**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA**

1. **Kajian Pustaka**

Pada proses *pack carburizing* telah dilakukan banyak penelitian tentang pengaruh temperatur, holding time dan *quenching* media pada bahan baja karbon rendah. Ada beberapa jurnal yang menjadi referensi dalam penelitian ini, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Sujita (2016) dengan judul “Aplikasi Serbuk Arang Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Media Carburizer Proses *Pack Carburizing* Baja Karbon Rendah”. Referensi yang kedua, yaitu penelitian dari Anggun Mersilia (2016) yang berjudul “Pengaruh *Heat Treatment* Dengan Variasi Media *Quenching* Air Garam Dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135” dan referensi lainnya.

Sujita, (2016) menelititi tentang Proses karburasi pada baja karbon rendah AISI 1018 dengan suhu 910oC, 930oC, 950oC selama 150 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa angka kekerasan meningkat hingga 262,47 kg/mm2 (82%) dari 144,08kg/ mm2 dengan menambahkan 20% berat serbuk cangkang kerang. Komposisi ini menunjukkan bahwa pengerasan permukaan terjadi pada permukaan baja karbon AISI 1018 karena difusi karbon selama proses karburasi paket.

Mersila, (2016) meneliti tentang pengaruh *heat treatment* dengan variasi media quenching air garam dan oli terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja pegas daun aisi 6135. Media karbon yang digunakan adalah arang cangkang kelapa sawit dengan persentase berat 75,25% dan CaCO3 sebesar 24,74% sebagai katalisnya. Proses *pack carburizing* dilakukan pada temperatur 950°C dengan waktu penahanan selama 2 jam, kemudian dilakukan pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Hasil pengujian kekerasan vickers menunjukan nilai kekerasan pada spesimen KQA (karburasi quenching air) sebesar 504,92 kg/mm².

Alfani, (2016) meniliti tentang pengaruh variasi temperatur pada proses *pack carburizing* terhadap ketahanan aus baja st 41. Baja karbon rendah yang digunakan pada penelitian adalah jenis baja ST 41 dan temperatur yang digunakan dalam proses *pack carburizing* adalah 850, 900, dan 950oC, sedangkan sumber karbon yang digunakan adalah arang tempurung kelapa dan cangkang telur sebagai katalis.

Kuswanto, (2010) meneliti tentang perlakuan *pack carburizing* pada baja karbon rendah sebagai material alternatif untuk pisau potong pada penerapan teknologi tepat guna. Dari percobaan ini menghasilkan kesimpulan bahwa telah terjadi difusi atom karbon (C) ke dalam struktur baja. Hal ini ditunjukan dengan adanya kenaikan pada kekerasan permukaan material dan terlihat pada gambar struktur micro. Dengan demikian baja karbon rendah setelah diproses *pack carburizing* mempunyai potensi untuk dikeraskan.

Bahtiar, (2017) meneliti tentang analisis kekerasan dan struktur mikro pada baja komersil yang menda-patkan proses *pack carburizing* dengan arang cangkang kelapa sawit. Media karbon yang digunakan adalah arang cangkang kelapa sawit dengan persentase berat 75,25% dan CaCO3 sebesar 24,74% sebagai katalisnya. Proses *pack carburizing* dilakukan pada temperatur 950°C dengan waktu penahanan selama 2 jam, kemudian dilakukan pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Hasil pengujian kekerasan vickers menunjukan nilai kekerasan pada spesimen KQA (karburasi quenching air) sebesar 504,92 kg/mm².

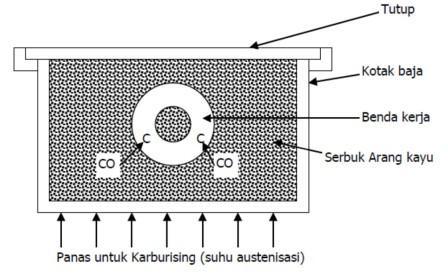
Kuswanto, (2010) meniliti tentang pengaruh perbedaan ukuran butir arang tempurung kelapa barium karbonat terhadap peningkatan kekerasan permukaan material baja st 37 dengan proses *pack carburizing.* Penambahan karbon ke dalam struktur baja karbon rendah sering disebut sebagai karburasi, merupakan cara meningkatkan kekerasan dan kekuatan . Cara ini salah satunya menggunakan arang tempurung kelapa sebagai sumber karbon. Perubahan zat padat menjadi gas sebagai fungsi kenaikan temperatur, dipengaruhi oleh ukuran luasan permukaanya. Hasil penelitin dapat disimpulkan bahwa tidak ditemukan pengaruh yang signifikan antara ukuran butir arang tempurung kelapa dengan kekerasan permukaan baja ST37 yang dihasilkan.

Iqbal, (2008) meniliti tentang pengaruh temperatur terhadap sifat mekanis pada proses pengkarbonan pada baja karbon rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur terhadap perubahan sifat mekanis pada proses pengkarbonan pada baja karbon rendah. Dalam proses pengkarbonan, sumber karbon adalah serbuk arang tempurung kelapa dan dicampur dengan 25% BaCO3 sebagai katalisnya. Kandungan karbon meningkat dari 0,15% menjadi 0,64%. Pengerasan permukaan dilakukan dengan memanaskan kembali spesimen pada suhu 840oC dan 950oC selama 20 menit dan di *quenching* pada media air. Hasil penelitian menun-jukan bahwa temperatur 950oC memberikan permukaan tertinggi.

1. **Pengertian *Carburizing***

*Carburizing* (karburasi) merupakan proses penambahan karbon dengan cara dipanaskan pada temperatur yang cukup tinggi. Suhu yang digunakan biasanya 820o – 950oC. Proses ini dilakukan dalam lingkungan yang mengandung atom karbon aktif, sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu. Pada proses carburizing sendiri dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu proses *pack carburizing* (karburising padat), *liquid carburizing* (karburising cair), gas *carburizing* (karburasi gas). Metode *pack carburizing* adalah proses yang paling sederhana dibandingkan metode cair dan gas, karena dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana. Unsur karbon dapat diperoleh dari benda padat seperti arang kayu, batu bara, arang tempurung kelapa yang mana unsur tersebut akan berdifusi ke dalam baja. Setelah proses difusi, kandungan karbon pada baja akan meningkat, sehingga diperoleh permukaan yang lebih keras, tetapi liat dan tangguh bagian tengahnya. Difusi adalah gerak spontan dari atom atau molekul di dalam bahan yang cenderung membentuk komposisi yang seragam (Smallman, Bishop, 2000).

Proses *carburizing* bertujuan untuk memperoleh permukaan yang lebih keras akibat penambahan karbon pada permukaan baja yang telah dikarburasi. Selain itu, proses *carburizing* juga dapat mengurangi kerusakan keausan akibat gesekan yang terjadi dengan komponen lainnya.



Gambar 2.1 Proses *Pack Carburizing*

( Sumber : Google)

1. **Macam-Macam Proses *Carburizing***

Pada proses *carburizing* dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu :

1. *Pack Carburizing* (Karburising Padat)

*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 diatasnya demikian selanjutnya (Wahid Suherman, 1998: 150).

Reaksi yang terjadi adalah

CO2 + C (arang) -------------> 2CO

Dengan temperatur yang semakin tinggi kesetimbangan rekasi maikn cenderung ke kanan makin banyak CO.

2CO -------------> CO2 + C (larut ke dalam baja)

Dimana C yang terbentuk ini merupakan atom karbon (carbon nascent) yang aktif berdifusi masuk ke dalam fase austenit dari baja ketika baja dipanaskan. Besarnya kadar karbon yang terlarut dalam baja pada saat baja dalam larutan pada gamma fase austenit selama karburisasi adalah maksimal 2 %.

Kotak karburisasi yang dipanaskan harus dalam keadaan tertutup rapat, hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya reaksi antara media karburisasi dengan udara luar. Cara yang biasanya ditempuh unutk menghindari hal tadi adalah dengan memberikan lapisan tanah liat (*clay*) antara tutup dengan kotak karburisasi.

Menurut Wahid Suherman (1998: 150) bahwa “kotak karburisasi dipanaskan dalam dapur sampai temperatur 825 – 925 o C dengan segera permukaan benda kerja akan menyerap karbon sehingga dipermukaan akan terbentuk lapisan berkadar karbon tinggi sampai 1,2 %”. Dan menurut B.H Amstead (1979: 152) bahwa “proses karburisasi padat banyak diterapkan untuk memperoleh lapisan yang tebal antara 0,75 – 4 mm”.

1. *Liquid Carburizing* ( Karburising Cair)

*Liquid Carburizing* adalah proses pengerasan baja dengan cara mencelupkan baja yang telah ditempatkan pada keranjang kawat ke dalam campuran garam cianida, kalsium cianida (KCN), atau natrium cianida (NaCN).

Dengan pemanasan akan terjadi reaksi-reaksi:

2NaCN + O2 -------------> 2 NaCNO

4NaCNO -------------> 2NaCN + Na2CO3 + CO + 2N

3Fe + 2CO -------------> Fe3C + CO2

Pada proses karburisasi ini selain terserapnya karbon, nitrogen juga ikut terserap. Bahwa karburisasi cair hamper sama dengan cyaniding, yang menyerap nitrogen dan karbon. Bedanya terletak pada tingkat perbandingan banyaknya karbon dan nitrogen yang terserap. Pada karburisasi cair penyerapan karbon lebih dominan. Banyaknya karbon dan nitrogen yang terserap ini tergantung pada kadar cianida dalam salt bath dan temperatur kerjanya. Salt bath untuk karburisasi cair biasanya mengandung 40 – 50 % garam cianida. Temperatur yang digunakan adalah 900 °C selama 5 menit, kedalaman penetrasi karbon yang dicapai antara 0,1 – 0.25 mm dari permukaan baja.

Kadar karbon yang dikarburisasi akan naik dengan semakin tingginya temperatur dan makin lamanya waktu karburisasi. Bila kadar karbon dipermukaan terlalu tinggi maka kekerasan tidak begitu tinggi, karena itu baja yang akan di quenching langsung setelah pemanasan untuk karburisasi hendaknya dipakai temperatur yang tidak begitu tinggi.

1. Gas *Carburizing* (Karburasi Gas )

Proses pengerasan ini dilakukan dengan cara memanaskan baja dalam dapur dengan atmosfer yang banyak mengandung gas CO dan gas hidro karbon yang mudah berdifusi pada temperatur karburisasi 900° C – 950° C selama 3 jam.

Gas-gas pada temperatur karburisasi itu akan bereaksi menghasilkan karbon aktif yang nantinya berdifusi ke dalam permukaan baja. Pada proses ini lapisan hypereutectoid yang menghalangi pemasukan karbon dapat dihilangkan dengan memberikan diffusion period, yaitu dengan menghentikan pengaliran gas tetapi tetap mempertahankan temperatur pemanasan. Dengan demikian karbon akan berdifusi lebih ke dalam dan kadar karbon pada permukaan akan semakin naik.

Menurut B.H Amstead (1979: 153) mengatakan bahwa “proses karburisasi media gas digunakan untuk memperoleh lapisan tipis antara 0,1 – 0,75 mm”.

1. **Arang Tempurung Kelapa**

Arang tempurung kelapa selama ini sering kita kenal sebagai bahan bakar untuk pemanggangan ikan atau makanan lainnya. Tempurung kelapa yang dijadikan arang dapat ditingkatkan nilai ekonomisnya dengan menjadikannya karbon aktif. Tempurung kelapa adalah salah satu bahan karbon aktif yang kualitasnya cukup baik. Tempurung kelapa yang akan dijadikan bahan pembuatan karbon aktif, sebaiknya berbentuk setengah atau seperempat ukuran tempurung. Bentuk dan ukuran tempurung kelapa harus diperhatikan, karena jika ukurannya terlalu hancur, maka tempurung itu kurang baik dijadikan bahan pembuat karbon aktif. Dari segi kualitas, tempurung kelapa yang memenuhi syarat dijadikan bahan karbon aktif adalah kelapa yang benar-benar tua hingga warnanya hitam mengkilap dan keras.

Tahapan untuk membuat karbon aktif yang berkualitas dari tempurung kelapa dengan cara menjadikannya arang. Pembakaran arang dilakukan lapis demi lapis agar dapat memperoleh karbon aktif yang lebih baik. Memulai pembakaran bisa dengan menggunakan kertas atau daun kelapa kering yang ditaruh diatas satu lapis tempurung di dasar drum. Setelah tempurung lapisan pertama terbakar, sedikit demi sedikit satu lapisan ditaruh diatasnya. Langkah ini terus dilakukan sampai drum penuh.

Arang tempurung kelapa sebagai sumber karbon, akan dirubah menjadi gas karbon. Perubahan benda padat menjadi gas ini dilakukan dengan proses pemanasan. Panas dari dapur (*furnace*) pada *temperatur carburizing* akan menyebabkan butiran-butiran arang menjadi gas. Benda padat dengan volume yang lebih kecil akan lebih cepat berubah menjadi gas, dibandingkan dengan volume yang lebih besar (Aryafatta, 2008).

1. **Katalisator**

Katalis atau katalisator adalah suatu zat yang memiliki fungsi untuk mempercepat terjadinya suatu reaksi atau mempercepat laju reaksi. Akan tetapi katalis tidak mengalami perubahan kimia secara permanen. Sehingga, pada akhir reaksi dapat diperoleh kembali. Zat-zat yang bereaksi akan lebih mudah melampaui energi aktivasinya sehingga reaksi akan lebih mudah terjadi. Katalis dapat dibedakan menjadi dua, yaitu (Stadelman, 2000) :

1. Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang memiliki fasa sama dengan reaktan dan produk. Katalis ini biasanya digunakan di laboratorium ataupun industri bahan kimia tertentu karena diperlukan peralatan yang lebih kompleks.

1. Katalis Heterogen

Katalis heterogen adalah katalis yang fasanya tidak sama dengan reaktan dan produk. Biasanya katalis ini berbentuk padat dan banyak digunakan pada reaktan berbentuk cair atau gas.

Pada penelitian ini menggunakan katalisator cangkang kerang, sebab sumber katalis ini mudah diperoleh disekitar kita. Kulit cangkang kerang mengandung kalsium karbonat (CaCo3) yang dapat dijadikan sebagai *energizer* alternatif di dalam proses karburasi.

1. **Sifat-Sifat Mekanik Pada Baja**

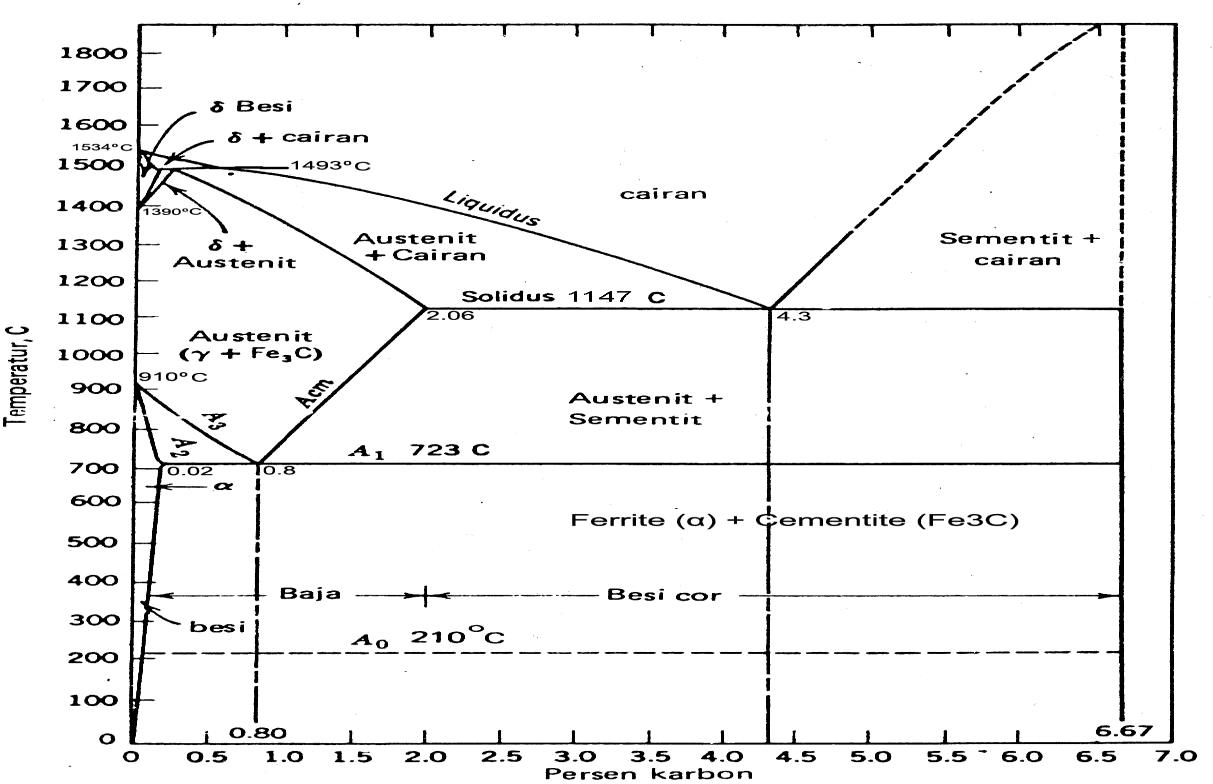
Sifat mekanik pada baja berperan penting dalam pemilihan bahan dasar untuk penelitian di dunia perteknikan. Hal ini dikarenakan baja memiliki sifat mekanik yang cukup baik (Iqbal, 2013). Adapun beberapa sifat – sifat mekanik yang perlu diketahui, yaitu :

1. Kekuatan (*Strength*), menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis beban yang bekerja atau mengenainya. Contoh : kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung
2. Kekerasan (*Hardness*), Dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap penggoresan serta pengikisan. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (*wear resistance*)
3. Ketangguhan (*Toughness*), menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Apabila menerima tegangan berulang-ulang yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastiknya.
4. Plastisitas (Plasticity), menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Bahan yang mampu mengalami deformasi plastis yang cukup tinggi dikatakan sebagai bahan yang mempunyai keuletan atau kekenyalan tinggi, dimana bahan tersebut dikatakan ulet atau kenyal.
5. **Diagram Fasa Besi Karbon (Fe-C)**

Diagram fasa Fe-C atau biasa disebut diagram kesetimbangan besi karbon merupakan diagram yang menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi didalam baja, serta untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang terjadi pada paduan baja dengan segala perlakuannya.

Adapun istitilah yang terdapat pada diagram kesetimbangan Fe-Fe3C dan fasa-fasa yang terdapat dalam diagram akan dijelaskan dibawah ini. Berikut adalah batas-batas *temperatur* kritis pada diagram Fe-Fe3C menurut (Nurjayanti, 2013) adalah :

1. A1 adalah *temperatur* reaksi euktektoikd yaitu perubahan fasa γ menjadi α+Fe3C (perlit) untuk baja *hypoeutectoid*.
2. A2 adalahn titik *Currie* (pada *temperatur* 769oC), dimana sifat magnetik besi berupa dari feromagnetik menjadi paramagnetik.
3. A3 adalah *temperatur* transformasi dari fasa γ menjadi α (ferit) yang ditandai pula dengan naikknya batas kelarutan karbon seiring dengan turunnya *temperatur*.
4. Acm adalah *temperatur* transformasi dari fasa γ menjadi Fe3C (sementit) yang ditandai pula dengan penurunan batas kelarutan karbon seiring dengan turunnya *temperatur*.
5. A123 adalah *temperatur* transformasi γ menjadi α+Fe3C (perlit) untuk baja *hypereutectoid*.



# Gambar 2.1 Diagram Kesetimbangan Fe-C 10

(Sumber : Rahman,2014)

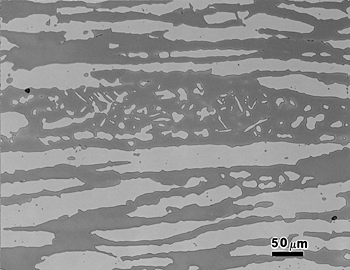
Dari diagram fasa yang dituntujukkan pada gambar 2.2 terlihat bahwa suhu sekitar 723°C merupakan suhu transformasi austenit menjadi fasa perlit (yang merupakan gabungan fasa ferit dan sementit). Transformasi fasa ini dikenal sebagai reaksi eutectoid dan merupakan dasar proses perlakuan panas dari baja. Sedangkan daerah fasa yang prosentase larutan karbon hingga 2 % yang terjadi di temperatur 1.147°C merupakan daerah besi gamma (γ) atau disebut austenit. Pada kondisi ini biasanya austenit bersifat stabil, lunak, ulet, mudah dibentuk, tidak ferro magnetis dan memiliki struktur kristal *Face Centered Cubic* (FCC).

Besi murni pada suhu dibawah 910°C mempunyai struktur kristal *Body Centered Cubic* (BCC). Besi BCC dapat melarutkan karbon dalam jumlah sangat rendah, yaitu sekitar 0,02 % maksimum pada suhu 723°C. Larutan pada intensitas dari karbon didalam besi ini disebut juga besi alpha (α) atau fasa ferit. Pada suhu diantara 910°C sampai 1.390°C, atom-atom besi menyusun diri menjadi bentuk kristal *Face Centred Cubic* (FCC) yang juga disebut besi gamma (γ) atau fasa austenit. Besi gamma ini dapat melarutkan karbon dalam jumlah besar yaitu sekitar 2,06 % maksimum pada suhu sekitar 1.147°C. Penambahan karbon ke dalam besi FCC ditransformasikan kedalam struktur BCC dari 910°C menjadi 723°C pada kadar karbon sekitar 0,8 %. Diantara temperatur 1.390°C dan suhu cair 1.534°C, besi gamma berubah menjadi susunan BCC yang disebut besi delta (δ).

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan didalam diagram Fe – Fe3C yaitu, perubahan fasa ferit atau besi alpha (α), austenit atau besi gamma (γ), sementit atau karbida besi, perlit dan sementit akan diuraikan dibawah ini :

1. *Ferrite atau besi alpha(α)*

Merupakan modifikasi struktur besi murni pada suhu ruang, dimana ferit menjadi lunak dan ulet karena ferit memiliki struktur BCC, maka ruang antara atom-atomnya adalah kecil dan padat sehingga atom karbon yang dapat tertampung hanya sedikit sekali.



Gambar.2.2 ferit

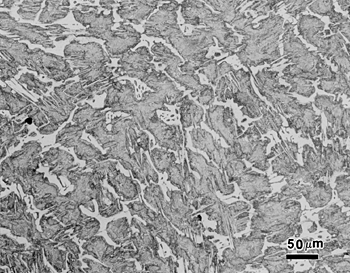
(Sumber : Rahman,2014)

1. *Austenit atau besi gamma(γ)*

Merupakan modifikasi dari besi murni dengan struktur FCC yang memiliki jarak atom lebih besar dibandingkan dengan ferit. Meski demikian rongga-rongga pada struktur FCC hampir tidak dapat menampung atom karbon dan penyisipan atom karbon akan mengakibatkan tegangan dalam struktur sehingga tidak semua rongga dapat terisi, dengan kata lain daya larutnya jadi terbatas.

1. *Karbida Besi atau Sementit*

Adalah paduan Besi karbon, dimana pada kondisi ini karbon melebihi batas larutan sehingga membentuk fasa kedua atau karbida besi yang memiliki komposisi Fe3C. Hal ini tidak berarti bila karbida besi membentuk molekul Fe3C, akan tetapi kisi kristal yang membentuk atom besi dan karbon mempunyai perbandingan 3 : 1. Karbida pada ferit akan meningkatkan kekerasan pada baja sifat dasar sementit adalah sangat keras.

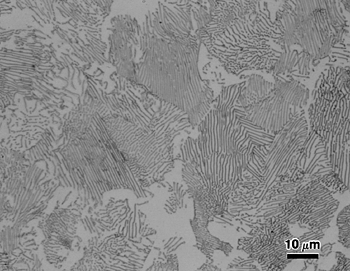


Gambar.2.3 Sementit

(Sumber : Rahman,2014)

1. *Perlit*

Merupakan campuran khusus yang terjadi atas dua fasa yang terbentuk austenisasi, dengan komposisi eutektoid bertransformasi menjadi ferit dan karbida. Ini dikarenakan ferit dan karbida terbentuk secara bersamaan dan keluarnya saling bercampur. Apabila laju pendinginan dilakukan secara perlahan-lahan maka atom karbon dapat berdifusi lebih lama dan dapat menempuh jarak lebih jauh, sehingga di peroleh bentuk perlit besar. Danapabila laju pendinginan lebih di percepat lagi maka *difusi* akan terbatas pada jarak yang dekat sehingga akhirnya menghasilkan lapisan tipis lebih banyak.

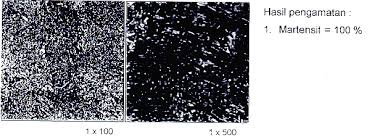


Gambar.2.4 perlit

(Sumber : Rahman,2014)

1. *Martensit*

Adalah suatu fasa yang terjadi karena pendinginan yang sangat cepat sekali,dan terjadi pada suhu dibawah eutektoid tetapi masih diatas suhu kamar. Karena struktur austenit FCC tidak stabil maka akan berubah menjadi struktur BCT secara serentak. Pada reaksi ini tidak terjadi difusi tetapi terjadi pengerasan (*dislokasi*). Semua atom bergerak serentak dan perubahan ini langsung dengan sangat cepat dimana semua atom yang tinggal tetap berada pada larutan padat karena terperangkap dalam kisi sehingga sukar menjadi slip, maka martensit akan menjadi kuat dan keras tetapi sifat getas dan rapuh menjadi tinggi.Martensit dapat terjadi bila austenit didinginkan dengan cepat sekali (dicelup) hingga temperatur dibawah pembentukkanbainit.



Gambar.2.5 perlit

(Sumber : Rahman,2014)

Martensit terbentuk karena transformasi tanpa difusi sehingga atom- atom karbon seluruhnya terperangkap dalam larutan super jenuh. Keadaan ini yang menimbulkan distorsi pada struktur kristal martensit dan membentuk BCT. Tingkat distorsi yang terjadi sangat tergantung pada kadar karbon. Karena itu martensit merupakan fasa yang sangat keras namun getas. Dapat dilakukan dengan satu unsur atau lebih, tergantung dari karakteristik atau sifat khusus yang dikehendaki.

Unsur-unsur paduan untuk baja ini dibagi dalam dua golongan yaitu :

1. Unsur yang membuat baja menjadi kuat dan ulet, dengan menguraikannya ke dalam ferrite (misalnya Ni, Mn, sedikit Cr dan Mo). Unsur ini terutama digunakan untuk pembuatan bajakonstruksi.
2. Unsur yang bereaksi dengan karbon dalam baja dan membentuk karbida yang lebih keras dari sementit (misalnya unsur Cr, W, Mo,danV) unsur ini terutama digunakan untuk pembuatan baja perkakas.
3. **Baja Karbon**

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya termasuk karbon. Unsur karbon dalam baja berkisar antara 0,2% -2,1% berat sesuai dengan gradenya. Unsur yang selalu ada dalam baja yaitu karbon, mangan, sulfur, fosfor, silikon, nitrogen dan alumunium. Ada beberapa unsur 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, berbagai jenis kualitas baja bisa didapat (Syekhoni, 2017). Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras dengan mencegah pergeseran pada kisi kristal atom besi. Penambahan unsur karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tariknya (Syekhoni, 2017).

Pada abad ke-19 terjadi penemuan proses Bessemer, baja menjadi material produksi massal yang membuat harga produksinya menjadi lebih murah. Saat ini, baja merupakan salah satu material paling umum di dunia yang banyak digunakan pada industri permesinan dan lainnya. Baja sering digunakan sebagai bahan utama pada bangunan, infrastruktur, kapal, mobil, mesin, perkakas dan senjata. Baja pada saat ini secara umum diklasifikasikan berdasarkan kualitasnya oleh beberapa lembaga-lembaga standar.

1. **Jenis-Jenis Baja Karbon**

Baja karbon adalah salah satu jenis baja paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut memiliki fungsi sebagai unsur pengeras dalam struktur baja.

Baja Karbon digolongkan menjadi tiga kelompok berdasarkan banyaknya karbon yang terkandung dalam baja, yaitu (Didit, 2013) :

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon paling sedikit diantara jenis baja lainnya. Dalam industri perdagangan dibuat dengan bentuk plat baja, baja strip, dan baja batangan. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon rendah dapat digunakan atau dijadikan sebagai berikut :

1. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) yang mengandung 0.04%-0.10% C untuk dijadikan baja-baja plat.
2. Baja karbon rendah yang mengandung 0.50% C digunakan untuk keperluan badan-badan kendaraan.
3. Baja karbon rendah yang mengandung 0.15%-0.20% C digunakan untuk komponen permesinan, gear, dll.
4. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon antara 0.3% - 0.7% C. Baja karbon sedang ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja karbon ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan untuk industri kendaraan dan dunia permesinan.

1. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi ( *high carbon steel*) mengandung 0.7% - 1.7% C. Baja ini memiliki kekuatan paling tinggi dan banyak digunakan untuk material *tools*. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Selain itu, baja karbon tinggi banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti : palu, gergaji atau pahat potong dll.

1. **Baja Karbon Rendah**

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (F), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh persentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja.

Baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon dibawah 0,30%. Pada baja karbon sedang memiliki kandungan karbon 0,30% - 0,60%. Sedangkan baja karbon tinggi mempunyai kandungan karbon 0,60% - 1,7% (Purwanto, 2012).

Tabel 2.2 Klasifikasi Baja Karbon

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Baja Karbon | | |
| Rendah | Sedang | Tinggi |
| 0,10 – 0.30 % (C) | 0,30 – 0,60 % (C) | 0,60 – 1,7% (C) |

(Sumber : Telah Diolah dari Purwanto, 2012)

1. **Baja AISI 3115**

Pemilihan baja AISI 3115 karena baja ini banyak dipakai dalam pembuatan komponen-komponen permesinan, biaya murah dan mudah didapatkan di pasaran. Komponen mesin yang terbuat dari baja ini contohnya *gear* dll. . Adapun data-data dari baja ini adalah :

Tabel 2.3 Klasifikasi Baja AISI 3115

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| C | Mn | Cr | Ni |
| 0.14 – 0.19 | 0.40 – 0.60 | 1.40 – 1.70 | 1.40 – 1.70 |

(Sumber : PT Tira Andalan Steel, 2019)

Jenis-jenis material baja dapat ditentukan dengan jumlah kandungan karbon yang terdapat di dalamnya. Oleh sebab itu perpaduan antara besi dan karbon dikenal dengan sebutan baja karbon. Untuk mengelompokkan jenis baja dapat dilihat dari jumlah kandungan karbon(Kuswanto, 2010).

Baja AISI 3115 dengan kandungan karbon 0,16% termasuk kedalam kelompok baja karbon rendah. Kelompok baja ini masih mungkin untuk ditambah kandungan karbonnya agar meningkat kemampuannya untuk bisa dikeraskan. Seperti yang telah dijelaskan diatas bahwa proses *carburizing* meningkatkan jumlah karbon sehingga dapat menjadikan permukaan baja lebih keras dan tahan aus.

1. ***Quenching***

Proses *quenching* adalah suatu proses pemanasan logam hingga mencapai batas austenit yang homogen. Selanjutnya secara cepat baja tersebut dicelupkan ke dalam media pendingin, tergantung pada kecepatan pendingin yang kita inginkan untuk mencapai kekerasan baja. Pada waktu pendinginan yang cepat pada fase austenit tidak sempat berubah menjadi ferit atau perlit karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam austenit untuk mengadakan pergerakan difusi dan bentuk sementit oleh karena itu terjadi fase lalu yang mertensit, ini berupa fase yang sangat keras dan bergantung pada keadaan karbon.

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain :

1. Air

Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H2O. Artinya satu molekul air tersusun atas dua atom *hydrogen* terikat secara kovalen pada satu atom *oksigen*. Air memiliki sifat tidak berwarna dan tidak berasa. Air memiliki titik beku 0oC dan titik didih 100oC (Halliday dan Resnick, 1985).

1. Minyak

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah yang dapat memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) benda kerja yang diolah. Selain minyak yang khusus digunakan sebagai bahan pendingin proses perlakuan panas, dapat juga digunakan minyak bakar atau oli. Viskositas oli dan bahan dasar oli sangat berpengaruh dalam proses pendinginan sampel. Oli yang mempunyai viskositas lebih rendah memiliki kemampuan penyerapan panas lebih baik dibandingkan dengan oli yang mempunyai viskositas lebih tinggi karena penyerapan pasas akan lebih lambat (Giancoli, 1998).

1. Udara Bebas

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruang pendinginan dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan pada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara. Udara memiliki titik didih –194oC dan nilai koefisien viskositasnya 0,018 x 10-3Pa (Giancoli, 1998).



Gambar 2.1 Grafik Pendinginan Langsung

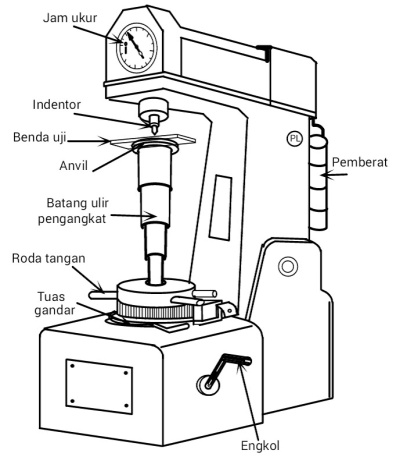
(Sumber : Alfani, 2016)

1. **Uji 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. Ada 3 jenis metode uji kekerasan, antara lain sebagai berikut :

1. Metode Rockwell

Metode kekerasan *rockwell* sering digunakan pada dunia industri karena lebih praktis. Metode *rockwell* B paling umum digunakan dengan referensi ASTM E 18 memakai indikator bola baja berdiameter 1/6 inci dan beban 100kg serta memakai indikator intan dengan beban 150kg. Sedangkan untuk bahan yang lebih lunak menggunakan penetrator yang digunakan yaitu bola baja (*ball*) yang kemudian dikenal dengan skala B dan untuk yang lebih keras penetrator yang digunakan adalah kerucut intan (*cone*) dengan sudut puncak 120o. Metode ini dapat digunakan untuk bahan yang sangat keras dan juga cocok untuk semua material yang keras dan lunak. Pengujian kekerasan metode *rockwell* didasarkan pada kedalaman masuknya penekan benda uji (Calister, 2007).



Gambar 2.2 Mesin Uji Kekerasan *Rockwell*

(Sumber : Google)

Nilai kekerasan dapat langsung dibaca setelah beban utama dihilangkan. Untuk menghitung nilai kekerasan *rockwell* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

HR = E – e

HR = nilai kekerasan *rockwell*

E = konstanta tergantung pada bentuk identor

e = perbedaan antara dalamnya penembusan

Tabel 2.4 Skala Kekerasan *Rockwell* (Callister, 2007)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Skala | Beban Mayor (Kg) | Tipe Indentor | Tipe material |
| A | 60 | 1/16” bola intan kerucut | Sangat keras, tungsten, karbida |
| B | 100 | 1/16” bola | Kekerasan sedang, baja karbon rendah dan sedang, kuningan, perunggu, paduan yang dikeraskan |
| C | 150 | Intan Kerucut | Baja keras, baja hasil tempering |
| D | 100 | 1/8” bola | Besi cor, paduan alumunium, magnesium yang dianealing |
| E | 100 | Intan Kerucut | Baja kawakan |
| F | 60 | 1/16” bola | Kuningan yang dianealing dan tembaga |
| G | 150 | 1/8” bola | Tembaga, berilium, fosfor, perunggu |
| H | 60 | 1/8” bola | Pelat alumunium, timah |
| K | 150 | 1/4” bola | Besi cor, paduan alumunium, timah |
| L | 60 | 1/4” bola | Plastik, logam lunak |
| M | 100 | 1/4” bola | Plastik, logam lunak |
| R | 60 | 1/4” bola | Plastik, logam lunak |
| S | 100 | 1/2” bola | Plastik, logam lunak |
| V | 150 | 1/2” bola | Plastik, logam lunak |

1. Metode *Brinnel*

Pengujian kekerasan dengan metode *brinnel* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditenkankan pada permukaan material uji (spesimen). Idealnya, pengujian *brinnel* diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Identor biasanya terbuat dari bahan karbida tungsten.

Tabel 2.5 Contoh Kekerasan *Brinnel*

|  |  |
| --- | --- |
| Timbal | 5 HB |
| Alumunium Murni | 15 HB |
| Tembaga | 35 HB |
| Alumunium Keras | 75 HB |
| *Mild Steel* | 120 HB |
| *Stainless Steel* yang dilunakkan | 200 HB |
| Baja ST 70 | 215 HB |
| Baja Temper | 400 HB |

Tabel 2.6 Skala Kekerasan *Brinnel*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Beban (kgf) | 3000 | 750 | 187,5 | 30 |
| Diameter bola (mm) | 10 | 5 | 2,5 | 1 |

1. Metode *Vickers*

Uji kekerasan *vickers* menggunakan identor piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136o. Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antar diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan *brinnel* (Dieter, 1987).

VHN = =

Keterangan :

P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136o