

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang melandasi timbulnya gagasan untuk meneliti judul yang ditulis oleh penulis adalah karena adanya dorongan keingintahuan akan hubungan proses perlakuan *pack carburizing* pada *gear ratio CVT* untuk peningkatan kekerasan agar dapat bertahan lebih kuat, kokoh, dan tahan lama pada kondisi - kondisi yang sering bermasalah, dan juga ada beberapa penelitian yang mengangkat penggunaan *pack carburizing* sebagai landasan teori seperti jurnal dan artikel.

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 dimana 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*.

Bambang Kuswanto (2010), dengan judul perlakuan *pack carburizing* pada baja karbon rendah sebagai material alternatif untuk pisau potong pada

penerapan teknologi tepat guna. Penelitian ini melakukan penambahan karbon pada baja karbon rendah melalui proses *pack carburizing*. Prosesnya menggunakan temperatur 900°C dengan waktu penahanan 2 Jam. Dari percobaan ini menghasilkan kesimpulan bahwa telah terjadi difusi atom karbon (C) kedalam struktur baja. Hal ini ditunjukkan 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.

Menurut Prastowo, (2012) penambahan karbon yang disebut *carburising* atau karburasi, dilakukan dengan cara memanaskan pada *temperatur* yang cukup tinggi yaitu pada *temperature austenit* dalam lingkungan yang mengandung atom karbon aktif, sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk kedalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu.

Dian Yezhi Anggoro¹, dkk (2013) Dalam penelitian ini menggunakan barium carbonat sebagai bahan kimia aktif untuk proses *pack carburising*. Media *carburising* yang digunakan adalah arang tempurung kelapa. Adanya kenaikan kekerasan secara signifikan pada baja karbon rendah setelah mengalami perlakuan proses karburising yang besarnya pada proses karburising dengan lama waktu 1 jam kekerasan spesimen mencapai 254 VHN, serta proses karburising dengan lama waktu 2 jam kekerasan spesimen mencapai 267 VHN dan proses karburising dengan lama waktu 3 jam kekerasan mencapai 284 VHN dari kekerasan row material 180 VHN.

Penelitian yang dilakukan oleh Joko Waluyo (2009), berhasil meneliti pengaruh temperatur dan waktu tahan pada proses karburasi cair terhadap kekerasan baja AISI 1025 dengan media pendinginan air didapat kekerasan material sebelum diproses *carburizing* adalah 193,7 VHN kekerasan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur dan kenaikan lamanya waktu tahan. Peningkatan kekerasan tertinggi pada temperatur 850°C dan waktu tahan 90 menit yaitu meningkat menjadi 982,3 VHN.

2.2 Pengertian *Gear Ratio CVT*

Gear Ratio adalah beberapa *gear* yang ada di antara *secondary sheave* dan roda belakang dan fungsinya untuk meneruskan putaran dari *secondary sheave* ke roda belakang dengan menggunakan as/poros roda belakang.



Sumber: <https://kamatblog.wordpress.com/2013/04/12/komponen-cvt-dan-fungsinya/>

Gambar 2.1 *Gear Ratio CVT*

2.3 *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 tetapliat. Proses *carburising* atau pengerasan permukaan dapat dilakukan dengan metode padat, cairdan gas (Amstead, 1979).

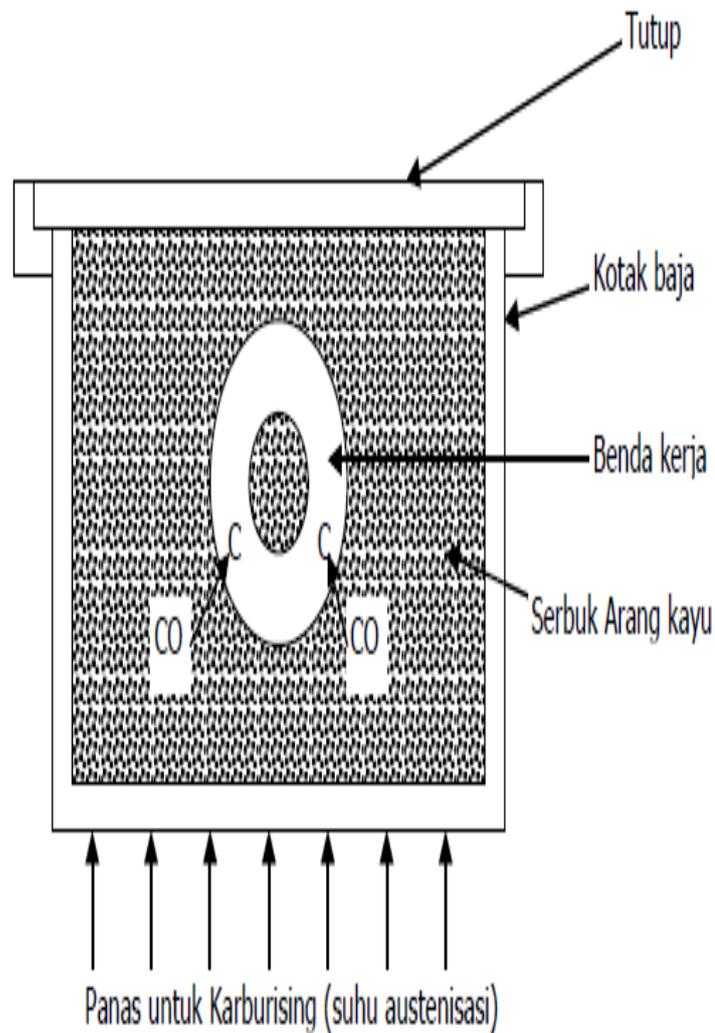
- a. Karburasi padat (*pack carburizing*) bahan dimasukkan kotak tertutup dan ruangan diisi dengan arang kayu atukokas ataupun bahan yang berunsurkar bon. Prosesnya memerlukan waktu lama.
- b. Karburasi gas (*gaz carburizing*) menggunakan gas alam atau hidro karbon maupun propan (gas karbit). Diterapkan 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* shingga 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.

2.4 *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 diatasnya 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. 2.2 Proses *Pack Carburizing*

Sumber:Budinski, G.K, *Engineering Materials Properties Selection "Fourth Edition"*.
Prentice Hall. New Jersey, 1992.

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 hardening* = DC) dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus proses difusi berikut :

$$DC = k\sqrt{t} \quad (\text{sumber: K-Ethelning, pig.446})$$

Dengan: DC = Depth of Case

t = Time in hours.

k = Konstantadifusi.

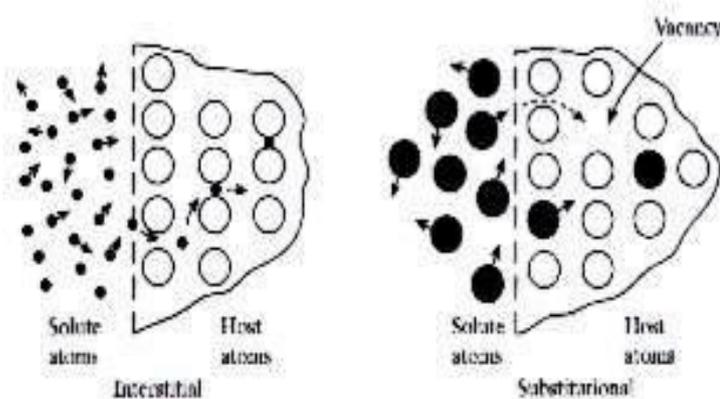
Tabel 2.1 Temperatur dan Konstanta Difusi

Temperatur, °C	875	900	925
Konstanta, k	0,34	0,41	0,52

(sumber: K-Ethelning, pig.446)

2.5 Difusi pada Baja

Jika kita ingin melakukan pengerasan pada baja dimana 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.



Gambar 2.3. Proses terjadinya difusi

(Sumber: Budinski, 1999)

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 2.3 memperlihatkan atom padat yang kecil menuju ruang kosong antara atom-atom logam induk. Ini disebut

interstitial diffusion. 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 menempatnya. Kekosongan atom adalah tempat atom yang seharusnya terisi atom tetapi tidak terdapat atom ditempat tersebut.

Beberapa teori difusi secara praktis dapat dijelaskan sebagai berikut (Budinski, 1999) :

1. Proses difusi untuk pengerasan baja biasanya membutuhkan temperatur yang tinggi, lebih besar dari 900°F (482°C).
2. Agar difusi dapat terjadi logam induk harus memiliki konsentrasi unsur pendifusi yang rendah dan harus terdapat konsentrasi yang lebih banyak pada lingkungan atau sebaliknya.
3. Difusi hanya akan terjadi ketika ada atom yang cocok antara atom pendifusi dan logam induk.

2.6 Quenching

Quenching adalah suatu proses pengerasan baja dengan cara baja dipanaskan hingga mencapai batas austenit dan kemudian diikuti dengan proses pendinginan cepat melalui media pendingin air, oli, atau air garam, sehingga fasa austenit bertransformasi secara parsial membentuk struktur martensit. Tujuan utama dari proses *quenching* ini adalah untuk menghasilkan baja dengan sifat kekerasan tinggi (Yopi, 2015). Ada 3 cara *quenching* yaitu:

1. Pendinginan langsung (*Direct Quenching*)

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.

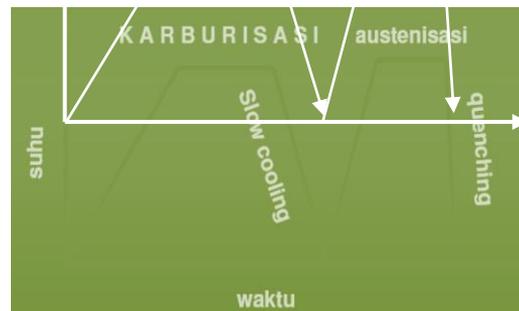


Sumber : https://www.google.co.id/?gws_rd=cr,ssl&ei=Y4_IWLPjLIuFvQSFsI_YCg#q
 =Penelitian+Proses+karburisasi+baja

**Gambar 2.4 Grafik Proses Pendinginan Langsung
 (Direct Quenching)**

2. Pendinginan tunggal (*Single Quenching*)

Pendingin tunggal 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.



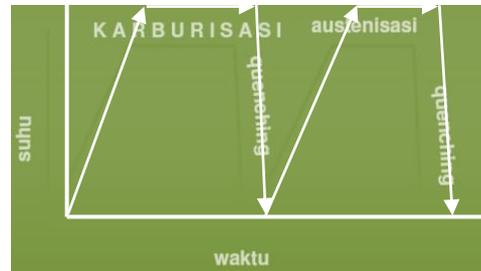
Sumber : https://www.google.co.id/?gws_rd=cr,ssl&ei=Y4_IWLPjLIuFvQSFsI_YCg#q
 =Penelitian+Proses+karburisasi+baja

**Gambar 2.5 Grafik Proses Pendinginan Tunggal
 (Single Quenching)**

3. Double Quenching

Double quenching adalah proses pendinginan atau pengerasan pada benda kerja yang telah di karburasi dan didinginkan pada temperature kamar kemudian dipanaskan lagi diluar kotak karbon pada temperatur kamar lalu dipanaskan kembali pada temperatur austenite dan baru

didinginkan cepat. Tujuan dari metode ini untuk mendapatkan butir struktur yang lebih halus.



Sumber : https://www.google.co.id/?gws_rd=cr,ssl&ei=Y4_1WLPjLluFvQSFsI_YCg#q
=Penelitian+Proses+karburisasi+baja

Gambar 2.6 Grafik Proses Pendinginan ganda (Double Quenching)

2.7 Media Pendingin

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

2.7.1 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/cm³ terjadi pada suhu 3,95°C. Pada suhu lebih besar maupun lebih kecil dari 3,95°C, densitas air lebih kecil dari satu (Moss, 1993; Tebbut, 1992)

2.7.2 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.

2.7.3 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.

2.7.4 Garam

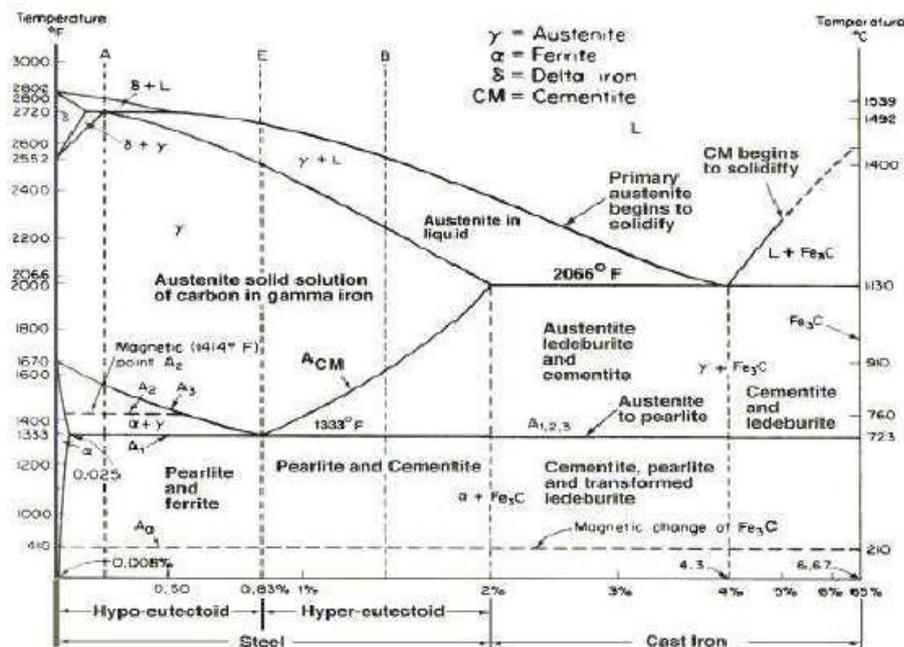
Garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan meningkat zat arang. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbedabeda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin.

2.8 Baja Karbon

Menurut Sumiyanto (2012), baja karbon merupakan salah satu jenis baja yang dapat diubah sifat mekanisnya dengan cara perlakuan panas (*Heat Treatment*).

Pada penelitian yang pernah dilakukan Bambang Kuswanto (2010), (Perlakuan *pack carburizing* pada baja karbon rendah sebagai material alternatif untuk pisau potong pada penerapan teknologi tepat guna). Penelitian dilakukan terhadap baja karbon rendah melalui proses *pack carburizing* temperatur 900°C , waktu penahanan 2 Jam. Dari percobaan ini menghasilkan kesimpulan bahwa telah terjadi difusi atom karbon (C) kedalam struktur baja. Hal ini ditunjukkan adanya kenaikan kekerasan permukaan material dan perubahan struktur micro.

Pada Gambar 2.1 menunjukkan diagram fasa Fe-Fe₃C. Wilayah pada diagram dengan kadar karbon dibawah 2% menjadi perhatian utama untuk proses *heat treatment* pada baja. Diagram fasa hanya berlaku untuk perlakuan panas pada baja hingga mencair dengan proses pendinginan secara perlahan-lahan sedangkan pada proses pendinginancepat, menggunakan diagram CCT (*Continuous Cooling Temperatur*).



Gambar 2.7 Diagram fasa Fe-Fe₃C (Djaprie, 1983)

- 1) Ferit (α) adalah larutan pada tinterisi karbon dalam struktur kristal BCC besi. Dalam diagram fasa kelarutan karbon maksimum dalam α adalah 0,02% pada 723°C . Kelarutan karbon dalam ferit menurun menjadi 0,005% pada 0°C .
 - 2) Austenit (γ) adalah larutan pada tinterisi karbon didalam struktur kristal FCC besi. Kelarutan karbon dalam austenit lebih besar dari ferit. Kelarutan karbon maksimum dalam austenit adalah 2 % pada 1148°C dan menurun menjadi 0,8% C pada 723°C .
 - 3) Sementit (Fe_3C) adalah senyawa logam dengan karbon. Limit kelarutannya diabaikan dan komposisi karbon 6,7% dan 93,3% Fe. Sementit adalah senyawa keras dan getas.
 - 4) Besi (δ) adalah larutan pada tinterisi karbon dalam sruktur kristal besi BCC, mempunyai konstantakisi yang lebih besar dibanding α . Kelarutan karbon maksimum dalam δ adalah 0.09% pada 1465°C .
- Baja Karbon dapat dibagi menjadi 3 tingkatan yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi:

2.8.2 Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon antara 0,008% – 0,3% C. Baja karbon rendah dalam pasaran biasanya dibuat dalam bentuk plat baja, baja batang, dan *progril*. Rusmardi (2009: 37) menyebutkan berdasarkan jumlah karbon yang terkandung baja, maka baja karbon rendah dapat digunakan atau dijadikan baja-baja sebagai berikut:

- Baja karbon rendah yang mengandung 0,008% – 0,1% C dijadikan baja-baja plat atau *strip*.
- Baja karbon rendah yang mengandung 0,5% C digunakan untuk keperluan badan-badan kendaraan.
- Baja karbonrendah yang mengandung 0.15% – 0,25% C digunakan untuk kontruksi jembatan, bangunan atau dijadikan baja – baja kontruksi.

- Baja karbonrendah yang mengandung 0,2% – 0,3% C digunakan untuk membuat baut-baut dan paku-paku keling atau untuk keperluan kontruksi.

2.8.2 Baja Karbon Sedang

Baja karbon ini mengandung karbon antara 0,3% – 0,6% C. Baja karbon ini banyak dipergunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian-bagian dalam mesin. Rusmardi (2009: 37) menyebutkan berdasarkan jumlah karbon yang terkandung baja, maka baja karbon sedang dapat digunakan untuk hal-hal sebagai berikut:

- Mengandung 0,4% C digunakan untuk keperluan industri kendaraan, misalnya untuk bahan membuat baut, mur, porosengkol, batangtorak, atauporos-porosdan lain sebagainya.
- Mengandung 0,5% C digunakan untuk membuat roda-roda gigi, martil, dan *clamp* (alatpenjepit).
- Mengandung 0,55% – 0,6% C dipergunakan untuk membuat pegas.

2.8.3 Baja Karbon Tinggi

Baja karbon ini mengandung karbon antara 0,7% – 1,3% C, baja-baja jenis ini biasanya dipergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang mengalami panas. Rusmardi (2009: 37) menyebutkan berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalamnya baja karbon tinggi dapat digunakan untuk hal-hal sebagai berikut:

- Mengandungkira-kira 0,9% C dipergunakan untuk pembuatan pegas-pegas, alat perkakas seperti paron/landasan, palu, gergaji, danpahatpotong.
- Mengandungkarbon 1% – 1,5% C dipergunakan untuk pembuatan kikir, pisau - pisau cukur .

2.9 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 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.

2.10.1 Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell merupakan salah satu pengujian kekerasan bahan yang banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan Rockwell yang : sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak.

Pengujian kekerasan Rockwell dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indentor. Penekanan indentor ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan.

2.11 Uji Metalografi

Metalografi adalah cara untuk melihat struktur mikro dari sebuah paduan. Metalografi juga dilakukan untuk melihat fasa, persen fasa, ukuran butiran, pemeriksaan mikro memberikan informasi karakteristik-karakteristik struktural mikro seperti ukuran butiran, bentuk dan distribusi fasa - fasa kedua dan inklusi - inklusi non metalik.