


## LAPORAN PENELITIAN

# ANALISIS PENGUJIAN PENGARBONAN DAN PENGKERASAN TERHADAP BAJA KARBON RENDAH

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA TGL	4-11-96
SUMBER/HARGA	HD
KOLEKSI	KKI
INVENTARIS	945/HD/96 - 2013
LOKASI	669 IBR a:0



Oleh

**Drs. IBRAHIM**  
(Ketua Tim Peneliti)

Penelitian ini dibiayai oleh  
Proyek Operasi dan Perawatan Fasilitas IKIP Padang  
Tahun Anggaran 1993/1994  
Surat Perjanjian Kerja No. 79/PT37.H9/N.1.2/1993  
Tanggal 1 Juli 1993

ANALISIS PENGUJIAN PENGARBONAN DAN PENGERASAN TERHADAP  
BAJA KARBON RENDAH

Personalia Penelitian

Konsultan : Drs. Djasiman

Ketua : Drs. Ibrahim

Anggota : 1. Drs. Rusdi  
2. Drs. Yufrizal

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan atas dasar pemikiran pengembangan Ilmu Logam Ferro, yang lebih dikhususkan pada proses perlakuan panas, karena proses seperti ini akan dapat menjadikan logam Ferro semakin bermanfaat dan bernilai dalam kehidupan manusia. Menurut Sriati Djaprie (1985 : 135) bahwa proses perlakuan panas diperlukan untuk mengubah sifat-sifat fisis logam, agar mudah permesinan, menghilangkan tegangan dalam, meningkatkan ketangguhan dan menghasilkan permukaan yang keras. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, maka susunan kimia

baja harus diketahui, karena komposisi kimia, khususnya karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis.

Pengaruh dan manfaat unsur karbon dimaksud dapat diteliti atau dilihat melalui penambahan karbon pada baja karbon rendah (Mild Steel), dengan melakukan proses perlakuan panas, pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro sebelum dan sesudah proses berlangsung.

Adapun penelitian perlakuan panas pengarbonan terhadap baja karbon rendah bertujuan untuk melihat pengaruh dan manfaat karbon dalam meningkatkan kemampuan sifat fisis logam ferro, khususnya kekerasan permukaan, karena pada awalnya permukaan baja karbon rendah tergolong lunak dan mudah rusak saat terjadi geseran.

Populasi dari penelitian ditujukan pada seluruh baja karbon rendah yang berada di dunia industri dan perdagangan, sedangkan sampelnya diambil sebatang baja karbon rendah dengan komposisi karbon 0,01 - 0,3 %C dan kekerasan 110 - 150 HB. Data yang diperoleh adalah primer yaitu melalui eksperimen langsung terhadap objek yang diteliti dan diolah dengan beberapa teknik analisis, sesuai dengan variabel yang diteliti, yaitu analisis mean dan analisis perbandingan pengamatan struktur mikro.

Dengan perlakuan dan pengolahan data, serta analisis

maka diperoleh hasil penelitian sebagai berikut :

1. Pengarbonan pada baja karbon rendah berhasil dengan baik, tetapi belum memperoleh kekerasan yang sesuai dengan diharapkan, hal ini disebabkan belum adanya perlakuan pengerasan.
2. Pengarbonan dan pengerasan pada baja karbon rendah ternyata dapat merubah kekerasannya dan sekaligus struktur mikronya berubah membentuk butiran - butiran halus . Perubahan kekerasan ini terlihat dari hasil pengujian kekerasan, yang pada awalnya baja karbon rendah mempunyai rata-rata kekerasan 16,56 HB. Setelah melalui perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin air, nilai kekerasan berubah menjadi 63,28 HRC dan pengerasan dengan media pendingin olie, nilai kekerasan menjadi 58,22 HRC. Artinya bagian luar baja karbon rendah cukup keras dan bagian dalamnya ulet.
3. Dengan menggunakan grafik Van Vlack, dapat dilihat perubahan pertambahan-pertambahan persentase karbon yang semula baja karbon rendah mengandung sekitar 0,32 % dan setelah perlakuan pengarbonan dan pengerasan, maka kandungan karbon meningkat menjadi sekitar 1,5%C.
4. Pengamatan yang dilakukan pada baja karbon rendah sebelum dan setelah perlakuan pengarbonan dan pengerasan, memperlihatkan perubahan struktur mikro cukup menentukan perubahan komposisi kimia pada baja. Dimana awalnya struktur mikro memperlihatkan gambaran jumlah Ferrit lebih besar dari Perlit, tetapi setelah mengalami perubahan yang kelihatan adalah perlit + semen-tit. Struktur mikro yang seperti ini memberikan arti berubahnya sifat fisis pada baja dari lunak kepada keras (Martensit)

## PENGANTAR

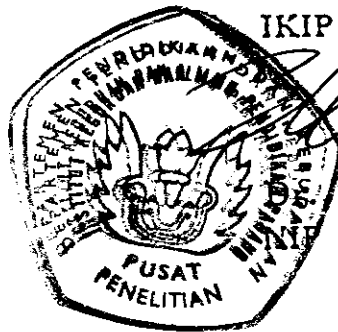
Penelitian merupakan salah satu karya ilmiah di perguruan tinggi. Karya ilmiah ini harus dilaksanakan oleh Dosen IKIP Padang dalam rangka meningkatkan mutu, baik sebagai dosen maupun sebagai peneliti.

Oleh karena itu, Pusat Penelitian IKIP Padang berusaha mendorong dosen/peneliti untuk melakukan penelitian sebagai bagian dari kegiatan akademiknya. Dengan demikian mutu dosen/peneliti dan hasil penelitiannya dapat ditingkatkan.

Akhirnya saya merasa gembira bahwa Penelitian ini telah diselesaikan oleh peneliti dengan melalui proses pemeriksaan dari Tim Penilai Usul dan Laporan Penelitian Puslit IKIP Padang.

Padang, Februari 1994

Kepala Pusat Penelitian  
IKIP Padang,



Zainil, M.A.  
1301S70SS

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK . . . . .	1
PENGANTAR . . . . .	iii
DAFTAR ISI . . . . .	iv
DAFTAR GAMBAR . . . . .	vi
DAFTAR TABEL . . . . .	vii
DAFTAR GRAFIK . . . . .	viii
DAFTAR LAMPIRAN . . . . .	
I. PENDAHULUAN . . . . .	1
A. Latar Belakang Masalah . . . . .	1
B. Perumusan Masalah . . . . .	2
C. Tujuan Penelitian . . . . .	2
D. Kegunaan Penelitian . . . . .	3
E. Landasan Teori . . . . .	3
II. METODOLOGI PENELITIAN . . . . .	6
A. Populasi Data Sampel Penelitian . . . . .	6
B. Jenis Data . . . . .	6
C. Sumber Data . . . . .	7
D. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data . . . . .	7
E. Pengolahan dan Analisis Data . . . . .	8
F. Prosedur Penelitian . . . . .	10
III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN . . . . .	12
A. Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Sebelum Pengarbonan dan Pengerasan . . . . .	12
B. Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Setelah Pengarbonan . . . . .	16
C. Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Setelah Perlakuan dengan Quenching Air . . . . .	18
D. Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Setelah Perlakuan dengan Quenching Olie . . . . .	24
IV. KESIMPULAN DAN SARAN . . . . .	30
A. Kesimpulan . . . . .	30

	Halaman
B. Saran . . . . .	32
DAFTAR KEPUSTAKAAN . . . . .	33
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Mikro baja karbon rendah dengan 0,12 %C . . . . .	16
Gambar 2. Struktur mikro baja karbon rendah hasil pengamatan sebelum perlakuan .	16
Gambar 3a Struktur mikro sesudah pengarbonan dengan pembesaran 100 x . . . . .	
3b Struktur mikro sesudah pengarbonan dengan pembesaran 400 x . . . . .	17
Gambar 4. Struktur mikro setelah pengarbonan dan pengerasan dengan Quenching air	19
Gambar 5. Struktur mikro setelah pengarbonan dan pengerasan dengan Quenching olie	25



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai kekerasan baja karbon rendah sebelum diberikan perlakuan . . . . .	13
Tabel 2. Nilai peningkatan kekerasan baja karbon rendah dari inti ke kulit luar	13
Tabel 3. Nilai kekerasan baja karbon rendah setelah pengarbonan dan sebelum pengerasan . . . . .	17
Tabel 4. Nilai kekerasan baja karbon rendah setelah perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin air . . .	19
Tabel 5. Nilai kekerasan baja karbon rendah setelah perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin olie . . .	23

## DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 1. Peningkatan kekerasan struktur baja makin jauh dari inti makin keras . . .	14
Grafik 2. Hubungan kekerasan baja dengan persentase komposisi karbon baja karbon rendah 0,32 %C . . . . .	15
Grafik 3. Hubungan kekerasan baja 63,28 HRC dengan persentase komposisi karbon 1,5 %C . . . . .	24
Grafik 4. Hubungan kekerasan baja 58,22 HRC dengan persentase komposisi karbon 1,5 %C . . . . .	28

## DAFTAR LAMPIRAN

- A. Teknik pengujian kekerasan MFL Systime dengan indikasi Brinell, Rockwell Type KRB 0,25.
- B. Tabel konversi baja karbon MFL Systime dengan indikasi Brinell.
- C. Tabel konversi baja karbon MFL Systime dengan indikasi Rockwell.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang Masalah

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi membuat orang makin kompetitif terhadap pemanfaatan berbagai jenis logam. Bahkan jenis logam ferro (besi) memegang peranan yang cukup dominan di dunia teknologi permesinan, sebagaimana yang diungkapkan Sriati Djaprie, (1985 : 33) bahwa kepentingan akan besi dan baja dalam dunia teknik merupakan urutan pertama dari produksi logam dunia. Karena ia memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis.

Selanjutnya penggunaan logam ferro secara baik tidak semudah membalik tapak tangan, tetapi sejak dari awal penambangan sampai pada pemanfaatan, haruslah melalui berbagai proses dan pengolahan yang cukup rumit. Setiap proses pengolahan yang dilalui oleh logam ferro akan menjadikan logam tersebut makin bernilai atau semakin bermanfaat untuk kehidupan manusia.

Produksi dari proses pengolahan logam ferro, akan membentuk batangan dan berbagai plat, yang dapat dijadikan benda jadi seperti, kerangka mesin, bantalan, poros, ragam, kikir, gergaji dan berbagai perkakas serta bahan kebutuhan lainnya.

Biasanya kebutuhan bahan teknik logam ferro, untuk pendidikan dan latihan berbagai labor dan bengkel (work shop), dipakai logam ferro baja karbon rendah (Mild steel).

Maksud dari pemakaian baja karbon rendah adalah memudahkan melakukan praktek dan sekaligus menjaga kondisi alat agar tidak cepat mengalami kerusakan, karena bahan lebih lunak dari alat yang beroperasi.

Kelemahan dari penggunaan bahan baja karbon rendah terlihat setelah hasil karya dari pendidikan dan

latihan siswa serta mahasiswa terbangun begitu saja. Ada yang diperlukan tetapi tidak lebih dari benda pajangan di pameran-pameran. Pada gilirannya nanti akan dijual bagaikan besi rongsokan.

Untuk mengatasi agar bahan baja karbon rendah yang sudah menjadi benda dapat bermanfaat dengan baik maka diperlukan perlakuan panas, seperti penambahan karbon dan pengerasan.

## B. Perumusan Masalah

Pada dasarnya baja karbon rendah belum dapat dimanfaatkan secara baik dalam dunia teknik, karena belum memenuhi persyaratan teknis yang cocok dengan kebutuhan para konsumen, terutama kebutuhan akan perkakas potong, as, roda gigi suku cadang dan lain-lain.

Kelemahan dari baja karbon rendah, ialah mudah diserang korosif dan secara mekanis mempunyai sifat pisis yang lunak atau sedikit diatas besi ferrit. Melihat dari komposisi baja karbon rendah, maka sifat lunak yang dipunyainya disebabkan rendah sekali mengandung elemen karbon.

Agar setiap benda kerja yang terbuat dari baja karbon rendah dapat dipergunakan sesuai dengan perencanaan, maka perlu diberikan perlakuan panas dalam bentuk pengarbonan dan pengerasan.

Sebagai langkah awal pemanfaatan baja karbon rendah sesuai dengan fungsi benda kerja yang dibuat, diperlukan penelitian, untuk melihat sejauh mana pengaruh perlakuan pengarbonan dan pengerasan yang diberikan. Apakah dapat memenuhi persyaratan teknis untuk berbagai konstruksi kebutuhan alat atau benda kerja lain.

## C. Tujuan Penelitian

Penelitian perlakuan pengarbonan dan pengerasan

terhadap baja karbon rendah bertujuan sebagai berikut

1. Untuk melihat sejauh mana pengaruh karbon terhadap kekerasan besi atau baja, setelah pengarbonan dan pengerasan.
2. Agar setiap hasil pekerjaan yang terbuat dari bahan baja lunak dapat dimanfaatkan sesuai dengan fungsi benda kerja itu sendiri.
3. Untuk melihat struktur baja lunak yang sudah melalui perlakuan pengarbonan dan pengerasan.

#### D. Kegunaan Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan berguna sebagai bahan masukan untuk pengembangan perencanaan jop-jop pratikum mahasiswa di labor.

Disamping itu penelitian ini memberikan masukan (kontribusi) pada seluruh lembaga pendidikan yang praktek bengkelnya menggunakan baja karbon rendah.

Selain dari itu hasil praktek dapat dipasarkan bila telah melalui perlakuan seperti penelitian, dengan sendirinya lembaga akan memperoleh sumber dana yang lebih baik dari pada menjual hasil praktek dalam bentuk besi rongsokan.

#### F. Landasan Teori

Baja karbon rendah (Mild Steel) adalah salah satu dari produksi logam ferro, yang paling banyak digunakan untuk praktek di bengkel-bengkel pendidikan. Hal ini disebabkan baja karbon rendah lebih ekonomis, mudah diperoleh di pasaran dan mudah dikerjakan dalam berbagai praktek teknik, serta dapat memelihara peralatan karena lunaknya.

Salah satu unsur atau elemen penentu dalam proses pengolahan logam ferro adalah elemen karbon. Artinya elemen karbon dapat menentukan karakteristik dan

klasifikasi dari logam ferro yang hasilnya nanti disebut baja karbon.

Menurut Wahyudin K, (1979 : 46) bahwa baja karbon digolongkan atas 3 kelompok, yakni baja karbon rendah yang mengandung karbon sampai 0,25%, baja karbon sedang mengandung karbon 0,25 - 0,45 % dan baja karbon tinggi mengandung karbon diatas 0,45 %. Dimana unsur karbon dapat menentukan sifat-sifatnya dan mikrostrukturnya sedangkan elemen lain yang terkandung terjadi karena proses pembuatannya. Sedangkan keadaan mikrostrukturnya akan ditentukan komposisi karbon dan proses perlakuan panas akhir.

Baja karbon sedang dan tinggi sudah dapat dipergunakan diberbagai konstruksi dan disesuaikan dengan kebutuhan. Hal ini tidak lebih dari komposisi karbonnya dapat menjadikan baja memenuhi persyaratan teknis seperti kekerasan dan susunan struktur logam yang begitu kuat, membuat lebih sulitnya penebaran korosif.

Sedangkan baja karbon rendah (Mild steel) tidak dapat dikeraskan begitu saja, hanya bila dipanaskan diatas temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  menyebabkan membesarnya butir austenit. Besar butir austenit akan merobah besar butir setelah pendinginan. Baja dengan butiran yang kasar kurang tangguh dan memiliki kecenderungan bila dibebani akan dsitorsi, tetapi dari sisi pekerjaan lebih mudah untuk permesinan.

Menurut Djasiman, (1993 : 15) bahwa baja karbon rendah akan dapat dikeraskan bila melalui proses perlakuan panas, seperti pengarbonan dan pengerasan. Sedangkan yang termasuk baja karbon rendah ada dua kelompok, yaitu komponen - komponen kecil mengandung karbon 0,1 - 0,18 %C dan kelompok komponen baja ukuran besar mengandung karbon 0,2 - 0,3 % C.

Senada dengan apa diungkapkan di atas, juga dijelaskan oleh George S.Brady, (1980 : 143) bahwa

"LOW-CARBON STEEL are the grades AISI 1005 to AISI 1030. Some times referred to as MILD STEEL, they are characterized by low strength and high ductility, and NON HARDENABLE by heat treatment EXCEPT by SURFACE HARDENING PROCESSES. Because of their good ductility, low carbon steels are readily formed into intricate shapes. Property ranges are : tensile strength, 40000-70000 lb/in (275 - 482 MPa) : Elongation 25-40 % Harness, 110-150".

Ketegasan S.Brady mengatakan baja karbon rendah mempunyai kekerasan 110-150 Brinell dan tidak dapat dikeraskan, kecuali dengan pengerasan permukaan (pengarbonan). Hal ini memberikan kesempatan kepada baja karbon rendah, untuk merubah sifatnya dengan memfusi-kan karbon kedalam strukturnya. Pada gilirannya nanti baja karbon rendah akan dapat dimanfaatkan untuk benda-benda yang rumit dan mempunyai sifat-sifat yang sesuai dengan kebutuhan.

Sedangkan fusi karbon yang terjadi pada baja karbon rendah adalah dengan laku panas, pada temperatur 850 - 900°C (Djasiman, 1992 : 15). Untuk media karbon dan lamanya waktu pengarbonan, dapat dijelaskan oleh Kempster, (1972 : 43) bahwa :

"The carburising medium can be wood, bone, or leather Charcoal ; but an energiser, such as barium carbonate, is added to speed up the process. In teally the rate of carburising is about 0,3 mm/hour, but this slows down, so it takes about 7 hours to produce a depth of about 1,3 mm of high carbon steel at the surface".

Ungkapan Kempster memberi peluang kepada baja karbon rendah untuk menambahkan karbon dengan jalan memfusikannya. Fusi karbon pada baja karbon rendah adalah 0,3 mm/jam dan bila laju pengarbonan lambat maka fusi karbon akan terjadi 1,3 mm selama 7jam atau sekitar 0,19 mm/jam.



## BAB II

### METODOLOGI PENELITIAN

Baja karbon rendah yang akan dilakukan pengujian haruslah mengandung karbon sekitar 0,01-0,3 %C, setelah itu diberikan perlakuan pengarbonan dan pengerasan pada temperatur 900°C, dengan laju pengarbonan sekitar 0,19 - 0,3 mm/jam.

Agar pengujian ini sesuai dengan yang diharapkan maka perlu dijelaskan populasi bahan yang diuji, sampel, jenis data, sumber data, teknis pengumpulan data, instrumen pengumpulan data, pengolahan dan analisis data serta prosedur penelitian, sebagai berikut :

#### A. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi adalah objek yang diteliti, dimana yang menjadi populasi dalam penelitian ini ialah seluruh baja karbon rendah (Mild steel) dengan kadar karbon 0,01 - 0,3 % C dan kekerasan berkisar 110 - 150 Brinell (HB).

Melihat keadaan populasi cukup besar, maka penelitian memerlukan sampel. Sampel yang diambil cukup sebatang baja karbon rendah dengan ukuran 2 inci dan panjang sesuai yang dibutuhkan. Alasan pengambilan sampel ini tidak lebih dari kehomogenannya, karena berton-ton baja karbon rendah akan tidak berbeda dengan 1 ons baja karbon rendah.

#### B. Jenis Data

Jenis data yang dipakai adalah data primer, yaitu data yang langsung diambil melalui eksperimen terhadap baja karbon rendah. Caranya ialah melakukan pengujian kekerasan dan mikro struktur, setelah diberikan perlakuan panas.

### C. Sumber Data

Sumber data penelitian ini, adalah labor bahan jurusan Pendidikan Teknik Mesin FPTK IKIP Padang

### D. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

#### 1. Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data dilakukan sesuai dengan aspek penelitian yaitu :

- Menguji kekerasan melihat struktur baja karbon rendah sebelum diberikan perlakuan panas.
- Menguji kekerasan dan melihat struktur baja karbon rendah, setelah melalui perlakuan pengarbonan.
- Menguji kekerasan dan melihat struktur baja karbon rendah, setelah mendapat perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan Quenching olie.
- Menguji kekerasan dan melihat struktur baja karbon rendah, setelah mendapat perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan Quenching air.

#### 2. Instrumen pengumpulan data

Untuk mengumpulkan data yang diperlukan, dipersiapkan berbagai jenis blangko, yang lengkap dengan lajur-lajur yang diperlukan, seperti urutan bahan yang diuji, angka kekerasan yang diperoleh, rata-rata kekerasan, gambar struktur baja karbon yang dilihat dan lain-lain.

Tentang teknik pengumpulan data pada pengujian kekerasan sesuai dengan penjelasan Wolf Gang.S, (1993 : 13) bahwa untuk mencari rata-rata pengujian sebaiknya 1 benda uji 5 kali perlakuan pengujian, kemudian dikalikan dengan jumlah benda uji dan setelah itu baru cari rata-rata (Mean). Untuk menghitung harga Mean (angka rata-rata) dari pengujian kekerasan, dipergunakan rumus :

$$M = \frac{X}{N}$$

(Galyer, 1980 : 203)

dimana : x = jumlah nilai

N = jumlah posisi pengukuran

Sedangkan pengamatan struktur baja karbon rendah menggunakan alat optik mikro struktur, sebagai mana yang diungkapkan oleh Sriati Djaprie, (1985 : 22, 23) bahwa dengan mikroskop dapat diteliti permukaan dan struktur logam yang telah dipolis dan dietsa dengan nital 3 %, yaitu 3 bagian asam Nitrat dan 97 bagian alkohol. Kemudian butir logam di periksa dengan pembesar 100 x (M 10).

Untuk memfusikan karbon dan pengerasan dapur perlakuan panas (Chamber Furnace), yang dapat memanaskan logam sampai temperatur 1200°C (Wolf.G.S, 1993 : 8). Menurut Sriati Djaprie, (1985 : 19) temperatur yang diperlukan untuk merubah struktur baja karbon adalah diatas 900°C. Berarti pada saat ini sangat baik untuk memfusikan karbon, Fusi karbon akan berlangsung 0,19 - 0,3 mm selama 1 jam (Kempster, 1972 : 43)

## E. Pengolahan dan Analisis Data

Data yang sudah diperoleh, kemudian diolah dan dianalisa dengan berbagai metoda. Proses pengolahan dan analisis data dimaksud dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Menguji kekerasan baja karbon rendah sebelum mendapat perlakuan panas, dengan menggunakan mesin universal EMCO TEST. Dalam pengujian ini, kita memakai metoda pengujian kekerasan Brinel, karena metoda ini dapat mengukur bahan yang lembik atau yang lunak, saat pembebanan diperlukan waktu 10 - 15 detik dan penghitungan dapat dengan tabel atau rumus

Brinell. Sedangkan untuk menguji kekerasan setelah baja karbon rendah diberikan perlakuan pengarbonan dan pengerasan, maka rumus Brinell tidak mampu lagi mengukurnya. Oleh sebab itu pengujian kekerasan lanjutan dipakai rumus dan tabel Rockwell. Ke dua rumus tersebut adalah sebagai berikut :

a. Rumus Brinell

$$HB = \frac{P}{\frac{II \cdot D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Soedjono, (1978 : 88)

dimana :

- HB = Kekerasan Brinell (kg/mm<sup>2</sup>)  
 P = Beban penekanan (Newton : kg)  
 D = Diameter bola baja (mm)  
 d = Diameter bekas tekanan (mm)  
 II = 3,14

b. Rumus Rockwell

$$HR_c = \frac{k - (hl - h)}{c}$$

Soedjono, (1978 : 89)

dimana :

- k = Angka ketetapan bahan 0,2 untuk intan, 0,26 untuk bola baja  
 hl = Dalamnya penekanan setelah beban utama dihilangkan.  
 h = Dalamnya penekanan pada beban mula  
 c = Angka skala pembagi pada pesawat rockwell (0,002 mm/skala).

c. Tabel yang digunakan adalah MFL systime sesuai dengan mesin penguji kekerasan (terlampir)

2. Mengamati struktur dari logam baja karbon rendah dilakukan 4(empat) kali, yaitu :

- Sebelum diberikan perlakuan panas
- Setelah pengarbonan
- Setelah pengerasan dengan media pendingin air (quenching air)
- Setelah pengerasan dengan media pendingin olie (quenching olie)

Pengamatan struktur baja ini dilakukan dengan besaran 100 x dan nital 3% (Sriati Djaprie, 1985 : 22). Sebagai alat pengamatan pada penelitian ini dipakai mikroskop dengan pembesaran 100 dan 400 kali (M.10 dan M.40).

3. Untuk memfusikan karbon dan mengeraskan baja karbon rendah dipergunakan dapur pemanas (Chamber Furnance). Sedangkan temperatur yang diperlukan untuk memfusikan karbon adalah  $900^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 7 jam. Setelah pengarbonan dilakukan pengerasan dengan quenching olie pada temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  (Wahyudin K, 1978 : 63).

#### F. Prosedur Penelitian

Prosedur dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengajuan usul proyek penelitian kepada pusat penelitian IKIP Padang.
2. Pemantapan disain reset (Penelitian) dengan berkonsultasi kepada pembimbing.
3. Pemberitahuan oleh pusat penelitian bahwa proposal penelitian yang diajukan diterima dan diharapkan segera memulai penelitiannya dengan menyampaikan jadwal kegiatan penelitian.
4. Melaksanakan peninjauan ke labor bahan jurusan Pendidikan Teknik Mesin FPTK IKIP Padang.
5. Menyusun instrumen.
6. Pengumpulan data.
7. Pengolahan data.

8. Penulisan draf laporan penelitian dan mengirimkannya ke pusat penelitian IKIP Padang untuk didiskusikan.
9. Revisi dari hasil diskusi dan akhirnya penjilidan secara sempurna, untuk didokumentasikan.

### BAB III

#### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah diberikan beberapa perlakuan terhadap baja karbon rendah, dengan cermat dan terkontrol, maka diperoleh data dalam bentuk angka dan gambar yang perlu dianalisis. Selain dari itu, agar memudahkan pengertian bagi pembaca laporan hasil penelitian dan pembahasan tersebut maka bab III ini dibagi atas 4(empat) Sub, yaitu :

- A. Analisis kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah sebelum perlakuan pengarbonan dan pengerasan.
- B. Analisis kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah setelah diberikan perlakuan pengarbonan.
- C. Analisis kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah setelah diberikan perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin air (Quenching air)
- D. Analisis kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah setelah diberikan perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin olie (Quenching Olie)

Keempat teknis perolehan data dan analisis yang diberikan, mempunyai hubungan yang cukup erat satu dan lainnya. Khusus untuk perlakuan poiny C dan D, mengalami cara yang sama, tetapi akan diperoleh hasil yang berbeda.

Untuk lebih jelas perolehan data dan pembahasannya maka percobaan diawali dengan sampel yang telah ditetapkan masing-masing, dengan hasil dan pengamatan sebagaiberikut :

- A. Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Sebelum Perlakuan Pengarbonan dan Pengerasan

Dari hasil percobaan kekerasan dan mikro struktur pada baja karbon rendah sebelum mendapat perlakuan pengarbonan dan pengerasan diperoleh data dalam bentuk angka dan gambar struktur sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai kekerasan baja karbon rendah sebelum diberikan perlakuan pengarbonan dan pengerasan

NO.	BENDA UJI	NILAI PENGUJIAN (HB)					MEAN
		I	II	III	IV	V	
1.	Pertama	137	158	164	170	170	155,6
2.	Kedua	141	161	158	167	176	160,6
3.	Ketiga	153	167	167	176	179	168,4
4.	Keempat	131	167	170	173	173	162,8
5.	Kelima	158	167	170	176	176	169,4

$$M_t = \frac{\sum X}{X} = \frac{155,6 + 160,6 + 168,4 + 162,8 + 169,4}{5}$$

$$M_t = 169,56 \text{ HB}$$

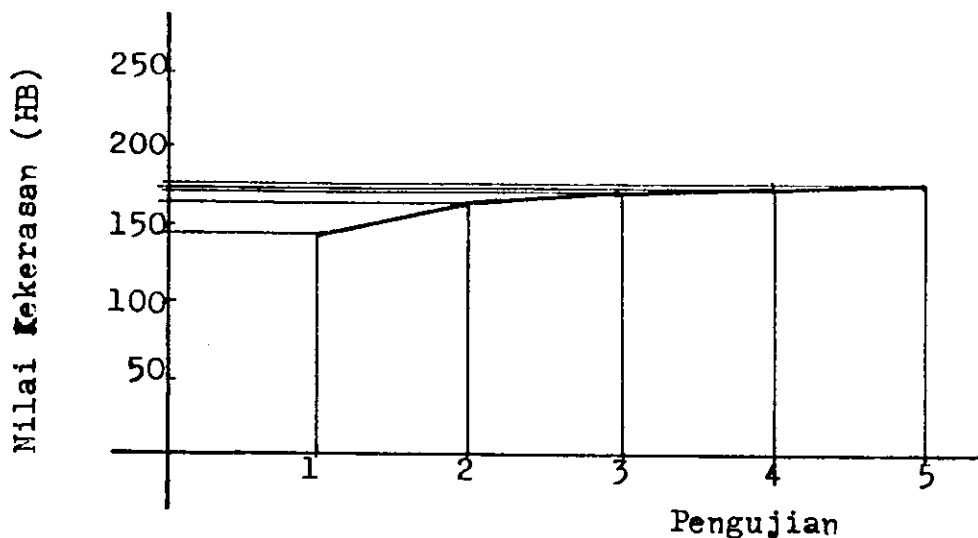
Dari tabel 1, diatas dapat diperoleh, bahwa :

1. Pengujian kekerasan yang dilakukan pada benda uji terjadi perbedaan kekerasan antara kulit luar dan bagian inti baja. Kondisi seperti itu disebabkan pada saat pembuatan profil baja, dimana sewaktu pengecoran baja bagian luar lebih dulu mendapat pendinginan, kemudian ia mengeras. Sementara bagian dalam dari baja masih panas, ia mencari jalan untuk mendapat dingin yang sama, tetapi tertahan oleh kulit luar yang sudah mendingin duluan. Akibatnya bagian dalam baja yang masih panas menjadikan butir-butir logam ferro membesar, ini yang melatar belakangi lunaknya baja. Kondisi seperti itu diperlukan sebagai langkah baja mampu mesin. Perhatikanlah tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 2. Nilai peningkatan kekerasan baja dari bagian inti sampai kulit luar

BENDA UJI	NILAI PENGUJIAN RATA-RATA (HB)				
	I	II	III	IV	V
Baja karbon rendah	144	164	165,8	172,4	174,8

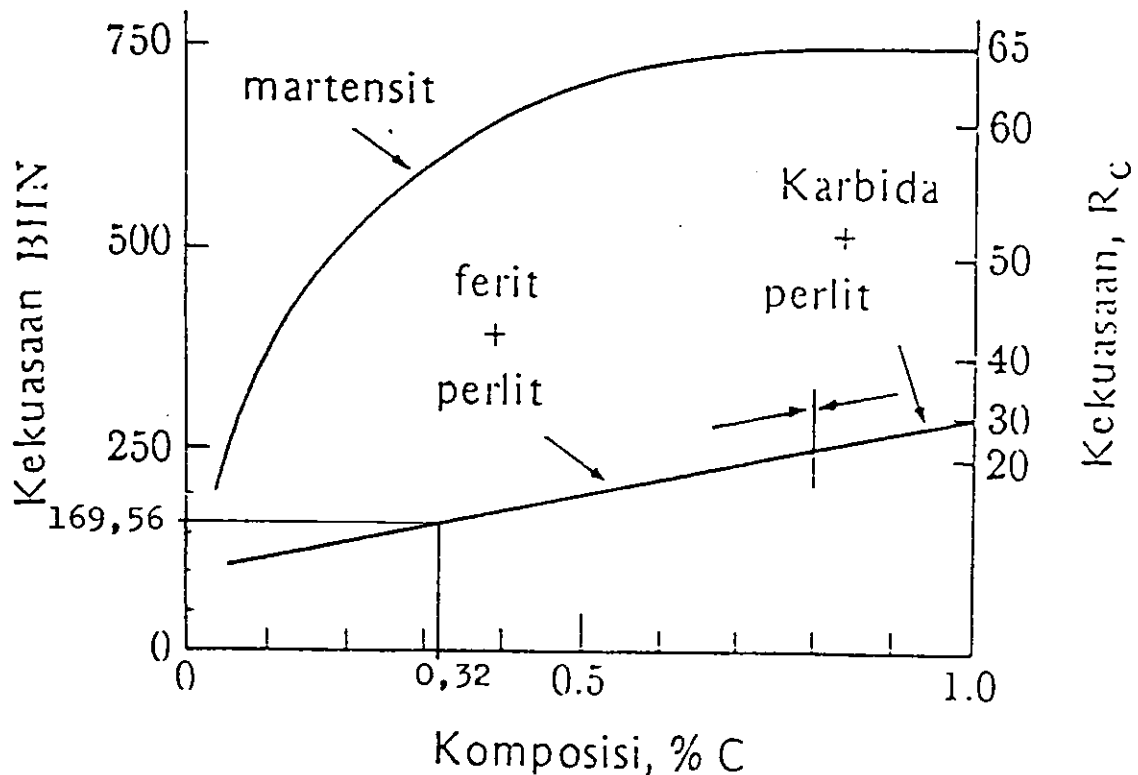




Grafik 1. Grafik peningkatan kekerasan makin jauh dari inti makin keras

2. Melihat dari rentangan nilai-nilai hasil percobaan yang bergerak dari 131 - 179 HB, maka sampel yang diambil dalam penelitian ini terwakili, karena menurut S. Brady, (1980 : 143) bahwa baja karbon rendah yang dapat dikeraskan mempunyai kekerasan Brinell sekitar 110 - 150 HB. Berarti nilai kekerasan yang diperoleh melalui percobaan, masih dalam batas toleransi atau melalui indikasi yang ditentukan S. Brady, maka bahan yang diuji dapat dipastikan baja karbon rendah (low-carbon steels).
3. Rentangan nilai kekerasan 131 - 179 HB yang diperoleh melalui pengujian, akan dapat diperjelas lagi bila dihubungkan dengan pemakaian grafik Van Vlack.
4. Data pengamatan dipertajam terhadap angka - angka yang diperoleh melalui percobaan, maka angka rata-rata adalah 169,56 HB. Angka rata-rata tersebut bila referensinya diambil dari S.Brady, tentu terlihat sedikit di atas maksimal, tetapi ini tidak berpengaruh terhadap keabsahan baja karbon rendah, sebagaimana yang dijelaskan pada landasan teori penelitian dan diperkuat oleh Sriati Djaprie, (1985:51)

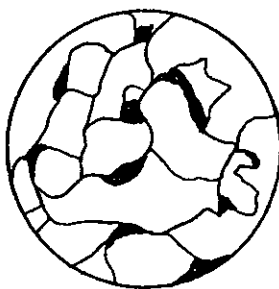
bahwa baja karbon rendah berada maksimal pada persentase karbon sekitar 3%C. Angka 3%C ini akan tercermin secara baik, jika disubsitusikan ke dalam grafik Van Vlack.



Grafik 2. Hubungan kekerasan baja dengan persentase komposisi karbon (Van Vlack, 1985 : 410)

5. Grafik di atas memperlihatkan bahwa baja karbon rendah yang dijadikan sample penelitian mengandung karbon sekitar 0,32 %C. Sedangkan menurut Sriati Djaprie semestinya pada baja karbon rendah mengandung karbon di bawah 0,3 %. Sebenarnya bila dilihat persentase pengelompokan karbon secara umum, maka kelebihan karbon pada sample peneliti sebesar 0,02 %C dapat dianggap tidak berarti. Untuk melihat baja karbon rendah dimaksud tidak berpengaruh, dilakukanlah pengamatan dan membandingkan hasil pengamatan dalam bentuk struktur mikro dengan struktur mikro baja karbon rendah yang dikemukakan

oleh Sriati Djaprie, (1985 : 139) bahwa baja karbon rendah yang struktur mikronya Ferit lebih dominan dari Perlit, seperti gambar berikut ini :



Gamb. 1 Struktur Mikro Baja karbon rendah dengan 0,12%C (Sriati Djaprie.1985 : 139)

Gamb. 2 Struktur Mikro Baja karbon rendah hasil pengamatan.

Dari perbandingan kedua gambar di atas, terlihat komposisi karbon yang diamati, jelas lebih tinggi dari 0,12 %C, tetapi unsur Ferrit jauh masih dominan dari Perlit.

#### B. Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Setelah Diberikan Perlakuan Pengarbonan

Baja karbon rendah yang kekerasannya sekitar 131 - 179 HB diberikan perlakuan pengarbonan pada temperatur  $900^{\circ}\text{C}$ , dalam jangka waktu 7(tujuh) jam, kemudian didinginkan dalam dapur. Hasil pengarbonan ini diuji kekerasan dan diamati struktur mikronya sebagaimana terlihat pada tabel 3, gambar 3a dan 3b. Sebenarnya data hasil pengujian kekerasan tabel 3, dan gambar pengamatan 3a dan 3b, belum dapat dijadikan patokan yang baik. Hal ini disebabkan perfusian karbon ke dalam baja karbon rendah, masih mengalami kondisi yang tidak stabil. Artinya karbon-karbon yang berfusi masih bertumpuk-tumpuk dan belum terikat secara baik dengan atom-atom yang ada pada baja karbon rendah,

669  
IBR  
a. ①

945/HD/96 - a(13)

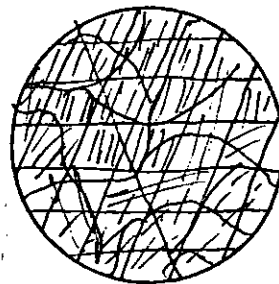
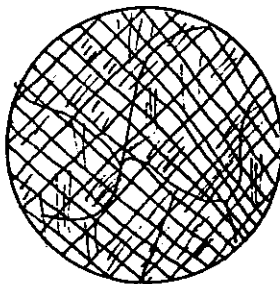
perhatikanlah tabel dan gambar berikut ini :

Tabel 3. Nilai kekerasan baja karbon rendah setelah pengarbonan dan sebelum pengerasan

NO.	BENDA UJI	NILAI PENGUJIAN (HB)					MEAN
		I	II	III	IV	V	
1	Pertama	243	243	243	243	229	240,2
2	Kedua	238	243	243	243	243	242
3	Ketiga	238	243	243	243	238	241
4	Keempat	239	243	238	238	238	239
5	Kelima	243	243	243	243	243	243

$$M_t = \frac{\sum X}{N} = \frac{240,2 + 242 + 241 + 239 + 243}{5}$$

$$M_t = 241 \text{ HB}$$



Gambar. 3a Pembesaran 100 x    Gambar.3b Pembesaran 400 x

Hasil pengujian kekerasan pada tabel 3 dan pengamatan struktur mikro gambar 3a dan 3b, akan diperoleh gambaran sebagai berikut :

Bila dibandingkan penebaran nilai uji kekerasan pada tabel 1 dan tabel 3, maka sekurang-kurangnya ada 3(tiga) yang perlu diketahui yaitu :

1. Pada tabel 1 penebaran nilai kekerasan bervariasi dari 131 HB - 179 HB. Disini dapat kita katakan,

bahwa unsur karbon yang berada pada baja karbon rendah tidak hanya menumpuk disuatu tempat. Berarti pada baja karbon rendah yang dijadikan sampel terjadi penebaran karbon yang cukup baik terhadap komposisinya.

2. Sedangkan pada tabel 3, yang terjadi kebalikan dari tabel 1, yaitu setelah diberikan pengarbonan. Dimana penebaran nilai kekerasan hampir merata di setiap permukaan baja karbon rendah. Hal ini membuktikan bahwa perlakuan pengarbonan kulit yang diberikan cukup baik, tetapi memerlukan suatu perlakuan lagi, yang sifatnya dapat menormalkan karbon yang telah difusikan.
3. Perlakuan pengarbonan pada baja karbon rendah, dengan tidak memberikan pengerasan melalui Quenching masih dapat meningkatkan kekerasan baja, tetapi tidak seberapa. Maksudnya baja masih tetap pada kondisi lunak, hal ini terbukti dari angka rata-rata nilai kekerasan, yaitu 241 HB. Angka ini masih tergolong baja lunak bila dibandingkan dengan standar menurut tabel W.Both, (1984 : 56) bahwa nilai kekerasan Brinell tertinggi adalah 430 HB, sedangkan percobaan Brinell dipergunakan untuk pengujian logam yang lunak.
4. Pada gambar 3a dan 3b dapat dilihat, tumpukan unsur karbon pada permukaan baja karbon rendah. Setelah pengarbonan cukup memberikan pembuktian, bahwa perfusian karbon berlangsung dengan baik pada sampel penelitian. Disamping itu ia memperlihatkan, agar karbon yang bertumpuk-tumpuk harus dinormalkan dengan perlakuan pemanasan.

#### C. Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Setelah Diberikan Perlakuan Pengarbonan dan Pengerasan dengan Media Pendingin Air.

Setelah pengarbonan kemudian dipanaskan kembali

sampai 900°C dan ditahan pada temperatur tersebut sekitar 10 - 15 menit, akhirnya dicelupkan ke dalam air dingin sampai baja bertemperatur normal, yaitu sekitar 20 - 30°C. Selesai pengerjaan pengarbonan dan pengerasan, baru uji kekerasan dan diamati struktur mikronya, dengan hasil sebagai berikut :


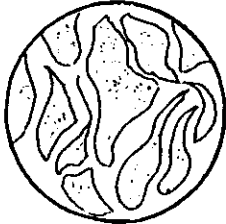
Tabel 4. Nilai kekerasan baja karbon rendah setelah mendapat perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin air

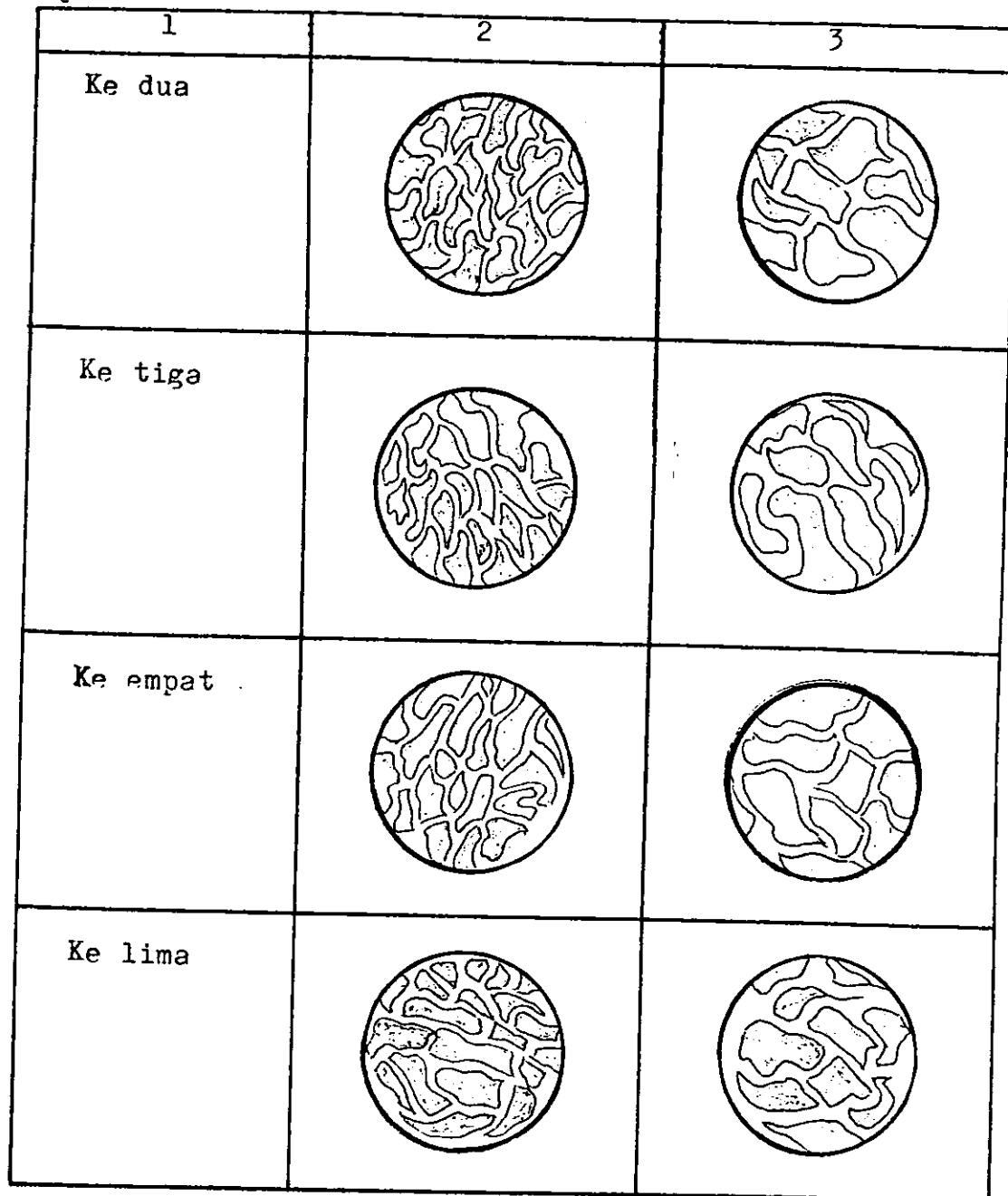
NO.	BENDA UJI	NILAI PENGUJIAN (HRC)					MEAN
		I	II	III	IV	V	
1.	Pertama	66,5	64	58,5	65	66,5	64,1
2.	Kedua	60,5	63,5	63,5	64	64	63
3.	Ketiga	61,5	62	61,5	63	64	63
4.	Keempat	62,5	61,5	62	61,5	62,5	62
5.	Kelima	62,5	62,5	63,5	63,5	64	63,2

$$M_t = \frac{\sum X}{N} = \frac{64,1 + 63 + 63 + 62 + 63,2}{5}$$

$$M_t = 63,28 \text{ HRC}$$

Hasil pengamatan pembesaran 100 x dan 400 x dari baja karbon rendah yang telah mendapat perlakuan pengarbonan dan pengerasan melalui Quenching air adalah sebagai berikut :

PENGAMATAN	PEMBESARAN 100 x	PEMBESARAN 400 x
1	2	3
Per tama		



Gambar 4. Hasil Pembesaran 100 x dan 400 x Pada Baja Karbon Rendah Yang Telah Mendapat Perlakuan Pengarbonan dan Pengerasan dengan Media Pendinginan Air (Quenching Air)

Dari tabel 4 dan gambar 4 dapat diterik beberapa informasi, antara lain :

1. Baja karbon rendah tidak dapat diuji kekerasannya

melalui indikasi percobaan Brinell..Karena percobaan Brinell menurut W.Both, (1984 : 56) hanya berlaku untuk logam yang lunak dengan kekerasan sekitar 80 - 430 HB. Nilai maximal 430 HB sama dengan 450 HV (kekerasan Vickers) dan sama dengan 44,8 HRC (kekerasan Rockwell). Sedangkan pada tabel 4 memperlihatkan nilai hasil pengujian baja karbon rendah yang telah mendapat perlakuan berkisar 58,5 - 66,5 HRC.

2. Bila dihubungkan tabel 1, tabel 3 dan tabel 4, dapat diketahui bahwa pada baja karbon rendah telah terjadi perubahan kekerasan yang cukup berarti, setelah mengalami 2(dua) fase dan 3(tiga) tahap pengujian. Sebagai kaca perbandingan ketiga nilai pengujian tersebut adalah :

- Baja karbon rendah sebelum diberikan perlakuan nilai kekerasan berkisar sekitar 131 - 179 HB.
- Baja karbon rendah setelah mendapat perlakuan pengarbonan, nilai kekerasannya berubah menjadi 238 - 243 HB.
- Baja karbon rendah setelah mendapat perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan Quenching Cair menjadi lebih keras, yaitu berkisar 58,5 - 66,5 HRC.

Maksudnya kekerasan yang semula masih dalam kondisi lunak dengan pengampliasian terbatas, untuk benda jadi atau hanya sebagai logam awal dari suatu pekerjaan, tetapi belum memungkinkan untuk digunakan pada pekerjaan yang mengalami gesekan yang tinggi.

3. Ternyata setelah melalui fase-fase perlakuan, maka terjadi perubahan kekerasan sampai 66,5 HRC. Kekerasan seperti ini menurut John R.Walker, ( 1977 : 396) sudah tidak dapat lagi diukur dengan Brinell, berarti logam yang diuji cukup keras. Bila indikasi



nya masih dalam ukuran Brinell, maka kekerasan Rockwell 66,5 HRC sama dengan  $\pm$  700 HB.

4. Hasil pengamatan dari baja karbon rendah yang telah mendapat perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan quenching air, terlihat berbeda sekali hasil pengamatan sebelum diberikan perlakuan. Jika hasil pengamatan ini dibandingkan dengan hasil pengamatan pada gambar 1, 2 dan 3a, maka ada beberapa point yang dapat ditarik, antara lain :
  - a. Struktur baja karbon rendah yang mengandung unsur karbon di bawah 0,3 %, terlihat unsur karbon menyatu pada garis ablur. Artinya ferrit lebih unggul dari perlit, dimana besi atau baja dikategorikan lunak.
  - b. Struktur baja karbon rendah setelah diberikan pengarbonan terlihat merata seperti petak-petak sawah dan menumpuk pada bahagian muka. Ini berarti bila baja dibandingkan dengan sebelum diberikan perlakuan apa-apa dan sesudah mendapat perlakuan pengerasan dengan quenching air, maka karbon yang ada pada baja belum terikat atau bersenyawa dengan baik.
  - c. Baja karbon rendah yang sudah mendapat perlakuan pengarbonan dan pengerasan, strukturnya akan terlihat perlit lebih dominan dari ferrit bahkan dibarengi dengan struktur martensif dan sementif. Struktur seperti ini memperlihatkan kekokohan pengkristalan baja, artinya baja menjadi makin keras.
5. Nilai peningkatan kekerasan pada tabel 4, dapat diperjelas lagi melalui grafik Van Vlack, dimana kelihatan sekali terjadi perubahan komposisi karbon, Pada awalnya baja karbon rendah mengandung karbon sekitar 0,32 %C dengan kekerasan 169,56 HB. Setelah mengalami perlakuan pengarbonan dan pengerasan maka kekerasan meningkat, sampai-sampai tidak bisa

nas 900°C, secepat mungkin dimasukkan ke dalam bak yang berisi olie. Diharapkan baja yang dicelupkan ke dalam olie dapat dikeluarkan pada kondisi panas ruang yaitu sekitar 20 - 30°C.

Baja yang dikeluarkan dari media cair olie, seterusnya dibersihkan sampai seluruh permukaan kering dan langsung diampelas (kertas pasir) dengan ukuran 600 - 800. Apabila seluruh permukaan hamparan sudah bersih, maka pekerjaan selanjutnya adalah melakukan pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikronya, dengan data perlakuan sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai kekerasan baja karbon rendah setelah melalui proses pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin olie

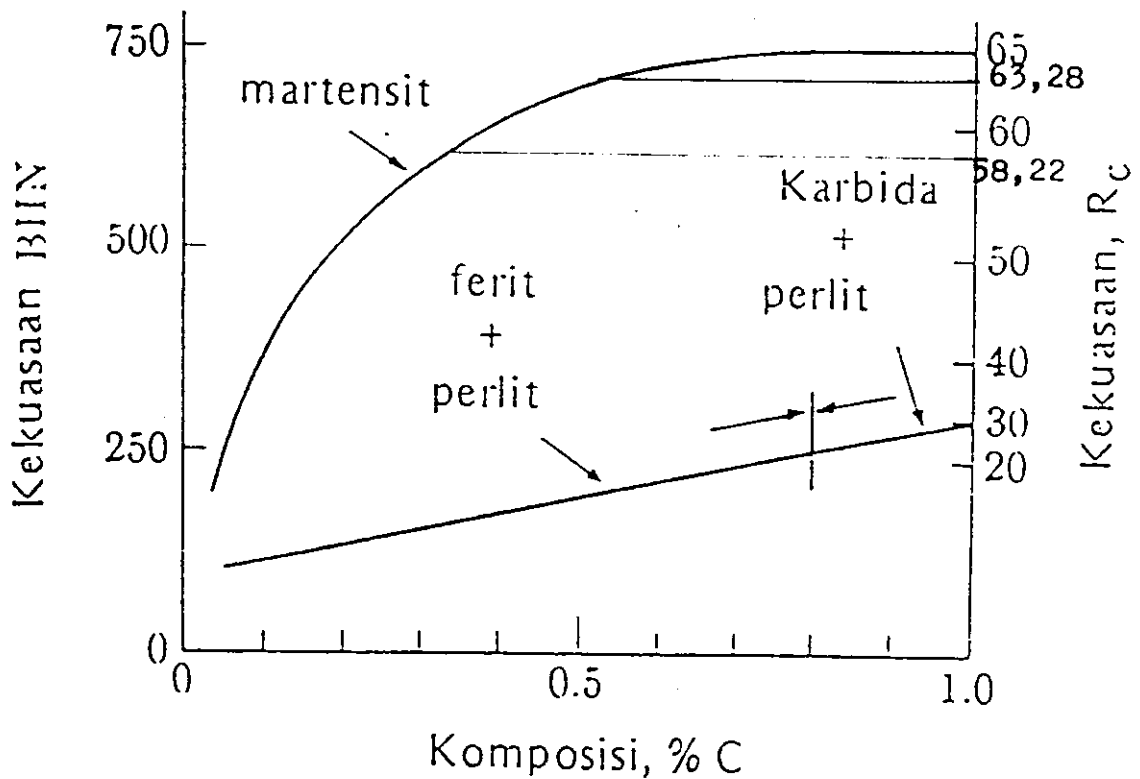
NO.	BENDA UJI	NILAI PENGUJIAN (HRC)					MEAN
		I	II	III	IV	V	
1.	Pertama	56,5	55	49,5	55,5	55,5	54,4
2.	Kedua	59,5	59,5	59,5	59,5	58,5	59,3
3.	Ketiga	61	62,5	62,5	61,5	63,5	62,5
4.	Keempat	52	55,5	53,5	52,5	50,5	52,8
5.	Kelima	58,5	62,5	62,5	65	63,5	62,4

$$M_t = \frac{X}{N} = \frac{54,4 + 59,3 + 62,2 + 52,8 + 62,4}{5}$$

$$M_t = 58,22 \text{ HRC}$$

Langkah selanjutnya baja karbon rendah di atas, dapat dilihat struktur mikronya melalui proses polis dengan eksa nital 3% pembesaran 100 x (M.10) dan 400 x (M.40), yang hasilnya nanti dapat dibandingkan dengan pengamatan struktur mikro sebelum diberikan perlakuan panas. Kemudian dapat diberikan analisis antara pengamatan perlakuan panas dengan media pendingin air dan perlakuan panas dengan media pendingin

lagi diukur dengan Brinell, maka diujilah dengan indikasi Rockwell, sehingga kekerasan menjadi 63,28 HRC. Perubahan kekerasan dapat diperhatikan grafik di bawah ini :




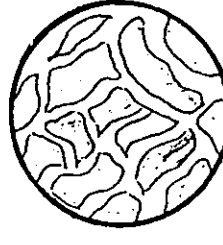
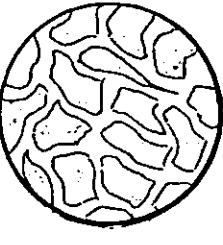



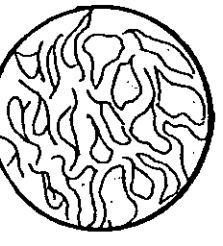


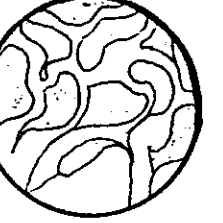
Grafik 3. Hubungan kekerasan baja dengan persentase komposisi karbon setelah pengerasan dengan Quenching air (Van Vlack, 1985 : 286)

D. Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Setelah Diberikan Perlakuan Pengarbonan dan Pengerasan Dengan Quenching Olie

Proses pengerasan dengan media pendingin olie, sebenarnya tidak mengalami perbedaan dengan proses yang memakai media pendingin air. Langkah yang ditempuh persis sama, yaitu baja karbon rendah yang telah dikarbon dengan karbon, kemudian dipanaskan kembali sampai temperatur 900°C dan ditahan pada temperatur tersebut sekitar 10 - 15 menit.

Setelah itu baja karbon rendah yang mengalami pa

olie. Untuk lebih jelas hasil pengamatan struktur mikro pengerasan dengan media pendingin olie, perhatikan gambar di bawah ini :

PENGAMATAN	PEMBESARAN 100 x	PEMBESARAN 400 x
Per tama		
Ke dua		
Ke tiga		
Ke empat		
Ke lima		

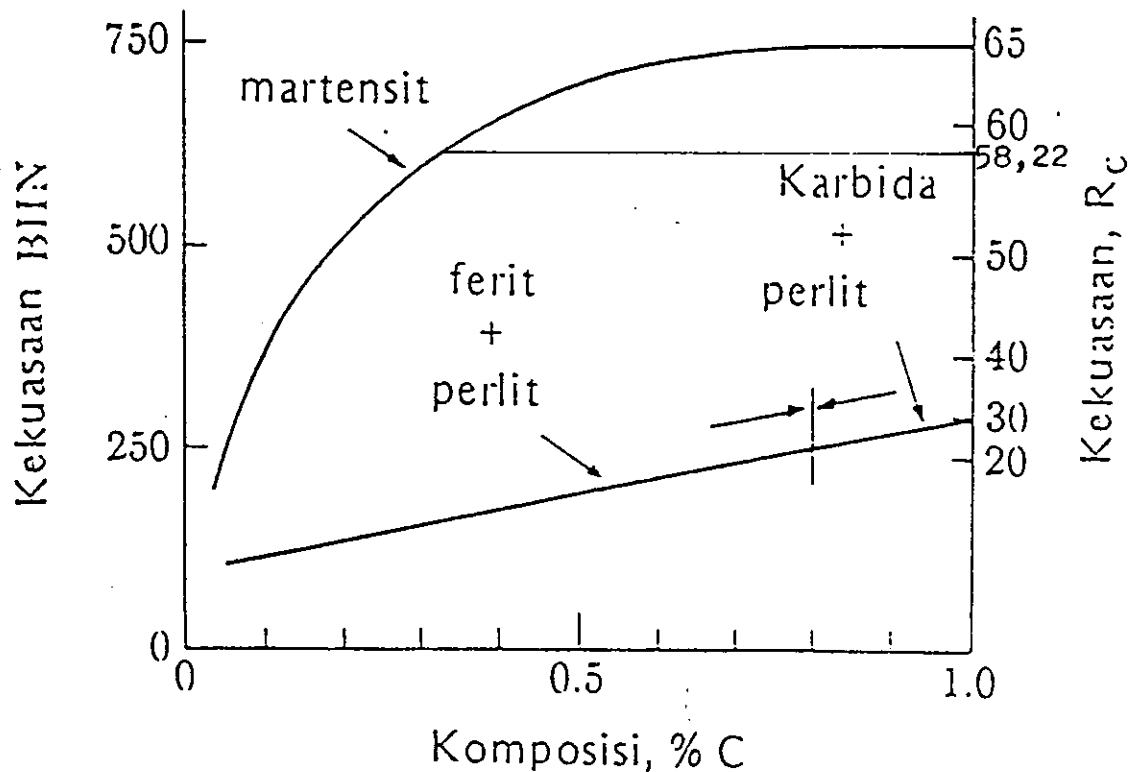
Gambar 5. Hasil pengamatan dengan media pendingin olie, dengan pembesaran 100 x dan 400 x

Nilai hasil pengujian pada tabel 5 dan pengamatan struktur pada gambar 5, adalah data dari proses perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin olie (Quenching olie), akan dapat memberikan informasi sebagai berikut :

1. Secara umum baja karbon rendah yang diberikan penambahan bahan karbon melalui fusi dan didinginkan dengan media olie, sedikit lebih lunak bila didinginkan dengan media air. Hal ini dapat dibandingkan dengan pada tabel 4 dengan media pendingin air memperlihatkan nilai kekerasan 63,28 HRC, sedangkan mempergunakan media pendingin olie nilai mean kekerasannya adalah 58,22 HRC. Namun demikian kekerasan yang diperoleh sebesar 58,22 HRC tidak dapat diukur dengan Brinell (HB), karena menggunakan Brinell batas akhirnya 430 HB atau sekitar 44,8 HRC. Dari perbandingan nilai tersebut, maka kekerasan 58,22 HRC dikategorikan keras.
2. Bila dikonvermasikan tabel 1 dan tabel 5, kelihatan sekali perbedaan yang menjolok, diantaranya adalah :
  - Pada tabel 1 pengukur kekerasan, terjadi peningkatan nilai dari inti besi ke arah kulit, dimana makin ke arah kulit makin keras, seperti 5 kali pengujian dari rata-ratanya, mendapat nilai kekerasan sebagai berikut : 145 HB, 164 HB, 165,8 HB, 172,4 HB, 174,8 HB. Dari angka-angka tersebut terlihat, pada saat pembuatan baja karbon rendah, pendinginan dilakukan cukup lama. Hal ini terjadi sewaktu baja karbon rendah dituang atau dicanai kemudian bagian kulit luar lebih dulu dingin secara perlahan-lahan dan terakhir sekali intinya. Arti dari pendinginan secara perlahan-lahan ini menyebabkan butiran bagian kulit luar lebih kecil dan makin ke dalam butirannya makin membe-

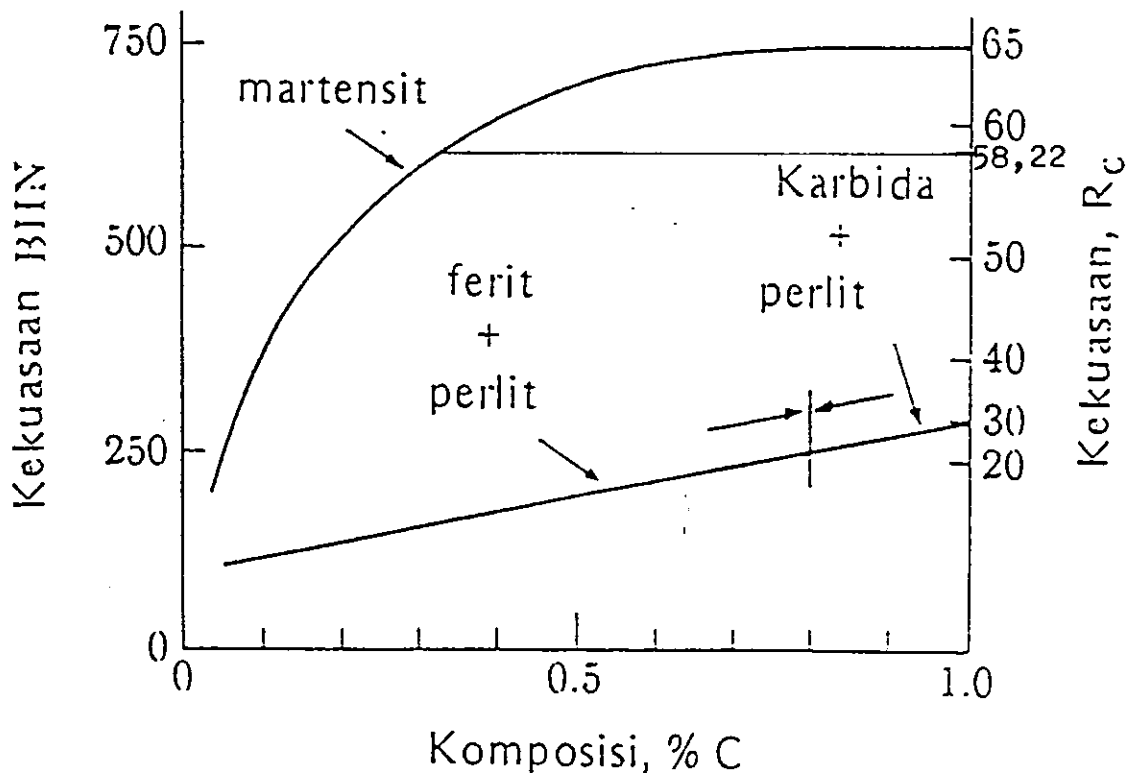
sar, akibatnya bagian inti lebih lunak.

- Sedangkan pada tabel 5 rata-ratanya pengujian inti sampai kulit, memperoleh nilai uji mendekati rata-rata sama, seperti berikut ini, 57,5 HRC, 59 HRC, 57,5 HRC, 58,6 HRC dan 58,3 HRC. Angka-angka ini memperlihatkan semacam pendinginan yang cepat dan merata. Pendinginan yang cepat membuat butiran-butiran yang sangat kecil dan rapat akibatnya baja karbon rendah menjadi keras, selain dari itu unsur karbon juga mempercepat laju persenyawaan.
3. Melalui fase-fase perlakuan pada baja karbon rendah, ternyata terjadi perubahan yang sangat berarti, terutama dalam penambahan unsur karbon, sebagai mana penjelasan perbandingan pada tabel 1, 3 dan 4 hal yang sama juga terjadi pada tabel 5. Tetapi perlu dipahami setelah membaca tabel 3 dimana kekerasan baja karbon rendah belum diperoleh menurut semestinya, walaupun karbon telah ditambahkan. Kekerasan yang diharapkan dapat terjadi setelah baja karbon rendah yang difusikan karbon, kemudian dikeraskan melalui pendinginan media cair, seperti olie.
  4. Nilai kekerasan rata-rata 58,22 HRC yang diperoleh pada tabel 5, memberikan gambaran keberhasilan dalam memfusikan karbon pada baja karbon rendah dan sekaligus keberhasilan dalam perlakuan pengerasan. Kekerasan 58,22 HRC akan lebih jelas bila ditampilkan pada grafik Van Vlack, karena grafik ini memperlihatkan kekerasan Martensit sejak dari nilai kekerasan di atas 250 HB. Sedangkan kekerasan awal baja karbon rendah adalah 169,56 HB, berarti bila nilai 58,22 HRC terletak pada daerah Martensit, sudah pasti menyatakan kekerasan yang cukup berarti dan gambaran nilai kekerasan 58,22 HRC dapat dibaca secara baik pada grafik di sebelah ini.



Grafik 4. Hubungan kekerasan baja dengan persentase komposisi karbon setelah pengerasan dengan Quenching olie (Van Vlack, 1985 : 286)

5. Hasil pengamatan pada gambar 5 adalah struktur mikro baja karbon rendah yang sudah diberikan perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin olie (Quenching olie). Bila hasil pengamatan di analisis secara menyeluruh, maka struktur mikro yang terlihat menggambarkan kekayaan baja akan unsur karbon, jika dihubungkan dengan diagram besi dan zat karbon, akan dapat dikatakan bahwa baja karbon rendah setelah melalui perlakuan pengarbonan dan pengerasan, mempunyai struktur yang penuh dengan perlit + cementit, yang kekerasannya membentuk Martensit. Pada hal sebelumnya struktur baja karbon rendah sebagian besar adalah Ferrit, yang melambangkan baja lunak. bersifat mampu tempa.
6. Nilai rata-rata kekerasan 58,22 HRC dengan media pendingin olie, tergambar dengan jelas pada grafik



Grafik 4. Hubungan kekerasan baja dengan persentase komposisi karbon setelah pengerasan dengan Quenching olie (Van Vlack, 1985 : 286)

5. Hasil pengamatan pada gambar 5 adalah struktur mikro baja karbon rendah yang sudah diberikan perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin olie (Quenching olie). Bila hasil pengamatan di analisis secara menyeluruh, maka struktur mikro yang terlihat menggambarkan kekayaan baja akan unsur karbon, jika dihubungkan dengan diagram besi dan zat karbon, akan dapat dikatakan bahwa baja karbon rendah setelah melalui perlakuan pengarbonan dan pengerasan, mempunyai struktur yang penuh dengan perlit + cementit, yang kekerasannya membentuk Martensit. Pada hal sebelumnya struktur baja karbon rendah sebagian besar adalah Ferrit, yang melambangkan baja lunak. bersifat mampu tempa.
6. Nilai rata-rata kekerasan 58,22 HRC dengan media pendingin olie, tergambar dengan jelas pada grafik



Van Vlack. Dimana nilai kekerasan 58,22 terletak jauh diatas indikasi kekerasan Brinell, ini membuktikan bahwa terjadi perubahan sifat fisis secara menyeluruh pada baja karbon rendah. Mengingat pendapat Kepster, (1972 : 43) bahwa selama 7 jam pengarbonan akan diperoleh perfusian karbon sekitar 1,3 mm. Berarti kekerasan 63,28 dan 58,22 hanya pada bagian luar baja, oleh sebab itu terjadi sifat kembar pa dimaksud, yaitu bagian dalam ulet dan bagian luar getas.

## BAB IV

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Setelah melalui prosedur penelitian dan analisis data pada bab III, maka disusunlah kesimpulan penelitian ini sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kekerasan dan pengamatan dengan perbandingan kepustakaan terhadap baja karbon rendah yang dijadikan sampel, dapat dibuktikan kandungan karbonnya, memang berada pada rentang 0,01 - 0,3 %C. Kalau ada kelebihan sekitar 0,02 %C dari indikasi kepustakaan, tidak merubah posisi kerendahannya.
2. Pengamatan yang dilakukan terhadap perlakuan pengkarbonan pada baja karbon rendah, memberikan informasi, bahwa perfasian karbon berjalan dengan baik pada temperatur 900°C selama 7 jam. Artinya proses perpindahan karbon sesuai dengan yang diharapkan, yaitu 0,19 - 0,3 setiap 1(satu) jam.
3. Pengamatan di atas juga memberikan informasi, bahwa karbon yang telah difusikan pada baja karbon rendah belum banyak memberikan pengaruh terhadap pertambahan kekerasan. Hal ini disebabkan pada saat pengkarbonan baja karbon rendah hanya bekerja menerima karbon yang dilepaskan oleh Barium Karbonat. Maksudnya untuk menjadikan unsur karbon bersenyawa dengan baik, maka diperlukan perlakuan pemanasan pada daerah austenit, yaitu pada temperatur 900°C, dimana atom-atom berbagai unsur dapat saling beraksi dan saling menempatkan diri masing-masingnya.
4. Baja karbon rendah yang telah diberikan perlakuan pengkarbonan dapat berubah sifat fisisnya secara baik, bila diberikan perlakuan panas dengan tempe-

900°C dan ditahan selama 15 menit, kemudian didinginkan secara cepat dengan media air sampai suhu kamar. Proses seperti ini menjadikan baja karbon rendah pada bagian luarnya menjadi keras, sekurang-kurangnya dengan ketebalan 1 mm dan bagian dalam tetap dalam keadaan ulet. Perbedaan kekerasan sangat kelihatan sekali setelah dibandingkan kekerasan awal rata-rata 169,56 HB (Indikasi Brinell) dengan kekerasan rata-rata sesudah mendapat perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan Quenching air menjadi 63,28 HRC.

5. Menurut grafik Van Vlack, (1985 : 410) bahwa kekerasan 63,28 HRC diatas, menyatakan jumlah karbon yang difusikan kepada baja karbon rendah sekitar 1,5 %. Berarti nilai 63,28 adalah kekerasannya berada pada daerah martensif yang terbaik, maka baja karbon rendah, pada bagian luarnya telah berubah menjadi baja karbon tinggi. Baja yang tergolong karbon tinggi setelah diberikan pengerasan, sangat tahan menerima beban geser. Kekerasan ini lebih tergambar lagi setelah melihat struktur mikronya yang sebagian besar strukturnya dinominasi oleh Perlit dan Ferrit tidak begitu kelihatan.
6. Baja karbon rendah yang telah mendapat perlakuan pengarbonan dan pengerasan dengan media pendingin olie (Quenching olie), menghasilkan rata-rata kekerasan 58,22 HRC. Bila dibandingkan dengan baja yang dikeraskan memakai media pendingin air 63,28 HRC, maka kekerasan tidak begitu berbeda. Dengan sendirinya baja yang nilai kekerasan 58,22 HRC, sudah pasti mampu dengan baik menahan beban geser.
7. Setelah baja karbon rendah mendapat pengarbonan dan pengerasan terjadi perubahan kekerasan yang cukup baik setelah diuji dengan percobaan kekerasan dan sekaligus diikuti dengan perubahan struktur mikronya. Hanya saja terjadi perbedaan kekerasan deng-

an berbedanya media pendingin. Namun demikian perlakuan pengarbonan dan pengerasan terhadap baja karbon rendah sangat baik dalam dunia teknik pembengkelan dan industri.

## B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka diajukan saran sebagai berikut :

1. Sebaiknya hasil penelitian ini dijadikan jop praktikum mahasiswa, terutama labor PT.Mesin FPTK IKIP Padang. Pratikum seperti ini sangat banyak menyumbangkan ilmu pengetahuan bagi mahasiswa jurusan PT Mesin (teknik mesin)
2. Apabila bengkel dan industri ingin mengeraskan permukaan beberapa benda kerja, sebaiknya hitung dengan teliti biaya operasional. Karena memfusikan karbon dan sekaligus mengeraskan benda kerja dengan ukuran besar, akan meminta biaya lebih tinggi.
3. Melihat perbedaan perlakuan pengerasan dengan media pendingin yang berbeda, perlu rasanya penelitian ini dilanjutkan dengan memakai berbagai media pendingin, seperti air, olie, kolan, air garam, udara dan es.
4. Dilihat dari sudut korosi, sebaiknya pengerasan baja menggunakan media pendingin cair yang berbentuk olie. Sebab bila dibandingkan kekerasan yang terjadi pada baja yang dikeraskan dengan media pendingin air dan olie, nilai kekerasannya tidak jauh berbeda . Tetapi benda yang didinginkan dengan media air lebih cepat mengundang korosi dan ini membahayakan terhadap ketahanan baja.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Brady. George.S. (1980) Material Hard Book, New york : Mc.Graw-Hicl Book Company.
- Beumer.B.J.M. (1978), Ilmu Bahan Logam, Jakarta : Bhrata Karya Aksara.
- Djaprie Sriati, (1985) Teknologi Mekanik, Jakarta : Erlangga.
- Djasiman, (1992) Pengolahan Panas Baja, Padang : UPT Pusat Media Pendidikan FPTK IKIP Padang.
- Gang.S.Wolf. (1993) Hardness Tester, Austria: DGHE/EMCO.
- Gang.S.Wolf. (1993) Chamber Furnace, Austria: DGHE/EMCO.
- Kempster.M.H.A. (1972) Indroduction to Work Shop Technology, The English Universitties : Press Ltd.
- K.Whyudin. (1979), Pengetahuan Logam 2, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Narang.BS. (1983), Material Sciense and Processes, Delhi; CBS Publishers and Distributor.
- Soedjono, (1978) Pengetahuan Logam 1, Departemen Pendidikan Direktorat Pandidikan Menengah Mejuruan.
- Van Vlack dkk. (1983), Ilmu dan Teknologi Bahan, Jakarta; Erlangga.
- Vohdin.KW. (1981), Mengolah Logam, Jakarta : Pradnya Paramita.
- W.Both.(1984); Jakarta : Erlangga.

BRINELL-ROCKWELL HARDNESS TESTER TYPE K R B 0,251. General

The instrument is used to determine the Rockwell hardness of metallic work pieces in accordance with DIN 50103, the Brinell hardness similar to DIN 50351, and the Vickers hardness similar to DIN 50133, and also the Rockwell hardness of polymeric materials in accordance with ASTM D 785.

The construction of the tester corresponds to DIN 51224 and DIN 51220.

2. Unpacking and Setting Up

The instrument is shipped in a special case which must be placed vertically, i.e. the sign "oben" must be on top before the case is opened. The front and rear wall of the case are removed, and the three screws by which the instrument is fastened to the case are unscrewed. Now the instrument is lifted out by the iron stand. Under no circumstances the tester must be pulled or pushed by the handwheel, spindle or dial gauge, for this could lead to a disadjustment of the instrument.

The loading weights and a box with the standard accessories are also contained in the case.

The tester is put on a solid table which should have a hole of a diameter of at least 80 mm for the spindle.

1.1. Putting into Operation

1.1.1. Removing the Cords from Lever and Suspension Gear

The main lever inside the instrument and the suspension gear are fastened by cords to protect them from falling out during transportation. To loosen the cords, the metal cover must first be removed from the rear side of the instrument.

1.1.2. Filling the Oil Brake

The oil brake is installed at the rear side of the instrument. An oil can is used to fill in the special oil which is part of the delivery. During the filling process the piston is completely lowered by putting the charge lever to a forward position. The oil brake is full when the oil becomes visible in the cover lid. The charge lever is moved to and fro until the air around the piston has escaped.

Note: Instruments with an automatic loading system don't have an oil brake.

1.1.3. Load Steps

Each loading weight carries an engraving. Through different combinations of these weights the desired load step can be set:

Load step	Weights required
1 153,2 N	only suspension gear with carrier plate
2 294 N	as 1 with additional weight 294 N
3 306,5 N	as 1 with additional weight 306,5 N
4 588 N	as 1 with additional weight 588 N
5 613 N	as 1 with additional weight 588 N + 613 N
<i>as</i> 6 980 N	as 1 with additional weight 588 N + 980 N
7 1225 N	as 1 with additional weight 588 N + 980 N + 1225 N
<i>re</i> 8 1471 N	as 1 with additional weight 588 N + 980 N + 1471 N
9 1840 N	as 1 with additional weight 588 N + 980 N + 1471 N + 1840 N
10 2450 N	as 1 with additional weight 588 N + 980 N + 1471 N + 1840 N + 2450 N

the accuracy of measurement. If the hardness value of the test block differs from the measured value, the ball must be changed or the diamond must be reworked. The test blocks can only be used on one side. Even after grinding off the side which has been used, the accuracy of the other side cannot be guaranteed.

For the application of test punch, loading weights and tables please see DIN 50103.

#### 4.8. Rockwell Tests in Accordance with DIN 50103: Testing Procedure

After inserting the indenter, a parallel piece of steel is placed on the testing table and the spindle is moved towards the indenter by turning the handwheel until the small needle has reached the red mark and the big needle has reached zero. The dial gauge is automatically set to zero. Never try to adjust the zero position by turning back the spindle.

The indenter is now pressed upon the specimen with the preliminary load of 98 N. The loading lever is thrown over in forward direction. This causes the oil brake to apply the load. The indenter penetrates into the specimen which can be observed on the dial gauge. When the needle has come to rest and the lever has reached its final position, the specimen is discharged by throwing back the loading lever, and the hardness value can be read from the dial gauge. After a few preliminary tests which should be made after each change of indenter, a test is carried out on the hardness test block. The hardness value which is etched onto the test block must be identical to the value displayed on the dial gauge.

##### 4.8.1. Rockwell A Test in Accordance with DIN 50103 (HR A)

Indenter:	diamond cone, angle 120°
Preliminary load:	98 N
Total test load:	588 N

##### 4.8.2. Rockwell B Test in Accordance with DIN 50103 (HR B)

Indenter:	ball, diameter 1/16"
Preliminary load:	98 N
Total test load:	980 N



Indication on dial gauge, red numbers marked with "B".

The Rockwell B hardness can be read directly from the dial gauge. The test range comprises 35 to 100 Rockwell B units, i.e. about 80 to 235 Brinell hardness degrees.

4.8.3. Rockwell C Test in Accordance with DIN 50103 (HR C)

Indentor: diamond cone, angle 120°  
 Preliminary load: 98 N  
 Total test load: 1471 N

4.8.4. Rockwell C Test (Total Test Load 613 N - Not Standardised)

Indentor: diamond cone, angle 120°  
 Preliminary load: 98 N  
 Total test load: 613 N

The value read after discharge whereby the preliminary load of 98 N still is applied, is the Rockwell C hardness 613 N which can be used as reference number. The test range covers 65.3 to 84.5 Rockwell C units, i.e. about 300 to 990 degrees Vickers hardness.

4.8.5. Rockwell F Test in Accordance with DIN 50103 (HR F)

Indentor: ball, diameter 1/16"  
 Preliminary load: 98 N  
 Total test load: 588 N

The hardness scale is the same as that of the Rockwell B test, but a smaller test load is used.

Other Rockwell testing procedures which are not specified in the DIN Standards are the following:

4.8.6. Rockwell Test (R, L, M, E) for Polymers in Accordance with ASTM 785, Method A and B

When tests are carried out in accordance with this standard, the test

Conversion of gauge indication into  
Brinell hardness values and resistance to tear  
for carbon steel

ball diameter 2.5 mm			test load 1840 N			(preliminary force 98 N)		
Indica- tion on gauge	Brinell hardness HB	Resi- stance to tear N/mm <sup>2</sup>	Indica- tion on gauge	Brinell hardness HB	Resi- stance to tear N/mm <sup>2</sup>	Indica- tion on gauge	Brinell hardness HB	Resi- stance to tear N/mm <sup>2</sup>
1	104,8	37,7	31	139	50,1	55,5	212	76,5
2	105,6	38,0	32	141	50,8	56,0	215	77,6
3	106,4	38,2	33	143	51,5	56,5	217	78,3
4	107,2	38,6	34	145	52,3	57,0	220	79,3
5	108	38,8	35	147	52,9	57,5	223	80,3
6	109	39,2	36	149	53,6	58,0	226	81,4
7	110	39,6	37	151	54,5	58,5	229	82,4
8	111	40,0	38	153	55,1	59,0	232	83,5
9	112	40,3	39	155	55,8	59,5	235	84,5
10	113	40,7	40	158	56,9	60,0	238	85,6
11	114	41,0	41	161	58,0	61	243	87,5
12	115	41,4	42	164	59,1	62	249	89,6
13	116	41,8	43	167	60,1	63	255	91,8
14	117	42,2	44	170	61,2	64	262	94,3
15	118	42,5	45	173	62,3	65	269	96,3
16	119	42,8	46	176	63,4	66	277	99,7
17	120	43,2	47	179	64,5	67	285	102,6
18	121	43,6	48	182	65,5	68	293	105,5
19	122	43,9	49	186	66,9	69	301	108,4
20	123	44,3	50	190	68,4	70	309	111,2
21	124	44,6	50,5	192	69,1	71	318	114,5
22	125	45,0	51,0	194	69,8	72	328	118,1
23	126	45,4	51,5	196	70,5	73	338	121,7
24	127	45,8	52,0	198	71,3	74	348	125,3
25	128	46,1	52,5	200	72,0	75	359	129,2
26	130	46,8	53,0	202	72,7	76	370	133,2
27	131	47,2	53,5	204	73,4	77	382	137,5
28	133	47,8	54,0	206	74,1	78	395	142,2
29	135	48,6	54,5	208	74,8	79	409	147,2
30	137	49,3	55,0	210	75,6	80	424	152,6

This conversion table has been compiled from the average values of several research works, therefore the comparative values are approximate only.

Correction Table for cylindrical parts from 2 - 10 mm  $\phi$   
 (Preload-Hardness-Testing)

Penetration body diamond 120 <sup>0</sup> Preload 98 N Test load 1471 N										Real Rockwell hardness
2	3	4	5	6	7	8	9	10		RC
Dial-Reading										
15,0	18,5	22,0	24,0	25,0	26,0	26,5	27,0	27,5		30
16,5	20,0	23,0	25,0	26,0	27,0	27,5	28,0	28,5		31
18,0	21,0	24,0	26,0	27,5	28,0	29,0	29,5	29,5		32
19,5	22,5	25,5	27,5	28,5	29,0	30,0	30,5	30,5		33
20,5	23,5	26,5	28,5	29,5	30,5	31,0	31,5	32,0		34
21,5	25,0	27,5	29,5	30,5	31,5	32,0	32,5	33,0		35
23,0	26,0	29,0	30,5	31,5	32,5	33,0	33,5	34,0		36
24,5	27,5	30,0	31,5	33,0	33,5	34,0	34,5	35,0		37
25,5	28,5	31,0	33,0	34,0	34,5	35,0	35,5	36,0		38
27,0	30,0	32,5	34,0	35,0	35,5	36,5	36,5	37,0		39
28,5	31,0	35,5	35,0	36,0	37,0	37,5	37,5	38,0		40
29,5	32,5	34,5	36,0	37,0	38,0	38,5	39,0	39,0		41
31,0	33,5	36,0	37,5	38,0	39,0	39,5	40,0	40,0		42
32,0	35,0	37,0	38,5	39,5	40,0	40,5	41,0	41,5		43
33,5	36,0	38,0	39,5	40,5	41,0	41,5	42,0	42,5		44
35,0	37,5	39,5	40,5	41,5	42,0	42,5	43,0	43,5		45
36,0	38,5	40,5	42,0	42,5	43,5	43,5	44,0	44,5		46
37,5	40,0	41,5	43,0	43,5	44,5	45,0	45,0	45,5		47
39,0	41,0	43,0	44,0	45,0	45,5	46,0	46,0	46,5		48
40,0	42,0	44,0	45,0	46,0	46,5	47,0	47,5	47,5		49
41,5	43,5	45,0	46,5	47,0	47,5	48,0	48,5	48,5		50
43,0	44,5	46,5	47,5	48,0	48,5	49,0	49,5	49,5		51
44,0	46,0	47,5	48,5	49,0	49,5	50,0	50,5	51,0		52
45,5	47,0	48,5	49,5	50,5	51,0	51,0	51,5	52,0		53
46,5	48,5	50,0	51,0	52,0	52,0	52,5	52,5	53,0		54
48,0	49,5	51,0	52,0	52,5	53,0	53,5	53,5	54,0		55
49,5	51,0	52,0	53,0	53,5	54,0	54,5	54,5	55,0		56
50,5	52,0	53,5	54,0	54,5	55,0	55,5	56,0	56,0		57
52,0	53,5	54,5	55,5	56,0	56,0	56,5	57,0	57,0		58
53,5	54,5	55,5	56,5	57,0	57,5	57,5	58,0	58,0		59
54,5	56,5	57,0	57,5	58,0	58,5	58,5	59,0	59,0		60
56,0	57,0	58,0	59,0	59,5	59,5	60,0	60,0	60,5		61
57,5	58,5	59,0	59,5	60,0	60,5	61,0	61,0	61,5		62
58,5	59,5	60,5	61,0	61,5	61,5	62,0	62,0	62,5		63
60,0	61,0	61,5	62,0	62,5	62,5	63,0	63,0	63,5		64
61,0	62,0	62,5	63,0	63,5	64,0	64,0	64,5	64,5		65
62,5	63,5	64,0	64,0	64,5	65,0	65,0	65,5	65,5		66
64,0	64,5	65,0	65,5	65,5	66,0	66,0	66,5	66,5		67
65,0	66,0	66,0	66,5	66,5	67,0	67,5	67,5	67,5		68