

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

DIPA UNP

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG
DITERIMA TEL : 15 Maret 2013
SUMBER/HARGA: Hd
KOLASASI : K1
INVENTARIS : 82 Hd/2013-p1 (1)
KATEGORI :



LAPORAN PENELITIAN

PENGARUH TEMPERATUR ICA DAN TEMPER TERHADAP BAJA KARBON SEDANG

Oleh:
Dr. Ambiyar, M.Pd
Zonny Amanda Putra, ST, MT

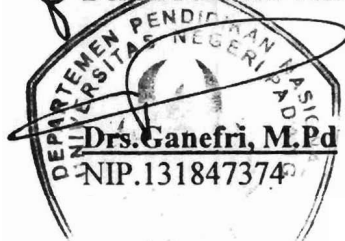
Penelitian ini dibiayai oleh:
Dana DIPA Tahun Anggaran 2007
Surat Perjanjian Kontrak Nomor: 802/H35/KU/DIPA/2007
Tanggal 26 Maret 2007

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2007

LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. a. Judul Penelitian | : Pengaruh Temperatur ICA dan Temper
Terhadap baja karbon sedang |
| b. Bidang ilmu | : Teknologi |
| c. Kategori penelitian | : DIPA |
| 2. a. Ketua Peneliti | |
| - Nama Lengkap dan gelar | : Dr. Ambiyar, M.Pd |
| - Jenis Kelamin | : Laki-laki |
| - Golongan /Pangkat dan NIP | : IVa/Pembina/130906431 |
| - Jabatan Fungsional | : Lektor Kepala |
| - Jabatan Struktural | - |
| - Jurusan/Fakultas | : Teknik Mesin/Teknik |
| - Pusat Penelitian | : Lembaga Penelitian –UNP Padang |
| b. Alamat Ketua Peneliti | |
| - Kantor/Telepon/Fax | : Teknik Mesin FT-UNP/7053508 |
| - Rumah /Tepon | : Jl. Teknologi IX no.3 Padang/(0751)7056476 |
| 3. Jumlah Anggota Peneliti | |
| a. Nama Anggota Peneliti | : Zonny Amanda Putra, ST, MT |
| 4. Lokasi Penelitian | : Labor Bahan Teknik Mesin FT-UNP |
| 5. Kerja sama dengan institusi lain | |
| a. Nama Institusi | - |
| b. Alamat | - |
| c. Telepon/Fax/Email | - |
| 6. Lama Penelitian | : 5 Bulan |
| 7. Biaya yang diperlukan | : Rp. 5.000.000,- |

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik-UNP



Ketua Peneliti

Dr. Ambiyar, M.Pd
NIP. 130906431

Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian UNP

Prof. Dr. H. Anas Yasin, M.A
NIP. 130365634

ABSTRAK

Baja karbon sedang dapat ditingkatkan kekerasannya dengan proses perlakuan panas . Proses perlakuan panas pada umumnya terdiri dari proses austenisasi, quenc dan temper. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperature ICA dan temper terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon sedang.

Pada penelitian ini , proses austenisasi dilakukan pada temperature ICA 740°C, 780°C, dan 810°C, dengan waktu pemanasan selama 30 menit. Media pendingin untuk proses quenc adalah oli dan air. Proses Temper dilakukan pada temperatur 250°C, 400°C, dan 550°C, dengan waktu pemanasan selama 30 menit. Proses perlakuan panas ini dilakukan menggunakan tungku tahan listrik di Laboratorium metalurgi, jurusan teknik mesin. Pengujian yang dilakukan adalah uji keras Brinell.

Hasil yang diperoleh adalah kekerasan pada baja karbon sedang meningkat seiring dengan kenaikan temperatur pemanasan pada proses *intercritical*.

Kekerasan pada baja karbon sedang yang mengalami proses *intercritical* akan meningkat dari kekerasan awalnya . Dari kekerasan awalnya adalah 179,5 BHN, setelah proses *intercritical* akan menjadi 293,33 BHN dan akan terus meningkat seiring dengan semakin tingginya temperatur *intercritical*.

Kekerasan maksimum yang dapat dicapai pada penelitian ini adalah 630 BHN yaitu pada waktu temperatur *intercritical* 810°C setelah di quench dengan medium air.

Kekerasan pada baja karbon sedang hasil proses *intercritical annealing* berpengaruh terhadap medium quenching yang digunakan. Medium quenching air menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi daripada dengan menggunakan medium quenching oli. Meskipun tidak signifikan, pengaruh dari pemilihan medium quenching perlu mendapat perhatian dalam proses perlakuan panas baja karbon.

Setelah proses tempering, spesimen akan mengalami penurunan kekerasan. Semakin tinggi temperatur temper, maka kekerasan yang dihasilkan akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena perubahan martensit menjadi ferit.

PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Pimpinan Universitas, telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian tentang *Pengaruh Temperatur ICA dan Temper terhadap Baja Karbon Sedang*, berdasarkan Surat Perjanjian Kontrak Nomor : 802/H35/KU/DIPA/2007 Tanggal 26 Maret 2007.

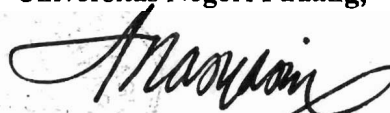
Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang akan dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan ditingkat Universitas. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya dan khususnya peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

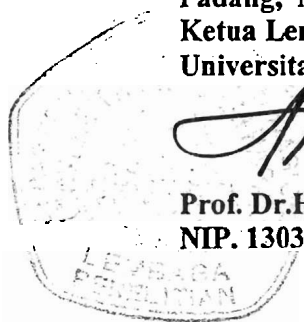
Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, terutama kepada pimpinan lembaga terkait yang menjadi objek penelitian, responden yang menjadi sampel penelitian, dan tim pereriu Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Padang yang telah berkenan memberi bantuan pendanaan bagi penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik ini akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, November 2007
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,



Prof. Dr.H. Anas Yasin, M.A.
NIP. 130365634



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Penelitian.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	2
C. Perumusan Masalah.....	2
D. Tujuan Penelitian.....	2
E. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	4
A. Baja Karbon.....	4
B. Diagram Fase Fe-Fe ₃ C.....	6
C. Proses Intercritical Annealing (ICA).....	10
D. Diagram Transformasi Pendinginan.....	14
E. Perlakuan Panas (Heat treatment).....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
A. Metode Penelitian.....	21
B. Objek Penelitian.....	21
C. Jenis dan Sumber Data.....	21
D. Alat dan Bahan.....	22
E. Teknik Pengumpulan Data.....	22
F. Prosedur Penelitian.....	24
G. Instrumen Pengumpulan Data.....	24
H. Pengolahan Data.....	25
I. Teknik Analisa Data.....	25
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	28
A. Data Material Awal.....	28
B. Data Hasil Penelitian.....	29
D. Pengaruh Medium Quenching.....	32
E. Analisa Data.....	36

BAB V	PENUTUP.....	40
	A. Kesimpulan.....	40
	B. Saran.....	41
	DAFTAR PUSTAKA.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar. 1 Pengaruh Kadar karbon terhadap sifat mekanik baja.....	4
Gambar. 2 Kurva Pendinginan yang menunjukkan perubahan pada besi.....	7
Gambar. 3 Diagram Kesetimbangan Fe-Fe ₃ C.....	8
Gambar. 4 Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C dengan petunjuk nama strukturnya.....	10
Gambar. 5 Daerah $\alpha + \gamma$, daerah pemanasan pada proses ICA.....	11
Gambar. 6 Ilustrasi Transformasi Austenit menjadi Martensit.....	13
Gambar. 7 Struktur kristal BCT dan pergeseran atom besi akibat karbon dalam martensit.....	14
Gambar. 8 Diagram CTT.....	15
Gambar. 9 Rentang temperatur untuk hardening pada baja.....	16
Gambar. 10 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar. 11 Struktur Mikro awal baja karbon sedang.....	
Gambar. 12 Digram pengaruh perbedaan medium Quenching terhadap kekerasan	29
Gambar. 13 Grafik pengaruh Temperatur Temper terhadap kekerasan dalam Medium Quenching Air.....	30
Gambar. 14 Grafik Pengaruh Temperatur Temper terhadap kekerasan dalam Medium Quenching Oli.....	31
Gambar. 15 Temperatur Intercritical 740 ^o C dengan Medium Air.....	32
Gambar. 16 Temperatur Intercritical 740 ^o C dengan Medium Oli.....	33
Gambar. 17 Temperatur Intercritical 740 ^o C dengan Medium Air dan Temper 250 ^o C.....	33
Gambar. 18 Temperatur Intercritical 740 ^o C dengan Medium Air dan Temper 550 ^o C.....	33
Gambar. 19 Temperatur Intercritical 780 ^o C Medium Air.....	34
Gambar. 20 Temperatur Intercritical 780 ^o C dengan Medium Oli	34
Gambar. 21 Temperatur Intercritical 780 ^o C dengan Medium Air dan Temper 250 ^o C.....	34

Gambar. 22	Temperatur Intercritical 780° C dengan Medium Air dan Temper 550° C.....	35
Gambar. 23	Temperatur Intercritical 810° C dengan Medium Air.....	35
Gambar. 24	Temperatur Intercritical 810° C dengan Medium Oli.....	35
Gambar. 25	Temperatur Intercritical 810° C dengan Medium Air dan Temper 250° C.....	36
Gambar. 26	Temperatur Intercritical 810° C dengan Medium Air dan Temper 550° C.....	36
Gambar. 27	Perbandingan Temperatur Intercritical 740° C dengan Temperatur Intercritical 780° C diquench Air.....	37
Gambar. 28	Perbandingan Temperatur Intercritical 780° C dengan Temperatur Intercritical 810° C diquench Air.....	37
Gambar. 29	Perbandingan Temperatur Intercritical 740° C dengan Perbedaan Medium Quenching.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data kekerasan specimen setelah proses quenching.....	29
Tabel 2. Data kekerasan setelah temper dengan medium quenching air.....	30
Tabel 3. Data kekerasan setelah temper dengan medium quenching oli.....	31

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Perkembangan teknologi yang begitu pesat yang diawali dengan pencetusan Revolusi Industri telah melahirkan berbagai teknologi pengetahuan bahan. Hal ini ditandai dengan hadirnya teknologi pembuatan besi atau baja secara besar-besaran. Tersedianya bahan dalam jumlah yang besar mendorong perkembangan dalam dunia teknik mesin.

Dunia teknik mesin tidak bisa terlepas dari berbagai perancangan dan pembuatan suatu komponen. Hal ini berkaitan erat dengan pemilihan bahan dan perlakuan yang akan menjadi bagian dari komponen tersebut. Untuk menentukan material yang tepat, terlebih dahulu harus diketahui kondisi operasi di mana suatu komponen akan digunakan, sehingga sifat-sifat yang dimiliki oleh material yang dipilih benar-benar sesuai dengan kebutuhan.

Beberapa sifat yang harus dimiliki oleh suatu material antara lain adalah kekuatan, ketangguhan, ketahanan korosi, sifat *machinability* dan *weldability* yang baik, dan lain sebagainya.

Sifat-sifat diatas sangatlah bergantung pada struktur mikro material. Sementara struktur mikro dipengaruhi oleh proses-proses perlakuan yang telah dialami oleh suatu material. Sifat-sifat tersebut dikontrol oleh :

- Komposisi kimia
- Proses perlakuan panas
- Deformasi panas atau dingin

Dari hal diatas dapat diketahui bahwa salah satu cara untuk mendapatkan perubahan kekerasan dan kekuatan tarik pada bahan adalah dengan perlakuan panas atau *heat treatment* yang merupakan proses perubahan sifat mekanik material melalui perubahan struktur mikro dengan cara menerapkan proses pemanasan dan pengaturan laju pendinginan. Pada proses ini, semua perlakuan panas dilakukan dalam keadaan padat, sebelum mencapai titik cair.

Lebih spesifiknya penelitian ini menggunakan baja karbon sedang. Baja ini memiliki struktur mikro yang terdiri dari fasa ferit dan perlit. Akibatnya, baja ini relatif lunak dan tidak kuat tetapi memiliki keuletan dan ketangguhan yang luar biasa.

Pada penelitian ini proses perlakuan panas yang digunakan adalah melibatkan proses *Intercritical Annealing* (ICA) yang merupakan proses yang mampu menghasilkan material dengan sifat-sifat optimal. Hal ini disebabkan karena struktur mikro yang akan dimiliki oleh material hasil proses ini adalah ferit yang bersifat lunak, martensit yang keras, dan kadangkala perlit, tergantung pada komposisi awal material tersebut. Keberhasilan proses ICA dipengaruhi oleh temperatur pemanasan, lama pemanasan dan laju pendinginan.

Berdasarkan latar belakang diatas, dengan melibatkan proses Intercritical Annealing (ICA) yang memegang peranan penting dalam proses kekerasan pada baja, maka peneliti berkeinginan untuk mengetahui secara langsung seberapa besar kekerasan yang akan diperoleh dengan proses tersebut.

B. Identifikasi Masalah

Penelitian ini lebih memfokuskan permasalahannya bagaimana pengaruh proses heat treatment dengan Intercritical Annealing mempengaruhi sifat mekanis baja karbon sedang. Serta besar perubahan sifat mekanik baja tersebut dilihat dari uji kekerasan.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan identifikasi masalah, maka penelitian ini lebih memfokuskan masalah yang dibahas mengenai “Bagaimana pengaruh temperatur ICA dan temper terhadap kekerasan pada baja karbon sedang”.

D. Tujuan Penelitian

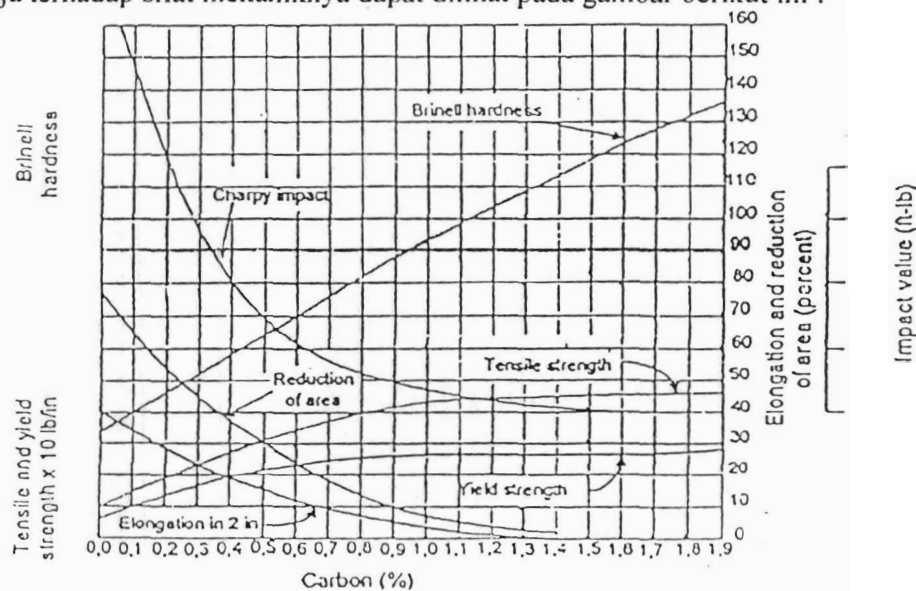
Secara langsung penulis bermaksud meneliti sejauh mana perubahan kekerasan yang terjadi pada baja karbon sedang setelah diberi perlakuan panas dengan temperatur ICA dan temper serta quenching dengan medium air dan oli .

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Baja Karbon

Baja pada dasarnya adalah paduan besi-karbon dengan kadar karbon tidak lebih dari 2,0% disamping juga mengandung sejumlah unsur paduan dan unsur pengotoran. Terdapat ribuan paduan yang memiliki komposisi dan perlakuan panas yang berbeda. Baja dibuat dari besi kasar / besi spons dengan mengurangi kadar karbon dan unsur lain yang tidak diperlukan. Sifat-sifat mekanik baja sangat bergantung kepada kandungan karbon yang biasanya kurang dari 1% berat. Pengaruh persentase karbon pada baja terhadap sifat mekaniknya dapat dilihat pada gambar berikut ini :

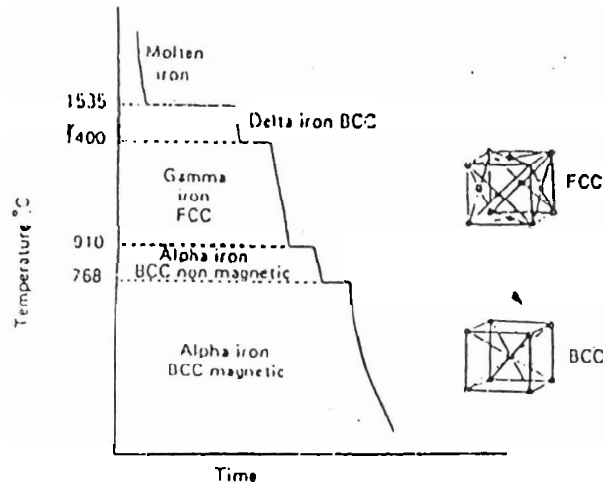


Gambar 1. Pengaruh kadar karbon terhadap sifat mekanik baja

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa kekerasan dan kekuatan baja meningkat dengan bertambahnya kadar karbon. Sedangkan keuletan akan menurun dengan meningkatnya kadar karbon tersebut.

Biasanya baja dikelompokkan berdasarkan konsentrasi karbon dan struktur mikro yang dikandungnya.

selanjutnya tidak terjadi lagi perubahan fase. Pada setiap kali terjadi perubahan ditandai dengan adanya pemberhentian penurunan temperatur (tampak sebagai garis mendatar pada kurva pendinginan, Gambar 2). Ini berarti bahwa perubahan fase berlangsung secara isothermal.



Gambar 2. Kurva pendinginan yang menunjukkan perubahan pada besi

Diagram Fasa Fe-Fe₃C adalah suatu diagram yang menggambarkan hubungan antara jumlah temperatur pemanasan dengan komposisi atau dari karbon dalam persen. Dari diagram ini dapat diketahui fasa-fasa yang dilalui dan perubahan-perubahan yang dialami karbon selama proses pemanasan atau pendinginan.

Sebenarnya diagram fasa ini bukan suatu diagram keseimbangan yang sesungguhnya, karena karbida besi bukanlah struktur yang akan terjadi pada keadaan yang benar-benar ekuilibrium. Diagram fasa Fe-Fe₃C ini dapat dianggap merupakan diagram ekuilibrium karena perubahan-perubahan yang terjadi berlangsung pada pemanasan dan pendinginan yang cukup lambat. Diagram fasa Fe-Fe₃C dapat dilihat pada gambar 3.

Pengelompokan baja menurut kadar karbonnya :

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (low carbon steel) mengandung kurang dari 0,25% berat unsur karbon dan apabila di *heat treatment* akan sukar membentuk fasa martensit, metode penguatan biasanya dilakukan melalui pengerjaan dingin. Struktur mikronya terdiri dari fasa ferit dan perlit. Akibatnya baja ini relatif lunak dan tidak kuat, akan tetapi memiliki keuletan dan ketangguhan yang luar biasa. Aplikasi baja karbon rendah antara lain pada komponen-komponen kerangka kendaraan, konstruksi bangunan, dan pelat yang digunakan pada bangunan, jembatan dan kaleng timah.

2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang (medium carbon steel) memiliki konsentrasi karbon antara 0,25% sampai dengan 0,6%. Untuk meningkatkan sifat-sifat mekaniknya, baja ini dapat diberikan perlakuan panas berupa austenisasi, *quenching*, tempering, intercritical annealing. Baja jenis ini memiliki *hardening* (mampu keras) yang rendah. Aplikasinya antara lain terdapat pada rel dan roda kereta api, baut, palu, pisau, roda gigi, poros engkol kendaraan, pegas, piston, dan pada bagian-bagian mesin lainnya serta pada komponen-komponen structural yang membutuhkan kombinasi antara kekuatan tinggi, ketahanan aus, dan ketangguhan.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (high carbon steel) memiliki kandungan karbon antara 0,6% sampai dengan 1,4%. Merupakan jenis baja karbon yang paling keras, kuat, namun memiliki keuletan yang paling rendah dibanding baja karbon lain. Aplikasinya berupa cetakan, pegas, kawat kekuatan tinggi, dan perkakas potong.

Pengelompokan baja berdasarkan struktur mikronya:

1. Baja Hypo eutektoid

Struktur mikronya ferit dan perlit dengan unsur karbon berkisar antara 0,025% sampai dengan 0,83%.

2. Baja Eutektoid

Struktur mikronya 100% pearlit dengan kandungan karbon tepat sebesar 0,83%.

3. Baja Hyper eutektoid

Struktur mikronya pearlit dan sementit dengan kandungan karbon sekitar 0,83% sampai dengan 1,7%.

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah Baja Karbon sedang. Dilihat dari diagram Fe-C, baja ini dapat digolongkan kedalam baja jenis Hypo eutektoid.

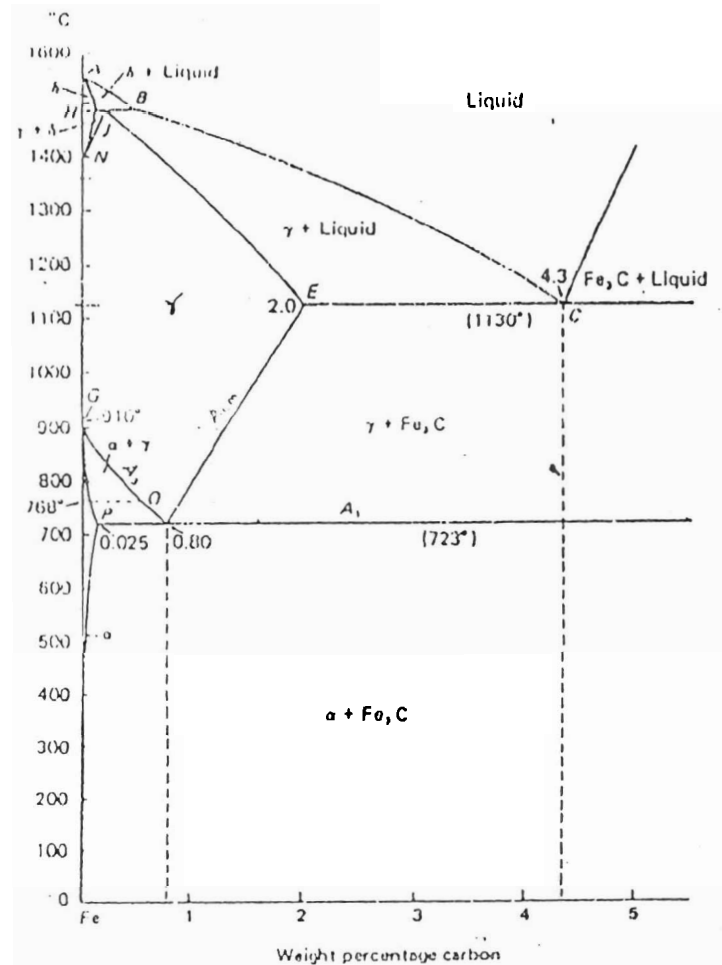
Karakteristik baja karbon rendah:

- Mampu mesin, mampu bentuk, dan mampu las yang sangat bagus.
- Memiliki keuletan dan ketangguhan yang luar biasa.

B. Diagram Fasa Fe-Fe₃C

Baja dan besi tuang yang banyak digunakan pada dasarnya adalah paduan besi dengan karbon. Karbon dalam paduan ini dapat berupa karbon bebas (grafit), atau berupa senyawa interstisial (sementit Fe₃C). Grafit adalah karbon dalam bentuk yang stabil sehingga disebut system paduan Fe₃C yang stabil, sedangkan sementit adalah suatu struktur yang meta stabil, dan system paduan ini dinamakan system paduan Fe₃C yang metastabil.

Besi murni cair yang didinginkan, akan mulai membeku pada 1535° C menjadi besi delta dengan struktur BCC. Pada 1400°C akan mengalami transformasi menjadi besi gamma (γ) dengan struktur FCC. Besi gamma ini tetap stabil sampai temperatur 910° C, dimana terjadi lagi transformasi menjadi besi alpha α dengan struktur BCC. Pada pendinginan



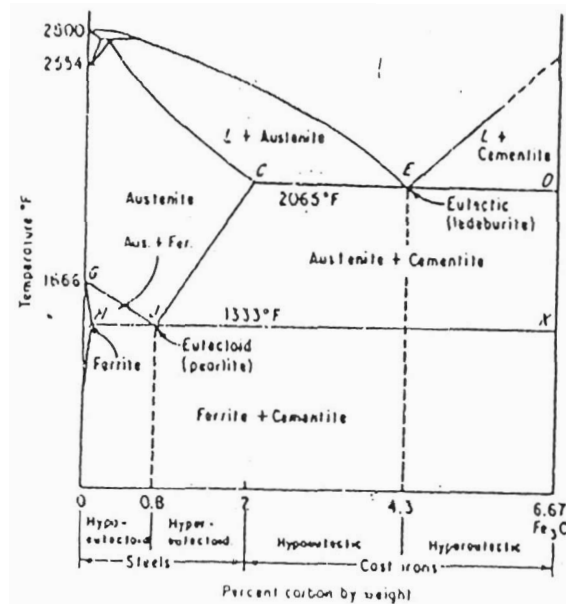
Gambar 3. Diagram Kesetimbangan Fe-Fe₃C

Diagram diatas diberi label dengan istilah yang umum dipakai pada suatu diagram fase. Label dengan huruf Yunani menandakan larutan padat. Dari Gambar 3. dapat diperhatikan Diagram Fase dengan label yang umum digunakan pada system paduan besi-karbon. Nama / istilah yang terdapat pada diagram fasa Besi-Karbida besi dapat dijelaskan sebagai berikut :

- *Sementit* adalah karbida besi Fe₃C, merupakan senyawa interstisial mengandung 6,67% C. Sangat keras, getas dan memiliki kekuatan yang rendah.

- *Austenit* adalah larutan padat karbon dalam besi γ . Kekuatan tarik $\pm 1050 \text{ kg/cm}^2$, kekerasan $\pm 40 R_c$, dan ketangguhan tinggi. Biasanya tidak stabil pada suhu kamar.
- *Ledeburit* adalah suatu campuran eutektids dari austenit dan sementit, mengandung 4,3% C, terbentuk pada 1130°C .
- *Ferit* adalah larutan padat karbon dalam besi α . Kelarutan karbon maksimum 0,025% pada temperatur 723°C , dan hanya 0,008% di temperatur kamar. Kekuatan rendah tetapi keuletan tinggi, kekerasan kurang dari 90 R_B .
- *Perlit* adalah suatu campuran eutektoid dari sementit dan ferit. Mengandung 0,8 % C, terbentuk pada 723°C .
- *Lower Critical Temperature* (Temperatur kritis bawah) A_1 , temperatur eutektoid. Pada diagram Fe-Fe₃C tampak berupa garis mendatar di temperatur 723°C . Pada temperatur ini terjadi reaksi eutektoid :

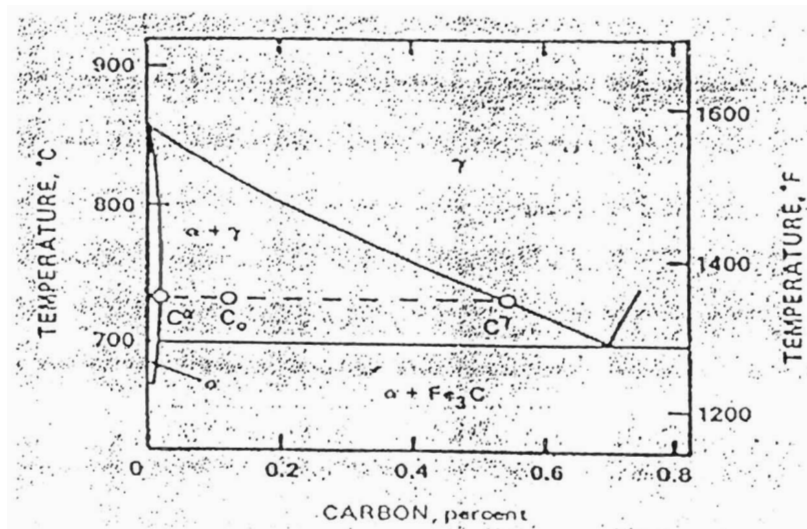
Austenit \longrightarrow ferit + sementit
(perlit)
- *Upper Critical Temperature* (Temperatur kritis atas) A_3 , temperatur awal terjadinya perubahan dari α ke γ .



Gambar 4. Diagram Fasa Fe-Fe₃C dengan petunjuk nama strukturnya

C. Proses Intercritical Annealing (ICA)

Proses Intercritical Annealing didasarkan pada diagram Fe-Fe₃C. Tujuannya adalah untuk mendapatkan baja dengan kekuatan tinggi serta memiliki keuletan dan ketangguhan yang cukup baik. Proses diawali dengan pemanasan hingga temperatur diantara A1 dan A3 (temperatur intercritical), sehingga didapat fasa ferit dan austenit. Semakin tinggi temperatur pemanasan, semakin tinggi pula jumlah austenit yang dihasilkan. Setelah mencapai temperatur *intercritical* yang sesuai, baja tersebut didinginkan dengan cepat, sehingga austenit yang terbentuk bertransformasi menjadi martensit sedangkan ferit tidak bertransformasi. Hasil yang terbentuk adalah ferit dan martensit.



Gambar 5. Daerah $\alpha + \gamma$, daerah pemanasan pada proses ICA

1. Transformasi austenit pada proses Inter-critical Annealing

Proses transformasi austenit pada proses ICA berbeda dengan transformasi setelah austenit normal. Hal ini disebabkan oleh dua hal, yaitu :

1. Sifat mampu keras fasa austenit bervariasi terhadap temperatur intercritical, disebabkan karena kandungan karbon pada austenit ditentukan temperatur *intercritical*. Pada temperatur rendah dimana kandungan karbon dari austenit tinggi, mampu keras dari austenit tinggi. Sebaliknya pada temperatur tinggi, kandungan austenit rendah, sehingga sifat mampu keras austenit juga rendah.
2. Pada proses ICA, ferit sudah terbentuk terlebih dahulu, sehingga transformasi austenit dapat berlangsung dengan pertumbuhan epitaksial dari ferit yang telah ada tanpa membutuhkan tahap pengintian.

2. Perubahan ferit selama proses ICA

Kandungan karbon pada ferit berbeda-beda pada setiap temperatur ICA. Perubahan kandungan tersebut berpengaruh terhadap keuletan. Perubahan tersebut terjadi karena beberapa hal :

1. Kelarutan karbon dalam ferit dapat menjadi lebih rendah pada temperatur *intercritical* dibandingkan pada waktu material tersebut sebelum diproses, kelarutan tersebut menurun seiring dengan naiknya temperatur *intercritical*.
2. Variasi laju pendinginan dapat mempengaruhi kandungan karbon pada fasa ferit. Jika laju pendinginan diturunkan, sementit dapat berpresipitasi pada ferit menghasilkan kandungan karbon yang lebih rendah.

3. Transformasi Martensit

Martensit merupakan fasa yang terbentuk dengan cara mendinginkan austenit secara cepat. Dengan laju pendinginan yang relatif cepat, tidak terjadi proses difusi yang memungkinkan untuk terbentuknya ferit dan sementit. Karena temperatur dibawah 200°C, atom- atom karbon sudah tidak terdifusi. Oleh sebab itu mekanisme pada transformasi martensit disebut mekanisme geser, karena waktu pendinginannya yang relatif cepat, sehingga tidak ada kesempatan bagi atom karbon yang berdifusi. Martensit adalah fasa yang mengandung kelarutan jenuh atom karbon diantara atom-atom besi pada sistem sel satuan.

Pada diagram TTT/CCT, martensit mulai terbentuk pada temperatur *martensit start* (M_s). Temperatur ini turun dengan bertambahnya kadar karbon atau elemen lain dan secara empiris dinyatakan sebagai :

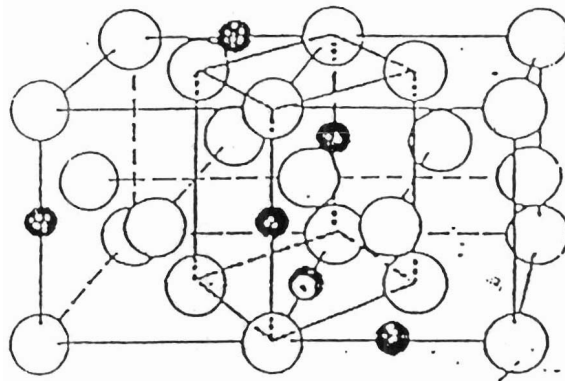
$$M_s (C) = 561 - 474 (\%C) - 33 (\%Mn) - 17 (\%Cr) - 21 (\%Mg)$$

Temperatur M_s tidak dipengaruhi oleh laju pendinginan, namun dapat dipengaruhi oleh temperatur austenisasi.

Selain M_s ada juga M_f (martensit finish) yang merupakan temperatur ketika martensit telah selesai. M_f juga dipengaruhi oleh kadar karbon. Dengan meningkatnya kadar karbon dapat ditemukan adanya austenit

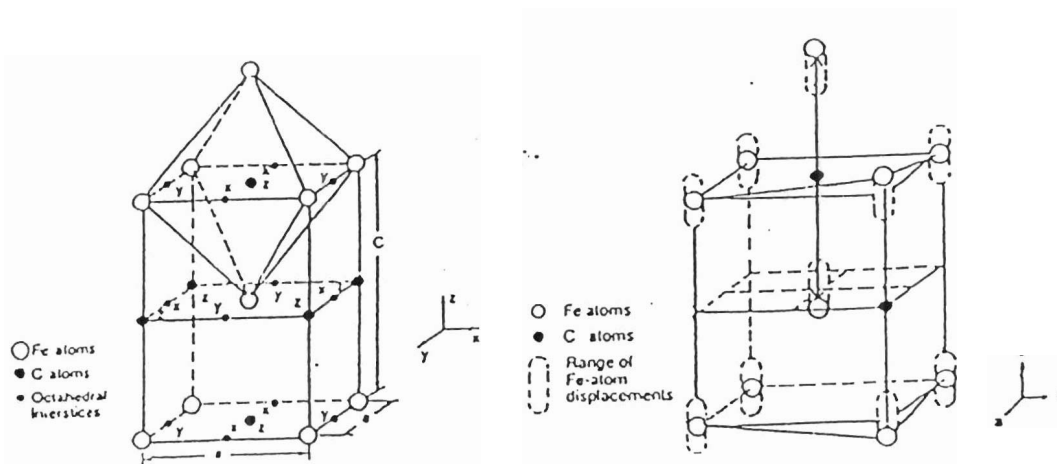
sisanya setelah proses quench. Hal ini disebabkan karena menurunnya kadar karbon akibat meningkatnya kadar karbon sehingga tidak seluruh austenit berubah menjadi martensit. Austenit sisa dapat dihilangkan melalui proses temper.

Rongga octahedral pada FCC memiliki bentuk yang tidak simetris. Akibatnya atom karbon akan mendistorsi dua atom yang berjarak $a/2$. Bila terjadi pendinginan yang cepat dari fasa austenit ke temperatur kamar maka atom-atom karbon akan terjebak (atom karbon tidak dapat lagi berdifusi, temperatur sudah lemah) didalam rongga octahedral FCC karena tidak sempat berdifusi keluar. Akibatnya terjadi distorsi atom sehingga struktur kristalnya berbentuk BCT (body centred tetragonalitas). Struktur yang terbentuk bukan lagi ferit dan perlit tetapi martensit.



Gambar 6. Ilustrasi Transformasi Austenit menjadi Martensit

Seperti diuraikan diatas, mekanisme transformasi martensit adalah mekanisme geser (shear mechanism). Atom-atom besi bergerak secara teratur dan bersama-sama saat terjadi transformasi. Sedangkan atom-atom karbon tetap di rongga sekunder. Keberadaan atom karbon yang terjebak di rongga octahedral, menyebabkan martensit bersel satuan BCT. Atom karbon itu membentuk kisi tetragonal karena memperpanjang unit sel ke satu arah seperti gambar berikut ini.



Gambar 7. Struktur kristal BCC dan pergeseran atom besi akibat karbon dalam martensit

D. Diagram Transformasi Pendinginan

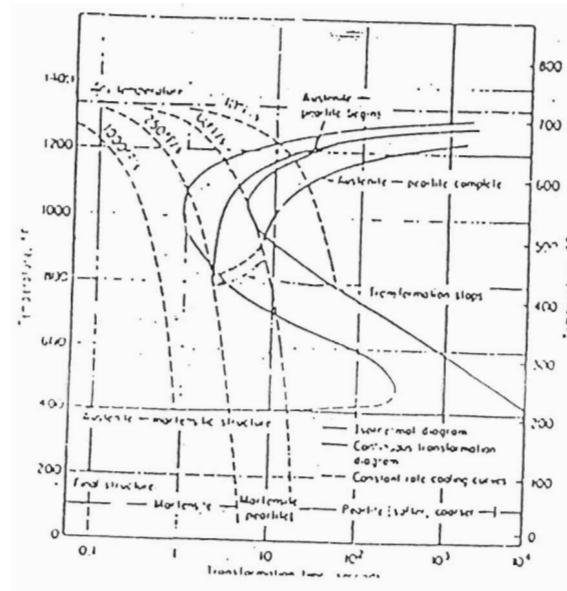
Diagram Transformasi Pendinginan berguna untuk menerangkan fasa-fasa metastabil pada baja, seperti martensit. Ada dua jenis diagram transformasi pendinginan yaitu :

1. Diagram Transformasi Isothermal

Disebut juga dengan diagram TTT (Time Temperature Transformation) yang pada temperatur konstan dapat menggambarkan dekomposisi austenit sebagai fungsi temperatur dan waktu. Diagram ini dibuat untuk transformasi pada temperatur konstan, pada keadaan sebenarnya transformasi akan berlangsung pada temperatur yang terus menerus turun, sehingga diagram TTT ini tidak dapat menerangkan fasa-fasa yang terbentuk.

2. Diagram Pendinginan Kontiniu

Disebut juga Diagram CTT (Continuous Cooling Transformation) adalah diagram yang digunakan untuk memperkirakan fasa yang terbentuk dengan laju pendinginan tertentu. Diagram ini biasa digunakan pada proses perlakuan panas untuk mengendalikan laju pendinginan sehingga memperoleh struktur mikro dan sifat mekanik yang diinginkan.



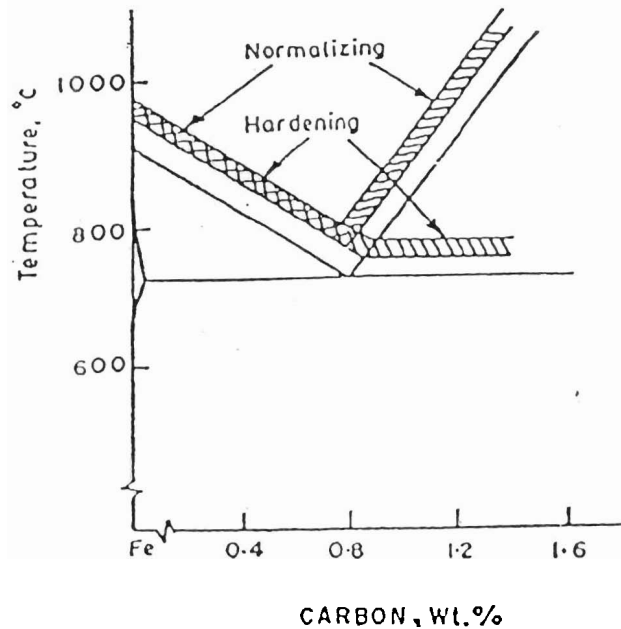
Gambar 8. Diagram CTT

E. Perlakuan Panas (Heat Treatment)

1. Proses Hardening (Pengerasan)

Hardening atau pengerasan biasanya dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan dan fatigue limit/strength yang lebih baik.

Pengerasan dilakukan dengan memanaskan baja ke daerah austenit lalu mendinginkannya dengan cepat. Dengan mendinginkan tersebut akan terbentuk martensit yang keras. Temperatur Hardening disebut juga temperatur Austening. Temperatur pemanasannya, lamanya holding time, dan laju pendinginan untuk pengerasan ini banyak tergantung pada komposisi kimia dari baja. Kekerasan yang tinggi diperoleh dari fasa yang terbentuk setelah quenching yaitu fasa martensit.



Gambar 9. Rentang temperatur untuk hardening pada baja

Untuk baja karbon temperatur austening ini adalah 30-50°C diatas temperatur kritis A_3 untuk baja hypoeutektoid dan 30-50°C di atas temperatur A_1 untuk baja hypereutektoid.

Untuk baja hypereutektoid, pada saat temperatur pengerasan, yang terbentuk adalah fasa austenit dan sementit, dan setelah diquenching berybah menjadi martensit dan sementit. Adanya kedua fasa martensit dan sementit akan menguntungkan karena akan diperoleh kekerasan yang lebih tinggi dari pada hanya terdiri dari martensit yang ada. Hal ini disebabkan oleh kekerasan sementit yang lebih tinggi dari pada martensit. Selain itu martensit yang terbentuk dari proses pengerasan tersebut akan memiliki struktur yang halus. Akibatnya ketahanan aus baja akan lebih baik. Jika baja hypereutektoid dipanaskan diatas A_{cm} maka akan terbentuk butir austenit yang kasar.

Hasil dari proses pengerasan memiliki kekerasan yang tinggi namun biasanya getas. Untuk itu diperlukan proses perlakuan yang lain yaitu proses tempering.

2. Proses Quenching (Pencelupan)

Media Pendingin

Untuk mencapai struktur martensit, maka austenit yang terjadi harus didinginkan cukup cepat, setidaknya dapat mencapai laju pendinginan kritis dari baja yang bersangkutan. Untuk ini baja harus didinginkan dalam suatu media pendingin tertentu. Ada sejumlah media pendinginan yang biasa digunakan dalam proses pengerasan baja, dan dalam hal ini penulis memilih menggunakan media pendingin air dan oli pada penelitian ini.

Air adalah media pendingin yang paling tua dan murah dan juga mempunyai kemampuan pendinginan yang tinggi sekali. Keburukan dari air adalah bahwa laju pendinginannya sangat tinggi pada daerah temperatur pembentukan martensit sehingga akan menyebabkan terjadinya tegangan akibat transformasi dan selisih temperatur. Hal ini akan mendorong terjadinya keretakan pada saat quenching.

Mengingat kemampuan pendinginannya yang sangat tinggi ini, maka air biasanya digunakan untuk pendingin dari baja yang kekerasannya tidak begitu tinggi, misalnya **baja karbon**.

Pendinginan dengan oli biasanya akan lebih lambat dari pada dengan air. Pada umumnya oli mempunyai cooling capacity tertinggi pada temperatur sekitar 600°C, dan agak rendah pada daerah temperatur pembentukan martensit.

Metode Pendinginan

Ada beberapa metode pendinginan dalam melakukan pengerasan baja, diantaranya *direct quenching*, *martempering*, dan *austempering*. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *direct quenching* untuk proses pendinginan. *Direct quenching* dilakukan dengan mencelupkan benda kerja ke dalam suatu media pendingin (*quenching*), dari temperatur pengerasan langsung sampai ke temperatur kamar. Media pendingin yang biasa digunakan adalah air, oli dan udara..

Pendinginan dengan cairan menghasilkan cooling rate lebih tinggi dari pada dengan udara. Tetapi karena itu pula dapat terjadi internal stress yang

dapat menyebabkan terjadinya distorsi atau bahkan retak. Untuk mengurangi kemungkinan ini, quenching harus dilakukan dengan cermat. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan proses quenching, yaitu :

- Benda yang terdiri dari bagian yang tebal dan tipis harus diquench dengan bagian tebal tercelup lebih dahulu.
- Benda yang kurus panjang seperti screw tap, reamer, dan sebagainya harus dicelup dengan arah vertical.
- Benda yang berbentuk pelat tipis harus dicelup ke arah sisinya.
- Benda yang cekung jangan dicelup menelungkup karena akan menyebabkan udara terperangkap dibawahnya, dan laju pendinginan akan terhambat.

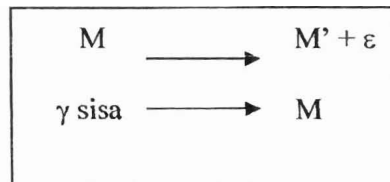
3. Proses Tempering

Baja yang dikeraskan dengan quenching menjadi martensit akan sangat keras tetapi juga getas. Dengan memanaskan kembali martensit ini akan bertransformasi menjadi berbagai produk transformasi, yang lebih ulet dan tangguh. Untuk itu tempering harus segera dilakukan, biasanya sebelum baja mencapai temperatur kamar, sekitar 50-75°C. Tempering dilakukan dengan memanaskan kembali martensit ke suatu temperatur dan membiarkan selama beberapa saat lalu didinginkan kembali. Temperatur tempering biasanya diantara 150-700°C. Tingginya temperatur pemanasan dan lamanya holding time (tempering time) sangat menentukan kekerasan yang terjadi setelah tempering. Ada tiga tahap temperatur temper, yaitu:

- Temperatur temper tahap I

Tahap ini terjadi pada temperatur 80-200°C : tahap ini juga disebut low temperature tempering. Temperatur maksimum dibatasi sampai 250°C, Proses temper ini pada baja karbon berstruktur mikro 100% martensit akan menghasilkan karbida ϵ dan martensit dengan kadar karbon yang lebih rendah (martensit temper). Pada proses ini atom karbon keluar dari rongga octahedral secara lambat karena temperatur yang rendah, sehingga tidak terbentuk Fe_3C , yang terbentuk adalah karbida. Tetragonalitas martensit akan berkurang sehingga kekerasan menurun. Tetapi dekomposisi oleh

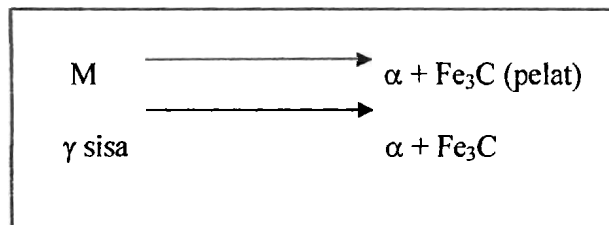
terbentuknya karbida sehingga penurunan kekerasan tidak terlalu besar. Pada baja yang mengandung sisa austenit, austenit sisa akan bertransformasi menjadi martensit yang akan terbentuk karena mekanisme geser oleh deformasi akibat perubahan volume.



Proses temper ini sangat cocok untuk baja karbon tinggi dan baja paduan rendah yang dipakai untuk alat potong dan alat ukur. Harga kekerasannya akan sedikit menurun, namun kekuatan dan ketangguhan akan semakin membaik.

Temperatur temper tahap II

200-400°C : disebut juga temperatur tempering. Pada proses ini martensit akan berubah menjadi Ferit-α dan sementit Fe₃C yang berbentuk pelat. Pada proses ini atom-atom karbon mampu berdifusi untuk membentuk Fe₃C dan partikel karbida ε menghilang.

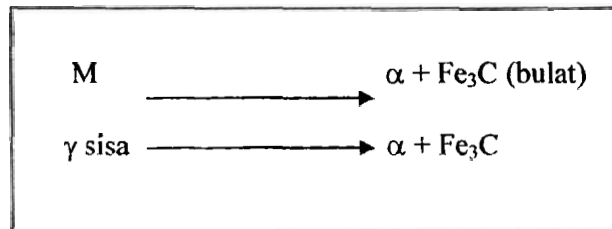


Austenit sisa akan bertransformasi menjadi bainit yang tersusun dari ferit dan sementit. Keuletan dan ketangguhan meningkat dan kekerasan akan lebih rendah dari pada hasil temper tahap pertama.

- Temperatur temper tahap III

Temperatur diatas 400°C, dikenal dengan high temperature tempering. Martensit akan kehilangan karbon dan membentuk ferit. Atom-atom karbon akan bergabung dan membentuk sementit (Fe₃C). Pada tahap ini morfologi partikel sementit akan tumbuh berubah menjadi bulat (spheridized). Baja akan memiliki kekuatan luluh, kekuatan tarik, dan

harga impact yang lebih baik dari pada baja hasil annealing dan atau normalizing. Selain itu, baja bebas dari tegangan dalam. Akan memperoleh hasil optimum pada baja karbon medium. Contoh pemakaian : connecting rod, poros, dan roda gigi.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Berdasarkan pokok permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini, maka penulis menggunakan metode penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang berusaha mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa atau kejadian yang sesuai dengan kondisi yang sebenarnya (Sudjana, 1996:64). Hasil penelitian yang diinginkan diperoleh melalui percobaan yang dilaksanakan di labor melalui pengamatan dan analisa terhadap data yang diperoleh.

B. Objek Penelitian

Sebagai objek penelitian ini adalah baja karbon sedang, dimana baja karbon sedang yang terdiri dari 25 specimen untuk uji kekerasan yang nantinya akan dilaksanakan pengujian pada mesin uji kekerasan Brinell. Selanjutnya akan dilakukan pengujian metalografi untuk melihat struktur mikronya. Ukuran specimen untuk uji kekerasan dengan dimensi $\varnothing 12 \times 8$ mm.

C. Jenis dan sumber Data

1. Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer, dimana pengambilan data langsung dari hasil pengujian berupa pengujian kekerasan Brinell serta metalografi untuk melihat struktur mikro baja karbon sedang.

2. Sumber Data

Sumber data dari penelitian ini adalah Labor Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang .

D. Alat dan Bahan

1. Baja Karbon Sedang
2. Mesin uji kekerasan Brinell
3. Mikroskop Metalurgi / Mikroskop Optik
4. Mesin Polish
5. Amplas dengan tingkat kekerasan 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1500
6. Kain poles / beludru
7. Hair dryer
8. Pasta poles
9. Tungku pemanas
10. Reagen Pencuci
 - Ethyl Alcohol (C_2H_5OH) 95 %
 - Tetra Klor (CCl_4)
 - Aseton (CH_3COCH_3)
11. Zat Etsa
 - Asam Nitrat (HNO_3) 5 %
 - Metanol (CH_3OH)
 - Air (H_2O)

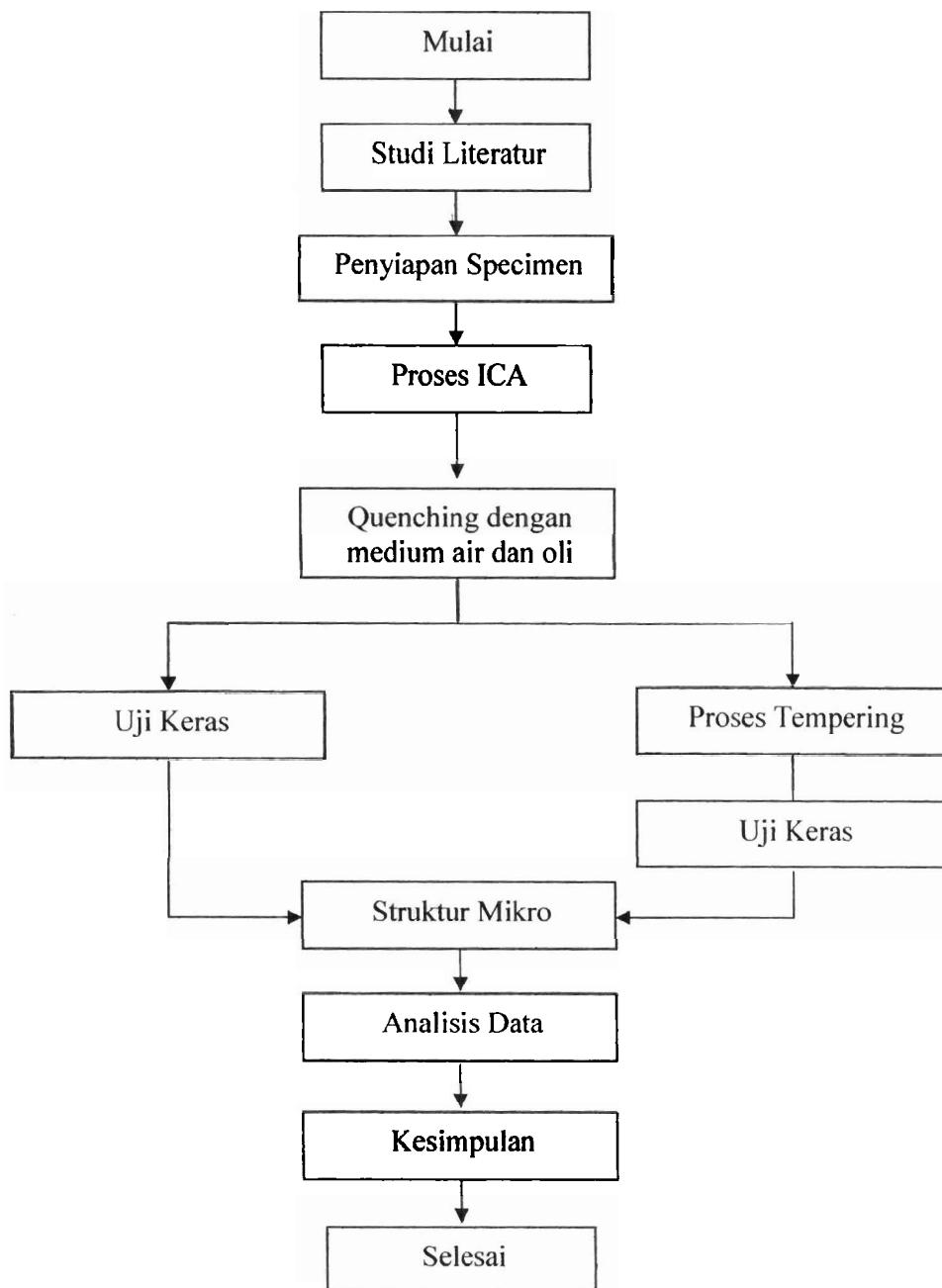
E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah melalui percobaan dengan aspek penelitian yaitu :

1. Pembersihan specimen dari kotoran-kotoran
2. Melakukan proses heat treatment dengan menggunakan tahap-tahap berikut :
 - Proses pemanasan pada temperatur Intercritical Annealing dilakukan pada empat temperatur yaitu $740^{\circ}C$, $780^{\circ}C$, dan $810^{\circ}C$, dengan lama penahanan (*holding time*) 30 menit.
 - Proses pencelupan (quenching) dengan menggunakan medium air dan oli. Specimen dicelupkan kedalam medium pada temperatur kamar, specimen dibiarkan dingin di dalam medium pendinginan.

- Specimen kemudian dibersihkan dari sisa medium pendinginan dan terak untuk diukur kekerasan.
 - Kemudian dilanjutkan dengan melakukan proses tempering. Proses Tempering dilakukan pada temperatur 250°C, 400°C dan 550°C, dengan waktu penahanan selama 30 menit dan didinginkan di udara.
 - Kemudian specimen kembali dibersihkan untuk melakukan pengujian kekerasan kembali.
3. Melakukan pengujian Metalurgi untuk melihat struktur mikro baja karbon sedang tersebut.

F. Prosedur Penelitian



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

G. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data yaitu menyiapkan tabel-tabel yang dibutuhkan yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan dan mengambil foto struktur mikro.

H. Pengolahan Data

Proses pengolahan data dan penganalisaan data tersebut dilakukan dengan cara pengujian kekerasan Brinell dengan mesin uji terhadap specimen dan analisa terhadap hasil pemotretan dan proses metalografi terhadap specimen.

I. Teknik Analisa Data

Untuk melihat besar kekerasan Brinell benda uji dilakukan analisis sebagai berikut :

1. Uji Kekerasan Brinell

Pengujian Brinell adalah salah satu cara pengujian kekerasan yang paling banyak digunakan. Pada pengujian Brinell ini digunakan bola baja yang dikeraskan sebagai indenter. Indenter ini ditusukan ke permukaan logam yang diuji dengan gaya tekan tertentu selama waktu tertentu pula (antara 10 sampai 30 detik). Karena penusukan (indentasi) itu maka pada permukaan logam tersebut akan terjadi tapak tekan yang berbentuk tembereng bola. Kekerasan Brinell dihitung sebagai :

$$\text{BHN} = \frac{\text{gaya tekan}}{\text{luas tapak tekan}}$$

$$\text{BHN} = \frac{P}{\pi D/2 \cdot \left\{ D - \sqrt{D^2 - d^2} \right\}}$$

P = gaya tekan (kg)

D = diameter bola indenter (mm)

d = diameter tapak tekan

Biasanya pada pengujian Brinell yang standar digunakan bola baja yang dikeraskan berdiameter 10 mm, gaya tekan 3000 kg (untuk pengujian kekerasan baja), atau 1000 atau 500 kg (untuk logam non ferrous, yang lebih lunak), dengan lama penekanan 10-15 detik. Tetapi mengingat kekerasan bahan yang diuji dan juga tebal bahan (supaya tidak terjadi indentasi yang terlalu dalam atau dangkal) boleh digunakan gaya tekan dan indenter dengan diameter yang berbeda asalkan selalu dipenuhi syarat $P/D^2 = \text{konstan}$. Dengan memenuhi persyaratan tersebut maka hasil

pengukuran tidak akan berbedabanyak bila diuji dengan gaya tekan/diameter bola indentor yang berbeda. Harga konstanta untuk baja tersebut adalah 30. Uji kekerasan Brinell dilakukan setelah specimen diquench, dan setelah specimen di temper.

2. Metalografi

Sifat-sifat logam dan paduannya sangat dipengaruhi oleh struktur makro dan mikronya. Dari titik tolak inilah pemeriksaan struktur logam sangat penting yang dikenal dengan metalografi. Metode pemeriksaan dapat dikelompokan sebagai berikut :

- a. Pemeriksaan struktur secara makroskopik
- b. Pemeriksaan struktur secara mikroskopik
- c. Pemeriksaan dengan mikroskop electron

Umumnya digunakan mikroskop optik, karena sudah cukup memberikan informasi terutama mengenai :

- a. Fasa-fasa yang terdapat dalam logam
- b. Distribusi, bentuk dan ukuran fasa

Selain hal tersebut diatas dapat juga digunakan sebagai pemeriksaan : retak mikro, korosi-korosi antar kristal, porosity mikro, tebal lapisan, dan lain-lain.

Untuk mendapatkan hasil yang baik selain menguasai teorinya juga diperlukan keterampilan dalam proses-proses metalografi, langkah-langkah proses metalografi dapat digambarkan sebagai berikut :

- Pengamplasan dilakukan pada benda uji pada kertas amplas dimulai dari tingkat kasar sampai tingkat halus dan dialiri cairan pendingin untuk mencegah timbulnya panas yang dapat menyebabkan perubahan struktur.
- Pemolesan benda uji pada kain poles diatas piringan yang berputar, kain poles dibasahi dengan air bersih sedikit pasta. Untuk meyakinkan hasil pemolesan terakhir sudah bebas dari garis-garis pemotongan benda uji yang dibersihkan dilihat dengan mikroskop. Jika masih ada garis-garis, pemolesan diteruskan, jika sudah rata

benda uji dibersihkan dilanjutkan dengan pengetsaan Asam Nitrat (HNO_3) 5%, Metanol (CH_3OH) dan air (H_2O).

- Pemeriksaan struktur mikro pada benda uji dapat dilakukan dengan menggunakan mikroskop. Selanjutnya dilakukan pengambilan foto dengan menggunakan mikroskop metalurgi yang dilengkapi dengan kamera optik.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Data Material Awal

1 Data Komposisi Kimia

Baja yang digunakan dalam penelitian ini merupakan baja karbon sedang yang menurut standar DIN tergolong kepada baja AISI 1045 dilihat dari hasil kekerasannya sebelum perlakuan. Berdasarkan standar DIN, baja ini memiliki komposisi kimia sebagai berikut :

Komponen	% berat
C	,042 – 0,5
Fe	98,51 – 98,98
Mn	0,6 – 0,9
P	Maks. 0,04
S	Maks. 0,05

2 Data Kekerasan Awal

Dari pengujian kekerasan yang dilakukan pada material awal didapat harga kekerasan dalam BHN :

1. 179
2. 179
3. 179
4. 179
5. 182
6. 179

Kekerasan Rata-rata : 179,5 BHN. Kekerasan ini tergolong kepada kekerasan awal baja karbon sedang AISI 1045.

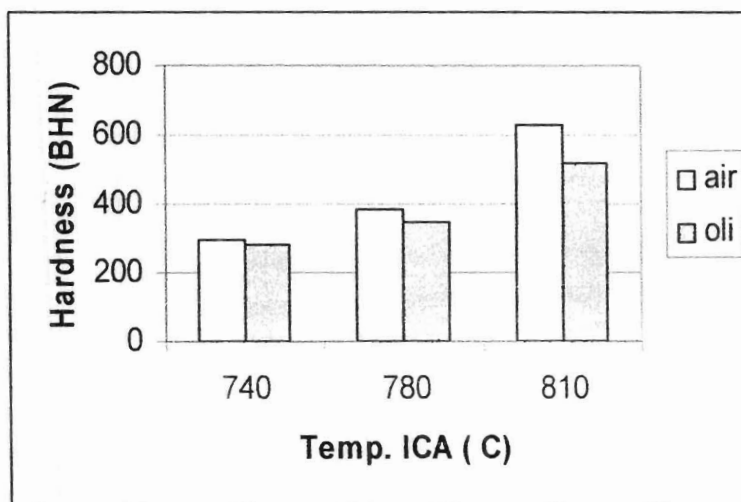
B. Data Hasil Penelitian

1. Data Hasil Pengujian Kekerasan

1.1 Kekerasan Spesimen setelah proses Quenching

Tabel. 1 Data Kekerasan Spesimen setelah proses Quenching

Medium Quenching	Kekerasan Pada Temperatur ICA (BHN)		
	740°C	780°C	810°C
Air	293,33	386,66	630
Oli	278	345,5	520

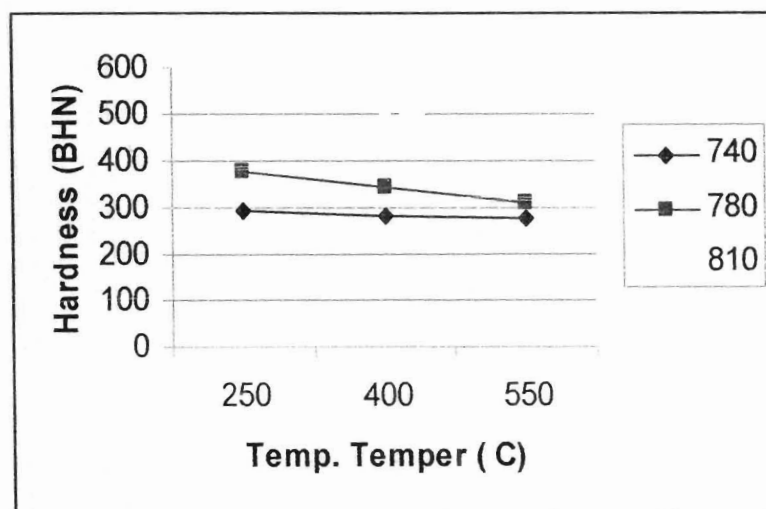


Gambar 12. Diagram pengaruh perbedaan medium Quenching terhadap Kekerasan

1.2 Kekerasan Spesimen setelah proses Tempering dengan Medium Quenching Air

Tabel 2. Data Kekerasan setelah Proses Temper dengan Medium Quenching Air

Temperatur Tempering	Kekerasan pada Temperatur ICA (BHN)		
	740°C	780°C	810°C
250°C	293.33	376.66	545
400°C	285	344.66	505
550°C	278	313	475



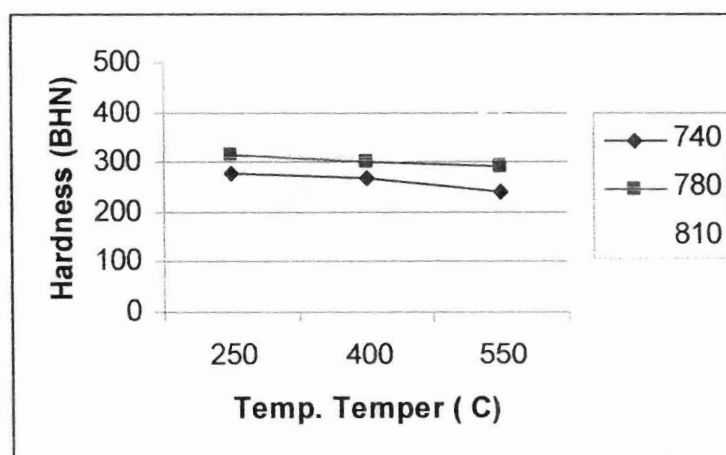
Gambar 13. Grafik Pengaruh Temperatur Temper terhadap Kekerasan dengan Medium Quenching Air

1.3 Kekerasan Spesimen setelah proses Tempering dengan Medium Quenching Oli

Tabel 3. Data Kekerasan setelah Proses Temper dengan Medium Quenching

Temperatur Tempering	Kekerasan pada Temperatur ICA (BHN)		
	740°C	780°C	810°C
250°C	278	313	475,5
400°C	269	293	456,66
550°C	243	301	388

Oli



Gambar 14. Grafik Pengaruh Temperatur Temper terhadap Kekerasan dengan Medium Quenching Air

Spesimen yang dihasilkan dalam proses *intercritical* dikenal juga dengan istilah *dual-phase steel*. Hal ini disebabkan karena dalam proses *intercritical*, spesimen yang diberi perlakuan mengalami dua fasa yakni fasa ferit dan fasa martensit. Martensit yang dihasilkan dalam proses *intercritical annealing* adalah martensit serpih (*lath martensit*).

C. Pengaruh Medium Quenching terhadap kekerasan

Untuk mencapai struktur martensit, maka austenit yang terjadi harus didinginkan dengan cukup cepat, setidaknya dapat mencapai laju pendinginan kritis dari baja yang bersangkutan.

Dari data hasil penelitian dapat dilihat bahwa pendinginan dengan menggunakan medium quenching air menghasilkan kekerasan lebih tinggi daripada pendinginan yang menggunakan medium quenching oli.

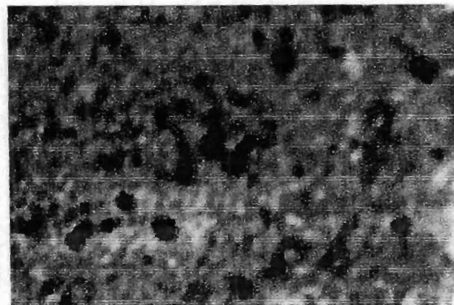
Hal ini disebabkan karena *cooling capacity* (kemampuan mendinginkan) dari air sangat tinggi dibandingkan dengan oli. Karena *cooling capacity* yang tinggi ini maka laju pendinginan air juga menjadi sangat tinggi.

Pendinginan dengan medium quenching oli akan lebih lambat daripada air. Akibatnya martensit yang terbentuk juga memerlukan waktu dalam pembentukannya. Oleh karena itu, martensit yang akan terbentuk juga relatif lebih sedikit, karena untuk mencapai fasa martensit diperlukan laju pendinginan yang sangat kritis dari baja tersebut.

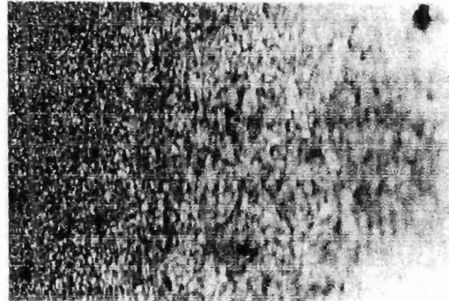
D. Hasil Pengujian Struktur Mikro

Dari pengambilan gambar struktur mikro dapat dilihat sebagai berikut:

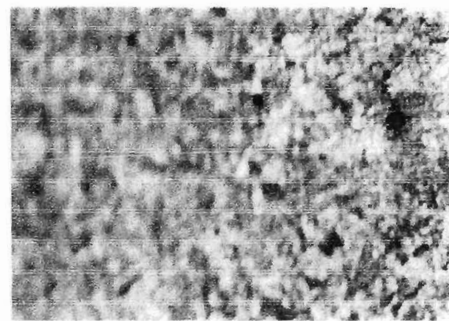
1. Temperatur Intercritical 740°C



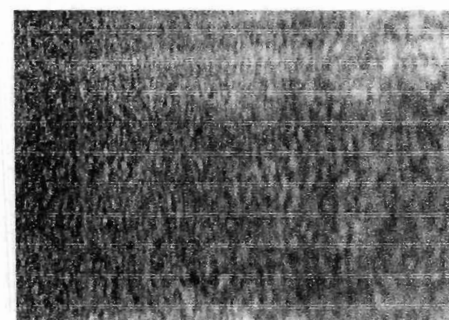
Gambar 15. Temperatur Intercritical 740°C dengan Medium Quenching Air, menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)



Gambar 16. Temperatur Intercritical 740°C dengan Medium Quenching Oli, menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)

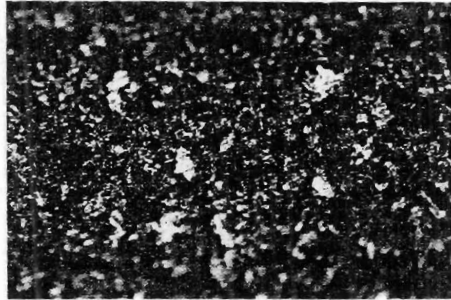


Gambar 17. Temperatur Intercritical 740°C dengan Medium Quenching Air, dan temper 250°C menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)

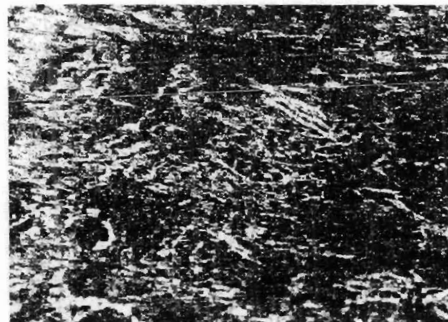


Gambar 18. Temperatur Intercritical 740°C dengan Medium Quenching Air, dan temper 550°C menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)

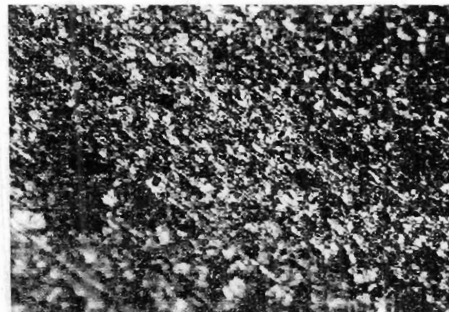
2. Temperatur Intercritical 780°C



Gambar 19. Temperatur Intercritical 780°C dengan Medium Quenching Air, menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)



Gambar 20. Temperatur Intercritical 780°C dengan Medium Quenching Oli, menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)

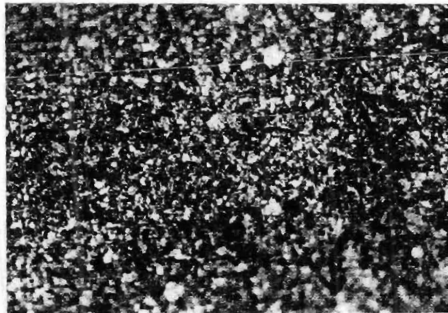


Gambar 21. Temperatur Intercritical 780°C dengan Medium Quenching Air, dan temper 250°C menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)

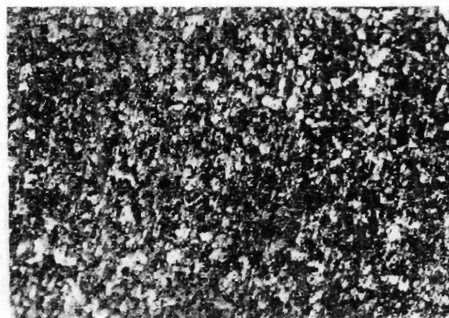


Gambar 22. Temperatur Intercritical 780°C dengan Medium Quenching Air, dan temper 550°C menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)

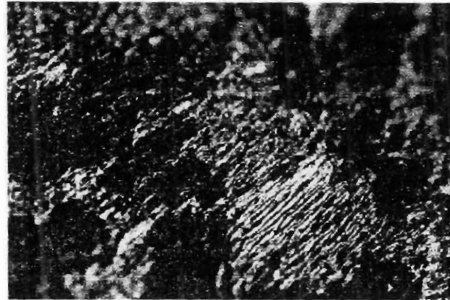
3. Temperatur Intercritical 810°C



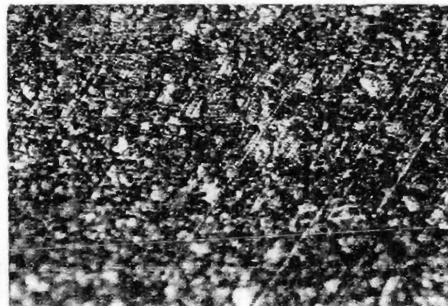
Gambar 23. Temperatur Intercritical 810°C dengan Medium Quenching Air, menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)



Gambar 24. Temperatur Intercritical 810°C dengan Medium Quenching Oli, menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)



Gambar 25. Temperatur Intercritical 810°C dengan Medium Quenching Air, dan temper 250°C menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)

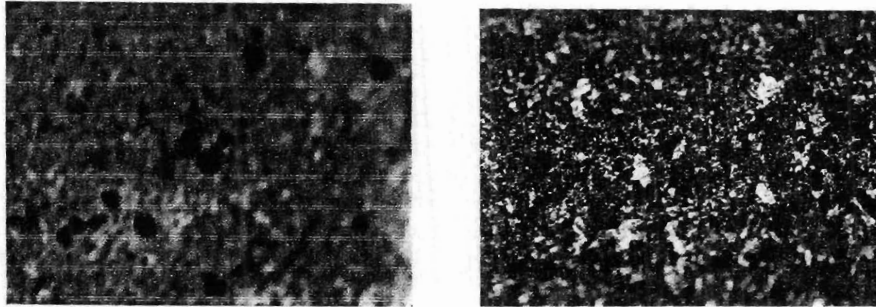


Gambar 26. Temperatur Intercritical 780°C dengan Medium Quenching Air, dan temper 550°C menunjukkan Ferrite (warna terang) dan Karbida (warna gelap)

E. Analisa Data

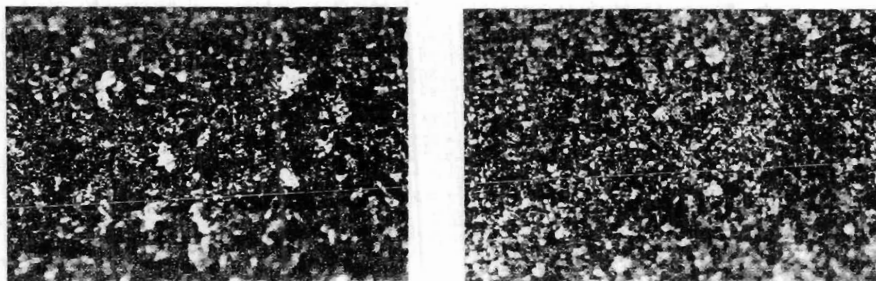
Dari data yang diperoleh mengenai kekerasan Brinell, dapat dilihat pengaruh Temperatur Intercritical terhadap kekerasan. Harga kekerasan akan mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan Temperatur Intercritical. Makin tinggi kenaikan temperatur, maka harga M_s akan semakin turun. Hal ini disebabkan karena kadar karbon yang terkandung di dalam austenit akan

meningkat dan akan melarutkan lebih banyak karbida. Penurunan harga M_s juga berbanding lurus dengan M_f tetapi tetap di temperatur kamar, sehingga seluruh austenit berubah menjadi martensit.



Gambar 27. Perbandingan Struktur Mikro (a) Temperatur Intercritical 740°C , (b) Temperatur Intercritical 780°C , setelah di quenching dengan Medium Air

Dari Gambar 27 dapat dilihat perbedaan struktur mikro antara hasil Temperatur Intercritical 740°C dengan 780°C setelah di quench dengan medium air. Gambar 27.a menunjukkan struktur martensit yang lebih sedikit dari Gambar 27.b. Hal ini terjadi karena terurainya sebagian kecil martensit yang disebabkan oleh kenaikan temperatur.



Gambar 27. Perbandingan Struktur Mikro (a) Temperatur Intercritical 780°C , (b) Temperatur Intercritical 810°C , setelah di quenching dengan Medium Air

Gambar 27 memperlihatkan gejala yang persis sama dengan Gambar 26. Meskipun struktur martensit yang terbentuk pada Gambar 27.b lebih halus dari Gambar 27.a, namun dari susunannya terlihat lebih rapat. Ketiga perlakuan menghasilkan struktur Martensit serpih (*Lath Martensit*).

Pengaruh proses temper menunjukkan bahwa kekerasan cenderung menurun dengan naiknya temperatur temper. Dengan naiknya temperatur temper akan semakin banyak karbon yang keluar dari rongga oktahedral BCT, sehingga tidak ada lagi tetragonalitas. Dengan hilangnya tetragonalitas maka struktur kristal berubah menjadi BCC. Ketika inilah martensit berubah menjadi ferit. Naiknya temperatur temper mengakibatkan semakin banyak ferit, yang akan menyebabkan kekerasan menjadi menurun.

Temperatur temper pada interval 250°C - 400°C penurunan kekerasan tidak terlalu besar. Dengan proses temper, karbon akan mengendap sebagai karbida dan besi berubah menjadi besi α .

Peningkatan Temperatur temper akan mempercepat difusi atom karbon, meningkatkan laju pertumbuhan partikel karbida yang akan mengakibatkan partikel karbida bergabung membentuk partikel yang lebih besar, sehingga struktur ferit akan lebih kelihatan.

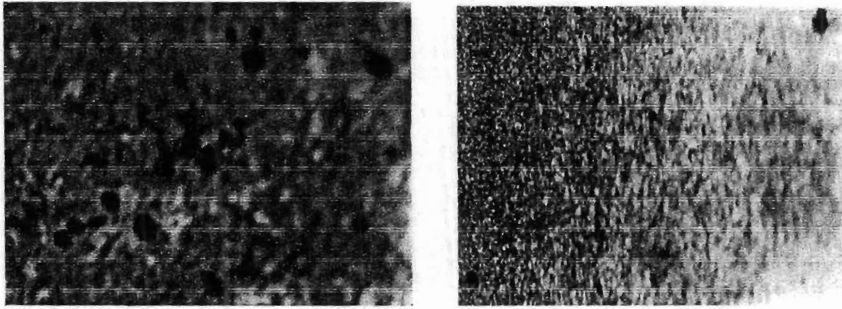
Pengaruh Medium Quenching terhadap kekerasan

Untuk mencapai struktur martensit, maka austenit yang terjadi harus didinginkan dengan cukup cepat, setidaknya dapat mencapai laju pendinginan kritis dari baja yang bersangkutan.

Dari data hasil penelitian dapat dilihat bahwa pendinginan dengan menggunakan medium quenching air menghasilkan kekerasan lebih tinggi daripada pendinginan yang menggunakan medium quenching oli.

Hal ini disebabkan karena *cooling capacity* (kemampuan mendinginkan) dari air sangat tinggi dibandingkan dengan oli. Karena *cooling capacity* yang tinggi ini maka laju pendinginan air juga menjadi sangat tinggi.

Pendinginan dengan medium quenching oli akan lebih lambat daripada air. Akibatnya martensit yang terbentuk juga memerlukan waktu dalam pembentukannya, sehingga memberikan kesempatan bagi atom karbon untuk berdifusi. Oleh karena itu, martensit yang akan terbentuk juga relatif lebih sedikit, karena untuk mencapai fasa martensit diperlukan laju pendinginan yang sangat kritis dari baja tersebut.



Gambar 28. Perbandingan Struktur Mikro Temperatur Intercritical 740°C, (a) Medium Quenching Air, (b) Medium Quenching Oli

Pada Gambar 28 dapat dilihat perbedaan struktur mikro yang terjadi karena pengaruh medium quenching. Struktur martensit yang terbentuk pada Gambar 28.b lebih sedikit dari pada Gambar 28.a. Hal ini disebabkan waktu untuk berdifusi bagi atom karbon pada Gambar 28.b lebih lama sehingga martensit yang terbentuk pun lebih sedikit.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari data hasil penelitian, dapat diperoleh kesimpulan dari penelitian mengenai pengaruh Temperatur *Intercritical Annealing* terhadap kekerasan baja karbon sedang, yaitu:

1. Kekerasan pada baja karbon sedang meningkat seiring dengan kenaikan temperatur pemanasan pada proses *intercritical*.
2. Kekerasan pada baja karbon sedang yang mengalami proses *intercritical* akan meningkat dari kekerasan awalnya. Dari kekerasan awalnya adalah 179,5 BHN, setelah proses *intercritical* akan menjadi 293,33 BHN dan akan terus meningkat seiring dengan semakin tingginya temperatur *intercritical*.
3. Kekerasan maksimum yang dapat dicapai pada penelitian ini adalah 630 BHN yaitu pada waktu temperatur *intercritical* 810°C setelah di quench dengan medium air.
4. Kekerasan pada baja karbon sedang hasil proses *intercritical annealing* berpengaruh terhadap medium quenching yang digunakan. Medium quenching air menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi daripada dengan menggunakan medium quenching oli. Meskipun tidak signifikan, pengaruh dari pemilihan medium quenching perlu mendapat perhatian dalam proses perlakuan panas baja karbon.
5. Setelah proses tempering, spesimen akan mengalami penurunan kekerasan. Semakin tinggi temperatur temper, maka kekerasan yang dihasilkan akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena perubahan martensit menjadi ferit.

B. Saran

Beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut :

1. Melakukan pengujian korosi untuk mengetahui pengaruh temperatur *intercritical* dan temperatur temper terhadap ketahanan korosi baja karbon sedang.
2. Melakukan variasi temperatur *intercritical* dan temperatur temper untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat mekanik dan struktur mikro.

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, M.D. 1990. Material Science and Engineering an Introduction: John Willey and Sons, New York.
- Djafri, Sriati dan Van Vlack. 1989. Ilmu dan teknologi Bahan: Erlangga, Jakarta.
- George F. Vander Voort. 1984. Metallography: Mc Graw Hill Book Company, Inc, USA.
- III Davis, GE Troxell, GF.W Hauck. 1982. The Testing of Engineering Materials: Mc Graw Hill Book Company, Inc, USA.
- K-E Thelning. 1975. Steel and Its Heat Treatment: Fakenham Press Ltd, England.
- Metals and Book Vol 7. 1972. Atlas of Microstructures of Industrial Alloys: American Society for Metals, USA.
- R. E Smallman. 1991. Metalurgi Fisik Modern: P.T. Gramedia, Jakarta.
- Robert Wilson. 1975. Metallurgy and Heat Treatment of Tool Steels: Mc Graw Hill Book Company Limited, England.
- Schaffer. 1999. The Science and Design of Engineering Materials: Mc Graw Hill Book Company, Inc, USA.
- Sudjana. 1996. Metoda Statistik: Tarsito, Bandung.
- Suherman, Wahid. Pengetahuan Bahan: ITS, Surabaya.
- Sydney H. Avner. 1974. Introduction to Physical Metallurgy: Mc Graw Hill Book Company, Inc, USA.
- WG. Moffatt. 1964. The Structure and Properties of Materials: John Wiley & Sons, Inc, USA.
- W. Hume. Rothery. 1969. The structures of Alloys Iron: Pergamon Press, Ltd, Oxford.

