI 1045	Hasil Pengujian
C	0,43-0,50	0,45
Si	0,10-0,30	0,9
Mn	0,60-0,90	0,8
P	0,04 maks	0,01
S	0,05 maks	0,02
Mo	0,025	0,018

##### 4.2. Data Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan untuk masing-masing kondisi menggunakan 16 buah spesimen. Setiap spesimen diuji kekerasan pada empat titik indentasi yaitu titik indentasi 1, 2, 3, 4 di pinggir lingkaran spesimen dari pinggir sampel 3 mm. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Metalurgi, Program S1 Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Banten.



Gambar 4.1 Titik-titik indentasi pada pengujian kekerasan

Tabel IV.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell Baja AISI 1045

##### 1. Volume Air Quenching 10 liter

No.Sampel	HRC1	HRC2	HRC3	HRC4	Rata-rata	Tebal Sampel
L1	57	57	59	60	58,25	10 mm
L2	60	60	60	60	60	15 mm
L3	59	61	60	60	60	20 mm
L4	60	61	60	60	60,25	25 mm

2. Volume Air Quenching 15 liter

No.Sampel	HRC1	HRC2	HRC3	HRC4	Rata-rata	Tebal Sampel
II.5	58	56	57	58	57,25	10 mm
II.6	60,5	58,5	59	60	59,5	15 mm
II.7	59,5	59	58	60	59,12	20 mm
II.8	59,5	59	58	57	58,37	25 mm

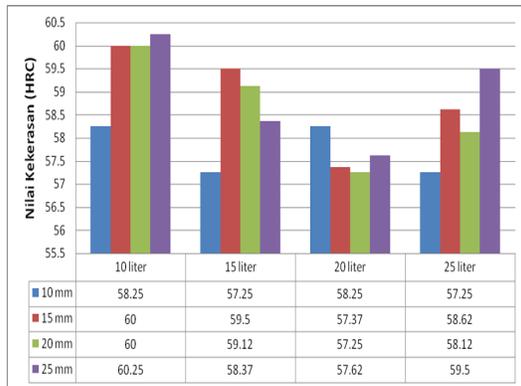
3. Volume Air Quenching 20 liter

No.Sampel	HRC1	HRC2	HRC3	HRC4	Rata-rata	Tebal Sampel
III.9	59	60	57	57	58,25	10 mm
III.10	56	57	58	58,5	57,37	15 mm
III.11	57	57	57	58	57,25	20 mm
III.12	58	57	58,5	57	57,62	25 mm

4. Volume Air Quenching 25 liter

No.Sampel	HRC1	HRC2	HRC3	HRC4	Rata-rata	Tebal Sampel
IV.13	57	58	57	57	57,25	10 mm
IV.14	57	57,5	61	59	58,62	15 mm
IV.15	56,5	57	60	59	58,12	20 mm
IV.16	59	60	60	59	59,5	25 mm

Dari hasil penelitian dapat dilihat pada grafik di bawah yang menunjukkan hubungan kekerasan baja setelah dilakukan *heat treatment* terhadap tebal sampel dan volume air.



Gambar 4.2 Grafik pengaruh tebal sampel dan volume air terhadap kekerasan

Pada Gambar 4.2. di atas dapat dilihat sampel baja AISI 1045 dengan volume air 10 liter, besarnya nilai kekerasan rata-rata yaitu 59,62 HRC. Dari grafik yang ditunjukkan pada volume air 10 liter di atas diperoleh nilai kekerasan tertinggi yaitu pada tebal sampel 25 mm dengan nilai kekerasan sebesar 60,25 HRC.

Pada volume air 15 liter, besarnya nilai kekerasan rata-rata yaitu 58,56 HRC. Dari grafik yang ditunjukkan pada volume air 15 liter di atas diperoleh nilai kekerasan tertinggi yaitu pada tebal sampel 15 mm dengan nilai kekerasan sebesar 59,5 HRC.

Pada volume air 20 liter, dengan nilai kekerasan rata-rata yaitu 57, 62 HRC. Dari grafik yang ditunjukkan pada volume air 20 liter di atas diperoleh nilai kekerasan tertinggi yaitu pada tebal sampel 10 mm dengan nilai kekerasan sebesar 58,25 HRC.

Dan pada volume air 25 liter, dengan besarnya nilai kekerasan rata-rata yaitu 58, 37 HRC. Dari grafik yang ditunjukkan pada volume air 25 liter di atas diperoleh nilai kekerasan tertinggi yaitu pada tebal sampel 25 mm dengan nilai kekerasan sebesar 59,5 HRC.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Pada volume air 10 liter diperoleh nilai kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan volume air 15 liter, 20 liter dan 25 liter.
2. Peningkatan kekerasan akan meningkatkan ketahanan aus pada baja AISI 1045.

Peningkatan kekerasan akan berbanding lurus dengan meningkatnya ketahanan aus pada baja AISI 1045.

5.2 Saran

Untuk kecepatan pendinginannya dapat ditingkatkan lagi dengan proses pengadukan atau agitasi yang divariasikan kecepatannya, karena proses agitasi akan membantu laju pendinginan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Avner, H, S. 1974. *Introduction to Physical Metallurgy*. 2<sup>nd</sup> edition, New York; McGraw-Hill International Editions.
2. Blackwood, R.R.*et.al*. *Conditions Leading To Quench Cracking Other Than Severity Of Quench*. Diakses tahun 2009 (On Line)
3. *Carbon Steel*, Diakses tahun 2009. (On Line) Available at <http://en.wikipedia.org> (On Line)
4. *Chain Sprocket Aplikasi Baru di Segmen Otomotif yang Menjanjikan*. KS Review Vol V No 2. 2004. P 62.
5. *Chemical Composition of AISI 1045*. Diakses tahun 2009. (On Line) Available at <http://www.strindustries.com>
6. Glyn, *et.al*. 2001. *Physical Metallurgy of Steel*. Class Notes and lecture material. ForMSE 651.01
7. *Heat Treatment Of Tool Steel*. Diakses tahun 2009 (On Line) Available at <http://www.uddeholm.com>
8. *Iron Carbon Equilibrium Phase Diagram*. Diakses Januari 2009. (On Line) Available at <http://www.dfoggknives.com>
9. Krauss, G. 1986. *Principles of Heat Treatment of Steel*. American Society for Material, Metal Park Ohio

10. Prayitno, et.al. 1999. *Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (Holding Time) Terhadap Kekerasan Logam*, Jurnal Natur Indonesia
11. Thelning, K.E. 1984. *Steel and It's Heat Treatment*. 2<sup>nd</sup> editon. Butterworths. London.
12. Totten, GE, Bates, CE, Clinton, NA, *Handbook of Quenchant and Quenching Technology*, ASM International, USA, 1993
13. Mubarok, Fahmi 2008. *Crystal Structures of Iron Fe – Fe<sub>3</sub>C Phase Diagram Steels Cast Iron*. Diakses tahun 2009 (On Line) Available at <http://www.its.ac.id/personal/material.php?id=fahmi>
14. *Metastable Fe-C Phase Diagram*. Diakses tahun 2009 (On Line) Available at <http://www.calphad.com>

#### **BIOGRAFI**

Agus Pramono, ST.,MT, lahir di Kediri, pada tanggal 18 Agustus 1976. Melanjutkan studi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang tahun 1995-1999. Setelah lulus bekerja sebagai staf pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Merdeka Malang pada tahun 2001-2005. Pada tahun 2005-2006 melanjutkan pendidikan pasca sarjana di Universitas Indonesia dengan gelar M.T. Pengalaman penelitian diantaranya Karakteristik Mekanik Graphite Bipolar fuel Cell tahun 2008, Karakterisasi Paduan Al-Si-Cu dengan penambahan 6%Si - 4%Cu dan Perlakuan Panas Pelarutan Untuk Komponen Otomotif (Usaha Pemanfaatan Limbah Kaleng Soft Drink) tahun 2009, sekarang bekerja sebagai Dosen Tetap Fakultas Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa pada Bidang Keahlian Teknologi Manufaktur dan Komposit.