

II TINJAUAN PUSTAKA

A. *Heat Treatment*

Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian dari logam atau sebagian dari logam.

Adanya sifat *alotropik* dari besi menyebabkan timbulnya variasi struktur mikro dari berbagai jenis logam. *Alotropik* itu sendiri adalah merupakan transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk susunan atom yang lain. Pada temperatur dibawah 910°C sel satuannya *Body Center Cubic* (BCC), temperatur antara 910°C dan 1392°C sel satuannya *Face Center Cubic* (FCC) sedangkan temperatur diatas 1392°C sel satuannya kembali menjadi BCC.

Proses perlakuan panas ada dua kategori, yaitu :

1. *Softening* (Pelunakan) : Adalah usaha untuk menurunkan sifat mekanik agar menjadi lunak dengan cara mendinginkan material yang sudah dipanaskan didalam tungku (*annealing*) atau mendinginkan dalam udara terbuka (*normalizing*).
2. *Hardening* (Pengerasan) : Adalah usaha untuk meningkatkan sifat material terutama kekerasan dengan cara selup cepat (*quenching*) material yang sudah dipanaskan ke dalam suatu media quenching berupa air, air garam, maupun oli.

Berikut adalah macam-macam proses *Heat Treatment* yang biasanya dilakukan

a) ***Hardening***

Hardening adalah perlakuan panas terhadap logam dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami logam. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan, jangka waktu penghentian yang memadai pada suhu pengerasan dan pendinginan (pengejukan) berikutnya secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis. Akibat pengejukan dingin dari daerah suhu pengerasan ini, dicapai suatu keadaan paksaan bagi struktur baja yang merangsang kekerasan, oleh karena itu maka proses pengerasan ini disebut pengerasan kejut.

Karena logam menjadi keras melalui peralihan wujud struktur, maka perlakuan panas ini disebut juga pengerasan alih wujud.

Kekerasan yang dicapai pada kecepatan pendinginan kritis (martensit) ini diringi kerapuhan yang besar dan tegangan pengejukan, karena itu pada umumnya dilakukan pemanasan kembali menuju suhu tertentu dengan

pendinginan lambat. Kekerasan tertinggi (66-68 HRC) yang dapat dicapai dengan pengerasan kejut suatu baja, pertama bergantung pada kandungan zat arang, kedua tebal benda kerja mempunyai pengaruh terhadap kekerasan karena dampak kejutan membutuhkan beberapa waktu untuk menembus ke sebelah dalam, dengan demikian maka kekerasan menurun kearah inti.

2. *Tempering*

Perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan menguatkan baja dari kerapuhan disebut dengan memudakan (*tempering*). *Tempering* didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan pada temperatur *tempering* (di bawah suhu kritis), yang dilanjutkan dengan proses pendinginan. Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan, melalui proses *tempering* kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedang keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat.

Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak, proses ini berbeda dengan proses *anil* (*annealing*) karena sifat-sifat fisis dapat dikendalikan dengan cermat.

Pada suhu 200°C sampai 300°C laju difusi lambat hanya sebagian kecil karbon dibebaskan, hasilnya sebagian struktur tetap keras tetapi mulai kehilangan kerapuhannya. Di antara suhu 500°C dan 600°C difusi

berlangsung lebih cepat, dan atom karbon yang berdifusi di antara atom besi dapat membentuk *cementit*.

a) Menurut tujuannya proses tempering dibedakan sebagai berikut :

Tempering pada suhu rendah ($150^{\circ} - 300^{\circ}\text{C}$)

Tempering ini hanya untuk mengurangi tegangan-tegangan kerut dan kerapuhan dari baja, biasanya untuk alat-alat potong, mata bor dan sebagainya.

b) Tempering pada suhu menengah ($300^{\circ} - 550^{\circ}\text{C}$)

Tempering pada suhu sedang bertujuan untuk menambah keuletan dan kekerasannya sedikit berkurang. Proses ini digunakan pada alat-alat kerja yang mengalami beban berat, misalnya palu, pahat, pegas. Suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 500°C pada proses tempering.

c) Tempering pada suhu tinggi ($550^{\circ} - 650^{\circ}\text{C}$)

Tempering suhu tinggi bertujuan memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasannya menjadi agak rendah misalnya pada roda gigi, poros batang penggerak dan sebagainya.

3. *Anealing*

Anealing adalah perlakuan panas logam dengan pendinginan yang lambat berfungsi untuk memindahkan tekanan internal atau untuk mengurangi dan menyuling struktur kristal (melibatkan pemanasan di atas temperatur kritis bagian atas). logam dipanaskan sekitar 25°C di atas temperatur kritis bagian atas, ditahan dalam beberapa waktu, kemudian didinginkan pelan-pelan di

tungku perapian. Proses ini digunakan untuk memindahkan tekanan internal penuh sebagai hasil proses pendinginan. Berikutnya pendinginan logam diatur kembali di dalam sama benar untuk menurunkan energi bentuk wujud, tegangan yang baru dibebaskan dibentuk dan pertumbuhan butir dukung. Tujuannya untuk menghilangkan *internal stress* pada logam dan untuk menghaluskan grain (batas butir) dari atom logam, serta mengurangi kekerasan, sehingga menjadi lebih ulet.

Annealing terdiri dari 3 proses yaitu :

a) *Fase recovery*

Fase recovery adalah hasil dari pelunakan logam melalui pelepasan cacat kristal (tipe utama dimana cacat linear disebut dislokasi) dan tegangan dalam.

b) *Fase rekristalisasi*

Fase rekristalisasi adalah fase dimana butir nucleate baru dan tumbuh untuk menggantikan cacat- cacat oleh tegangan dalam

c) *Fase grain growth* (tumbuhnya butir)

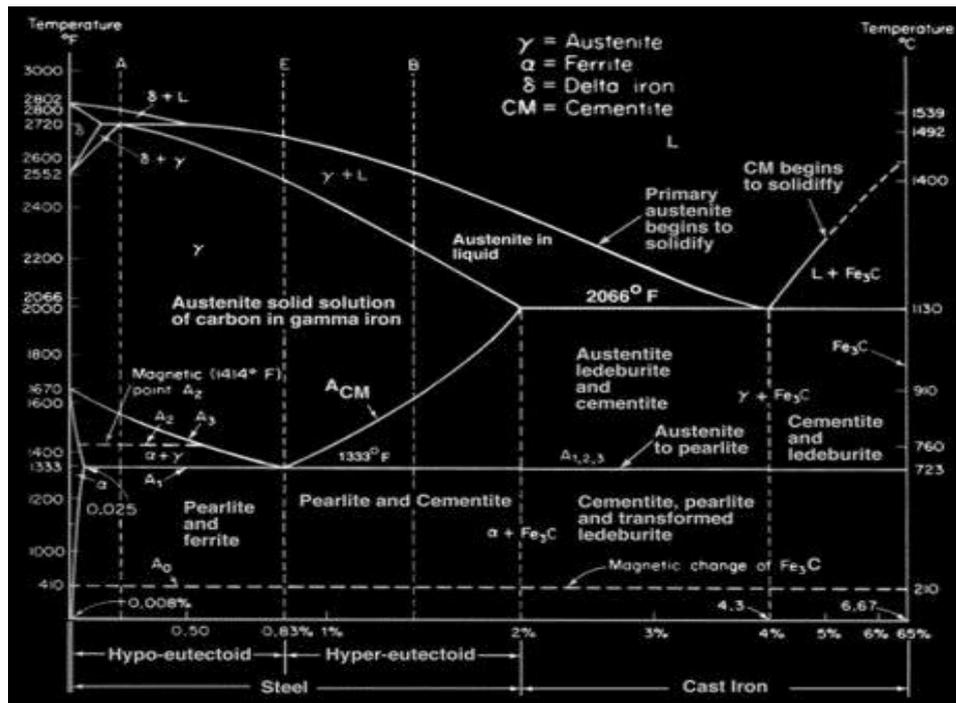
Fase grain growth (tumbuhnya butir) adalah fase dimana mikrostruktur mulai menjadi kasar dan menyebabkan logam tidak terlalu memuaskan untuk proses pemesinan.

4. *Normalizing*

Normalizing adalah perlakuan panas logam di sekitar 40°C di atas batas kritis logam, kemudian di tahan pada temperatur tersebut untuk masa waktu yang cukup dan dilanjutkan dengan pendinginan pada udara terbuka. Pada proses pendinginan ini temperatur logam terjaga untuk sementara waktu sekitar 2 menit per mm dari ketebalan-nya hingga temperatur spesimen sama dengan temperatur ruangan, dan struktur yang diperoleh dalam proses ini diantaranya *perlit (eutectoid)*, *perlit brown ferrite (hypoeutectoid)* atau *perlit brown cementite (hypereutectoid)*.

Normalizing digunakan untuk menyuling struktur butir dan menciptakan suatu *austenite* yang lebih homogen ketika baja dipanaskan kembali.

(www.steelindonesia.com)



Gambar 1. Diagram fasa Fe-Fe₃C
(Sumber : www.steelindonesia.com)

Dari gambar diatas dapat diterangkan atau dibaca diantaranya

1. Pada kandungan karbon mencapai 6.67% terbentuk struktur mikro dinamakan *Cementit* Fe₃C (dapat dilihat pada garis vertikal paling kanan). Sifat – sifat *cementit* diantaranya sangat keras dan sangat getas
2. Pada sisi kiri diagram dimana pada kandungan karbon yang sangat rendah, pada suhu kamar terbentuk struktur *mikro ferit*.
3. Pada baja dengan kadar karbon 0.83%, struktur mikro yang terbentuk adalah *Perlit*, kondisi suhu dan kadar karbon ini dinamakan titik *Eutectoid*.
4. Pada baja dengan kandungan karbon rendah sampai dengan titik *eutectoid*, struktur mikro yang terbentuk adalah campuran antara *ferit* dan *perlit*.

5. Pada baja dengan kandungan titik *eutectoid* sampai dengan 6.67%, struktur mikro yang terbentuk adalah campuran antara perlit dan sementit.
6. Pada saat pendinginan dari suhu leleh baja dengan kadar karbon rendah, akan terbentuk struktur mikro *Ferit Delta* lalu menjadi struktur mikro *Austenit*.
7. Pada baja dengan kadar karbon yang lebih tinggi, suhu leleh turun dengan naiknya kadar karbon, peralihan bentuk langsung dari leleh menjadi *Austenit*.

B. 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 austenite, difusi karbon dan unsur paduannya. Pedoman untuk menentukan *holding time* dari berbagai jenis baja pada yang umum diantaranya sebagai berikut.

- Baja Konstruksi dari Baja Karbon dan Baja Paduan Rendah; yang mengandung karbida yang mudah larut, diperlukan *holding time* yang singkat, 5 – 15 menit setelah mencapai temperatur pemanasannya dianggap sudah memadai.
- Baja Konstruksi dari Baja Paduan Menengah dianjurkan menggunakan *holding time* 15 – 25 menit, tidak tergantung ukuran benda kerja.

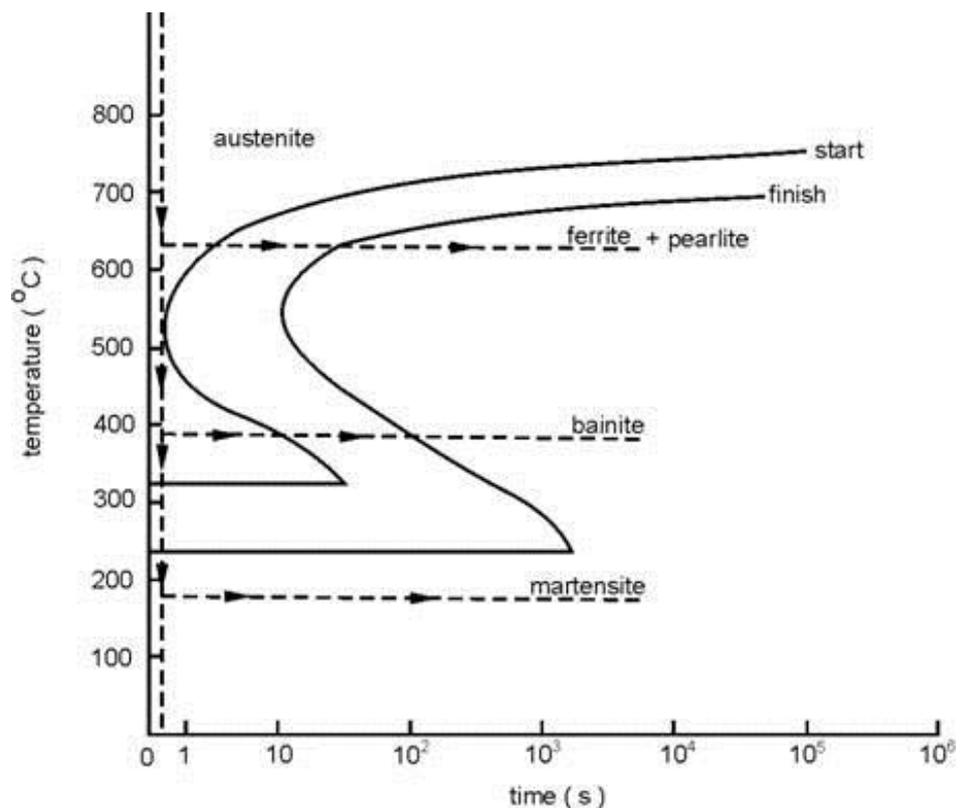
- *Low Alloy Tool Steel*; memerlukan *holding time* yang tepat agar kekerasan yang diinginkan dapat tercapai. Dianjurkan menggunakan 0,5 menit per millimeter tebal benda, atau 10 – 30 menit.
- *High Alloy Chrome Steel*; Membutuhkan *holding time* yang paling panjang diantara semua baja perkakas, juga tergantung pada temperatur pemanasannya. Juga diperlukan kombinasi temperatur dan *holding time* yang tepat. Biasanya dianjurkan menggunakan 0,5 menit per millimeter tebal benda dengan minimum 10 menit, maksimum 3 jam.
- *Hot Work Tool Steel*; mengandung karbida yang sulit larut, baru akan larut pada suhu 1000°C. Pada temperatur ini kemungkinan terjadinya pertumbuhan butir sangat besar, karena itu *holding time* harus dibatasi, 15 – 30 menit.
- *High Speed Steel*; memerlukan temperatur pemanasan yang sangat tinggi 1200°C - 1300°C. Untuk mencegah terjadinya pertumbuhan *holding time* diambil hanya beberapa menit saja. (*jurnal, 2008*)

C. Quenching

Proses *quenching* melibatkan beberapa faktor yang saling berhubungan. Pertama yaitu jenis media pendingin dan kondisi proses yang digunakan, yang kedua adalah komposisi kimia dan *hardenability* dari logam tersebut. *Hardenability* merupakan fungsi dari komposisi kimia dan ukuran butir pada temperatur tertentu. Selain itu, dimensi dari logam juga berpengaruh terhadap hasil proses *quenching*.

1. Pendinginan tidak menerus

Jika suatu baja didinginkan dari suhu yang lebih tinggi dan kemudian ditahan pada suhu yang lebih rendah selama waktu tertentu, maka akan menghasilkan struktur mikro yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada diagram *Isothermal Transformation Diagram* dibawah ini.



Gambar 2. *Isothermal Transformation Diagram*
(Sumber : www.steelindonesia.com)

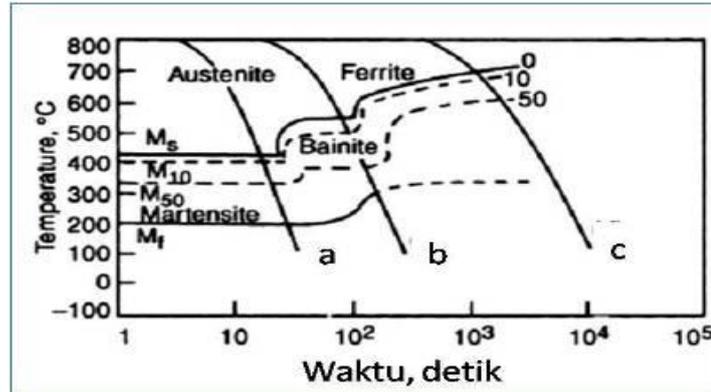
Berikut beberapa penjelasan tentang diagram diatas

- a) Bentuk diagram tergantung dengan komposisi kimia terutama kadar karbon dalam baja tersebut

- b) Untuk baja dengan kadar karbon kurang dari 0.83% yang ditahan suhunya dititik tertentu dan letaknya dibagian atas dari kurva C, akan menghasilkan struktur *perlit* dan *ferit*.
- c) jika ditahan suhunya pada titik tertentu bagian bawah kurva C tapi masih disisi sebelah atas garis horizontal, maka akan mendapatkan struktur *mikro Bainit* (lebih keras dari *perlit*).
- d) Bila ditahan suhunya pada titik tertentu dibawah garis horizontal, maka akan mendapat struktur *Martensit* (sangat keras dan getas).
- e) Semakin tinggi kadar karbon, maka kedua buah kurva C tersebut akan bergeser kekanan.
- f) Ukuran butir sangat dipengaruhi oleh tingginya suhu pemanasan, lamanya pemanasan dan semakin lama pemanasannya akan timbul butiran yang lebih besar. Semakin cepat pendinginan akan menghasilkan ukuran butir yang lebih kecil.

2. Pendinginan Terus menerus

Dalam prakteknya proses pendinginan pada pembuatan material baja dilakukan secara menerus mulai dari suhu yang lebih tinggi sampai dengan suhu rendah. Pengaruh kecepatan pendinginan terus menerus terhadap struktur mikro yang terbentuk dapat dilihat dari diagram *Continuous Cooling Transformation Diagram*.



Gambar 3. *Continuos Cooling Transformation Diagram.*
(Sumber : www.aradra.biz/sain-teknologi.html)

Penjelasan diagram:

Kurva pendinginan (a) menunjukkan pendinginan secara kontinyu yang sangat cepat dari temperature austenite sekitar 920 celcius ke temperature 200 celcius. Laju pendinginan cepat ini menghasilkan dekomposisi fasa austenite menjadi martensit. Fasa Austenite akan mulai terdekomposisi menjadi martensit pada Temperature M_s , martensite start. Sedangkan akhir pembentukan martensit akan berakhir ketika pendinginan mencapai temperature M_f , martensite finish.

Kurva pendinginan (b) menunjukkan pendinginan kontinyu dengan laju sedang/medium dari temperature 920 celcius ke 250 celcius. Dengan laju pendinginan kontinyu ini fasa austenite terdekomposisi menjadi struktur bainit.

Kurva pendinginan (c) menunjukkan pendinginan kontinyu dengan laju pendinginan lambat dari temparatur 920 celcius ke 250 celcius. Pendinginan lambat ini menyebabkan fasa austenite terdekomposisi manjadi fasa ferit dan perlit.

D. Baja Karbon

Baja adalah logam paduan, dimana logam besi adalah unsur dasarnya yang diikuti dengan beberapa elemen lainnya termasuk karbon. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% sesuai jenis baja itu sendiri. Karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon, adalah elemen-elemen yang ada pada baja karbon. Selain itu, ada elemen lain yang ditambahkan untuk membedakan karakteristik antara beberapa jenis baja diantaranya: mangan, nikel, krom, molybdenum, boron, titanium, vanadium dan niobium. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya kita dapat mendapatkan kualitas baja yang kita inginkan. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi.

Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*). Sedangkan Mangan dipadukan dalam baja karbon dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan luluh dengan kandungan tidak lebih dari 0,5 % untuk dapat mencegah terjadinya kegetasan pada suhu tinggi (*hot shortness*) dan untuk mempermudah proses *rolling* saat pembentukan raw material.

Untuk *Phosphor (P)* dan *Sulfur (S)* Kedua unsur ini sedapat mungkin diminimalisir dalam paduan baja karbon, karena pada dasarnya sulit untuk mendapatkan paduan baja karbon tanpa phosphor dan sulfur. *Phosphor* menimbulkan sifat getas dan menurunkan kekuatan baja dalam menahan

beban benturan pada suhu rendah. Sedangkan *Sulfur* menyebabkan baja menjadi getas pada suhu tinggi. Karena hal itu, batas maksimal kandungan keduanya tidak boleh melebihi 0,05 %.

E. Pengelompokan Jenis Baja Karbon

1. Baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,25 %,

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,25 %, Baja ini memiliki keuletan yang baik namun tidak memiliki kekerasan baik dan tidak dapat dilakukan perlakuan panas karena jumlah karbonnya yang sedikit yang mengakibatkan tidak terbentuknya proses *martensit* pada proses perlakuan panas. Baja ini biasanya digunakan untuk bahan manufaktur karena baja karbon rendah memiliki sifat mampu tempa yang baik, mampu mesin tinggi, dan mampu bentuk yang tinggi karena keuletannya.

2. Baja karbon sedang dengan kadar karbon 0,25 – 0,6 %

Baja karbon jenis ini mengandung unsur karbon antara 0,25 sampai dengan 0,6 %. Baja ini dapat dinaikkan sifat mekaniknya dengan melalui perlakuan panas *austenitizing*, *quenching*, dan *tempering*, biasanya baja ini banyak dipakai dalam kondisi hasil *tempering* sehingga struktur mikronya *martensit*. baja ini memiliki kekuatan yang baik serta nilai keuletan maupun kekerasannya juga baik, baja karbon sedang umumnya digunakan sebagai bahan baku alat-alat perkakas, komponen mesin seperti poros putaran tinggi, roda gigi, *cranksaft* batang penghubung piston, pegas dan lainnya.

3. Baja karbon tinggi mengandung 0,6 – 1,4 % karbon.

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang mengandung karbon antara 0,60 sampai dengan 1,4 %. Baja karbon ini mempunyai kekerasan yang tinggi namun keuletannya yang rendah, biasanya digunakan untuk keperluan yang memerlukan ketahanan terhadap *defleksi*, beban gesek dan temperatur tinggi seperti *bearing*, mata bor, palu, mata pahat, gergaji, blok silinder, cincin torak dan sebagainya. (Van,2005)

F. Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 termasuk dalam baja karbon sedang . Hal ini dapat diketahui dari kandungan unsur karbon yang ditunjukkan pada kode penamaannya berdasarkan AISI yang merupakan badan standarisasi baja *American Iron and Steel Institute* dengan kode 1045 dimana angka 10xx menyatakan karbon steel dan angka 45 menyatakan kadar karbon dengan persentase 0,45 %.

Baja AISI 1045 memiliki karakter dengan kemampuan las, mesin, serta menyerap beban impak yang cukup baik. baja AISI 1045 memiliki cakupan aplikasi yang cukup luas diantaranya digunakan sebagai roda gigi, pin ram, batang ulir kemudi, baut pengikat komponen dalam mesin, poros engkol, batang penghubung, bearing, dan lainnya.

Berikut ini adalah sifat-sifat mekanis dari baja karbon AISI 1045

Tabel 1 Sifat-sifat mekanis baja karbon AISI 1045

Sifat Mekanis	Baja Karbon AISI 1045
Berat Spesifik (yield)	7.7-8.03 (x1000kg/m ³)
Modulus Elastisitas	190-210 Gpa
Kekuatan Geser	505 MPa
Kekuatan Tarik	585Mpa
Kekerasan	179.8
Elongation	12%

Sumber : www.ezlok.com

Dan berikut adalah tabel komposisi kimia dari baja AISI 1045

Tabel 2 komposisi kimia AISI 1045

Unsur	C	Mn	P	S	Fe
%	0.43-0.50	0.6-0.90	0.04 Max	0.050 Max	Sisanya

Sumber : www.ezlok.com

G. Kekuatan Tarik

Pengujian tarik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu logam dan paduannya. Pengujian ini paling sering dilakukan karena merupakan dasar pengujian-pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinyu dan perlahan semakin besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai

perpanjangan yang dialami benda uji. Kemudian dapat dihasilkan tegangan dan regangan.

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_0} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

σ_u = Tegangan tarik maxsimal (MPa)

P_u = Beban tarik (kN)

A_0 = Luasan awal penampang (mm²)

Regangan yang dipergunakan pada kurva diperoleh dengan cara membagi perpanjangan panjang ukur dengan panjang awal, persamaanya yaitu:

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

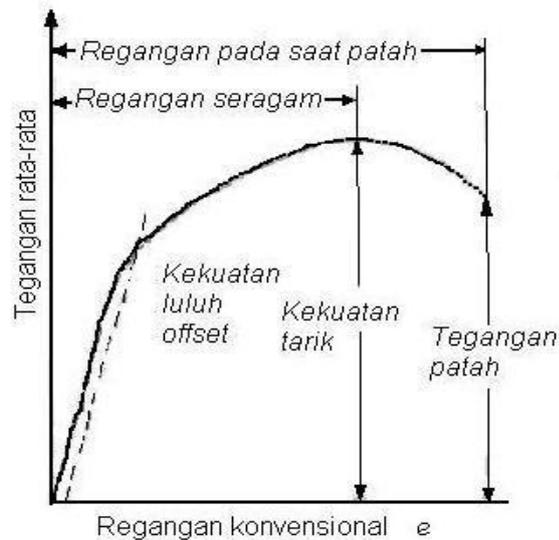
Dimana:

ε = Regangan (%)

L_0 = Panjang awal (mm)

L_f = Panjang akhir (mm)

Pembebanan tarik dilaksanakan dengan mesin pengujian tarik yang selama pengujian akan mencatat setiap kondisi bahan sampai terjadinya tegangan ultimate, juga sekaligus akan menggambarkan diagram tarik benda uji, adapun panjang L_f akan diketahui setelah benda uji patah dengan menggunakan pengukuran secara normal, tegangan ultimate adalah tegangan tertinggi yang bekerja pada luas penampang semula. Diagram yang diperoleh dari uji tarik pada umumnya digambarkan sebagai diagram tegangan regangan.



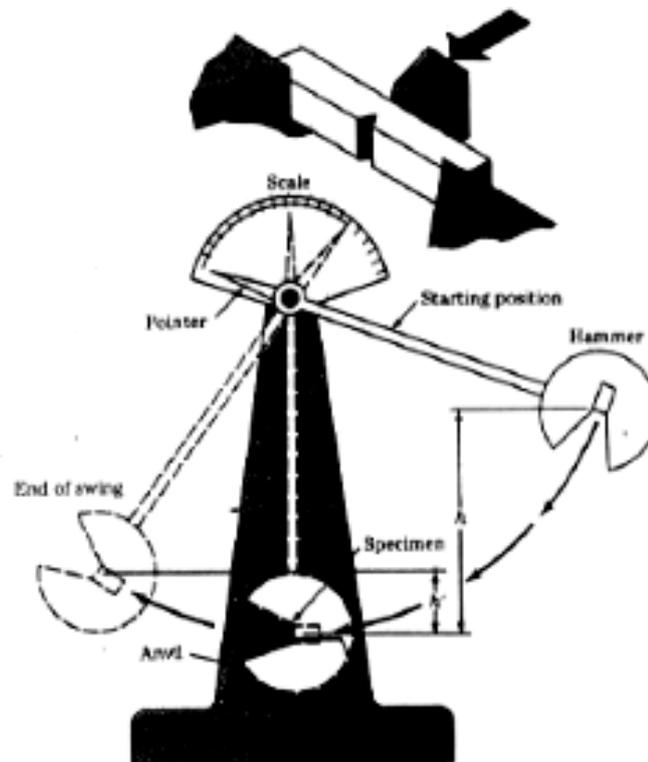
Gambar 4. Kurva tegangan – regangan rekayasa

Dari Gambar 5. ditunjukkan bahwa bentuk dan besaran pada kurva tegangan regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastis yang pernah dialami, laju regangan, suhu dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan regangan logam yaitu Kekuatan tarik, Kekuatan Luluh, dan Perpanjangan (Satoto, 2002).

H. Uji Impak/Ketangguhan baja

Untuk menentukan sifat perpatahan suatu logam, keuletan maupun kegetasannya, dapat dilakukan suatu pengujian yang dinamakan dengan uji impak. Umumnya pengujian impak menggunakan batang ber-takik. Berbagai jenis pengujian impak batang bertakik telah digunakan untuk menentukan kecenderungan benda untuk bersifat getas. Dengan jenis uji ini dapat diketahui perbedaan sifat benda yang tidak teramati dalam uji tarik. Hasil yang

diperoleh dari uji batang bertakik tidak dengan sekaligus memberikan besaran rancangan yang dibutuhkan, karena tidak mungkin mengukur komponen tegangan tiga sumbu pada takik.

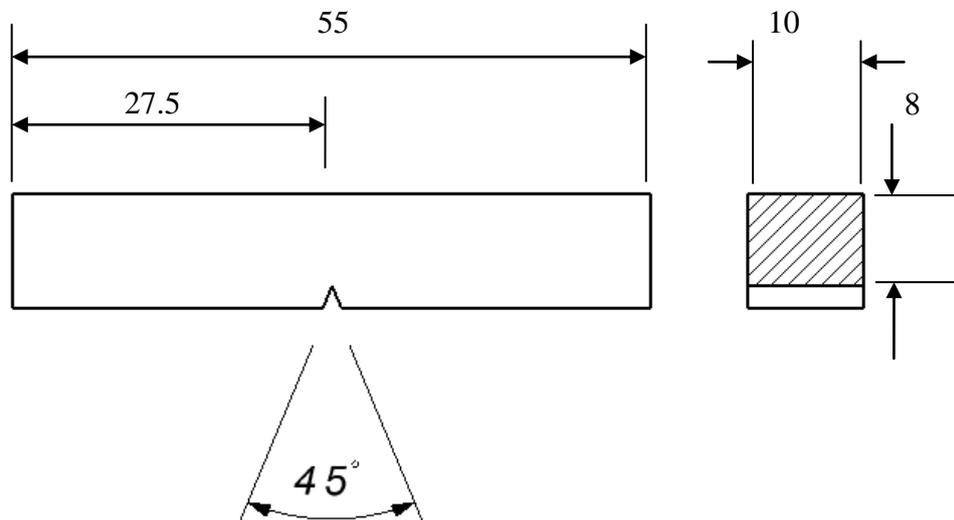


Gambar 5. Ilustrasi Skematis Pengujian Impak.

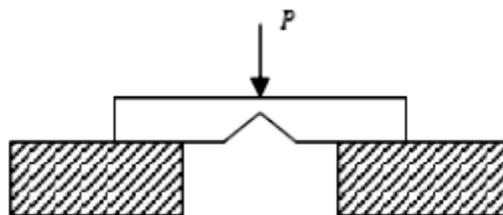
Para peneliti kepatahan getas logam telah menggunakan berbagai bentuk benda uji untuk pengujian impak bertakik. Secara umum benda uji dikelompokkan ke dalam dua golongan standar. Dikenal ada dua metoda percobaan impak, yaitu;

1. Metoda Charpy

Batang impact biasa, banyak di gunakan di Amerika Serikat. Benda uji Charpy mempunyai luas penampang lintang bujursangkar (10 x 10 mm) dan mengandung takik V-45°, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm. Benda uji diletakan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang tak bertakik diberi beban impact dengan ayunan bandul (kecepatan impact sekitar 16 ft/detik). Benda uji akan melengkung dan patah pada laju regangan yang tinggi, kira-kira 10^3 detik.



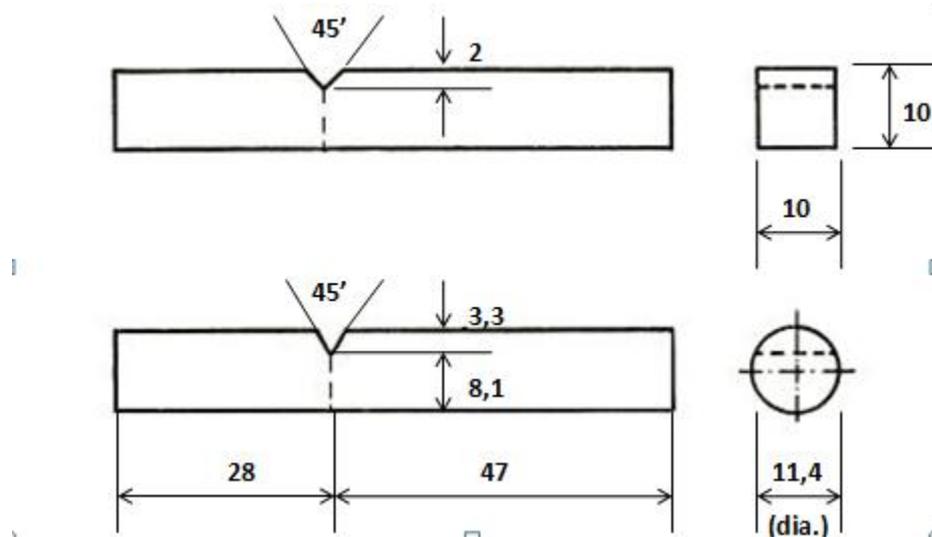
Gambar 6. spesimen uji impact metode *charpy*



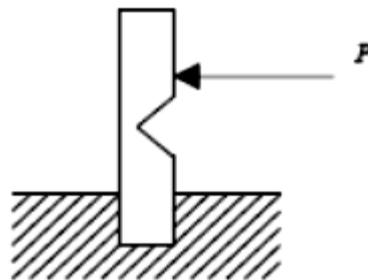
Gambar 7. Peletakan spesimen berdasarkan metode *charpy*.

2. Metoda Izod

Dengan batang impak *kontiveler*. Benda uji Izod lazim digunakan di Inggris, namun saat ini jarang digunakan. Benda uji Izod mempunyai penampang lintang bujursangkar atau lingkaran dan bertakik V di dekat ujung yang dijepit.



Gambar 8. ukuran spesimen uji metode izod



Gambar 9. Peletakan spesimen berdasarkan metode *izod*.

Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau energi yang diserap benda uji sampai patah didapat rumus yaitu :

$$\text{Energi yang Diserap (Joule)} = E_p - E_m$$

$$= m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2$$

$$= m \cdot g (h_1 - h_2)$$

$$= m \cdot g (\lambda (1 - \cos \alpha) - \lambda (\cos \beta - \cos \alpha))$$

$$= m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$\text{Energi yang diserap} = m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

E_p = Energi Potensial

E_m = Energi Mekanik

m = Berat Pendulum (Kg)

g = Gravitasi 9,81 m/s

h_1 = Jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)

h_2 = Jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)

λ = Jarak lengan pengayun (m)

$\cos \alpha$ = Sudut posisi awal pendulum

$\cos \beta$ = Sudut posisi akhir pendulum

dari persamaan rumus diatas didapatkan besarnya harga impact yaitu :

$$K = \frac{\text{Energi Yang Diserap} \cdot (J)}{A} \dots\dots\dots(4)$$

dimana ,

K = Nilai Impact (Kgm/mm²)

J = Energi Yang Diserap (Joule)

A = Luas penampang dibawah takikan (mm²)

I. Macam patahan uji impak

Adapun macam-macam patah impak ialah sebagai berikut :

1. Patahan getas : Patahan yang terjadi pada bahan yang getas.

Ciri – ciri : Permukaan rata dan mengkilap, potongan dapat dipasangkan kembali, keretakan tidak diiringi deformasi, dan nilai pukulan takik rendah
misal : besi tuang

2. Patahan liat : Patahan yang terjadi pada bahan yang lunak.

Ciri – ciri : Permukaan tidak rata, buram dan berserat, pasangan potongan tidak bisa untuk dipasangkan lagi, terdapat deformasi pada keretakan, nilai pukulan takik tinggi
misal : baja lunak, tembaga dsb

3. Patahan campuran : Patahan yang terjadi pada bahan yang cukup kuat, namun ulet.

Ciri – ciri : Gabungan patahan getas dan patahan liat, permukaan agak kusam dan sedikit berserat potongan masih dapat dipasangkan, ada deformasi pada retakan paling banyak terjadi
misal : pada baja temper (*Ismail, 2012*)