

## PENGUJIAN ALAT UJI *JOMINY* STANDAR ASTM A255-02 PADA MATERIAL BAJAKARBON

**Sunarno**

<sup>1</sup> Dosen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Tama Jagakarsa, Jl. TB Simatupang No. 152 Tanjung Barat – Jakarta Selatan , 12530

[Sun2rn0@gmail.com](mailto:Sun2rn0@gmail.com)

<https://orcid.org/000-0002-54844052>

**Ken Aldi Ival Arwidi**

<sup>2</sup> Mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Tama Jagakarsa, Jl. TB Simatupang No. 152 Tanjung Barat – Jakarta Selatan , 12530

### ABSTRAK

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekerasan baja, dengan cara: melakukan perlakuan panas terhadap baja hingga suhu tertentu (*austenit*) dan didinginkan dengan cepat. Pendinginan ini mempengaruhi struktur mikro yang terbentuk seperti *martensit*, *ferit* dan *perlit*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui bagaimana prosedur dan cara kerja alat uji *jominy*. Data yang didapat untuk mengetahui harga peningkatan kekerasan dari material baja karbon sedang. Peningkatan yang terjadi 50% menunjukkan data pada *hardenability* sesuai. Penelitian ini menunjukkan bahwa alat uji *jominy* layak digunakan karena memenuhi STANDAR ASTM 255-2 ini adalah standar yang ada di Indonesia.

**Kata kunci** : Alat uji *jominy*, mampu keras, kekerasan.

### ABSTRACT

*This test is conducted to determine the hardness of steel by performing heat treatment on the steel to a specific temperature (austenite) and rapidly quenching it. This rapid cooling process affects the microstructure formed, such as martensite, ferrite, and pearlite. The objective of this research is to understand the procedure and operation of the Jominy test apparatus. The obtained data is used to determine the hardness increase value of medium carbon steel. A 50% increase indicates that the data aligns with the hardenability requirements. This study demonstrates that the Jominy test apparatus is suitable for use as it meets the ASTM 255-2 standard, which is the applicable standard in Indonesia.*

**Keywords:** *Jominy test apparatus, hardness, hardenability.*

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Dalam era modern sekarang ini kemajuan dan perkembangan ilmu dan teknologi sekarang ini semakin berkembang pesat, kita dituntut untuk bekerja dengan cepat, efisien dan menghasilkan produk yang diinginkan dan berkualitas. Maka dari itu salah satu cara untuk mempercepat dalam proses produksi dan meningkatkan kualitas hasil produksi ialah dengan menggunakan alat atau mesin dalam pengerjaan produksi.

Material dari semua elemen mesin dalam proses produksi yang dikerjakan oleh mesin menggunakan logam sebagai material dasarnya. Sifat kekerasan (*hardness*) suatu logam merupakan salah satu persyaratan utama didalam pemilihan suatu elemen mesin. Baja dapat

diberikan perlakuan panas agar dapat diperoleh hasil struktur mikro dan sifat yang dibutuhkan. Untuk mendapatkan hasil yang dibutuhkan dapat dilakukan dengan melakukan proses pemanasan dan pendinginan pada temperatur tertentu. Jenis struktur yang ada sangatlah dipengaruhi oleh komposisi kimia dari baja dan jenis pelakuan panas yang diterapkan pada baja tersebut.

Baja dengan kekerasan rendah dapat digunakan untuk komponen yang lebih kecil, seperti pisau dan gunting, atau untuk komponen permukaan yang mengeras seperti roda gigi. Kekerasan terjadi dimana fraksi volume tinggi martensit berkembang. Kekerasan yang lebih rendah menunjukkan transformasi menjadi mikroit bainit atau perlit (Chandra Kandpal, 2011).

Sifat mampu keras baja terjadi karena

transformasi martensit melalui proses perlakuan panas yang dipengaruhi dengan pengaturan laju pendinginan. Untuk setiap jenis baja terdapat ikatan langsung dan konsisten antara kekerasan dan laju pendingin. Akan tetapi ikatan ini tidak linier. Selain itu landasan teori kuantitatif yang mencakup unsur paduan, ketidak murnian, besar butir, dan suhu autenisasi yang cukup sulit. Maka dibuatlah cara pengujian standar yang singkat, untuk dapat memungkinkan oleh ahli teknik memperkirakan kekerasan pada penggunaan tertentu dan membandingkan kekerasan antara berbagai macam- macam jenis baja, yang di uji pada percobaan Jominy Test (Van Vlack,1995).

Pada proses percobaan ini, baja dengan bentuk batang bulat dengan ukuran tertentu terlebih dahulu dipanaskan didaerah austenit dan pada ujungnya di semprotkan air dengan kecepatan aliran tertentu. Nilai kekerasan sepanjang gradien laju pendinginnya dapat kita ukur dengan pengukuran kekerasan *rockwell* dan hasilnya nanti digambarkan dengan kurva kemampukerasan disebut (*Hardenability*). *Hardenability* merupakan perlakuan untuk mendapatkan kekerasan pada material baja. Perlu di ingat pengertian antara kekerasan dan mampu kersa tidaklah sama. Jika kekerasan pengertiannya adalah dapat dilihat dari ukuran pada daya tahannya terhadap deformasi plastis. Sedangkan pengertian mampu keras ialah suatu kemampuan bahan untuk dapat dikeraskan. Akan tetapi pada material tidak semuanya dikeraskan dengan cara tersebut, untuk mengetahuinya perlu dilakukan uji *hardenability* (pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampukerasan suatu logam), salah satunya dengan menggunakan metode pengujian *Jominy test* (uji *jominy*) (Van Vlack, 1991). Oleh karena itu penulis mengambil judul “**PROSEDUR PENGUJIAN ALAT UJI JOMINY STANDAR ASTM A255-02 PADA MATERIAL BAJA KARBON**”.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka rumusan masalah pembuatan alat ini adalah :

1. Apakah alat ini dapat digunakan dan berfungsi dengan baik ?
2. Bagaimana efesiensi alat tersebut ?
3. Bagaimana prosedur pengujiannya dengan alat tersebut?

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Definisi Alat Uji Jominy Test

Alat uji *Jominy* adalah alat bantu proses pendinginan (*quenching*) dalam

pengujian mampu keras pada baja. Pengujian dilakukan dengan specimen berupa sepotong baja silinder berukuran panjang 103 mm, diameter 1 *inchi* (25.4mm) dengan tinggi pancaran air dari ujung nozel 65 mm (*ANNUAL BOOK of ASTM STANDARDS*, 1998).

Spesimen tersebut dipanaskan dalam alat pemanas, setelah specimen mecapai suhu dan waktu yang telah ditentukan, kemudian specimen dikeluarkan dengan cepat, diletakkan pada kedudukan yang berada tepat diatas nozel yang memancarkan air dari bak penampung air. Setelah specimen tersebut dingin kemudian diambil untuk dilakukan pengujian *rockwell*(alat pengukur kekerasan) dan membuat *hardenability curve*.

Kekerasan adalah kemampuan material untuk menahan deformasi plastis lokal akibat penetrasi dipermukaan. Peningkatan kekerasan bergantung pada sifat mampu keras dari baja itu sendiri. Sifat mampu keras merupakan kemampuan material untuk ditingkatkan kekerasannya dengan serangkaian perlakuan panas. Sifat mampu keras dari baja tergantung pada komposisi kimia dan kecepatan pendinginan. Tidak semua baja dapat dinaikkan kekerasannya. Bajakarbon menengah dan baja karbon tinggi dapat dikeraskan, sedangkan baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan.

Kandungan karbon yang tinggi mempercepat terbentuknya fasa martensit yang menjadi sumber dari kekerasan dari baja. Kekerasan maksimum hanya dapat dicapai bila terbentuknya martensit 100%. Baja dapat bertransformasi dari austenit ke ferrit dan karbida. Transformasi terjadi pada suhu tinggi sehingga kemampuan kekerasannya rendah. Percobaan *Jominy*, bertujuan untuk mengetahui *Hardenability* suatu logam. Cara untuk mengetahuinya adalah:

1. Bila laju pendinginan dapat diketahui, kekerasan dapat langsung dibacadari kurva kemampuan keras.
2. Bila kekerasan dapat diukur, laju pendinginan dari titik tersebut dapat diperoleh.

Pada uji *Jominy* ini, material dipanaskan dalam tungku dipanaskan sampai suhu transformasi (*austenit*) dan terbentuk sedemikian rupa sehingga dapat dipasangkan pada apparatus *Jominy* kemudian air disemprotkan dari bawah, sehingga menyentuh permukaan bawah specimen. Dengan ini didapatkan kecepatan pendinginan ditiap bagian specimen berbeda -

beda. Pada bagian yang terkena air mengalami pendinginan yang lebih cepat dan semakin menurun ke bagian yang tidak terkena air.

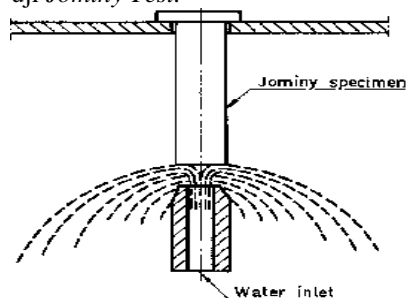
Metode yang paling umum dalam menentukan mampu keras suatu baja adalah dengan cara mencelupkan secara cepat (*quench*) salah satu ujung dari batang uji (metode ini dikembangkan oleh *Jominy* Boegehold dari Amerika). Metode seperti ini disebut uji *Jominy*. Untuk melaksanakan pengujian, suatubatang uji dengan panjang 70 mm dan diameter 25 mm, salah satu ujungnya diperlebar untuk memudahkan batang uji tersebut digantungkan pada peralatan *quench*.

Salah satu ujung yang lain dari batang uji yang akan disemprot air, permukaannya harus dihaluskan. Batang uji tersebut dipanaskan pada tempratur austenisasi selama 30 - 35 menit. Atmosfir tungku harus dijaga netral agar tidak terjadi pembentukan terak dan karburasi.

Setelah proses pemanasan selesai, batang uji digantungkan pada peralatan *quench* dan kemudian salah satu ujungnya dicelupkan dengan cepat (*quench*) pada air yang bertemperatur 25°C. Diameter dari berkas air yang dipancarkan kira-kira 12 mm dan harus memancar 65 mm dari ujung pipa air.

Ada 2 cara untuk mengetahui sifat mekanik pada material logam baja, yaitu:

1. Kekuatan (*STRENGTH*): Menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah, kekuatan ini terdiri dari: kekuatan tarik, kekuatan tekan, kekuatan geser, dan lain sebagainya.
2. Kekerasan (*HARDNESS*): Menyatakan kemampuan bahan untuk tahan terhadap goresan, pengikisan (abrasi). Sifat ini berkaitan terhadap sifat tahan aus (*wear resistance*). Sedangkan pada gambar dibawah ini adalah contoh ketika benda uji akandisemprot oleh air dari tabung alat uji *Jominy Test*.



### Gambar 1: Proses Penyemprotan Benda Uji.

Dengan laju pendinginan menurun secara progresif dari ujung dipadamkan sepanjang bar. Ketika itu dingin, dua diametral bertentangan flat 0,4 mm dalam dan sejajar dengan sumbu dari bar adalah tanah dan kekerasan diukur sepanjang flat. Nilai-nilai kekerasan yang diplot dalam diagram terhadap jarak mereka dari ujung dipadamkan. Variasi komposisi kimia, dalam, untuk baja memberikan maksimum dan minimum kurva *Jominy* karburasi.

Dari sejak batang uji dikeluarkan dari tungku sampai diletakkan pada peralatan *quench* tidak boleh lebih dari 5 detik sesaat sesudah batang uji diletakkan air segera disemprotkan dan lebih kurang 7 menit. Berdasarkan hal ini ujung batang uji akan mengalami pendinginan yang sangat cepat. Laju pendinginan akan menurun kearah salah satu ujungnya yang lain. Dengan demikian sepanjang batang uji akan terjadi variasi laju pendinginan. Sepanjang batang uji diukur kekerasannya dengan menggunakan Rockwell dan hasilnya diplot pada diagram mampukeras yang standar.

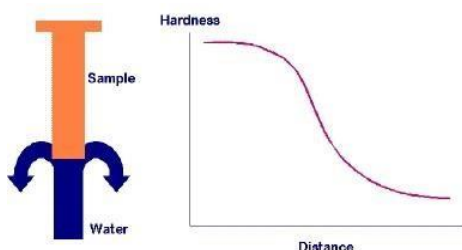
### B. Cara Kerja Alat

Besi karbon dimasukkan kedalam *tube furnace*, dihidupkan dan tunggu sampai suhu *tube furnace* mencapai suhu 750°C. Setelah mencapai 750°C, besi karbon ditahan suhunya selama kurang lebih 1 jam. Selanjutnya, besi karbon diambil dengan menggunakan penjempit, keudian salah satu bagian ujungnyadidinginkan dengan cara menyemprotkan air secara konstan. Besi karbon dimasukkan kedalam *tube furnace*, kemudian *tube furnace* sampai suhu besi karbon menurun mendekati suhu kamar yaitu sebesar 38°C untuk mengetahui suhu besi karbon menurun sampai suhu kamar digunakan thermometer digital sehingga suhu besi karbon dapat diketahui. Setelah itu dilakukan pengujian kekerasan pada bagian ujung besi karbon, bagian tengah besi karbon dan bagian ujung besi karbon dekat yang disemprot air dengan menggunakan *Vickers hardness*



**Gambar 2: Proses Perlakuan Panas pada benda uji baja**

Sampel baja *dinormalisasi* untuk menghilangkan perbedaan mikro karena menempa sebelumnya, dan kemudian *austenitised*. Ini biasanya pada suhu 800 sampai 900 ° C. Sampel uji cepat ditransfer ke mesin uji, di mana ia secara vertikal dan disemprot dengan aliran dikontrol air ke salah satu ujung sampel. Ini mendinginkan salah satu ujung, simulasi efek pendinginan komponen baja yang lebih besar di dalam air. Tingkat pendinginan bervariasi sepanjang sampel dari sangat cepat pada akhir dipadamkan, dengan tingkat setara dengan pendingin udara di ujung lain.



**Gambar 3: Proses Terjadinya Pendinginan**

Spesimen bulat kemudian tanah datar sepanjang panjangnya hingga kedalaman 0,38 mm (15 seperseribu inci) untuk menghilangkan bahan decarburized. Kekerasannya diukur pada interval dari ujung dipadamkan. Interval biasanya 1,5 mm untuk baja paduan dan 0,75 mm untuk baja karbon. Kekerasan tinggi terjadi di mana fraksi volume tinggi martensit berkembang. Kekerasan yang lebih rendah menunjukkan transformasi mikrobainit atau ferit / perlit.

### C. Proses Pengujian Perlakuan Panas

Pengujian perlakuan panas ialah sebuah proses pemanasan dan pendinginan pada material yang terkontrol dengan maksud mengubah sifat fisik pada material tersebut. Secara umum proses perlakuan panas adalah sebagai berikut:

1. Pemanasan material sampai pada suhu

sekitar kurang lebih 750<sup>0</sup> C dengan waktu selama kurang lebih 1 jam.

2. Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperaturnyamerasa
3. Pendinginan dengan media pendingin ( air, oli atau udara ).

Ketiga hal diatas tergantung dari material yang akan di heat treatment dan sifat – sifat akhir yang diinginkan. Melalui perlakuan panas yang tepat tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet.

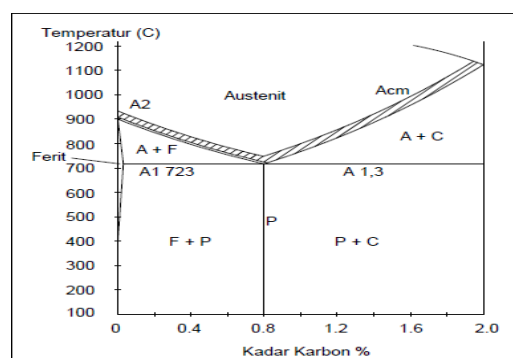
Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia logam harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon ( C ) dapat mengakibatkan perubahan sifat fisis.

### D. Jenis – Jenis Perlakuan Panas

#### 1. Normalizing

Proses *normalizing* atau menormalkan adalah jenis perlakuan panas yang umum diterapkan pada hampir semua produk cor, *overheated forgings* dan produk - produk tempa yang besar. *Normalizing* ditujukan untuk memperhalus butir, memperbaiki mampu mesin, menghilangkan tegangan sisa dan juga memperbaiki sifat mekanik baja karbon struktural dan baja – baja paduan rendah. *Normalizing* terdiri dari proses pemanasan baja diatas temperatur kritik A3 atau Acm dan ditahan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu tergantung pada jenis dan ukuran baja.

Agar diperoleh austenit yang homogen, baja-baja *hypoeutektoid* dipanaskan 30°C - 40°C diatas garis A3 dan untuk baja *hypereutektoid* dilakukan dengan memanaskan 30°C - 40°C diatas temperatur A<sub>cm</sub>. Kemudian menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu sehingga transformasi fasa dapat berlangsung diseluruh bagian benda kerja, dan selanjutnya didinginkan di udara.



**Gambar 4: Diagram untuk temperatur Normalizing**

*Normalizing* dilakukan karena tidak

diketahui bagaimana proses dari pembuatan benda kerja ini apakah dikerjakan dingin (*cold Working*) atau pengerjaan Panas (*Hot Working*). Dimana *normalizing* ini bertujuan untuk mengembalikan atau memperhalus struktur butir dari benda kerja.

*Normalizing* terdiri dari proses pemanasan baja di atas temperatur kritis A3 atau  $A_{cm}$  dan ditahan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu tergantung pada jenis dan ukuran baja. Agar diperoleh austenit yang homogen, baja – baja hypoeutektoid dipanaskan pada temperatur  $300^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$  di atas garis A3.

Pemanasan pada temperatur austenit yang terlalu tinggi akan menyebabkan tumbuhnya butir – butir austenit. Demikian juga untuk waktu penahan pada temperatur austenit yang terlalu lama akan mengakibatkan tumbuhnya butir – butir austenit. Setelah waktu penahan selesai, benda kerja kemudian didinginkan di udara. Struktur baja hypoeutektoid yang akan dihasilkan terdiri dari ferit dan perlit. Perlu diketahui bahwa batas – batas butir yang baru tidak ada hubungannya dengan batas – batas butir sebelum baja dinormalkan. Setelah penormalan akan terjadi perbaikan terhadap strukturnya diiringi dengan timbulnya perbaikan sifat mekaniknya.

Sifat mekanik yang akan diperoleh setelah proses penormalan tergantung pada laju pendinginan di udara. Laju pendinginan yang agak cepat akan menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang lebih tinggi. Manfaat proses *Normalizing* adalah sebagai berikut:

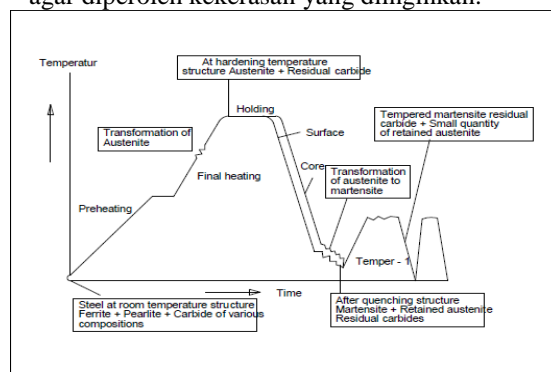
- Normalizing* biasa digunakan untuk menghilangkan struktur butir yang kasar yang diperoleh dari proses pengerjaan sebelumnya yang dialami oleh baja.
- Normalizing* berguna untuk mengeliminasi struktur kasar yang diperoleh akibat pendinginan yang lambat pada proses anil.
- Berguna untuk menghilangkan jaringan sementit yang kontinyuyang mengelilingi perlit pada baja perkakas.
- Menghaluskan ukuran perlit dan ferit.
- Memodifikasi dan menghaluskan struktur cor dendritik.
- Mencegah distorsi dan memperbaiki mampu karburasi pada baja-baja paduan karena temperatur *normalizing* lebih tinggi dari temperatur karbonisasi

## 2. Hardening

*Hardening* adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai temperatur pengerasannya (Temperatur austenisasi) dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau di *quench* agar diperoleh kekerasan yang diinginkan. Alasan

memanaskan dan menahannya pada temperatur austenisasi adalah untuk melarutkan sementit dalam austenit kemudian dilanjutkan dengan proses *quench*.

*Quenching* merupakan proses pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasannya (temperatur *austenisasi*), dengan laju pendinginan yang sangat tinggi (*diquench*), agar diperoleh kekerasan yang diinginkan.



**Gambar 5: Grafik pemanasan, *quenching* dan *tempering***

Pada tahap ini, karbon yang terperangkap akan menyebabkan tergesernya atom - atom sehingga terbentuk struktur *body center tetragonal*. Atom - atom yang tergeser dan karbon yang terperangkap akan menimbulkan struktur sel satuan yang tidak setimbang (memiliki tegangan tertentu). Struktur yang bertegangan ini disebut martensit dan bersifat sangat keras dan getas. Biasanya baja yang dikeraskan diikuti dengan proses penemperan untuk menurunkan tegangan yang ditimbulkan akibat *quenching* karena adanya pembentukan martensit. Tujuan utama proses pengerasan adalah untuk meningkatkan kekerasan kerja dan meningkatkan ketahanan aus. Makin tinggi kekerasan akan semakin tinggi pula ketahanan ausnya.

### a. Temperatur Pengerasan

Temperatur pengerasan yang digunakan tergantung pada komposisi kimia (kadar karbon). Temperatur pengerasan untuk baja karbon *hipoeutektoid* adalah sekitar  $20^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$  di atas garis A3, dan untuk baja karbon *hipereutektoid* adalah sekitar  $30^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$  di atas garis A13. Jika suatu baja misalnya mengandung misalnya 0.5 % karbon (berstruktur ferit dan perlit) dipanaskan sampai temperatur di bawah A1, maka pemanasan tersebut tidak akan mengubah struktur awal dari baja tersebut. Pemanasan sampai temperatur di atas A1 tetapi masih di bawah temperatur A3 akan mengubah perlit menjadi austenit tanpa terjadi perubahan apa-apa terhadap feritnya.

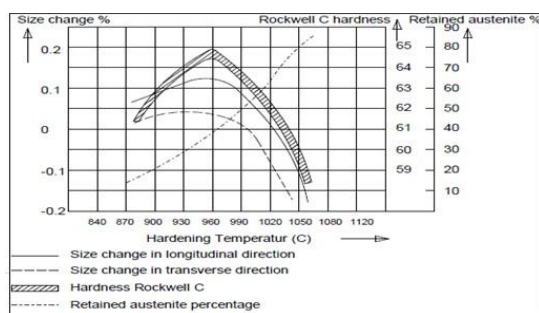
Temperatur pemanasan sebelum *Quenching* dari temperatur ini akan menghasilkan baja yang semi keras karena austenitnya bertransformasi ke martensit

sedangkan feritnya tidak berubah. Keberadaan ferit dilingkungan martensit yang getas tidak berpengaruh pada kenaikan ketangguhan. Jika suatu baja dipanaskan sedikit di atas A3 dan ditahan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu agar dijamin proses difusi yang homogen, maka struktur baja akan bertransformasi menjadi austenit dengan ukuran butir yang relatif kecil.

*Quenching* dari temperatur austenisasi akan menghasilkan martensit dengan harga kekerasan yang maksimum. Memanaskan sampai ke temperatur E (relatif lebih tinggi di atas A3) cenderung meningkatkan ukuran butir austenit. *Quenching* dari temperatur seperti itu akan menghasilkan struktur martensit, tetapi sifatnya, bahkan setelah ditemper sekalipun, akan memiliki harga dampak yang rendah. Disamping itu mungkin juga timbul retak pada saat diquench.

Pada baja *hipereutektoid* dipanaskan pada daerah austenit dan sementit, kemudian didinginkan dengan cepat agar diperoleh martensit yang halus dan karbida-karbida yang tidak larut. Struktur hasil *quench* memiliki kekerasan yang sangat tinggi dibandingkan dengan martensit.

Jika karbida yang larut dalam austenit terlalu sedikit, kekerasan hasil *quench* akan tinggi. Jumlah karbida yang dapat larut dalam austenit sebanding dengan temperatur austenisasinya. Jumlah karbida yang larut akan meningkat jika temperatur austenisasinya dinaikkan. Jika karbida yang terlarut terlalu besar, akan terjadi peningkatan ukuran butir disertai dengan turunnya kekerasan dan ketangguhan.



**Gambar 6: Hubungan antara Temperatur, kekerasan dan kandungan austenite**

#### b. Tahapan Pekerjaan Sebelum Proses *Quenching*

Benda kerja yang akan dikeraskan terlebih dahulu dibersihkan dari terak, olidan sebagainya, hal ini dilakukan agar kekerasan yang diinginkan dapat dicapai. Benda kerja yang memiliki lubang, jika perlu, terutama baja – baja perkakas, harus ditutup dengan tanah liat, asbes atau baja insert sehingga tidak terjadi pengerasan pada lubang tersebut. Hal ini tidak perlu seandainya ukuran lubang cukup besar serta cara quench yang tertentu sehingga permukaan di dalam lubang

dapat dikeraskan dengan baik.

Baja karbon dan baja paduan rendah dapat dipanaskan langsung sampai ke temperatur pemanasannya tanpa memerlukan adanya pemanasan awal (*preheat*). Sedangkan benda kerja yang besar dan bentuknya rumit dapat dilakukan pemanasan awal untuk mencegah distorsi dan retak akibat tidak homogennya temperatur di bagian tengah dengan dibagian permukaan.

Pemanasan awal biasanya dilakukan terhadap baja - baja perkakas karena konduktifitas panas baja tersebut sangat rendah. Pemanasan awal biasanya 500°C-600°C, pada temperatur ini tegangan dalam yang berkembang akibat tidak homogennya pemanasan dipermukaan dan dibagian tengah sedikit demi sedikit dapat dihilangkan. Setelah itu, pemanasan di atas temperatur tersebut dapat dilakukan dengan laju pemanasan yang relatif cepat.

Pemanasan awal juga diperlukan jika temperatur pengerasannya tinggi, karena manahan benda kerja pada temperatur tinggi dalam waktu singkat dapat memperkecil terbentuknya terak dan dekarburasi. Benda kerja yang rumit bentuknya atau baja – baja paduan tinggi harus diberi pemanasan awal dua kali sebelum mencapai temperatur austenisasinya.

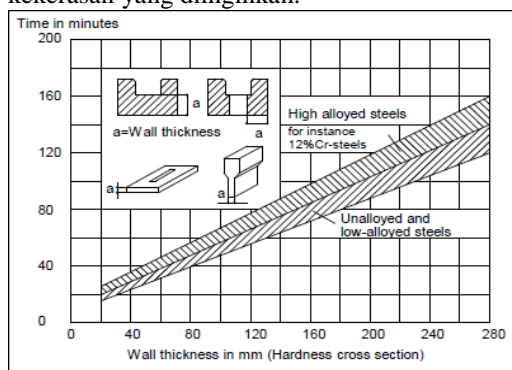
Penting untuk diketahui bahwa benda kerja yang akan dikeraskan harus memiliki struktur yang homogen dan halus. Jika benda kerja yang akan dikeraskan memiliki struktur yang kasar setelah dikeraskan akan diperoleh kekerasan yang tidak homogen, distorsi dan retak pada saat dipanaskan maupun pada saat diquench. Agar dijamin hasil dengan kekerasan yang tinggi dan seragam dari baja - baja perkakas setelah pengerasan, maka baja-baja sebelum dikeraskan harus memiliki struktur yang lamelar dan bukan globular. Hal ini dikarenakan proses transformasi dari suatu struktur yang globular ke austenit relatif lebih lambat dibanding dari perlit ke austenit. Dengan demikian baja dengan struktur globular juga tidak akan memiliki kedalaman pengerasan yang tinggi.

#### c. Lama Pemanasan

Waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur pengerasan tergantung pada beberapa faktor seperti jenis tungku dan jenis elemen pemanasnya. Lama pemanasan pada temperatur pengerasannya tergantung jenis baja dan temperatur pemanasan yang dipilih dari rentang temperatur yang telah ditentukan untuk jenis baja yang bersangkutan. Dalam banyak hal, umumnya dipilih temperatur pengerasan yang tertinggi dari rentang temperatur pengerasan yang sudah ditentukan. Tetapi jika penampang – penampang dari benda kerja yang diproses menunjukkan adanya perbedaan yang besar, umumnya dipilih

temperature pengerasan yang rendah.

Pada kasus yang pertama, lama pemanasannya lebih lama dibandingkan dengan lama pemanasan pada kasus kedua. Untuk mencegah timbulnya pertumbuhan butir, baja-baja yang tidak dipadu dan baja paduan rendah, lama pemanasannya harus diupayakan lebih singkat dibanding baja – baja paduan tinggi seperti baja *hot worked* yang memerlukan waktu yang cukup untuk melarutkan karbida-karbida yang merupakan faktor yang penting dalam mencapai kekerasan yang diinginkan.



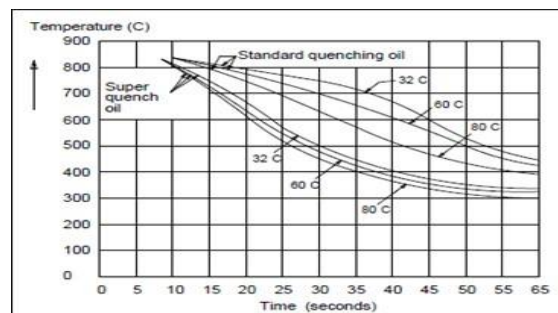
**Gambar 7:** Lama pemanasan dengan tebal dinding dari benda kerja yang dihardening.

#### d. Media *Quenching*

Tujuan utama dari proses pengerasan adalah agar diperoleh struktur martensit yang keras, sekurang-kurangnya di permukaan baja. Hal ini hanya dapat dicapai jika menggunakan medium *quenching* yang efektif sehingga baja didinginkan pada suatu laju yang dapat mencegah terbentuknya struktur yang lebih lunak seperti perlit atau bainit.

Tetapi berhubung sebagian besar benda kerja sudah berada dalam tahap akhir dari proses, maka kualitas medium *quenching* yang digunakan harus dapat menjamin agar tidak timbul distorsi pada benda kerja setelah proses *quench* selesai dilaksanakan. Hal tersebut dapat dicapai dengan cara menggunakan media *quenching* yang sesuai tergantung pada jenis baja yang diproses, tebal penampang dan besarnya distorsi yang diijinkan. Untuk baja karbon, medium *quenching* yang digunakan adalah air, sedangkan untuk baja paduan medium yang disarankan adalah oli.

*Quench* ke dalam oli saat ini paling banyak digunakan, manfaat dari pendinginannya oli adalah bahwa laju pendinginannya pada tahap pembentukan lapisan uap dapat dikontrol sehingga dihasilkan karakteristik *quenching* yang homogen. Laju pendinginan untuk baja yang di *quench* di oli relatif rendah karena tingginya titik didih dari oli. Memanaskan oli sampai sekitar 40°C - 100°C sebelum proses *quenching* akan meningkatkan laju pendinginan.



**Gambar 8:** Pengaruh suhu oli pada kecepatan *quenching*

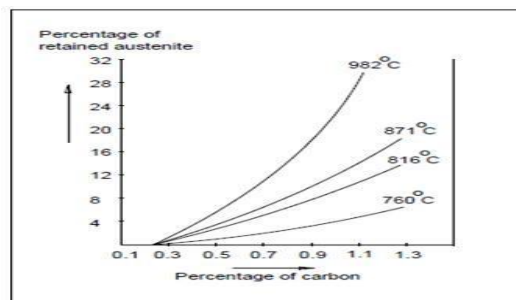
Dengan ditingkatkannya temperatur oli akan menjadikan oli lebih encer sehingga meningkatkan kapasitas pendinginannya. Faktor - faktor yang mengatur penyerapan panas dari benda kerja adalah panas spesifik konduktivitas termal, panas laten penguapan dan viskositas oli yang digunakan. Umumnya makin rendah viskositas makin cepat laju pendinginannya. Temperatur maksimum dari oli yang digunakan harus 25°C dibawah titik didih oli yang bersangkutan.

#### e. Pengaruh Unsur Paduan Pada Pengerasan

Sifat mekanik yang diperoleh dari proses perlakuan panas terutama tergantung pada komposisi kimia. Baja merupakan kombinasi Fe dan C. Disamping itu, terdapat juga beberapa unsur yang lain seperti Mn, P, S dan Si yang senantiasa ada meskipun sedikit, unsur-unsur ini bukan unsure pembentuk karbida. Penambahan unsur-unsur paduan seperti Cr, Mo, V, W, Ti dapat menolong untuk mencapai sifat-sifat yang diinginkan. unsur – unsur ini merupakan unsur pembentuk karbida yang kuat.

#### f. Pembentukan Austenit Sisa

Austenit akan bertransformasi menjadi martensit jika didinginkan ke temperatur kamar dengan laju pendinginan yang tinggi, sementara itu masih ada sebagian yang tidak turut bertransformasi yang disebut sebagai austenit sisa. Dimana sejumlah austenit sisa yang terbentuk akan semakin meningkat dengan meningkatnya kadar karbon.



**Gambar 9:** Hubungan antara kadar karbon dengan austenit sisa Kadar karbon

Hubungan antara kadar karbon dengan

austenit sisa kadar karbon yang tinggi akan menurunkan garis Ms, sehingga jumlah austenit sisanya akan semakin banyak. Selain itu juga pengaruh temperature pengerasan juga akan menurunkan temperatur Ms (martensit start), sehingga jumlah austenit sisa akan semakin banyak dengan naiknya suhu austenisasi.

### 3. Annealing

Proses *annealing* yaitu proses pemanasan material sampai temperatur austenit lalu ditahan beberapa waktu kemudian pendinginannya dilakukan perlahan-lahan di dalam tungku. Keuntungan yang didapat dari proses ini adalah sebagai berikut :

- Menurunkan kekerasan
- Menghilangkan tegangan sisa
- Memperbaiki sifat mekanik
- Memperbaiki mampu mesin dan mampu bentuk
- Menghilangkan terjadinya retak panas
- Menurunkan atau menghilangkan ketidak homogenan struktu
- Memperhalus ukuran butir
- Menghilangkan tegangan dalam dan menyiapkan struktur baja untuk proses perlakuan panas.

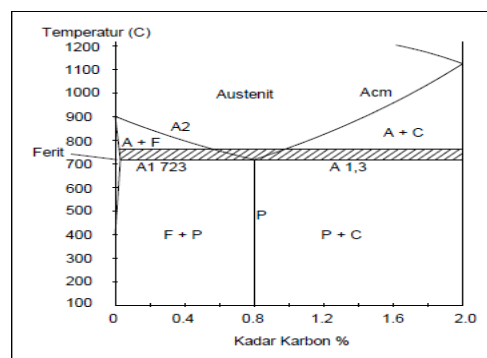
Proses Anil tidak dimaksudkan untuk memperbaiki sifat mekanik baja perlitik dan baja perkakas. Sifat mekanik baja struktural diperbaiki dengan cara dikeraskan dan kemudian diikuti dengan tempering. Proses Anil terdiri dari beberapa tipe yang diterapkan untuk mencapai sifat – sifat tertentu sebagai berikut :

#### a. Full Annealing

*Full annealing* terdiri dari *austenisasi* dari baja yang bersangkutan diikuti dengan pendinginan yang lambat di dalam dapur. Temperatur yang dipilih untuk austenisasi tergantung pada karbon dari baja yang bersangkutan. *Full annealing* untuk baja *hipoeutektoid* dilakukan pada temperatur *austenisasi* sekitar  $50^{\circ}\text{C}$  diatas garis A3 dan untuk baja *hipereutektoid* dilaksanakan dengan cara memanaskan baja tersebut diatas A1. *Full Annealing* akan memperbaiki mampu mesin dan juga menaikkan kekuatan akibat butir - butirnya menjadi halus.

#### b. Spheroidized Annealing

*Spheroidized annealing* dilakukan dengan memanaskan baja sedikit diatas atau dibawah temperatur kritik A1 kemudian di diamkan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu kemudian diikuti dengan pendinginan yang lambat. Tujuan dari *Spheroidized annealing* adalah untuk memperbaiki mampu mesin dan memperbaiki mampu bentuk.



**Gambar 10: Diagram untuk temperatur Spheroidized annealing**

#### c. Isothermal Annealing

*Isothermal annealing* dikembangkan dari diagram TTT. Jenis proses ini dimanfaatkan untuk melunakkan baja-baja sebelum dilakukan proses permesinan. Proses ini terdiri dari *austenisasi* pada temperatur *annealing* (*Full annealing*) kemudian diikuti dengan pendinginan yang relatif cepat sampai ke temperatur  $50^{\circ}\text{C}$  -  $60^{\circ}\text{C}$  dibawah garis A1 (menahan secara *isothermal* pada daerah *perlit*).

#### d. Proses Homogenisasi

Proses ini dilakukan pada rentang temperatur  $1100^{\circ}\text{C}$  -  $1200^{\circ}\text{C}$ . Proses difusi yang terjadi pada temperatur ini akan menyeragamkan komposisi baja. Proses ini diterapkan pada ingot baja - baja paduan dimana pada saat membeku sesaat setelah proses penuangan, memiliki struktur yang tidak homogen. Seandainya ketidak homogenan tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, maka perlu diterapkan proses homogenisasi atau "*diffusional annealing*".

Proses homogenisasi dilakukan selama beberapa jam pada temperatur sekitar  $1150^{\circ}\text{C}$  -  $1200^{\circ}\text{C}$ . Setelah itu, benda kerja didinginkan ke  $800^{\circ}\text{C}$  -  $850^{\circ}\text{C}$ , dan selanjutnya didinginkan diudara. Setelah proses ini, dapat juga dilakukan proses normal atau anil untuk memperhalus struktur *overheat*. Perlakuan seperti ini hanya dilakukan untuk kasus-kasus yang khusus karena biaya prosesnya sangat tinggi.

#### e. Stress Relieving

*Stress relieving* adalah salah satu proses perlakuan panas yang ditujukan untuk menghilangkan tegangan - tegangan yang ada di dalam benda kerja, memperkecil distorsi yang terjadi selama proses perlakuan panas dan, pada kasus-kasus tertentu, mencegah timbulnya retak. Proses ini terdiri dari memanaskan benda kerja sampai ke temperatur sedikit dibawah garis A1 dan menahannya untuk jangka waktu tertentu dan kemudian di dinginkan didalam tungku sampai temperatur kamar.

Proses ini tidak menimbulkan perubahan fasa kecuali rekristalisasi. Banyak faktor yang



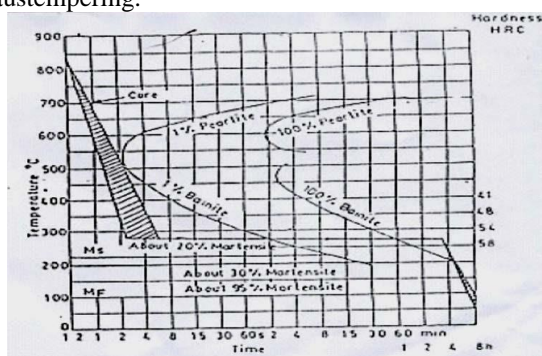
dapat menimbulkan timbulnya tegangan di dalam logam sebagai akibat dari proses pembuatan logam yang bersangkutan menjadi sebuah komponen. Beberapa dari faktor - faktor tersebut antara lain adalah : Pemesinan, Pembentukan, Perlakuan panas, Pengecoran, Pengelasan, dan lain-lain. Penghilangan tegangan sisa dari baja dilakukan dengan memanaskan baja tersebut pada temperatur sekitar 500°C-700°C, tergantung pada jenis baja yang diproses. Pada temperatur diatas 500°C-600°C, baja hampir sepenuhnya elastik dan menjadi ulet.

Berdasarkan hal ini, tegangan sisa yang terjadi di dalam baja pada temperatur seperti itu akan sedikit demi sedikit dihilangkan melalui deformasi plastik setempat akibat adanya tegangan sisa tersebut.

#### 4. Austempering

Austempering dapat diterapkan untuk beberapa kelas baja kekuatan tinggi yang harus memiliki ketangguhan dan keuletan tertentu. Komponen yang mengalami proses ini akan memiliki ketangguhan yang lebih tinggi kekuatan impaknya menjadi lebih baik, batas lelehnya dan keuletannya meningkat dibanding dengan kekerasan yang sama hasil dari proses quench konvensional.

Austempering dilakukan dengan cara mengquench baja dari temperature austenisasinya ke dalam garam cair yang temperturnya sedikit di atas temperatur Ms nya. Lama penahan di dalam cairan garam adalah sehingga seluruh austenit bertransformasi menjadi bainit. Setelah itu baja didinginkan di udara sampai ke temperatur kamar seperti terlihat pada gambar dengan waktu penahan bervariasi 5 sampai dengan 30 menit atau 1 jam pada temperatur austempering 250°C – 270°C. tetapi temperatur perlakuan dan lama penahan yang tepat harus ditentukan dari diagram transformasi yang sesuai dengan baja yang akan di austempering.



**Gambar 11: Temperatur austempering terhadap waktu**

Kekerasan bainit yang diperoleh dari transformasi pada suatu kondisi tertentu secara

kasar identik dengan kekerasan martensit yang distemper pada temperatur yang sama. Kekerasan bainit dipengaruhi oleh komposisi kimia baja dan oleh temperatur cairan garam dengan demikian proses austemper dapat di atur dengan cara mengatur temperatur austemper.

Austempering dilaksanakan dalam tungku garam agar pengontrolan temperturnya dapat dilakukan dengan cermat sehingga kekerasan yang akan dihasilkannya memiliki tingkat kehomogenan yang tinggi. Jika temperatur tungku garam makin rendah, kapasitas pendinginannya akan semakin tinggi. Penambahan 1- 2% air dapat meningkatkan kapasitas pendinginan dari cairan garam pada temperatur 400°C. dan kira – kira 4 kali lebih besar dari pada air garam yang digunakan 45 – 55% Natrium Nitrat dan 45 – 55 % Kalium Nitrat. Garam – garam ini mudah larut dalam air sehingga mudah sekali untuk membersihkan benda kerja. Garam ini secara efektif digunakan pada rentang temperatur 200°C – 500°C.

Delay quenching adalah istilah yang diterapkan pada proses quenching dimana komponen setelah dikeluarkan dari tungku pada temperature pengerasannya dibiarkan beberapa saat sebelum di quench. Ini dimaksudkan agar proses quench terjadi pada temperatur lebih rendah sehingga memperkecil kemungkinan timbulnya distorsi. Cara ini lazim diterapkan pada HSS, baja hotworked dan baja – baja yang dikeraskan permukaannya.

Tujuan utama dari proses pengerasan adalah agar diperoleh struktur martensit yang keras, sekurang – kurangnya di permukaan baja. Hal ini dapat dicapai jika menggunakan media quenching yang efektif sehingga baja didinginkan pada suatu laju yang dapat mencegah terbentuknya struktur yang lebih lunak seperti perlit atau bainit.

Pemilihan medium quenching untuk mengeraskan baja tergantung pada laju pendinginan yang diinginkan agar dicapai kekerasan tertentu. Fluida yang ideal untuk mengquench baja agar diperoleh struktur martensit harus bersifat:

- Mengambil panas dengan cepat di daerah temperatur yang tinggi agar pembentukan perlit dapat dicegah.
- Mendinginkan benda kerja relatif lambat di daerah temperatur yang rendah; misalnya di bawah temperatur 350°C agar distorsi atau retak dapat dicegah.

Terjadinya retak panas atau distorsi selama proses *quench* dapat disebabkan oleh kenyataan bagian luar benda kerja lebih dingin dibanding bagian dalam, dan bagian permukaan adalah yang pertama mencapai kondisi *quench* sedangkan bagian di sebelah dalamnya mendingin dengan laju

pendinginan yang relatif lebih lambat. Adanya perubahan volume dibagian tengah sebagai hasil proses pendinginan akan menimbulkan tegangan termal atau retak – retak di luar bagian benda kerja. Karena itu benda kerja disarankan tidak boleh terlalu cepat melampaui daerah pembentukan martensit dan agar sedikit diluahkan waktu untuk menghilangkan tegangan.

Media quenching dengan garam disebut dengan Salt Bath. Campuran Nitrat dan Nitrit terutama digunakan untuk mengquench benda kerja pada temperatur yang relatif rendah. Garam – garam tersebut dapat digunakan pada rentang temperatur 150°C – 500°C. Pada temperatur di atas 500°C dapat menyebabkan oksidasi yang kuat dan menyebabkan pitting pada permukaan baja, disamping dapat menimbulkan ledakan. Karena itu perlu diperhatikan agar temperatur kerja dari garam tidak dilampaui. Seperti yang diperlihatkan pada tabel garam – garam untuk proses *quench* dibawah ini:

Komposisi Garam	Titik Cair (°C)	Rentang Operasi (°C)
40–50% NaNO <sub>2</sub> + 50–60% NaNO <sub>3</sub>	143	160-500
40–50% NaNO <sub>3</sub> + 50–60% KNO <sub>3</sub>	225	230-550
100% KNO <sub>3</sub>	337	350-500
100% NaNO <sub>3</sub>	370	400-600
50% BaCl + 20% NaCl + 30% KCl	540	570-900
80% NaOH + 20% KOH + ^H <sub>2</sub> O	140	160-200
40–50% KOH + 50–55% NaOH	400	300-400
45–55% CaCl <sub>2</sub> + 25–30% BaCl <sub>2</sub> + 15 – 25% NaCl	530	550-650

**Gambar 12: Garam- garam untuk proses Quench**

## 5. Tempering

Proses memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan disebut proses temper. Dengan proses ini, duktilitas dapat ditingkatkan namun kekerasan dan kekuatannya akan menurun. Pada sebagian besar baja struktur, proses temper dimaksudkan untuk memperoleh kombinasi antara kekuatan, duktilitas dan ketangguhan yang tinggi. Dengan demikian, proses temper setelah proses pengerasan akan menjadikan baja lebih bermanfaat karena adanya struktur yang lebih stabil.

### a. Perubahan Struktur Selama Proses Temper

Proses temper terdiri dari memanaskan baja sampai dengan temperatur di bawah A1 , dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan di udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat temperatur dinaikkan, baja yang dikeraskanakan mengalami 4 tahapan yaitu:

- Pada temperatur 80°C dan 200°C, suatu produk transisi yang kaya akan karbon yang dikenal sebagai karbida, berpresipitasi dari martensit tetragonal sehingga menurunkan tetragonalitas

martensit atau bahkan mengubah martensit tetragonal menjadi ferit kubik. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap pertama. Pada saat ini, akibat keluarnya karbon, volume martensit berkonstraksi. Karbida yang terbentuk pada periode ini disebut sebagai karbidaepsilon.

- Pada temperatur antara 200°C dan 300°C, austenit sisa mengurai menjadi suatu produk seperti bainit. Penampilannya mirip martensit temper. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap kedua. Pada tahap ini volume baja meningkat.
- Pada temperatur antara 300°C dan 400°C terjadi pembentukan dan pertumbuhan sementit dari karbida yang berpresipitasi pada tahap pertama dan kedua. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap ketiga. Periode ini ditandai dengan adanya penurunan volume dan melampaui efek yang ditimbulkan dari penguraian austenit pada tahap kedua.
- Pada temperatur antara 400°C dan 700°C pertumbuhan terus berlangsung dan disertai dengan proses sperodisasi dari sementit. Pada temperature yang lebih tinggi lagi, terjadi pembentukan karbida kompleks pada baja-baja yang mengandung unsur - unsur pembentuk karbida yang kuat. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap keempat.

Perlu diketahui bahwa rentang temperatur yang tertera pada setiap tahap proses temper, adalah spesifik. Dalam praktek, rentang temperatur tersebut bervariasi tergantung pada laju pemanasan, lama penemperan, jenis dan sensitivitas pengukuran yang digunakan. Disamping itu juga tergantung pada komposisi kimia baja yang diproses.

## E. Metode Pengujian Kekerasan Baja Karbon

Logam adalah unsur-unsur yang mempunyai sifat - sifat yang kuat, liat, keras, getas dan penghantar listrik atau panas. Karena sifat - sifat tersebut maka logam dipergunakan untuk berbagai macam keperluan sehingga kehidupan manusia kini tidak bisa lepas dari logam. Dalam berbagai bidang teknik, logam murni jarang dipergunakan, yang banyak dipakai adalah paduan – paduannya yaitu campuran antara dua unsur atau lebih logam dengan logam atau dengan metalloid.

Metode yang sering digunakan adalah metode Vickers, Brinnell dan metode Rockwell.

### 1. Metoda Pengujian Kekerasan Brinell

Pada metoda Brinell, indentor yang digunakan berbentuk bola yang terbuat dari baja yang telah dikeraskan. Beban atau gaya penekanan yang diberikan adalah antara 500 – 3000 kilogram. Nilai kekerasannya merupakan perbandingan antara beban penekanan terhadap

luas indentasi. Skematika dan Formulasi untuk menghitung nilai kekerasan metoda Brinell adalah sebagai berikut:

$$HBN = 2F / (3.14D \times (D - (D^2 - D^2)))$$

HBN = Bilangan kekerasan Brinell, the Brinell hardness number

F = Beban, Gaya tekan dalam kg, the imposed load in kg

D = Diameter Indentor Bola dalam mm, the diameter of the spherical indenter in mm

D = Diameter jejak indentasi dalam mm, diameter of the resulting indenter impression in mm

## 2. Metoda Pengujian Kekerasan Rockwell.

Pengujian kekerasan metoda Rockwell menggunakan indentor berupa bola baja yang dikeraskan atau dapat juga menggunakan indentor berupa kerucut intan. Beban atau gaya yang digunakan untuk penekanan adalah bervariasi tergantung pada logam yang diuji. Nilai kekerasannya didasarkan pada kedalaman indentasi yang terjadi. Nilai kekerasan metode Rockwell dibagi dalam Skala kekerasan yaitu: kekerasan Rockwell skala C, biasa ditulis dengan HRC.

Kekerasan Rockwell skala B ditulis dengan HRB. Kekerasan Rockwell skala B digunakan untuk bahan atau logam yang relative lunak, sedangkan Rockwell skala C digunakan untuk logam yang relative keras. Kekerasan Rockwell B menggunakan indentor bola baja berdiameter 1,6 mm dengan beban 100 kilogram. Sedangkan kekerasan Rockwell skala C menggunakan indentor kerucut intan dengan beban penekanan sebesar 150 kilogram.

## 3. Metoda Pengujian Kekerasan Vickers

Prinsip dari pengujian kekerasan metode Vickers mirip dengan metode Brinell. Sudut indentor piramida berlian Vickers adalah 136 derajat, Jejak indentasi yang dihasilkan oleh indentor Vickers lebih jelas, daripada jejak indentor dari pengujian metoda Brinell.

Sehingga metode ini memiliki akurasi yang lebih baik. Karena kelebihan ini, maka metoda Vickers lebih banyak digunakan dalam dunia penelitian dan pendidikan. Aplikasi dari metoda ini sangat luas, mulai untuk logam yang memiliki nilai Vickers rendah 5 HV pada logam yang lunak, sampai logam dengan nilai Vicker tinggi sekitar 1500 HV pada logam yang sangat keras. Beban, yang digunakan sangat bervariasi mulai dari 1kgf sampai 120 kgf, untuk uji kekerasan makro, dan 15 – 1000 gram untuk uji kekerasan mikro. Waktu yang digunakan untuk pembebanan indentasi biasanya adalah selama 30 detik.

Bilangan kekerasan Vickers (HV) dihitung dengan formula:

$$HV = 1,854 \times F / D^2$$

F = beban yang diterapkan, kg

D = panjang diagonal jejak indentasi, mm

Panjang diagonal dari jejak indentasi diukur dengan menggunakan mikroskop optik, yang biasanya merupakan bagian integral atau satu kesatuan dari peralatan uji Vickers.

## METODE PENELITIAN

### A. Jadwal dan Tempat Penelitian

#### 1. Waktu penelitian

Dilaksanakan pada bulan september 2020 sampai dengan selesai.

#### 2. Tempat penelitian

Dilakukan di Bengkel las yang berlokasi di Jl.Raya Tanah Baru KM 1,5, Belakang Sekolah SMK Kusuma Bangsa, Tanah Baru, Depok, Jawa Barat.

### B. Alat dan Material Pengujian

#### 1. Jominy test

Alat uji *Jominy* ialah sebuah alat bantu dalam proses pendinginan (*quenching*) dalam pengujian mampu keras (*hardenability*) pada baja.



Gambar 13: Alat uji *Jominy*

#### 2. Tungku pembakaran material (*furnace*)

*Furnace* atau juga sering disebut dengan tungku pembakaran adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk pemanasan. Nama itu berasal dari bahasa latin *Fornax, oven*. Kadang-kadang orang juga menyebutnya dengan kiln.

#### 3. Rockwell

*Rockwell Hardness Test* adalah pengukuran kekerasan berdasarkan kenaikan bersih kedalaman kesan sebagai beban diterapkan. Kekerasan tidak memiliki nomor unit dan biasanya diberikan dalam skala R, L, M, E dan K. Semakin tinggi jumlah di setiap skala berarti bahan lebih keras.

#### 4. Termometer

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu (temperatur), ataupun perubahan suhu. Istilah termometer berasal dari bahasa Latin *thermo* yang berarti panas dan *meter* yang berarti untuk mengukur.

**5. Material/spesimen (baja yang berbentuk tabung)**

Menurut kamus besar bahasa indonesia(KBBI) spesimen adalah bagian dari kelompok atau bagian dari keseluruhan. Spesimen merupakan sekumpulan dari satu bagian atau lebih bahan yang diambil langsung dari sesuatu.



**Gambar 14: Spesimen baja**

**6. Penjepit (tang)**

Tang adalah alat yg digunakan untuk memegang benda kerja. Tang terbuat dari baja dan pemegangnya dilapisi dengan karet keras.

**7. Sarung tangan anti panas**

Untuk melindungi tangan dari panasnya tungku pembakaran.

**C. Proses Pengujian Alat**

Proses pengujian dengan menggunakan alat uji *jominy* dan alat bantu lainnya jika sudah siap segala sesuatu yang dibutuhkan:

1. Pertama bakar spesimen yang akan kita uji sampai suhu tertentu
2. Lalu angkat jika sudah memenuhi kriteria yang kita inginkan.
3. Lalu taruh di alat *jominy* dengan langsung semprotkan air dengan tekanan air tertentu
4. Setelah dingin merata pada bagian semua spesimen ukur dengan alat ukur kekerasan
5. Lalu catat angkanya

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

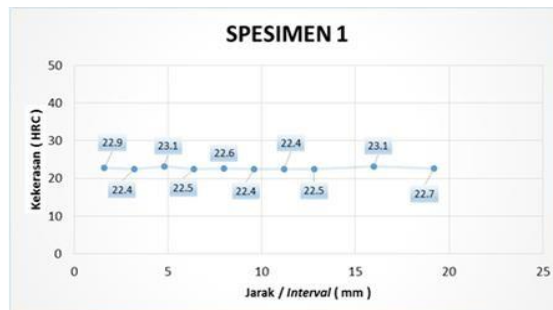
**A. Pembahasan**

Setelah dilakukan Uji *Jominy* kemudian dilakukan pengujian kekerasan *Rockwell C*. Pengujian *rockwel* dilakukan pada titik-titik interval yang telah dibuat kemudian data kekerasan tersebut dituangkan ke dalam tabel agar mudah untuk dipahami.

Dalam Tabel berikut berisikan data interval jarak dari ujung benda uji yang terkena semburan hingga bagian yang terjauh dari semburan serta hasil kekerasan benda uji pada setiap interval dengan satuan HRC.

**Gambar 15 : Tabel kekerasan spesimen 1 tanpa proses heat treatmen**

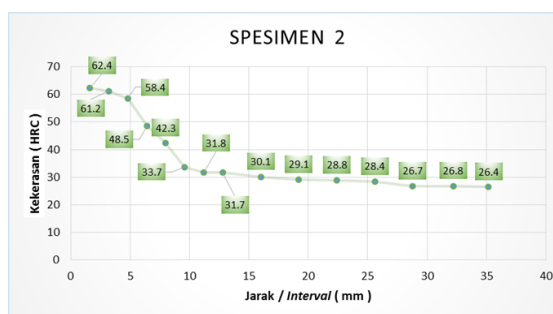
Interval penentuan titik pengujian Rockwell, yaitu 1/16 inchi, jarak ini mengikuti standar ASTM A255. Kekerasan tersebut kemudian dibuat grafik kekerasan yang terlampir pada Gambar 16, Gambar 17, dan Gambar 18.



**Gambar 16: Grafik kekerasan spesimen 1 tanpa proses heat treatment**

Penjejakan Indentation	Jarak Interval	Kekerasan Rockwell (HRC)
1	1.6	62.4
2	3.2	61.2
3	4.8	58.4
4	6.4	48.5
5	8	42.3
6	9.6	33.7
7	11.2	31.8
8	12.8	31.7
9	16	30.1
10	19.2	29.1
11	22.4	28.8
12	25.6	28.4
13	28.8	26.7
14	32.2	26.8
15	35.2	26.4

**Gambar 17: data kekerasan spesimen 2 dengan pengujian *jominy***

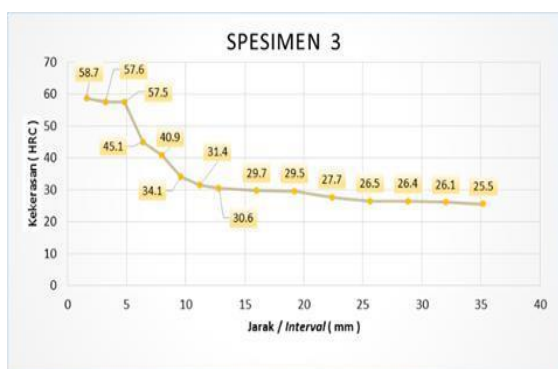


**Gambar 18:Grafik hardenability band spesimen 2**

Penjejakan Indentation	Jarak Interval	Kekerasan Rockwell (HRC)
1	1.6	22.9
2	3.2	22.4
3	4.8	23.1
4	6.4	22.5
5	8	22.6
6	9.6	22.4
7	11.2	22.4
8	12.8	22.5
9	16	23.1
10	19.2	22.7

Penjejakan <i>Indentation</i>	Jarak <i>Interval</i>	Kekerasan Rockwell (HRC)
1	1.6	58.7
2	3.2	57.6
3	4.8	57.5
4	6.4	45.1
5	8	40.9
6	9.6	34.1
7	11.2	31.4
8	12.8	30.6
9	16	29.7
10	19.2	29.5
11	22.4	27.7
12	25.6	26.5
13	28.8	26.4
14	32	26.1
15	35.2	25.5

Gambar 19: data kekerasan spesimen 3 dengan pengujian *jominy*



Gambar 20: Grafik hardenability band spesimen 3

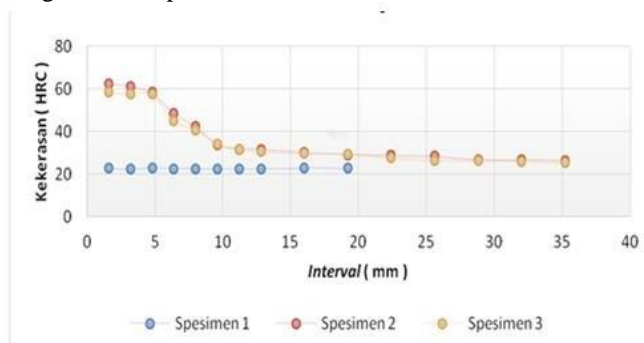
Dari ketiga benda uji yang telah diujikan kemudian dimasukkan kedalam tabel *summary* agar mudah untuk dibandingkan antara benda uji satu dengan yang lainnya. Kemudian dari ketiga hasil data kekerasan tersebut dibuat rata-ratanya. Gambar 21 memaparkan data hasil *summary* dari pengujian yang dilakukan.

No	Interval		Harga Kekerasan (HRC)			Average $\frac{2+3}{2}$
	Inchi	mm	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	
1	1/16	1.6	22.9	62.4	58.7	61
2	2/16	3.2	22.4	61.2	57.6	59
3	3/16	4.8	23.1	58.4	57.5	58
4	4/16	6.4	22.5	48.5	45.1	47
5	5/16	8	22.6	42.3	40.9	42
6	6/16	9.6	22.4	33.7	34.1	34
7	7/16	11.2	22.4	31.8	31.4	32
8	8/16	12.8	22.5	31.7	30.6	31
9	10/16	16	23.1	30.1	29.7	30
10	12/16	19.2	22.7	29.1	29.5	29
11	14/16	22.4	-	28.8	27.7	28
12	16/16	25.6	-	28.4	26.5	27
13	18/16	28.8	-	26.7	26.4	27
14	20/16	32	-	26.8	26.1	26
15	22/16	35.2	-	26.4	25.5	26

Gambar 21: data hasil *summary* dari 3 spesimen

Ketiga kurva *hardenability band* tersebut

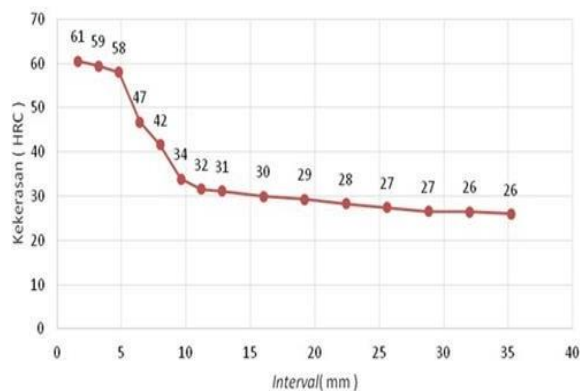
kemudian digambarkan pada satu grafik yang digambarkan pada Gambar 22:



Gambar 22:Grafik hardenability band gabungan 3 Spesimen

Dari gambar gambar 22 terlihat perbandingan antara benda uji AISI 1045 yang tidak mendapat perlakuan *jominy* dengan yang mendapat perlakuan *jominy*, dimana kekerasan tanpa uji *jominy* rata 22 s/d 23 HRC, sedangkan yang mendapat perlakuan *jominy* harga kekerasan tertinggi bisa mencapai 62,4 HRC dan terendah pada 25,5 HRC Gambar 14 merupakan Kurva *Hardenability Band* rata-rata dari ketiga benda uji.

Rata-rata dari 2 spesimen dengan pengujian *jominy*



Gambar 23 :Grafik Hardenability rata-rata

Pada gambar 23 menunjukkan rata-rata angka yang didapat pada 2 spesimen yang dapat perlakuan panas

**KESIMPULAN**

1. Alat *jominy test* yang dibuat sudah sesuai dengan rancangan dengan dimensi panjang 500mm, lebar 450mm dan tinggi 1120 mm dengan berat tidak lebih dari 75 kg, dari dimensi ini alat tidak terlalu memerlukan tempat yang luas terutama dalam penyimpanan serta mudah untuk dipindah-

- pindahkan.
2. Kekerasan material pada baja AISI 1045 tanpa perlakuan heat treatment berkisar antara 22 – 23 HRC. Harga kekerasan tertinggi baja AISI 1045 setelah perlakuan panas 62,4 HRC pada specimen 2 dan terendah 25,5 HRC pada spesimen 3.
  3. Setelah kita melakukan pengujian kekerasan kita dapat simpulkan bahwa setiap material akan mempunyai harga kekasaran yang berbeda-beda.
  4. Begitu pula setelah melakukan pengujian jominy test kita dapat menyimpulkan bahwa jominy test adalah metode yang sering dipakai untuk menentukan mampu keras suatu baja dan paduannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ANNUAL BOOK of ASTM STANDARDS, 1998, *Standard Test Method for End-Quench Test for Hardenability of Steel*, American Society for Testing and Materials.
- Callister, W. D. J., 1996, *Materials Science and Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., United States of America
- Jutz H dan Scharkus E., 1996, *Westermann Tables for the Metal Trade*, Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Kamarwan, S.S., 1995, *Statika Bagian Dari Mekanika Teknik*, UI-PRESS, Jakarta.
- Kenyon, W. dan Ginting D., 1985, *Dasar-dasar Pengelasan*, Erlangga, Jakarta.
- Khurmi, R.S. dan Gupta J.K., 2002, *Machine Design*, S. C Had & Company LTD, Ram Nagar-New Delhi.
- Marsyahyo, E., 2003, *Mesin Perkakas Pemotongan Logam*, Bayumedia Publishing, Jakarta.
- Popov E.P., 1996, *Mekanika Teknik (Machine of Material)*, Erlangga, Jakarta. Singer F.L. dan Pytel, Andrew, 1995, *Kekuatan Bahan*, Erlangga, Jakarta.