

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bagian kedua dalam tulisan ini yaitu tinjauan pustaka. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori pendukung penelitian yaitu: Baja, Klasifikasi Baja, Baja Paduan, Unsur Paduan pada Baja, Baja K-460, Diagram fasa Fe-Fe₃C, Pendinginan, Perlakuan Panas (*heat treatment*), *Hardening*, Lama Waktu Pemanasan, *Normalizing*, *Quenching*, Sifat Fisik Baja, dan Pengujian Impak *Charpy*.

2.1 Baja

Baja adalah logam paduan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2 – 2,1% dari berat grade-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengerasan pada kisi kristal atom besi. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon lebih kecil 1,7 %, sedangkan besi mempunyai kadar karbon lebih besar dari 1,7 %. Baja mempunyai unsur-unsur lain sebagai pepadu yang dapat mempengaruhi sifat dari baja. Penambahan unsur-unsur dalam baja karbon dengan satu unsur atau lebih, bergantung pada karakteristik baja karbon yang akan dibuat (Anonymous, 2010).

Walaupun baja dapat didefinisikan sebagai campuran karbon dan besi, tetapi perlu diketahui bahwa tidak ada satu jenis baja pun yang hanya terdiri dari dua elemen,

Karena proses pembuatan dan sifat-sifat alamiah dari bahan-bahan mentah yang digunakan, semua baja mengandung bahan lain yang tidak murni dalam jumlah kecil yang bervariasi, seperti posfor, belerang, mangan, dan silikon, bercampur dengan elemen-elemen sisa lainnya. Kotoran-kotoran ini tidak mungkin dapat dihilangkan seluruhnya dari logam (Surdia, 1999).

Menurut Suherman, (1987) Pada 723°C baja mulai menunjukkan perubahan struktur dan baja melebur pada 1550°C . Menurut Van Vlack, (1991) mengingat pentingnya peran karbon dalam baja, dalam berbagai cara identifikasi baja dicantumkan kadar karbonnya. Digunakan penomoran empat digit, dua digit terakhir menyatakan kadar karbon dalam perseratusan persen. Dua digit pertama menunjukkan jenis elemen paduan yang ditambahkan pada besi dan karbon. Kandungan karbon dalam baja sekitar 0,1-1,7% sedangkan unsur lain dibatasi persentasenya. Persentase dari unsur-unsur tersebut sangat mempengaruhi sifat dasar dari logam baja yang dihasilkan (Bradbury, 2002). Produk baja sangat banyak digunakan dalam bidang teknik maupun industri. Hal ini meliputi 95% dari seluruh produksi logam baja. Untuk penggunaan tertentu baja merupakan satu-satunya logam yang memenuhi persyaratan teknis maupun ekonomi. Sebelum baja digunakan perlu diketahui komposisi dari unsur-unsur baja tersebut agar tidak terjadi kesalahan dalam penggunaannya (Amanto, 1999).

2.1.1 Klasifikasi baja

Menurut komposisi kimianya baja dapat dibagi dua kelompok besar yaitu: baja karbon dan baja paduan. Baja karbon bukan berarti baja yang sama sekali tidak mengandung unsur lain, selain besi dan karbon. Baja karbon masih mengandung

sejumlah unsur lain tetapi masih dalam batas-batas tertentu yang tidak banyak berpengaruh pada sifat dasar baja. Unsur-unsur ini biasanya merupakan ikatan yang berasal dari proses pembuatan besi/baja seperti mangan dan silikon dan beberapa unsur pengotoran, seperti belerang, posfor, oksigen, nitrogen dan lain-lain yang biasanya ditekan sampai kadar yang sangat kecil. Baja dengan kadar mangan kurang dari 0,8%, silikon kurang dari 0,5 dan unsur lain yang sangat sedikit, dapat dianggap sebagai baja karbon. Mangan dan silikon sengaja ditambahkan dalam proses pembuatan baja sebagai *deoxidizer*/mengurangi pengaruh buruk dari beberapa unsur pengotoran. Baja karbon diproduksi dalam bentuk balok, profil, lembaran dan kawat. Baja karbon dapat digolongkan menjadi tiga bagian berdasarkan jumlah kandungan karbon yang terdapat di dalam baja tersebut. Penggolongan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

a. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja ini disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah berkisar 0,05-0,3%. Baja ini mempunyai sifat seperti lunak, mudah dibentuk, dilas, dan dikerjakan dengan mesin sehingga dapat dijadikan mur, baut, batang tarik dan perkakas silinder (Alexander, 1991).

b. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon menengah mengandung karbon 0,3 – 0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon menengah digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, batang torak, rantai, pegas dan lain-lain.

c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi mengandung karbon 0,6 – 1,5% dibuat dengan cara menggerindra permukaannya, misalnya bor dan batang dasar. Ini digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang pengontrol dan lain-lain(Alexander, 1991).

2.1.2 Baja Paduan

Pada umumnya baja paduan dihasilkan dengan biaya yang lebih mahal dari baja karbon karena bertambahnya biaya untuk penambahan unsur khusus yang dilakukan dalam industri atau pabrik. Baja paduan didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran. Suatu kombinasi antara dua atau lebih unsur campuran, misalnya baja yang dicampur dengan unsur kromium dan molibden, akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras yang baik dan sifat kenyal (sifat logam ini membuat baja dapat dibentuk dengan cara dipalu, ditempa, digiling dan ditarik tanpa mengalami patah atau retak-retak). Jika baja dicampur dengan kromium dan molibden akan menghasilkan baja yang tahan terhadap panas (Harun,dkk, 1986).

Baja paduan digunakan karena adanya keterbatasan baja karbon saat dibutuhkan sifat-sifat yang spesial dari pada logam khususnya baja. Keterbatasan dari baja karbon adalah reaksinya terhadap pengerjaan panas dan kondisinya. Sifat-sifatspesial yang diperoleh dari pencampuran meliputi sifat kelistrikan, magnetis

dan koefisien spesifik dan pemuaian panas serta tetap keras pada pemanasan yang berhubungan dengan pemotongan logam (Amanto, 1999).

2.1.3 Unsur Paduan Pada Baja

Unsur-unsur paduan pada baja adalah sebagai berikut:

1. Unsur Campuran Dasar Karbon

Unsur karbon adalah unsur campuran yang paling penting dalam pembentukan baja. Jumlah persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang amat besar terhadap sifatnya. Tujuan utama penambahan unsur lain ke dalam baja adalah untuk mengubah pengaruh dari karbon. Unsur karbon dapat bercampur dalam besi dan baja setelah didinginkan secara perlahan-lahan pada suhu kamar dalam bentuk sebagai berikut :

- a). Larut dalam besi untuk membentuk larutan pada ferit yang mengandung karbon di atas 0,006 pada temperatur sekitar 725 °C. *Ferit* bersifat lunak, tidak kuat dan kenyal.
- b). Sebagai campuran kimia dalam besi, campuran ini disebut sebagai *sementit* (Fe_3C) yang mengandung 6,67% karbon. *Sementit* bersifat keras dan rapuh.

2. Unsur Campuran Lain

Di samping campuran kimia dan besi, juga terdapat unsur-unsur campuran lainnya yang jumlah persentasenya dikontrol. Unsur-unsur tersebut adalah posfor, sulfur, mangan dan silikon. Pengaruh unsur tersebut pada baja adalah sebagai berikut :

a) Unsur posfor

Unsur posfor membentuk larutan besi fosfida. Baja yang mengandung unsur fosfor sekitar 0,05 % mempunyai titik cair yang rendah tetap menghasilkan sifat yang keras dan rapuh.

b) Unsur Sulfur

Unsur sulfur membahayakan sulfida yang mempunyai titik cair rendah dan rapuh. Kandungan sulfur harus dijaga agar serendah-rendahnya sekitar 0,05%.

c) Unsur Silikon

Silikon membuat baja tidak stabil, pada kandungan silikon sekitar 0,1-0,3 % menghasilkan lapisan grafit yang menyebabkan baja tidak kuat.

d) Unsur Mangan

Unsur mangan yang bercampur dengan sulfur ketika Baja mengandung mangan lebih dari 1% maka akan menghasilkan mangan sulfida dan diikuti pembentukan besi sulfida (Amstead, 1993).

2.2 Baja K-460

Penggunaan dari masing-masing baja umumnya berbeda-beda berdasarkan kandungan karbon pada baja tersebut. Baja karbon rendah digunakan untuk kawat, baja profil, sekrup, ulir dan baut. Baja karbon sedang digunakan untuk rel kereta api, poros roda gigi, dan suku cadang yang berkekuatan tinggi, atau dengan kekerasan sedang sampai tinggi. Baja karbon tinggi digunakan untuk perkakas potong seperti pisau, *milling cutter*, *reamers*, tap dan bagian-bagian yang harus tahan gesekan (Sriatie, 1990). Ada teori yang mengatakan bahwa alat potong

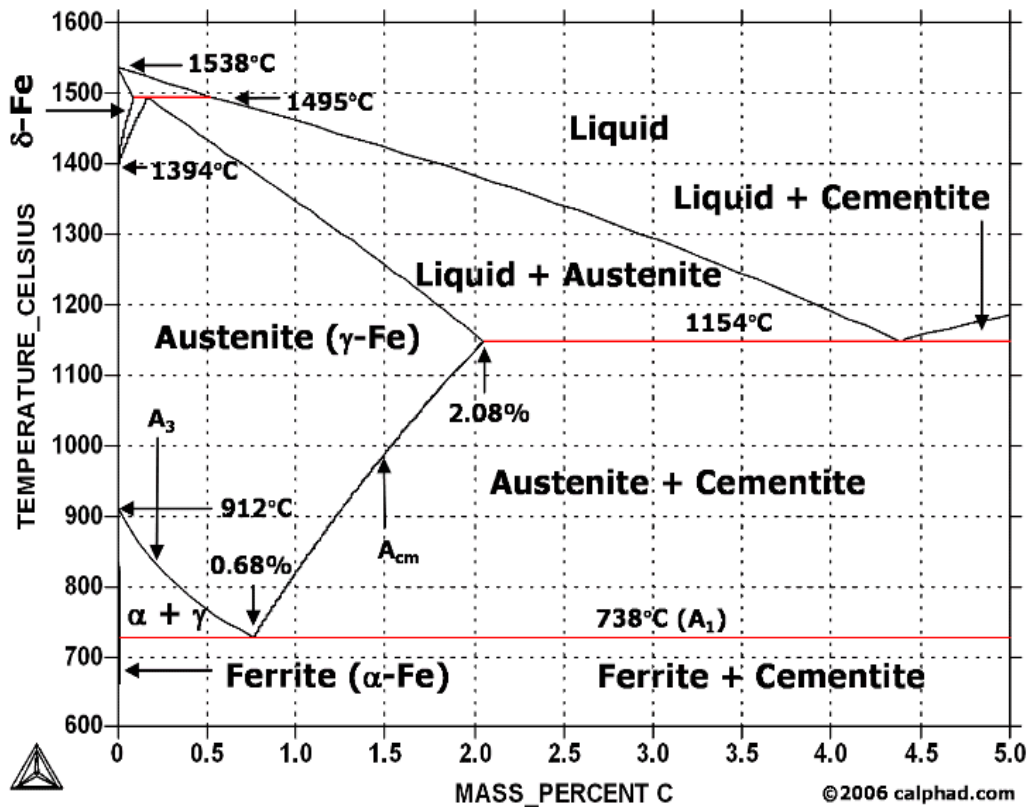
seperti pisau, lebih baik menggunakan bahan baja dengan kandungan karbon tinggi. Baja karbon tinggi memiliki sifat yang sangat kuat terhadap gesekan dan sulit dibentuk mesin. Sifat lainnya yakni kurangnya sifat liat (Harahap, 2008).

Baja K-460 merupakan baja produk BOHLER, baja ini mengandung karbon (C) = 0,95%, Mangan (Mn) = 1%, Chrom (Cr) = 0,5%, Vanadium (V) = 0,1%, dan Wolfram (W) = 0,5%. Baja K-460 termasuk jenis baja karbon tinggi yaitu antara $(0,70 < 0,95 < 1,40)$. Berbagai macam penelitian yang telah dilakukan membuat peneliti memilih bahan baja perkakas K-460, karena termasuk dalam golongan baja karbon tinggi. Temperatur pengerasan dapat dilakukan pada temperatur 800°C . Proses temper atau proses pemanasan kembali baja yang telah dikeraskan dilakukan pada temperatur 130, 150, 350, dan 450°C dengan waktu pemanasan selama 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Hal ini dilakukan dengan upaya agar didapatkan pisau dengan kekuatan dan ketangguhan yang tinggi.

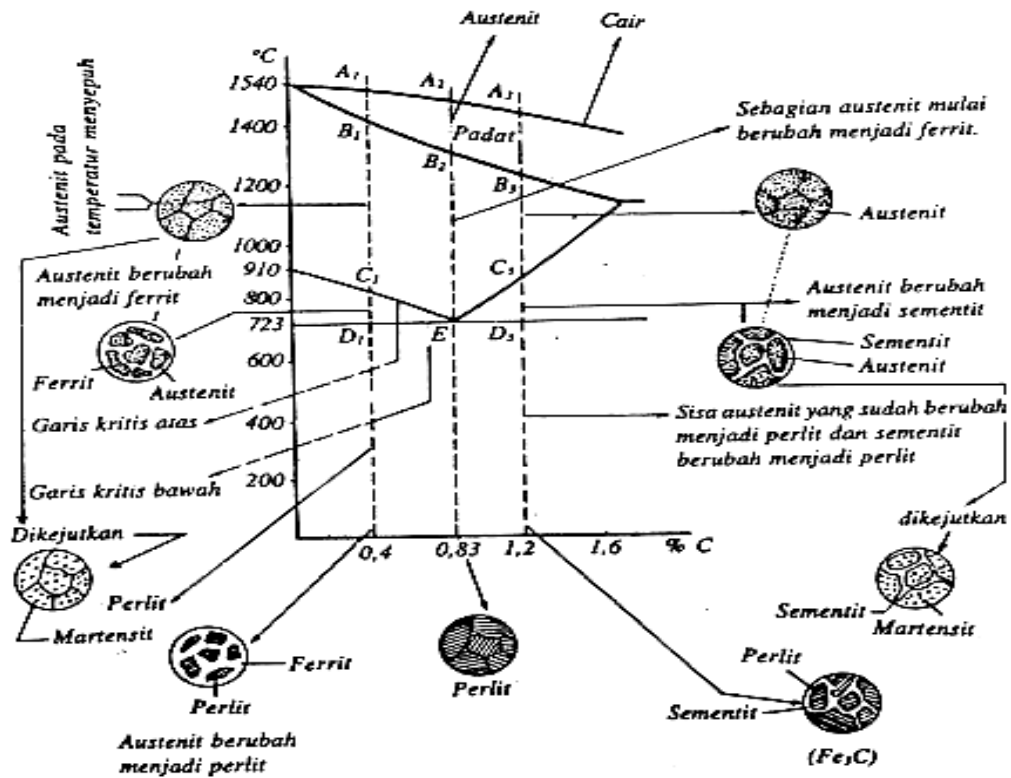
Selain temperatur temper, waktu tahan pemanasan baja perlu diperhatikan pula. Penelitian sebelumnya menggunakan waktu tahan selama 60 menit. Waktu yang dipergunakan tidak terlalu lama karena tidak baik apabila baja saat proses pengerjaan mengalami pemanasan hingga mencapai temperatur yang terlalu tinggi atau waktu tahan terlalu lama. Hal tersebut dapat membuat sifat mekanis baja menjadi kurang baik (Haryadi, 2006).

2.3 Diagram Fasa Fe-Fe₃C

Diagram fasa merupakan diagram yang digunakan sebagai peta yang menunjukkan fasa yang ada pada suhu tertentu atau komposisi paduan pada keadaan seimbang. diagram fasa digunakan untuk membantu dalam memprediksi transformasi fasa dan menghasilkan struktur yang seimbang atau tidak, sertamerepresentasikan hubungan antara komposisi dan temperatur kuantitas fasa pada kesetimbangan seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram fase Fe-Fe₃C.



Gambar 2. Skema Fe₃-C dan mikro struktur pada tiap fasa.

Beberapa fasa yang terdapat dalam diagram fasa padat dijelaskan sebagai berikut:

1. Ferrit

Ferrit adalah fasa larutan padat yang memiliki struktur BCC (*body centered cubic*). Ferrit terbentuk akibat proses pendinginan yang lambat dari austenit baja *hypotektoid* pada saat mencapai A₃. Ferrit bersifat sangat lunak, ulet dan memiliki kekerasan sekitar 70 - 100 BHN dan memiliki konduktivitas yang tinggi.

2. Austenit

Fasa Austenit memiliki struktur atom FCC (*Face Centered Cubic*). Dalam keadaan setimbang fasa austenit ditemukan pada temperatur tinggi. Fasa ini bersifat non magnetik dan ulet (*ductile*) pada temperatur tinggi.

Kelarutan atom karbon di dalam larutan padat austenit lebih besar jika dibandingkan dengan kelarutan atom karbon pada fasa ferrit dan memiliki kekerasan sekitar 200 BHN.

3. Sementit

Sementit adalah senyawa besi dengan karbon yang umum dikenal sebagai karbida besi dengan kandungan karbon 6,67% yang bersifat keras sekitar 5-68 HRC.

4. Perlit

Pearlit adalah campuran sementit dan ferit yang memiliki kekerasan sekitar 10-30HRC. Perlit yang terbentuk sedikit dibawah temperatur eutektoid memiliki kekerasan yang lebih rendah dan memerlukan waktu inkubasi yang lebih banyak.

5. Bainit

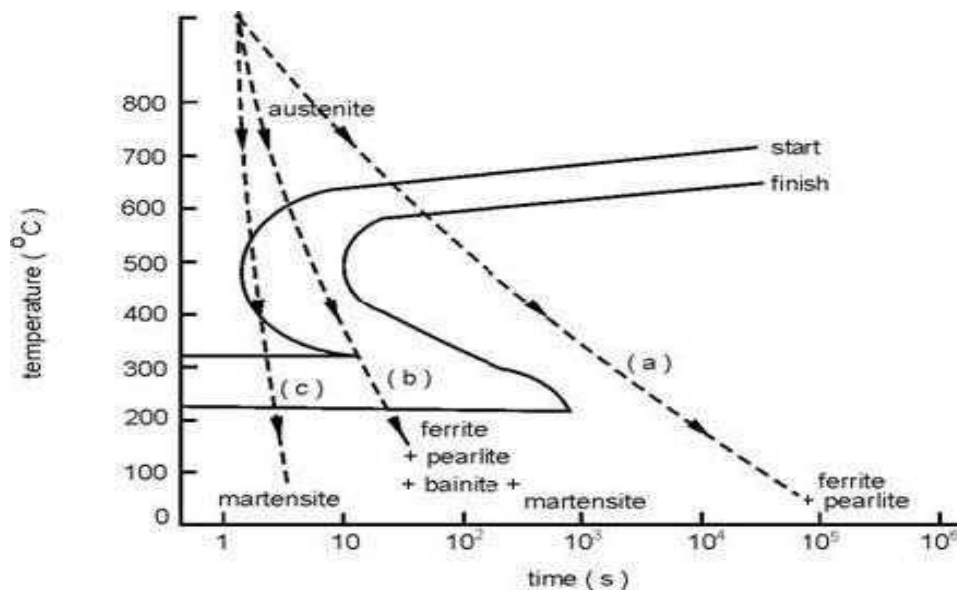
Bainit merupakan fasa yang kurang stabil yang diperoleh dari austenit pada temperatur yang lebih rendah dari temperatur transformasi ke perlit dan lebih tinggi dari transformasi ke martensit.

6. Martensit

Martensit merupakan larutan padat dari karbon yang lewat jenuh pada besi alfa sehingga latis-latis sel satunya terdistorsi.

2.4 Pendinginan

Apabila baja didinginkan dengan kecepatan pendinginan yang tinggi dari daerah austenit dan tidak menyentuh hidung kurva transformasi isothermal maka akan diperoleh suatu fasa baru yang disebut martensit. Martensit merupakan struktur dalam keadaan lewat jenuh dari kelarutan atom-atom karbon tidak lebih dari 0,025%. Sedangkan didalam struktur martensit kelarutan atom-atom karbon tersebut kurang lebih sama dengan jumlah kelarutan atom-atom didalam austenit. Keadaan seperti ini terjadi karena proses transformasi yang terjadi sangat cepat sehingga atom-atom karbon didalam austenit tidak sampai berdifusi (Callister, 2007). Gambar 3 dibawah menunjukkan pendinginan *quenching* pada baja.



Gambar 3. Skema pendinginan *Quenching*.

Pada skema pendinginan *quenching*, pada proses pendinginan secara perlahan seperti pada garis (a) akan menghasilkan struktur mikro perlit dan ferlit. Pada proses pendinginan sedang, seperti, pada garis (b) akan menghasilkan struktur

mikro perlit dan bainit. Pada proses pendinginan cepat, seperti garis (c) akan menghasilkan struktur mikro martensit.

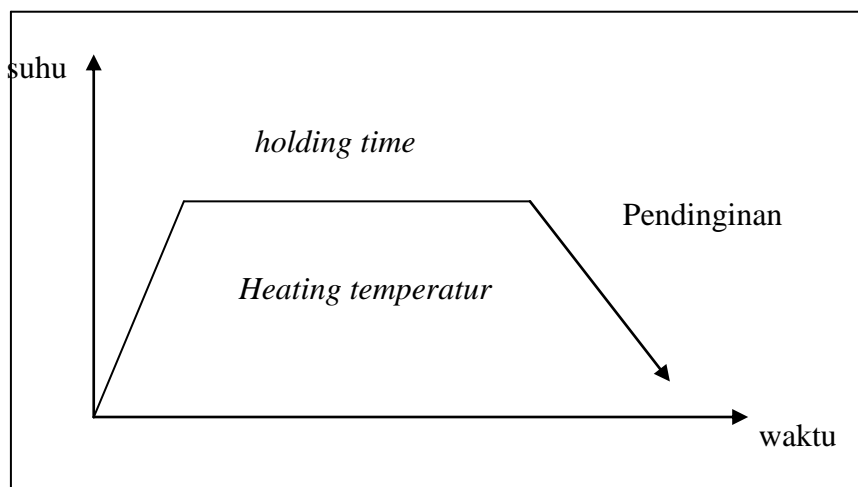
25 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat mekanis logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa mengubah komposisi kimia. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat setelah perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian logam atau sebagian dari logam. Perlakuan panas biasanya menggunakan pemanasan atau pendinginan hingga suhu ekstrim, untuk mencapai hasil yang diinginkan seperti pengerasan atau pelunakan baja. Perlakuan panas yang umum digunakan yaitu normalisasi, *hardening*, *tempering*, dan lain-lain (Suherman, 1987). Pengerasan baja dilakukan dengan proses pemanasan dan pendinginan. Pada saat pendinginan mengalami transformasi martensit yang dapat meningkatkan kekerasan. Proses pengerasan ini tanpa mempengaruhi sifat-sifat yang lain (Amstead , 1999).

Secara umum, proses perlakuan panas adalah:

- Memanaskan logam/paduannya sampai pada suhu tertentu (*heating temperature*).
- Mempertahankan pada suhu pemanasan tersebut dalam waktu tertentu (*holding time*).
- Mendinginkan dengan media pendingin dan laju tertentu.

Perlakuan panas mempunyai tujuan untuk meningkatkan kuat tarik, kekerasan, keuletan, menghilangkan tegangan internal (*internal stress*), dan menghaluskan ukuran butir kristal. Beberapa factor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, yaitu suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan, laju pendinginan dan lingkungan atmosfer. Adapun siklus dari perlakuan panas terdiri dari 3 tingkat utama seperti terlihat pada Gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Siklus perlakuan panas (Hardiananto, 2010).

Untuk meningkatkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia baja harus diketahui. Hal ini dikarenakan perubahan komposisi kimia khususnya karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis (Viego, 2010).

Perlakuan panas pada baja dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Pemanasan pada suhu rendah

Pemanasan pada suhu rendah tidak akan menghasilkan suatu perubahan dalam struktur baja, namun hanya akan menghasilkan perubahan kecil pada sifat mekaniknya. Apabila dalam pengerjaan ini dihasilkan suatu permukaan

baja yang keras, maka dapat dihilangkan dengan cara penuangan.

Pengerjaan penuangan dapat dilakukan didalam mesin perkakas.

2. Pemanasan dalam suhu tinggi

Apabila baja dipanaskan terus-menerus yang mengakibatkan suhu pemanasan naik dan mencapai suhu tertentu, maka terjadi pembentukan butiran-butiran baru yang bentuk dan ukurannya kecil dan halus. Pembentukan butiran dapat terjadi walaupun ukuran original sebelumnya besar dan kasar, karena perubahan terjadi sebelum pengerjaan dingin. Proses tersebut dikenal pengkristalan kembali. Temperatur pengkristalan kembali untuk beberapa logam dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Pengkristalan kembali pada beberapa logam.

Jenis Logam	Temperatur (°C)	
	Pengkristalan Kembali	Titik Cair
Wolfram	1.200	3.410
Molibdeum	900	2.620
Nikel	600	1.458
Besi	450	1.535
Kuningan	400	900-1.050
Perunggu	400	900-1.050
Tembaga	200	1.083
Perak	200	960
Alumunium	150	660
Magnesium	150	651
Seng	70	419
Timbal	20	327
Timah	20	232

3. Pemanasan secara terus-menerus

Pada pemanasan baja yang dilakukan secara terus menerus, terjadi lainnya (terutama unsur karbon) oleh butiran-butiran besi yang menghasilkan suatu struktur yang berbentuk kasar. Proses tersebut dikenal sebagai proses

pertumbuhan butiran (*grain growth*). Jadi, pemanasan pada suhu tinggi akan menyebabkan terjadi pertumbuhan butiran melalui pengkristalan kembali pada baja yang mengakibatkan perubahan bentuk dan ukuran butiran-butiran. Selain itu, pertumbuhan butiran-butiran akan terjadi terus-menerus selama dilakukan pendinginan. Pengkristalan kembali dan perumbuhan butiran yang terjadi terhadap baja akibat perlakuan panas, berpengaruh pada sifat-sifat mekanik baja. Proses yang dilakukan dalam perlakuan panas terdiri dari pelunakan (*annealing*), penormalan (*normalizing*), pengerasan (*hardening*) dan menemper (*tempering*).

- a. Pelunakan (*annealing*) merupakan proses pemanasan yang diikuti dengan pendinginan perlahan-lahan di dalam tungku.
- b. Normalisasi dilakukan untuk mendapatkan struktur mikro dengan butir yang halus dan seragam. Proses ini dapat diartikan sebagai pemanasan dan mempertahankan pemanasan pada suhu yang sesuai diatas batas perubahan diikuti dengan pendinginan secara bebas didalam udara luar supaya terjadi perubahan ukuran butiran-butiran.
- c. Pengerasan (*hardening*) merupakan perlakuan panas pada baja dari titik kritis atas kemudian dilakukan pendinginan cepat (*quenching*).
- d. Menemper (*tempering*) merupakan pemanasan kedua dimana baja dipanaskan sampai di bawah titik kritis bawah kemudian dilakukan pendinginan.

2.5.1 *Hardening*

Untuk memenuhi tuntutan fungsi seperti harus keras, tahan gesekan atau beban kerja yang berat, maka baja harus dikeraskan melalui proses pengerasan. *Hardening* adalah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami baja. Prinsip kerjanya yaitu dengan cara memanaskan baja sampai titik temperatur austenite kemudian didinginkan secara mendadak / *quenching* dengan kecepatan pendinginan diatas kecepatan pendinginan kritis agar terjadi pembentukan martensit dan diperoleh kekerasan yang tinggi. Besarnya Temperatur pemanasan austenit tergantung dari jenis baja, dan biasanya tiap-tiap produsen sudah mengeluarkan diagram suhunya masing-masing (margono, 2009).

Hardening dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan, dan *strength* yang lebih baik. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja dan kekerasan yang terjadi akan tergantung pada temperatur pemanasan, *holding time*, laju pendinginan yang dilakukan, dan ketebalan sampel. Untuk memperoleh kekerasan yang baik (martensit yang keras) maka pada saat pemanasan harus dapat dicapai struktur austenit, karena hanya austenit yang dapat bertransformasi menjadi martensit. Bila pada saat pemanasan masih terdapat struktur lain maka setelah di *quenching* akan diperoleh struktur yang tidak seluruhnya terdiri dari martensit (Van Vlack dan Djaprie, 1992).

Faktor penting yang dapat mempengaruhi proses *hardening* terhadap kekerasan baja yaitu oksidasi oleh oksigen. Selain berpengaruh terhadap besi, oksigen berpengaruh terhadap karbon yang terikat sebagai sementit atau yang larut dalam austenit. Oleh karena itu pada benda kerja dapat berbentuk lapisan oksidasi

selama proses *hardening*. Pencegahan kontak dengan udara selama pemanasan atau *hardening* dapat dilakukan dengan cara menambah temperatur lebih tinggi karena bahan yang terdapat dalam baja akan bertambah kuat terhadap oksigen. Jadi, semakin tinggi temperatur, semakin mudah untuk melindungi besi terhadap oksidasi (Yamada, 2007).

Bila bentuk benda tidak teratur, benda harus dipanaskan perlahan-lahan agar tidak mengalami distorsi atau retak. Makin besar potongan benda, makin lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh hasil pemanasan yang merata. Pada perlakuan panas ini, panas merambat dari luar ke dalam dengan kecepatan tertentu. Bila pemanasan terlalu cepat, bagian luar akan jauh lebih panas dari bagian dalam sehingga dapat diperoleh struktur yang merata (Schonmetz, 1985).

Benda dengan ukuran yang lebih besar pada umumnya menghasilkan permukaan yang kurang keras meskipun kondisi perlakuan panas tetap sama. Hal ini disebabkan karena terbatasnya panas yang merambat di permukaan. Oleh karena itu kekerasan di bagian dalam akan lebih rendah daripada bagian luar. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet (Schonmetz, 1985).

2.5.2 Lama Waktu Pemanasan (*Holding time temperature*)

Lama waktu penahanan suhu dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan. Pada proses *hardening* dengan menahan temperturnya pada

waktu tertentu, maka akan diperoleh pemanasan yang homogen dan unsure austenitenya homogen. Pedoman untuk menentukan lama waktu penahanan suhu dari berbagai jenisbaja:

1. Baja Kontruksi dari Baja Karbon dan Baja Paduan Rendah

Pada baja karbon dan baja paduan rendah yang mengandung karbida mudah larut, diperlukan lama waktu penahanan, 5 - 15 menit setelah mencapai suhu pemanasannya dianggap sudah memadai.

2. Baja Kontruksi dari Baja Paduan Menengah

Baja ini dianjurkan menggunakan lama waktu penahanan suhu 15 - 25 menit dan tidak bergantung ukuran benda kerja.

3. Alat Baja Campuran Rendah (*Low Alloy Tool Steel*)

Memerlukan lama waktu penahanan suhu tetap, agar kekerasan yang diinginkan dapat tercapai. Dianjurkan menggunakan 0,5 menit per millimeter tebal benda atau 10 – 30 menit.

4. Baja Campuran Kromium Tinggi (*High Alloy Chrome Steel*)

Baja ini membutuhkan lama waktu penahanan suhu yang paling panjang dibandingkan semua jenis baja perkakas, selain itu juga bergantung pada suhu pemanasan dan kombinasi suhu *holding time* yang tepat. Biasanya dianjurkan menggunakan 0,5 menit per millimeter tebal benda dengan minimum 10 menit, maksimum 10 jam.

5. Alat Baja Kerja Panas (*Hot Work Tool Steel*)

Baja ini mengandung karbida yang dapat terlarut pada 1000°C. Pada suhu ini kemungkinan terjadinya pertumbuhan butir sangat besar, oleh sebab itu lama waktu penahanan suhu harus dibatasi 15 – 30 menit.

6. Baja Kecepatan Tinggi (*High Speed Steel*)

Jenis baja ini memerlukan suhu pemanasan yang sangat tinggi yaitu 1200 – 1300°C. Untuk mencegah terjadinya pertumbuhan butir, lama waktu penahanan suhu diambil hanya beberapa menit saja (Daniel, dkk, 1985).

2.5.3 *Normalizing*

Normalizing adalah proses pemanasan pada suhu austenit dan didinginkan di udara terbuka. *Normalizing* biasanya diterapkan pada baja karbon rendah dan baja paduan untuk menghilangkan pengaruh pengerjaan bahan sebelumnya, menghilangkan tegangan dalam, dan memperoleh sifat-sifat fisik yang diinginkan (Adriansyah, 2007).

2.5.4 *Quenching*

Quenching merupakan pendinginan secara cepat suatu logam dengan pencelupan pada media pendingin. Kekerasan maksimum dapat terjadi dengan mendinginkan secara mendadak sampel yang telah dipanaskan sehingga mengakibatkan perubahan struktur mikro. Laju *quenching* tergantung pada beberapa faktor yaitu temperatur medium, panas spesifik, panas pada penguapan, konduktivitas termal medium, viskositas, dan agitasi/aliran media pendingin (Piyarto, 2008).

2.6 Sifat fisik baja

Baja mempunyai sejumlah sifat yang membuatnya menjadi bahan bangunan yang sangat berharga. Beberapa sifat baja yang penting adalah kekuatan, kelenturan, keuletan, kekerasan dan ketangguhan, oleh sebab itu, kita perlu mengetahui sifat struktur atomnya dengan cara melakukan pengujian metalografi.

1. Struktur mikro

Ilmu logam dibagi menjadi dua bagian khusus, yaitu metalurgi dan metalografi. Metalurgi adalah ilmu yang menguraikan tentang cara pemisahan logam dari ikatan unsur-unsur lain. Metalurgi dapat dikatakan pula sebagai cara pengolahan logam secara teknis untuk memperoleh jenis logam atau logam paduan yang memenuhi kebutuhan tertentu. Sedangkan metalografi adalah ilmu yang mempelajari tentang cara pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur, dan persentase campuran logam tersebut. Dalam proses pengujian metalografi, pengujian logam dibagi lagi menjadi dua jenis, yaitu :

a. Pengujian makro (*Macroscopic Test*)

Pengujian makro ialah proses pengujian bahan yang menggunakan mata terbuka dengan tujuan dapat memeriksa celah dan lubang dalam permukaan bahan. Angka kevalidan pengujian makro berkisar antara 0,5 hingga 50 kali.

b. Pengujian mikro (*Microscopic Test*)

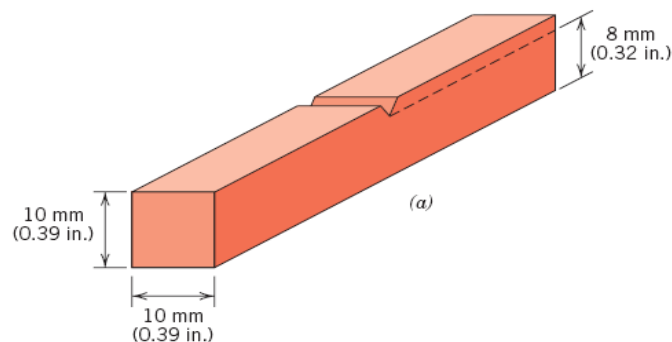
Pengujian mikro ialah proses pengujian terhadap bahan logam yang bentuk kristal logamnya tergolong sangat halus.

2. Komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia adalah suatu pengujian untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat pada logam dari suatu benda uji. Komposisi kimia dari logam sangat penting untuk menghasilkan sifat logam yang baik. *Spectrometer* adalah alat yang mampu menganalisa unsur-unsur logam induk dan campurannya dengan akurat, cepat dan mudah dioperasikan. Prinsip dasar dari kandungan unsur dan komposisinya yang diketahui pada alat ini adalah apabila suatu logam dikenakan energi listrik atau panas maka kondisi atom-atomnya akan menjadi tidak stabil (Yogantoro, 2010).

27. Pengujian impak (*impact charpy*)

Menurut Dieter (1986), uji impak merupakan salah satu jenis pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan ketangguhan material terhadap pembebanan yang diberikan secara tiba-tiba. Spesimen yang digunakan dalam uji impak ini memiliki ukuran dan bentuk standar, yaitu seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Spesimen uji impak (Dieter, 1986).

Parameter yang diperoleh dari alat uji impact adalah energi impact yakni besar energi yang diserap untuk mematahkan benda kerja (spesimen). Harga impact adalah energi impact tiap satuan luas penampang di daerah takikan. Dasar pengujian impact ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi.

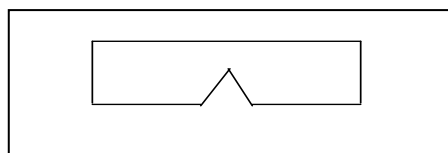
Karakteristik Harga Impact (HI) material:

Material ulet mempunyai HI yang besar dan material getas mempunyai HI yang kecil. Adapun yang mempengaruhi harga impact suatu material adalah sebagai berikut:

1. Bentuk takikan

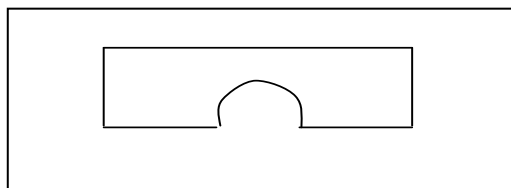
Dalam percobaan uji impact ini, terdapat 4 jenis takikan yang umum digunakan, yaitu:

a. Takikan-V



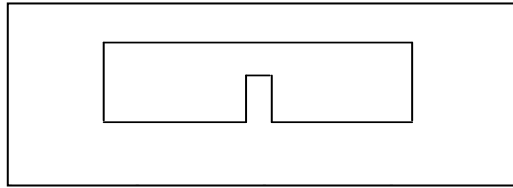
Gambar 6. Takikan V (Dowling, 1993).

b. Takikan-U

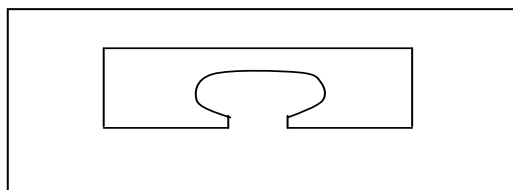


Gambar 7. Takikan U (Dowling, 1993).

c. Takikan-I



Gambar 8. Takikan I (Dowling, 1993).

d. Takikan-*Keyhole*Gambar 9. Takikan *Keyhole*(Dowling, 1993).

Dari keempat jenis takikan diatas, takikan V memiliki HI terkecil, karena spesimen yang menggunakan takikan ini lebih mudah dipatahkan dari 3 jenis takikan yang lain(Dowling, 1993)

2. Kecepatan pembebanan

Semakin cepat *hammer* diayunkan, maka semakin kecil pula energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen, sehingga harga impak juga semakin kecil.

3. Temperatur

Pengaruh temperatur terhadap harga impak baja berdasarkan metode *charpy* bergantung pada temperatur yang menunjukkan transisi perubahan jenis perpatahan suatu bahan bila diuji pada temperatur yang berbeda-beda. Pada pengujian dengan temperatur tinggi material akan bersifat ulet (ductile)

sedangkan pada temperatur rendah material akan bersifat rapuh atau getas (brittle). Fenomena ini berkaitan dengan vibrasi atom-atom bahan pada temperatur yang berbeda dimana pada temperatur kamar vibrasi itu berada dalam kondisi kesetimbangan dan selanjutnya akan menjadi tinggi bila temperatur dinaikkan. Namun untuk beberapa jenis material, memiliki rentangan temperatur untuk berubah dari ulet menjadi getas. Vibrasi atom inilah yang berperan sebagai suatu penghalang terhadap pergerakan dislokasi pada saat terjadi deformasi kejut/impak dari luar. Dengan semakin tinggi vibrasi itu maka pergerakan dislokasi menjadi relatif sulit sehingga dibutuhkan energi yang lebih besar untuk mematahkan benda uji. Sebaliknya pada temperatur di bawah nol derajat Celcius, vibrasi atom relatif sedikit sehingga pada saat bahan dideformasi pergerakan dislokasi menjadi lebih mudah dan benda uji menjadi lebih mudah dipatahkan dengan energi yang relatif lebih rendah (Willyanto, 2009).

4. Kadar Karbon

Kadar karbon mempengaruhi harga impak material karena semakin keras material, maka semakin getas pula material tersebut, sehingga harga impaknya akan semakin kecil.

Ada 2 jenis patahan yaitu patah getas dan patah ulet. Adapun ciri-ciri dari masing-masing patahan ini adalah sebagai berikut:

1. Patah Getas:

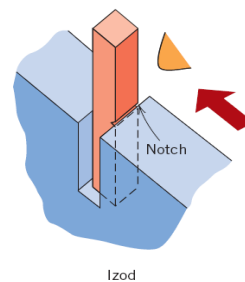
- Energi impak kecil
- Temperatur rendah
- Bekas patahan datar dan mengkilap

- Terjadi pada batas butir
2. Patah Ulet:
- Energi impak besar
 - Temperatur Tinggi
 - Bekas patahan berserabut
 - Terjadi pada butir

Prosedur uji impak dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu:

1. Metode Izod

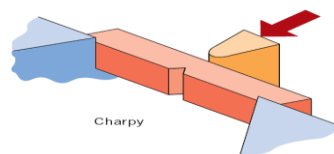
Metode Izod ini dilakukan dengan cara meletakkan spesimen dalam posisi vertikal dan pembebanan dilakukan dari arah depan takikan seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 10. Skema standar pengujian metode Izod (Dowling, 1993).

2. Metode Charpy

Pembebanan yang dilakukan pada metode *Charpy* ini dilakukan dari belakang takikan dengan posisi spesimen pada alat uji adalah horizontal seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Skema standar pengujian metode *Charpy* (Dowling, 1993).