

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkatnya perkembangan hidup manusia maka jamanpun ikut berkembang dengan pesat. Karena perkembangan manusia bertambah maju maka bidang teknologipun ikut berkembang sangat pesat dengan harapan segala kebutuhan manusia dapat terpenuhi dengan baik. Jika diperhatikan, segala kebutuhan manusia tidak lepas dari unsur logam. Kerena hampir semua alat yang digunakan manusia terbuat dari unsur logam. Sehingga logam mempunyai peranan aktif dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi dijaman sekarang. Oleh karena itu timbul usaha - usaha manusia untuk memperbaiki sifat-sifat dari logam tersebut. Yaitu dengan merubah sifat mekanis dan sifat fisiknya.

Adapun sifat mekanis dari logam antara lain : kekerasan, kekuatan, keuletan, kelelahan dan lain - lain. Sedangkan dari sifat fisiknya yaitu dimensi, konduktivitas listrik, struktur mikro, densitas, dan lain-lain.

Karena banyaknya permintaan yang bermacam-macam, maka diadakan pemilihan bahan. Pemilihan bahan tersebut dapat dipersempit sesuai dengan kegunaannya. Seperti misalnya pada baja karbon. Baja karbon mendapat prioritas yang utama untuk dipertimbangkan. Karena baja karbon mudah diperoleh, mudah dibentuk atau sifat permesinannya baik dan harganya relatif murah. Karena baja karbon mendapat prioritas utama maka dituntut untuk memodifikasi atau memperbaiki sifatnya seperti kekerasan, kekerasan pada permukaan, tahan aus

akibat gesekan. Karena hal tersebut maka perlu diadakan proses perlakuan panas guna menambah kekerasan dari bahan tersebut.

Perlakuan panas adalah suatu perlakuan (treatment) yang diterapkan pada logam agar diperoleh sifat-sifat yang diinginkan. Dengan cara pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam dalam keadaan fase padat sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu dari logam.

Salah satu cara adalah dengan menggunakan proses karburasi yaitu dengan mengeraskan permukaannya saja. Penelitian ini menggunakan komposisi karbon (arang tempurung kelapa) sebanyak 300 g dan bubuk Barium Carbonate ($BaCO_3$) sebesar 10%, 30%, dan 50% dengan 3 variasi waktu penahanan yaitu 60, 90, 120 menit, serta memakai metode pengujian kekerasan *Vickers*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui hubungan penahanan waktu (*Holding Time*) pemanasan terhadap difusi karbon dan kekerasannya.
2. Peningkatan persenan kekerasan pada setiap variasi massa karbonnya.
3. Mengetahui pengaruh penahanan waktu (*Holding Time*) pada baja karbon rendah AISI 1020.
4. Sebagai Tugas Akhir untuk menyelesaikan program sarjana Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui teori tentang pengaruh Holding Time terhadap kekerasan hasil proses pemesinan.
2. Sebagai masukan dan pertimbangan bagi perkembangan penelitian sejenis dimasa yang akan datang.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Material yang diuji pada penelitian ini adalah Baja AISI 1020
2. Penelitian ini dilakukan secara bergantian dengan alat penguji *Digital Hardness Tester* dengan metode *Vickers*.
3. Metode *Pack Carburizing* adalah menggunakan arang batok kelapa dan *Barium Carbonate*.
4. Penelitian ini menggunakan media pendingin udara.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Smallman Bishop (2000), penambahan karbon yang disebut carburizing atau karburasi, dilakukan dengan cara memanaskan pada temperatur yang cukup tinggi yaitu pada temperatur austenit dalam lingkungan yang mengandung atom karbon aktif, sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu. Setelah proses difusi, diikuti perlakuan pendinginan cepat (quenching), sehingga diperoleh permukaan yang lebih keras, tetapi liat dan tangguh bagian tengahnya.

Menurut Sujita (2016), proses carburizing merupakan proses penambahan unsur karbon (C) ke dalam logam khususnya pada bagian permukaan bahan di mana unsur karbon ini didapat dari bahan – bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan logam dapat meningkat. Pengerasan permukaan pada logam dapat dilakukan dengan menambahkan unsur–unsur tertentu ke logam dasar tersebut seperti karbon, kalsium karbonat, nitrogen, dan yang lainnya. Untuk mempercepat proses maka ditambahkan barium karbonat (BaCO_3), kalsium karbonat (CaCO_3) atau natrium karbonat (NaCO_3) sebagai energizer yang bersama-sama material dimasukkan ke dalam kotak kedap udara untuk dipanaskan pada dapur pemanas pada temperatur carburizing.

2.2 Karburasi (*Carburizing*)

Karburasi merupakan proses termokimia atau chemical heat treatment yang dilakukan dengan mengubah komposisi kimia permukaan baja untuk memperkaya unsur karbon pada permukaan baja pada suhu 850–950°C (Malau, 1999), sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu. Hukum pertama Fick's menyatakan bahwa difusi dari sebuah elemen dalam suatu bahan substrat merupakan fungsi koefisien difusi dan gradien konsentrasi. Gradien konsentrasi adalah jumlah atom yang terdapat di sekitar substrat dibandingkan dengan jumlah atom yang terdapat di dalam substrat (Schonmetz dan Gruber, 1994). Berdasarkan media yang digunakan, karburasi dapat dibedakan menjadi 3 cara yaitu : gas, cair, dan padat.

Proses carburizing yang tepat akan menambah kekerasan permukaan sedang pada bagian inti tetaplah. Proses carburizing atau pengerasan permukaan dapat dilakukan dengan metode padat, cair dan gas (Amstead, 1979).

- a. Karburasi padat (pack carburizing) bahan dimasukkan kotak tertutup dan ruangan diisi dengan arang kayu atukokas ataupun bahan yang berunsurkarbon. Prosesnya memerlukan waktu lama.
- b. Karburasi gas (gaz carburizing) menggunakan gas alam atau hidro karbon maupun propan (gas karbit). Diterapkan untuk bagian - bagian yang kecil dan dapat dicelup setelah pemanasan dalam dapur
- c. Karburasi cair (liquid carburizing) baja dipanaskan dalam suhu tertentu dan dalam dapur yang mengandung garam cyanide sehingga karbon dan sedikit

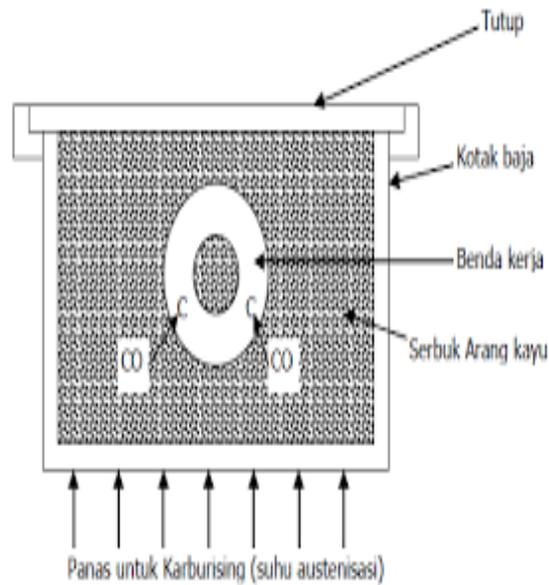
nitrogen dapat berdifusi kedalam lapisan luar. Kulit luar memiliki kadar karbon yang lebih tinggi dan kadar nitrogen lebih rendah. Cara ini cocok untuk pengerasan permukaan benda berukuran sedang.

2.3 Pack Carburizing

Pack Carburizing adalah proses karburisasi atau penambahan karbon pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari bubuk arang. Bahan karburisasi ini biasanya adalah arang tempurung kelapa, arang kokas, arang kayu, arang kulit atau arang tulang. Benda kerja yang akan dikarburising dimasukkan ke dalam kotak karburisasi yang sebelumnya sudah diisi media karburisasi. Selanjutnya benda kerja ditimbuni dengan bahan karburisasi dan benda kerja lain diletakkan di atasnya demikian selanjutnya (Wahid Suherman, 1998:150).

Kandungan karbon dari setiap jenis arang adalah berbeda-beda, semakin tinggi kandungan karbon dalam arang, maka penetrasi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula. Bahan karbonat ditambahkan pada arang untuk mempercepat proses karburisasi. Bahan tersebut adalah barium karbonat (BaCO_3) dan soda abu (NaCO_3) yang ditambahkan bersama-sama dalam 10 – 40 % dari berat arang (Y. Lakhtin, 1975: 255).

Pada penelitian yang dilakukan Eko J.A (2006) mengenai pengaruh media karburasi dan bahan kimia aktif terhadap kekerasan cangkul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media karburasi yang menghasilkan kekerasan yang lebih baik adalah dengan menggunakan arang tempurung kelapa. Sedangkan bahan kimia aktif yang menghasilkan nilai kekerasan tertinggi adalah BaCO_3 .



Gambar 2. 1 Proses Pack Carburizing

Pada suhu tinggi, baja mampu melarutkan banyak karbon, sehingga dalam waktu singkat permukaan baja dapat menyerap karbon hingga mencapai batas jenuhnya.

Tebalnya bagian permukaan benda yang menjadi keras (*depth of case hardenin* = DC) dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus proses difusi berikut :

$$DC = k\sqrt{t} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Dengan:
- DC = Depth of Case
 - t = Time in hours.
 - k = Konstantadifusi

2.3.1 Penambahan Karbon

Penambahan karbon yang disebut carburizing atau karburasi, dilakukan dengan cara memanaskan pada temperatur yang cukup tinggi yaitu pada

temperatur austenit dalam lingkungan yang mengandung atom karbon aktif, sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu.

Ada 3 cara dalam penambahan karbon atau karburasi (carburizing), yaitu :

a. Menggunakan medium padat atau Pack Carburizing

Benda kerja dimasukkan ke dalam kotak yang berisi bubuk karbon dan ditutup rapat kemudian dipanaskan pada temperatur austenit, yaitu antara 825 C – 925 C selama waktu tertentu. bahan carburising terdiri dari bubuk karbon aktif 60 %, ditambah BaCO₃ (Barium Carbonat) atau NaCO₃ (Natrium Carbonat) sebanyak 40 % sebagai energizer atau activator yang mempercepat proses karburisasi. Namun biasanya BaCO₃ yang dipakai karena lebih mudah terurai dari pada NaCO₃. Sebenarnya tanpa energizerpun dapat terjadi proses carburising karena temperatur sangat tinggi, maka karbon teroksidasi oleh oksigen yang terperangkap dalam kotak menjadi CO₂, reaksi dengan karbon bereaksi terus hingga didapat :



Dengan temperatur yang semakin tinggi keseimbangan reaksi makin cenderung ke kanan, makin banyak CO. Pada permukaan baja CO akan terurai :



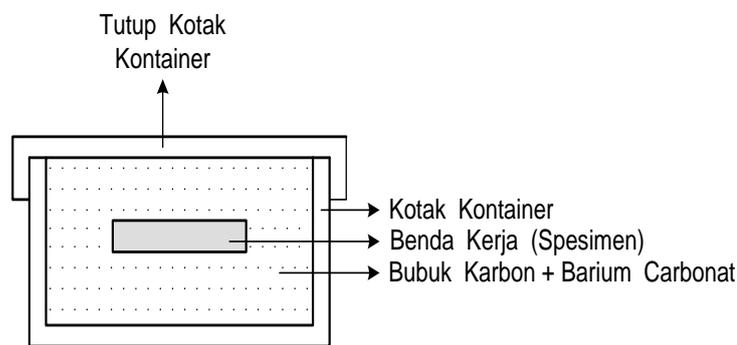
Dimana C yang terbentuk ini berupa atom karbon yang dapat masuk berdifusi ke dalam fase austenit dari baja.

Dengan adanya energizer proses akan lebih mudah berlangsung karena meskipun udara yang terperangkap sedikit, tetapi energizer menyediakan CO₂ yang akan segera mulai mengaktifkan reaksi - reaksi selanjutnya.

Reaksi dekomposisi NaCO_3 :

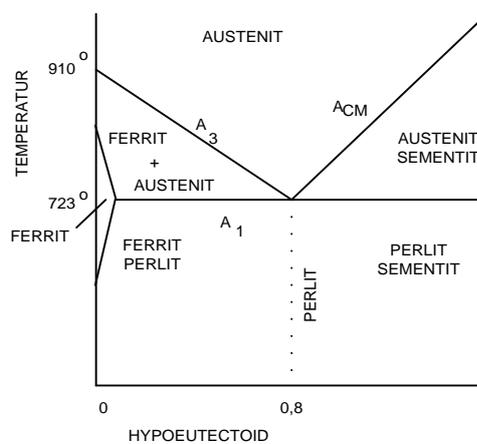


Dengan temperatur tinggi baja mampu melarutkan banyak karbon, maka dalam waktu singkat permukaan baja dapat menyerap karbon hingga mencapai batas jenuhnya.



Gambar 2. 2 Kotak Sementasi

Maksudnya bila baja yang dikeraskan permukaannya mengalami pemanasan hingga temperatur tinggi atau temperatur austenit maka difusi karbon dapat mencapai batas jenuhnya yang berdifusi melebihi batas A_{cm} maka akan terjadi atau tumbuh fasa baru yaitu sementit.



Gambar 2. 3 Potongan Diagram Fase Fe- Fe_3C

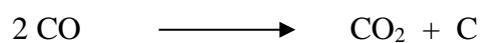
Tebal lapisan permukaan yang mengalami penambahan karbon (Case Depth) tergantung pada temperatur pemanasan dan lamanya waktu penahanan pada temperatur pemanasan tersebut. makin tinggi karbon dan semakin lama holding time maka semakin banyak penyerapan karbon yang masuk kedalam spesimen.

Keuntungan dari proses ini adalah dapat digunakan pada proses pengerasan permukaan yang relatif tebal. Sedangkan kerugiannya adalah jika lapisan terlalu tebal, pada saat pendinginan (quenching) akan retak atau terkelupas, benda uji tersebut mengalami shock karena pendinginan yang tiba - tiba.

b. Menggunakan medium cair atau Liquid Carburizing

Pada karburasi yang menggunakan medium cair atau Liquid Carburizing biasanya pemanasan benda kerja menggunakan garam cair (salt bath) yang terdiri dari campuran sodium cyanide (NaCN) atau potasium cyanide (KCN) yang berfungsi sebagai karburasi agent yang aktif, dengan natrium karbonat (Na₂CO₃) yang berfungsi sebagai energizer dan penurun titik cair garam. Dalam praktik, NaCN lebih banyak digunakan karena relatif lebih murah, lebih banyak menagndung karbon dan titik cair relatif lebih rendah (500 C).

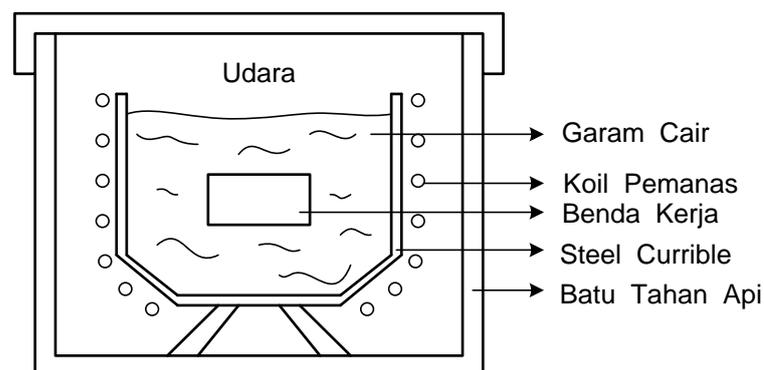
Pada temperatur karburasi (antara 850 C - 900 C), cyanida akan bereaksi :



Dari reaksi tersebut tampak bahwa di samping atom karbon, atom nitrogen ikut juga berdifusi masuk ke dalam baja karbon. Karena nitrogen di dalam baja akan bereaksi membentuk nitrida. Banyaknya karbon dan nitrogen yang terserap tergantung pada temperatur pemanasan dan kadar cyanide yang berada di dalam garam cair.

Garam cair atau salt bath untuk liquid carburizing biasanya mengandung 40 % - 50 % garam cyanide. Selama pemakaian kandungan cyanide akan berkurang, karena itu komposisi garam cair harus sering – sering diperiksa. Pada garam cair proses difusi berlangsung sangat cepat dan permukaan benda kerja tetap bersih sehingga dapat langsung didinginkan. Hanya saja setelah selesai proses benda kerja harus dibersihkan dari sisa – sisa garam untuk menghindari terjadinya korosi dan selain itu garam cyanide adalah senyawa yang sangat beracun.

Keuntungan dari proses ini adalah dapat mengeraskan baja tetapi tidak lebih dari 0,5 mm, dapat juga untuk benda kerja yang kecil, dan juga proses oksidasi dan dekarbonisasi dapat dicegah.

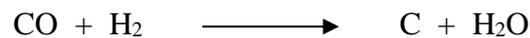
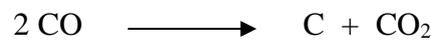


Gambar 2. 4 *Liquid Carburizing*

c. Menggunakan medium gas atau Gas Carburizing

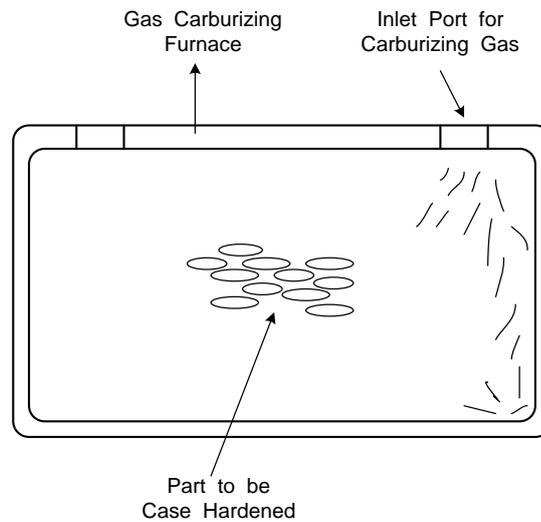
Pada proses karburasi menggunakan medium gas atau gas carburizing, baja dipanaskan didalam dapur pemanas dengan tekanan (atmosfer) yang banyak mengandung gas CO dan gas hidrokarbon misalnya metana, ethana, propana, dan lain – lain. Proses ini dilakukan pada tungku pit (pit furnace). Pemanasan dilakukan pada temperatur 900 C - 940 C.

Pada temperatur tinggi gas – gas tersebut terdekomposisi menjadi :



Pada karburasi gas ini lapisan hypereutectoid dapat dihilangkan dengan memberikan suatu difusi period, yaitu dengan menghentikan pengaliran gas karburasi, tetapi mempertahankan temperatur pemanasan. Dengan demikian karbon akan berdifusi lebih ke dalam atau lapisan pada kulit lebih merata.

Disamping itu benda kerja lebih bersih sehingga langsung dapat di dinginkan. Untuk melakukan proses karburasi gas diperlukan suatu dapur yang kedap udara, yang dapat mencegah masuknya udara ke dalam dapur karena masuknya udara ke dalam dapur akan mempengaruhi konsentrasi gas yang terkaburisasi. Dan dapur yang kedap akan udara akan menghasilkan proses yang lebih baik atau hasil yang maksimal yang diinginkan.



Gambar 2. 5 Gas Carburizing

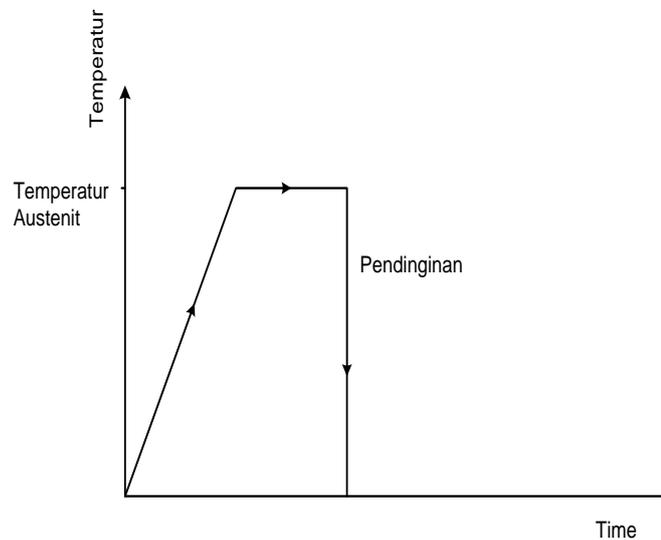
2.3.2 Pendinginan (*Quenching*)

Setelah lapisan kulit mengandung cukup karbon, proses dilanjutkan dengan pengerasan yaitu dengan pendinginan untuk mencapai kekerasan yang tinggi. Pendinginan merupakan salah satu proses yang penting di dalam proses *Pack Carburizing*, karena sifat mekanis baja dapat dipengaruhi oleh bagaimana proses pendinginan berlangsung. Proses pendinginan terbagi menjadi tiga macam. Berikut macam – macam proses pendinginan (*Quenching*).

Proses pengerasan (*quenching*) dapat dilakukan dengan cara :

- a. Pendinginan langsung (*Direct Quenching*) adalah pendinginan secara langsung dari media karburasi.

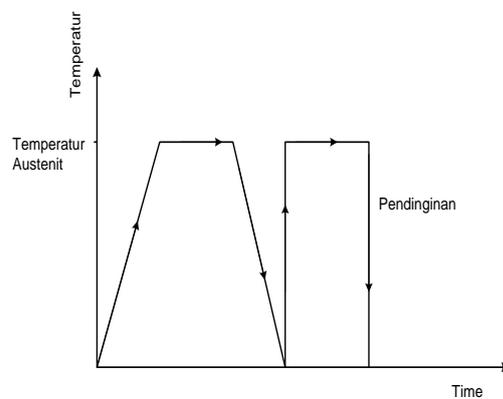
Efek yang timbul adalah kemungkinan adanya pengelupasan pada benda kerja. Pada pendinginan langsung ini diperoleh permukaan benda kerja yang getas



Gambar 2. 6 Proses Pendinginan Langsung
(*Dirrect Quenching*)

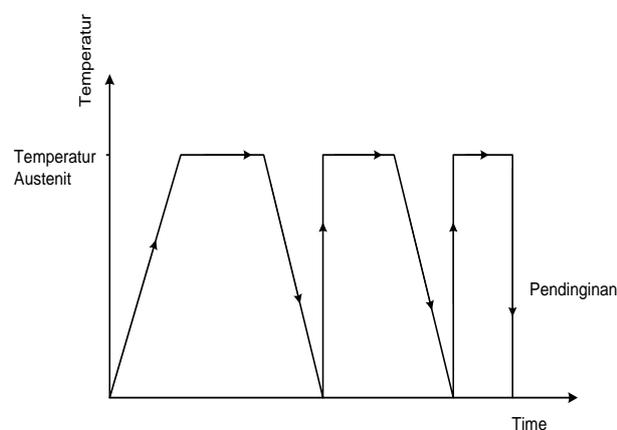
- b. Pendinginan tunggal (*Single Quenching*) adalah pemanasan dan pendinginan dari benda kerja setelah benda kerja tersebut di karburasi dan telah didinginkan pada suhu kamar.

Tujuan dari metode ini adalah untuk memperbaiki difusisitas dari atom – atom karbon, dan agar gradien komposisi lebih halus.



Gambar 2. 7 Proses Pendinginan Tunggal (*Single Quenching*)

- c. Double Quenching adalah proses pendinginan atau pengerasan pada benda kerja yang telah di karburasi dan didinginkan pada temperatur kamar kemudian dipanaskan lagi diluar kotak karbon pada temperatur kamar lalu dipanaskan kembali pada temperatur austenit dan baru didinginkan cepat. Tujuan dari metode ini untuk mendapatkan butir struktur yang lebih halus.



Gambar 2. 8 Proses Double Quenching

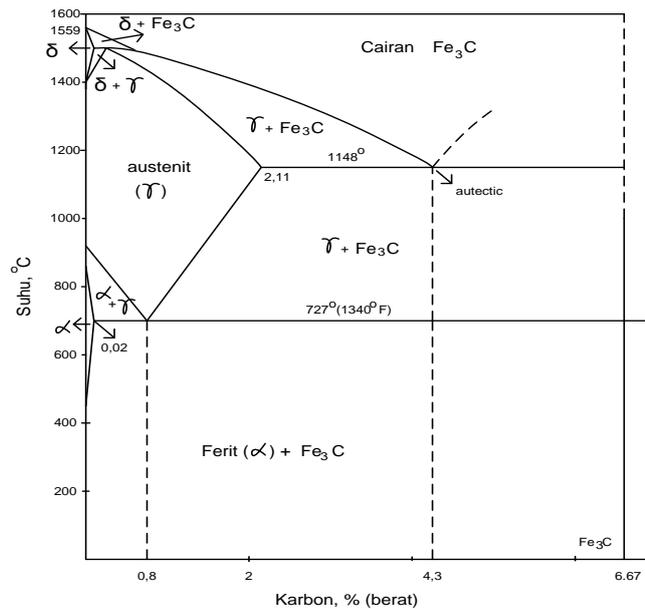
Sifat - sifat yang dimiliki baja karbon setelah Proses Karburasi sebagai berikut:

1. Kekerasan permukaan tinggi dan tahan aus.
2. Tahan temperatur tinggi.
3. Umur lelah lebih tinggi.

2.4 Transformasi Fase pada saat pemanasan

Transformasi fase yang terjadi pada saat pemanasan dapat dipelajari dari diagram keseimbangan (diagram fase) besi karbida – baja. Baja karbon rendah pada diagram fase terletak di bawah ini, termasuk dalam baja hypoutektoid.

Pada temperatur kamar baja karbon rendah terdiri dari butir – butir kristal ferit dan perlit dengan jumlah butir ferit lebih banyak dari butir perlit. Perbandingan jumlah buntir ferit dan perlit tersebut sesuai dengan jumlah kadar karbon yang terkandung dalam baja karbon rendah tersebut.



Gambar 2. 9 Diagram fasa Fe – Fe₃C

Semakin banyak jumlah kadar karbon semakin sedikit jumlah butir ferit dan semakin banyak butir perlitnya.

Pada baja karbon rendah jika dipanaskan hanya sampai temperatur di bawah temperatur krisis A1, maka belum tampak adanya perubahan struktur mikro. Dalam struktur mikro masih terlihat butir ferit dan perlit. Tetapi bila pemanasan dilanjutkan hingga tepat pada temperatur kritis A1, maka perlit akan mengalami reaksi eutektoid. di mana butir ferit dan sementit dari perlit akan bereaksi menjadi austenit.

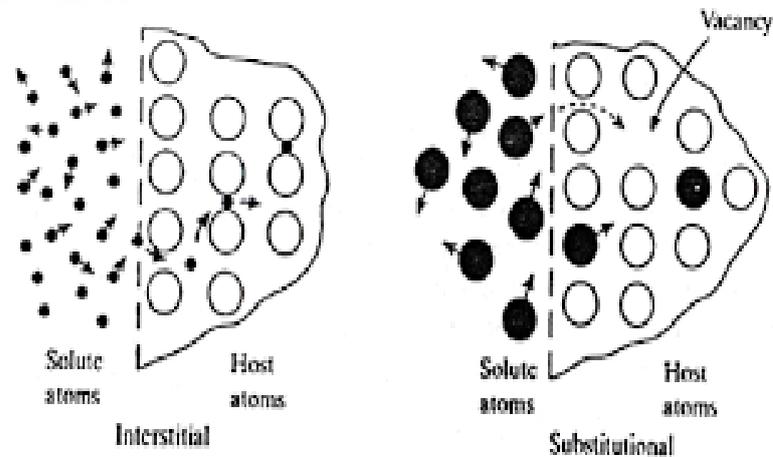
Reaksi eutektoid pada saat pemanasan :



Reaksi autektoid ini berlangsung pada temperatur konstan dan temperatur tidak akan naik sebelum reaksi eutektoid selesai atau seluruh ferit dan sementit di dalam perlit habis menjadi austenit. Setelah perlit habis dan mulai terjadi kenaikan temperatur, maka ferit – preutektoid akan mulai mengalami transformasi allotropik, ferit yang mempunyai bentuk struktur kristal BCC (body centre cubic) akan berubah menjadi austenit yang FCC (face centre cubic). Transformasi ini berlangsung bersamaan dengan naiknya temperatur. Makin tinggi temperatur pemanasan makin banyak ferit yang bertransformasi menjadi austenit. Tranformasi dari ferit ke austenit selesai ditunjukkan pada garis A3, jadi di atas A3 struktur yang terjadi adalah austenit dengan bentuk kristal FCC (face center cubic).

2.5 Difusi

Jika kita ingin melakukan pengerasan pada baja di mana tidak memiliki banyak kandungan karbon dan paduan lain untuk dikeraskan dengan quenching, perlakuan difusi dapat diterapkan untuk menambah elemen paduan pada permukaan yang akan dikeraskan. Difusi dalam prosesnya melibatkan dua zat yang salah satunya berkonsentrasi lebih tinggi dari zat lain. Kondisi ini menyebabkan perpindahan dan pembauran ke seluruh partikel secara merata. Difusi juga dikatakan sebagai peristiwa mengalirnya atau berpindahnya suatu zat dalam pelarut dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah.



Gambar 2. 10 Proses Terjadinya Difusi

Difusi adalah perpindahan secara spontan dari atom atau molekul dalam suatu bahan yang cenderung untuk menjaga keseragaman komposisi secara keseluruhan. Ada dua cara berbeda suatu atom padat dapat terdifusi ke dalam logam induk. Gambar 2.10 memperlihatkan atom padat yang kecil menuju ruang kosong antara atom-atom logam induk. Ini disebut *interstitialdiffusion*. Jika kita ingin mencoba mendifusikan atom yang besar ke dalam logam induk, tentu akan terlalu besar untuk dapat mengisi ruang kosong yang ada. Dalam kasus ini, substitutional diffusion mungkin dapat terjadi. Atom padat mencari jalannya sendiri untuk menemukan kekosongan atom dalam logam induk dan menempatkannya. Kekosongan atom adalah tempat atom yang seharusnya terisi atom tetapi tidak terdapat atom ditempat tersebut.

2.6 Media Pendingin

Proses pendinginan merupakan langkah penting dalam perlakuan panas logam. Ini adalah proses mendinginkan sepotong logam dengan cepat untuk

mencapai atau mengubah sifat tertentu seperti kekerasan, kekuatan, atau ketangguhan. Pendinginan cepat meminimalkan jumlah waktu yang dihabiskan logam pada suhu tinggi dan mencegah kesalahan yang mungkin terjadi. Media pendinginan yang umum adalah udara, minyak, air, dan air garam. Tergantung pada media dan metode penerapannya, logam dapat dimodifikasi dengan cara tertentu.

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain (Arief,2012)

2.6.1 Air

Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat. Biasanya ke dalam air tersebut dilarutkan garam dapur sebagai usaha mempercepat turunnya temperatur benda kerja dan mengakibatkan bahan menjadi keras. Air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia yang lain. Karakteristik tersebut adalah sebagai berikut (Dugan, 1972; Hutchinson, 1975; Miller, 1992). Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni 0°C (32°F) – 100°C , air berwujud cair. Suhu 0°C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100°C merupakan titik didih (*boiling point*) air. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Sifat ini memungkinkan air tidak menjadi panas atau dingin dalam seketika. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (evaporasi) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah yang besar. Oleh

karena itu dalam penelitian ini digunakan air es dalam proses pendinginan setelah proses *Heat Treatment* karena dapat mendinginkan logam yang telah dipanaskan secara cepat. Suhu air es berkisar antara 0°C - 5°C , densitas (berat jenis) air maksimum sebesar 1 g/cm^3 terjadi pada suhu $3,95^{\circ}\text{C}$. Pada suhu lebih besar maupun lebih kecil dari $3,95^{\circ}\text{C}$, densitas air lebih kecil dari satu (Moss, 1993; Tebbut, 1992).

2.6.2 Minyak

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah benda kerja yang di olah, selain minyak yang khusus digunakan sebagai media pendingin pada proses perlakuan panas dapat juga digunakan oli minyak bakar atau solar.

2.6.3 Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal kristal dan kemungkinan mengikat unsur - unsur lain dari udara. Adapun pendinginan pada udara terbuka akan memberikan oksidasi oksigen terhadap proses pendinginan.

2.6.4 Garam

Garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan

garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan meningkat zat arang. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbedabeda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin.

2.7 Baja dan Paduan

Seiring dengan kemajuan zaman dan teknologi, khususnya di lingkungan perindustrian yang bahan utamanya menggunakan logam sebagai bahan baku produksi (Suwardi & Daryanto, 2018). Besi dan baja adalah logam yang sangat banyak diperlukan dalam dunia industri serta termasuk ke dalam 95% produksi logam dunia. Besi dan baja adalah logam yang memenuhi persyaratan teknik serta relatif murah, akan tetapi logam ini mulai mendapat persaingan dari logam bukan besi di beberapa bidang lainnya. Berikut ini ada beberapa macam logam yang sering dimanfaatkan yaitu besi (Fe), aluminium (Al), seng (Zn), khrom (Cr) tembaga (Cu), dan nikel (Ni). Material logam terdiri dari atom-atom logam yang merupakan unsur yang bisa kita temui pada tabel periodik. Atom-atom logam saling berhubungan antara satu atom dengan atom-atom yang lainnya dalam bentuk ikatan logam, di mana elektron valensinya bebas bergerak sehingga material ini memiliki kemampuan menghantar panas atau listrik dan termal yang baik, serta tidak dapat menembus cahaya. Logam mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, namun cukup ulet (bentuknya dapat diubah). Contoh logam yaitu baja, besi, tembaga, emas, perak, aluminium, dan lain-lain (Sofyan, 2021).

Salah satu dari berbagai contoh logam, besi dan baja adalah jenis logam yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi di suatu perusahaan. Demi memenuhi kebutuhan masyarakat yaitu pembuatan perkakas, alat-alat komponen-komponen otomotif, alat-alat pertanian, dan kebutuhan rumah tangga.

Sifat-sifat logam terdiri dari sifat mekanik (kekerasan, keuletan, kekakuan, dan kekuatan), sifat thermal (penghantar panas), sifat fisik (massa jenis, dapat diukur, dan mudahdibentuk) (Syahri dkk, 2017).

Dalam bidang material terdapat dua cara perlakuan panas untuk meningkatkan nilai kekerasan baja, yaitu perlakuan panas (*heat treatment*) dan deformasi plastis. Baja spesifikasi ST 41 merupakan baja karbon rendah dengan komposisi karbon berkisar 0,08- 0,20 %. Baja ini umumnya dipakai . sebagai komponen otomotif misalnya untuk handle rem sepeda motor, bodi mobil, pipa saluran, kontruksi jembatan, rivet. Baja karbon dapat diklarifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya. Baja karbon terdiri sebagai berikut :

a. Baja karbon rendah

Baja ini disebut baja ringan (Mild Steel) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, kandungan karbonnya kurang dari 0,3%. Baja ini dapat dijadikan mur, baut, sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder dan penggunaan yang hampir sama. Penggilingan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan dengan keadaan panas. Hal itu ditandai dengan melihat lapisan oksida besinya dibagian permukaan berwarna hitam.

b. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang mengandung 0,3% - 0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sbagian dengan pngerjaan (Heat Treatment) yang sesuai. Heat treatment menaikkan kekuatan baja dengan cara digiling. Baja ini digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros bubungan, poros engkol, sekrup sangkup dan alat angkat presisi.

c. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mengandung karbon 0,6% -1,5%, dibuat dengan cara digiling panas. Baja karbon tinggi banyak digunakan sebagai material pada pembuatan pegas dan kawat dengan kekuatan tinggi.

2.8 Baja AISI 1020

Baja AISI 1020 tergolong baja karbon rendah, dimana memiliki kandungan karbon sebesar 0,20 – 0,30%. Baja ini sering umumnya dipakai di berbagai komponen perindustrian misalnya untuk komponen gear pada mesin bending plat, bahan pembuatan pipa untuk fluida bertekanan rendah dan menengah, pipa katel,dan juga untuk pipa pengalir uap panas yang biasa digunakan pada sistem pembangkit listrik. Baja AISI 1020 merupakan salah satu baja karbon rendah dengan unsur karbon (1,40-1,70)% Ni, (0,901,40)% Cr, dan (0,20-0,30)% Mo. Baja AISI 1020 setara dengan baja DIN CK22.C22, JIS S20C. Menurut standar AISI (American Iron and Steel Institute) dan DIN CK22.C22.

Baja AISI 1020 yang secara luas mudah tersedia sebagai gear, billet bar, batang forging, lembaran, tabung, dan kawat las. Aplikasi yang umum dari baja ini adalah baut, skrup, roda gigi, batang piston untuk mesin, roda pendaratan, dan

komponen landing gear pesawat terbang. Baja AISI 1020 dengan kadar bajanya paduannya memungkinkan baja ini untuk di keras kan dengan perlakuan panas. Salah satu perlakuan panas yang bisa digunakan pada baja ini yaitu proses hardening, dengan proses hardening baja AISI 1020 bisa mengalami perubahan sifat mekanik dengan variasi suhu austenisasi pada baja AISI 1020 yang di quenching dengan oli (ASM handbook vol.1, 1993).

2.9 Waktu Penahanan

Holding time dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses quenching dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan homogen. Pada proses pack carburizing, holding time sangat diperlukan untuk menghasilkan kelarutan karbon pada material baja, semakin lama holding time-nya maka akan semakin banyak karbon yang berdifusi dengan besi (Purboputro, I. Pramuko, 2006).

Pada saat tercapainya suhu kritis atas, memang fase struktur sudah hampir semuanya austenit tetapi austenit masih berbutir halus dan kadar karbon dan unsur paduannya belum homogen untuk itulah dibutuhkan penahan waktu beberapa saat (Karmin, 2009). Lamanya holding time ini tergantung pada:

1. Tingkat kelanjutan karbida dan ukuran butir yang diinginkan. Karena jumlah dan jenis karbida berbeda antara baja yang satu dengan yang lain maka lamanya holding time ini tergantung pada jenis baja dan temperatur carburizing yang dipakai.
2. Laju pemanasan. Misalnya, pemanasan dengan laju pemanasan yang sangat lambat terhadap baja hypoeutectoid, pada saat mencapai suhu kritis atas,

austenit yang terbentuk sudah homogen sehingga tidak diperlukan lagi holding time. Sebaliknya dengan laju pemanasan yang cepat akan diperlukan waktu untuk mencapai austenit yang homogen.

Hal yang perlu diketahui dalam holding time :

- a. Perbedaan temperatur antara bagian dalam dan permukaan, akibat rambatan panas yang dapat menyebabkan perbedaan pemuaian volume.
- b. Baja menyusut sampai 4 % (volume) pada kenaikan temperatur mencapai transformasi austenite.

2.10 Kekerasan

Kekerasan bisa didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda (benda kerja) terhadap penetrasi / daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator). Kekerasan suatu bahan (baja) dapat diketahui dengan pengujian kekerasan memakai mesin uji kekerasan (hardness tester) menggunakan tiga cara/ metode yang telah banyak / umum dilakukan yaitu metode *Brinell*, *Rockwell* dan *Vickers*. (Helmy, 2011).

2.10.1 Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan

melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongkan sebagai material ulet atau getas.

Pengujian kekerasan dilakukan pada tahap terakhir dengan maksud agar diperoleh hasil yang akurat, karena permukaan benda uji sudah rata, halus dan bersih pada bagian penampang luasannya dan sisi permukaannya.

2.10.2 Uji Kekerasan *Vickers*.

Pengujian kekerasan metode *Vickers* merupakan pengujian menentukan kekerasan dalam bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak 136° yang ditekan pada permukaan material uji. Metode *Vickers* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$HV = \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d_2} = 0.1891 \frac{F}{d_2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : HV = Vickers hardness

F = beban pengujian (kgf)

d = panjang diagonal rata-rata dari indentasi (mm)

Rentang beban uji yang digunakan pada pengujian kekerasan *Vickers* berkisar antara 1 kgf sampai 120 kgf, dan beban uji yang umum digunakan adalah 5, 10, 30 dan 50 kgf. Sedangkan waktu penerapan beban uji (dwell time) standar biasanya dilaksanakan selama 10 -15 detik. Pengujian kekerasan *Vickers* hanya menggunakan satu jenis indenter, yaitu indenter intan berbentuk piramid yang dapat digunakan untuk menguji hampir semua jenis logam mulai dari yang lunak

hingga yang keras. Pengujian Vickers memiliki beberapa kelebihan, sebagai berikut.

Kelebihan pengujian Vickers :

1. Menggunakan satu jenis indentor
2. Nilai kekerasan lebih akurat
3. Dapat digunakan untuk berbagai logam
4. Pengujian dapat cepat dilakukan.

Dan, berikut cara menggunakan vickers hardness tester :

1. Pertama, pasang indentor yang bentuknya seperti piramid atau Prisma pada bagian knock vickers hardness tester. Lalu, Letakkan material yang akan diuji pada bagian plate bagian mikroskop dengan lensanya mengarah ke material uji.
2. Tahap selanjutnya, atur ketinggian meja uji atau plate pada vickers hardness tester. Setiap pengaturan yang dilakukan pada meja uji atau plate bisa dilihat di layar display. Setelah itu, masukkan tekanan yang akan diberikan oleh indentor pada hardness tester.
3. Jalankan mesin hardness tester dengan menekan tombol Start. Secara perlahan indentor akan turun memberikan tekanan pada permukaan material yang diuji. Ketika gaya tekan mencapai batas maksimal maka mesin Hardness Tester akan berhenti secara otomatis.
4. Setelah mesin berhenti, Arahkan mikroskop pada permukaan material yang tadi diberikan penekanan. lihat hasil penekanan di layar monitor, supaya lebih jelas perbesar tampilan display.

5. Nilai kekerasan yang didapat dari hasil pengujian ini akan dihitung secara otomatis menggunakan software yang sudah terintegrasi dengan mesin vickers hardness tester.