

## LAPORAN PENELITIAN

# PENGARUH PERLAKUAN PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH DENGAN MENGGUNAKAN KACA/GELAS DAN BESI COR TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS



Oleh :  
**Drs. Nelvi Erizon**  
(Ketua Peneliti)

NO. DAFTAR	26 - 3 - 99
NO. SKRIPSI	FI
KOLEKSI	FI
NO. SERI	91R199-p.2 (2)
NO. STAMPA	669.1 Pen p:2

Penelitian ini dibiayai Oleh :  
Dana Rutin IKIP Padang Tahun Anggaran 1998/1999  
Surat perjanjian kerja NO.43/K12.2/KU/Rutin/1998  
Tanggal 20 Juli 1998

**INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN PADANG**  
1999

PENGARUH PERLAKUAN PERMUKAAN PADA BAJA  
KARBON RENDAH DENGAN MENGGUNAKAN KACA/GELAS  
DAN BESI COR TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS

Personalia Penelitian

Pembimbing : Drs. Hasanuddin, MS  
Ketua : Drs. Nelvi Erizon  
Anggota : 1. Drs. Jasman  
2. Drs. Purwantono  
3. Drs. Irzal

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melihat dan mempelajari pengaruh perlakuan permukaan (surface treatment) pada baja karbon rendah dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor terhadap sifat fisis dan mekanis.

Populasi dan sampel dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah yang dibuat dalam bentuk cangkul yang telah melalui beberapa proses pengerjaan seperti : penempaan, proses perlakuan panas (heat treatment) yaitu dengan cara penyepuhan dan proses perlakuan permukaan (surface treatment).

Pengujian yang dilakukan yaitu melihat kekerasan dari baja karbon rendah tersebut dengan menggunakan peralatan uji mesin Vickers dan melihat struktur mikro dengan menggunakan alat optik mikroskop serta pengambilan photo dengan menggunakan kamera optik.

Proses perlakuan panas dan proses perlakuan permukaan dimaksudkan untuk mendapatkan sifat mekanik yang lebih baik dari baja karbon rendah sesuai dengan penggunaannya.

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa : kekerasan baja karbon rendah setelah mengalami proses perlakuan panas yaitu dengan jalan penyepuhan kekerasan rata-ratanya pada 5 kali percobaan yaitu  $HV = 516 \text{ kg/mm}^2$  dan struktur mikro permukaannya lebih kasar.

Pada baja karbon rendah yang telah mengalami proses perlakuan permukaan kekerasan rata-ratanya adalah  $HV = 971,22 \text{ kg/mm}^2$  dan struktur mikro permukaannya lebih halus.

Sedangkan pada baja karbon rendah yang telah mengalami proses perlakuan permukaan kemudian dilanjutkan dengan penyepuhan kekerasannya turun menjadi rata-rata adalah  $HV = 654,9 \text{ kg/mm}^2$ .

Dari hasil pengujian tersebut, maka dapat dilihat bahwa baja karbon rendah yang telah mengalami proses perlakuan permukaan (surface treatment) lebih tinggi kekerasannya dan lebih halus permukaannya jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yang hanya mengalami proses perlakuan panas (heat treatment).

## PENGANTAR

Kegiatan penelitian merupakan bagian dari darma perguruan tinggi, di samping pendidikan dan pengabdian kepada masyarakat. Kegiatan penelitian ini harus dilaksanakan oleh IKIP Padang yang dikerjakan oleh staf akademiknya dalam rangka meningkatkan mutu pendidikan, melalui peningkatan mutu staf akademik, baik sebagai dosen maupun peneliti.

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian IKIP Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana IKIP Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait. Oleh karena itu, peningkatan mutu tenaga akademik peneliti dan hasil penelitiannya dilakukan sesuai dengan tingkatan serta kewenangan akademik peneliti.

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pendidikan, baik yang bersifat interaksi berbagai faktor yang mempengaruhi praktek kependidikan, penguasaan materi bidang studi, ataupun proses pengajaran dalam kelas yang salah satunya muncul dalam kajian ini. Hasil penelitian seperti ini jelas menambah wawasan dan pemahaman kita tentang proses pendidikan. Walaupun hasil penelitian ini mungkin masih menunjukkan beberapa kelemahan, namun saya yakin hasilnya dapat dipakai sebagai bagian dari upaya peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Kami mengharapkan di masa yang akan datang semakin banyak penelitian yang hasilnya dapat langsung diterapkan dalam peningkatan dan pengembangan teori dan praktek kependidikan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pereviu usul dan laporan penelitian Lembaga Penelitian IKIP Padang, yang dilakukan secara "blind reviewing". Kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan yang melibatkan dosen/tenaga peneliti IKIP Padang sesuai dengan fakultas peneliti. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik IKIP 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, tim pereviu Lembaga Penelitian dan dosen senior pada setiap fakultas di lingkungan IKIP Padang yang menjadi pembahas utama dalam seminar penelitian. Secara khusus kami menyampaikan terima kasih kepada Rektor IKIP 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, Maret 1999  
Ketua Lembaga Penelitian  
IKIP Padang,  
*Kumaidi*  
Dr. Kumaidi, MA., Ph.D.  
NIP 130605231



## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	i
PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar belakang masalah .....	1
B. Identifikasi masalah .....	3
C. Pembatasan masalah .....	3
D. Perumusan masalah .....	4
E. Asumsi-asumsi .....	4
F. Tujuan penelitian .....	5
G. Manfaat penelitian .....	5
BAB II. TINJAUAN KEPUSTAKAAN .....	6
A. Kajian pustaka .....	6
B. Kajian penelitian terdahulu .....	19
C. Kerangka berfikir .....	37
D. Pertanyaan penelitian .....	43

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....	44
A. Wilayah generalisasi .....	44
B. Populasi dan sampel .....	44
C. Disain penelitian .....	45
D. Instrumen penelitian .....	47
E. Metode/teknik pengumpulan data .....	48
F. Analisa data .....	49
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	52
A. Deskripsi lokasi, subjek dan data .....	52
B. Analisis data dan pengujian hipotesis .....	55
C. Pembahasan hasil penelitian .....	60
BAB V. PENUTUP .....	66
A. Kesimpulan .....	66
A. Keterbatasan penelitian .....	67
C. Saran-saran .....	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sistem bukan kristal .....	9
2. Klasifikasi gelas menurut penggunaan .....	15
3. Komposisi kimia dari gelas lembaran (rata)..	16
4. Komposisi kimia gelas wadah .....	17
5. Suhu baja dilihat dari warna pijar .....	20
6. Bahan baku yang dipakai .....	53
7. Benda uji setelah disepuh .....	53
8. Benda uji setelah perlakuan permukaan .....	53
9. Benda uji setelah perlakuan permukaan kemudian disepuh .....	54

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kristal bukan kubik .....	9
2. Sel satuan kubik pemusatan ruang (logam) ...	11
3. Sel satuan kubik pemusatan sisi (logam) ....	12
4. Diagram besi - karbida besi .....	22
5. Sifat fisis baja AISI, berbutir halus dichelupkan dalam air .....	24
6. Hubungan antara jumlah karbon dan laju pendinginan kritis pada baja karbon .....	26
7. Pengaruh berbagai unsur paduan yang ditambahkan pada baja 0,3 % C terhadap laju pendinginan kritis .....	27
8. Kurva transformasi untuk anil sempurna .....	31
9. Diagram transformasi untuk anil isothermal ..	31
10. Kurva kemagnetan dari besi kristal tunggal dalam arah aksial utama .....	38
11. Pengaruh waktu dan temperatur proses terhadap ketebalan lapisan .....	42
12. Permukaan cangkul yang diuji coba .....	45
13. Pengujian kekerasan Vickers .....	50
14. Bahan baku yang dipakai .....	54
15. Benda uji setelah disepuh .....	54
16. Benda uji setelah perlakuan permukaan .....	55



17. Benda uji setelah perlakuan permukaan kemudian disepuh .....	55
18. Tegangan aksial diubah menjadi tegangan geser .....	61
19. Mekanisme slip pada deformasi plastik .....	62

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Logam ferro atau lebih dikenal dengan sebutan besi atau baja, keberadaannya dirasakan sangat dibutuhkan sekali dalam kehidupan manusia, seperti : kita ketahui nenek moyang manusia sudah mengenal logam sejak berabad-abad yang lalu, hal ini terbukti dengan banyaknya peninggalan-peninggalan sejarah, baik itu berupa arca, perhiasan, senjata tajam dan alat-alat pertanian.

Pada tahun 2700 - 2800 SM, besi sudah mulai dikenal manusia melalui penempaan, kemudian pada tahun 800 - 700 SM di Cina ditemukan cara membuat coran dari besi kasar yang mempunyai titik cair rendah dan mengandung fosfor tinggi, dengan menggunakan tanur beralas datar, dan pada abad ke 14 pengecoran dilakukan secara besar-besaran di Jerman dan Italy.

Sedangkan bangsa Asia yang sudah mengenal pembuatan baja dari besi sejak tahun 500 SM, seperti baja yang dibuat di India merupakan baja yang bernutu cukup baik untuk dibuat berbagai alat kedokteran.

Dibidang pertanian juga sudah menggunakan teknologi modern seperti pada pembuatan cangkul dan alat bajak, untuk mendapatkan hasil yang baik maka alat-alat tersebut harus melalui beberapa proses perlakuan permukaan pada

logam dimana ini merupakan salah satu usaha untuk memperbaiki sifat-sifat baja karbon supaya mempunyai sifat fisis dan mekanis yang lebih baik.

Oleh karena itu untuk mendapatkan baja karbon atau besi yang baik untuk alat-alat perkakas, maka perlu pengkajian dan pengembangan yang didukung oleh pengetahuan dan teknologi yang memadai.

Dalam hal ini penulis akan mencoba meneliti suatu alat cangkul yang terbuat dari baja karbon rendah yang telah mengalami perlakuan permukaan dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor, dimana dengan cara yang sangat sederhana ini diharapkan dapat menghasilkan cangkul yang bermutu tinggi, selain kekerasannya dan kekuatannya meningkat juga permukaannya menjadi licin sehingga mempermudah dalam proses pencangkulan.

Karena kita tahu bahwa cangkul yang banyak dijual dipasaran sangat kurang sekali kekerasannya seperti matanya sering tumpul. Walaupun disini cangkul yang diteliti, kita harapkan ini bisa kita lanjutkan dengan perlakuan permukaan pada pembuatan sudu-sudu roda traktor pembajak sawah, biasanya yang sering bengkok atau berlipat adalah sudu-sudu roda traktor tersebut, ini mungkin saja disebabkan oleh karena tidak melalui proses perlakuan permukaan pada sudu-sudu roda traktor tersebut.

## B. Identifikasi Masalah

Perlakuan permukaan pada logam merupakan salah satu usaha untuk memperbaiki sifat-sifat baja karbon supaya mempunyai sifat fisis dan mekanis yang lebih baik. Perlakuan permukaan ini akan dilakukan pada sebuah cangkul yang terbuat dari baja karbon rendah dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor, dimana dengan cara yang sederhana ini akan dapat dihasilkan suatu alat yang tidak kalah kerasnya dengan alat yang telah mengalami perlakuan permukaan dengan cara modern, baik segi kekerasan, kekuatan juga permukaan cangkul tersebut akan menjadi licin sehingga mempermudah dalam proses pencangkulan, walaupun digunakan pada tanah yang liat dan berlumpur/basah.

Karena cangkul yang banyak terdapat dipasaran sangat kurang sekali kekerasannya seperti matanya sering tumpul apabila terkena benda yang keras.

## C. Pembatasan Masalah

Untuk menghindari penafsiran yang berbeda, maka perlu diberikan batasan masalah. Pada penelitian ini yang akan diuji adalah suatu alat cangkul yang terbuat dari baja karbon rendah, sesuai dengan penggunaannya alat tersebut hanya digunakan untuk pencangkulan tanpa mendapat pembebanan, maka yang diuji hanya kekerasan dan melihat struktur mikro dari logam yang belum mengalami

perlakuan permukaan, kemudian logam yang belum maupun sudah mengalami proses perlakuan panas dan dilanjutkan dengan logam yang sudah mendapat perlakuan permukaan dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor.

#### D. Perumusan Masalah

Pada penelitian ini penulis akan melihat :

1. Bagaimana perbandingan kekerasan baja karbon rendah yang mengalami perlakuan permukaan dengan baja karbon rendah yang hanya mengalami perlakuan panas.
2. Melihat struktur mikro baja karbon rendah dari masing-masing benda uji.
3. Pengaruh perlakuan permukaan pada baja karbon rendah dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor terhadap sifat fisis dan mekanis.

#### E. Asumsi-Asumsi

Proses perlakuan permukaan pada baja karbon rendah adalah untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan dari baja tersebut. Alat cangkul yang terbuat dari baja karbon rendah ini sangat banyak sekali kegunaannya baik sebagai alat bertani, maupun untuk alat kerja bangunan, oleh karena itu dengan melakukan proses perlakuan permukaan apakah akan terlihat alat tersebut akan meningkat kekerasannya dan kekuatannya.

#### **F. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk melihat dan mempelajari pengaruh perlakuan permukaan pada baja karbon rendah dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor terhadap sifat fisis dan mekanis dibandingkan dengan yang tidak mengalami perlakuan permukaan.

#### **G. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dapat bermanfaat untuk mengembangkan teknologi perlakuan permukaan pada logam, sehingga memperoleh produk dengan kualitas lebih baik dan murah dengan teknologi yang sederhana.

## BAB II

### TINJAUAN KEPUSTAKAAN

#### A. Kajian Pustaka

##### 1. Baja karbon

Baja karbon merupakan logam yang sangat banyak sekali kegunaannya karena baja karbon tersebut mempunyai sifat-sifat mekanis yang bervariasi serta pertimbangan nilai ekonominya.

Baja karbon terdiri dari paduan besi dan karbon dengan mengandung sedikit silikon (Si), mangan (Mn), pospor (P), belerang (S), dan tembaga (Cu).

Sifat baja karbon ini tergantung dari pada kadar karbonnya. Oleh karena itu baja karbon dapat dibagi berdasarkan kandungan karbon yang ada pada baja tersebut, yaitu :

##### a. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah mengandung karbon antara  $\leq 0,30\%$  C. Baja karbon rendah ini mempunyai kekerasan rendah tetapi ulet dan mampu bentuk dan mampu las yang baik.

Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon rendah dapat digunakan untuk :

- 1). Baja karbon rendah yang mengandung  $0,04\%$  -  $0,10\%$  c digunakan untuk baja-baja plat.

- 2). Baja karbon rendah yang mengandung 0,05 % c digunakan untuk keperluan body-bpdy kendaraan.
- 3). Baja karbon rendah yang mengandung 0,15 % - 0,25 % c digunakan untuk keperluan konstruksi jembatan, bangunan atau dikenal dengan baja konstruksi (Structural steel).
- 4). Baja karbon rendah yang mengandung 0,20 % - 0,30 % c digunakan untuk membuat baut-baut dan paku keling.

b. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang mengandung kadar karbon antara 0,30 % - ≤ 0,70 % c. Baja ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas dan bagian-bagian mesin.

Berdasarkan dari jumlah karbon yang terkandung, maka baja karbon sedang ini dapat digunakan untuk :

- 1). Baja karbon sedang yang mengandung karbon 0,4 % c digunakan untuk keperluan industri kendaraan misalnya : untuk bahan pembuat baut, mur, poros engkol, dan batang torak.
- 2). Baja karbon sedang yang mengandung karbon 0,50 % c digunakan untuk membuat roda gigi, martil, dan klem atau penjepit.
- 3). Baja karbon sedang yang mengandung karbon 0,55 % - 0,60 % c digunakan untuk membuat pegas.



c. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi ini mengandung kadar karbon antara 0,70 % -  $\leq$  1,40 % c. Baja ini banyak digunakan untuk pekerjaan yang mengalami perlakuan panas (Heat Treatment).

Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung maka baja karbon tinggi dapat digunakan untuk :

- 1). Baja karbon tinggi yang mengandung karbon 0,95 % c digunakan untuk keperluan pembuatan pegas dan alat-alat perkakas.
- 2). Baja karbon tinggi yang mengandung karbon 1,0 % - 1,40 % c digunakan untuk keperluan pembuatan kikir, pisau cukur, peluru dan bantalan-bantalan.

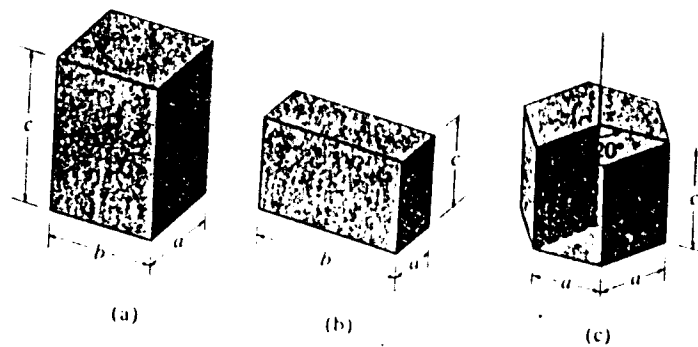
Pada baja karbon ini semakin besar kadar karbonnya, maka mempunyai sifat yang lebih keras tetapi rapuh.

2. Struktur kristal

Semua logam akan membentuk struktur sewaktu logam tersebut membeku. Atom-atom logam akan mengatur diri sendiri secara teratur dan berulang pada tiga dimensi atau bentuk geometri dari struktur kristal penyusunan logam ada tujuh sistem kristal, seperti tertera dalam tabel dan gambar dibawah ini.

Tabel 1. Sistem kristal

Sistem	Sumbu (axes)	Sudut sumbu (axial angles)
Kubik	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Ortorombik	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Monoklinik	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma \neq 90^\circ \neq \beta$
Triklinik	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
Heksagonal	$a = a \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ; \gamma = 120^\circ$
Rombohedral	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$



Gbr 1. Kristal bukan kubik (a) Tetragonal :  $a_1 = a_2 \neq c$  ; sudutnya  $90^\circ$ . (b) Ortorombik  $a \neq b \neq c$  ; sudutnya  $90^\circ$ . (c) Heksagonal  $a_1 = a_2 \neq c$  ; sudutnya  $90^\circ$  dan  $120^\circ$ . (Sriati Djaprie. 194)

Logam besi disebut allotropic, karena dapat berada atau mempunyai struktur kristal yang berbeda-beda tergantung pada temperaturnya, dimana dapat dilihat pada gambar 1. Saat besi mulai membeku pada

temperatur 1535 °c akan terbentuk fasa besi, dengan bentuk struktur "kubus pemusatan ruang" atau "bcc" (body centered cubic).

Pendinginan lanjut pada temperatur 1400 °c, akan merubah fasa besi menjadi fasa  $\gamma$  dan bentuk struktur kisinya "kubus pemusatan sisi" atau "fcc" (face centered cubic).

Pada saat temperatur mencapai 910 °c terjadi perobahan fasa lagi menjadi  $\alpha$  dan bentuk kisinya kembali menjadi kubik pemusatan ruang, sampai temperatur 770 °c besi mempunyai fasa  $\alpha$  ini bersifat non magnetic.

Setelah temperatur melewati 770 °c, fasa dan bentuk kristal besi tidak berubah, tetapi besi  $\alpha$  akan mempunyai sifat magnetic. Struktur kubus pemusatan ruang dapat digambarkan sebagai satu atom dipusat sel satuan dan delapan atom seperdelapan pada setiap titik sudutnya.

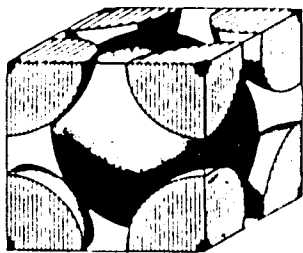
Konstanta kisi ("a") logam dengan struktur kubus pemusatan ruang adalah :

$$a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$$

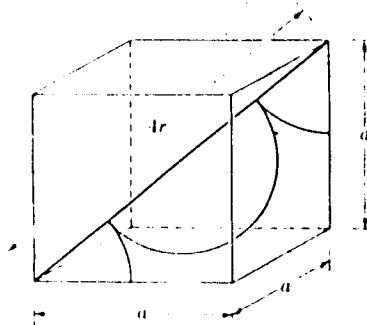
dimana R = jari-jari atom

Dengan menerapkan konsep tumpukan atom, maka faktor tumpukan atom (FT) pada logam dengan bentuk kisi kubus pemusatan ruang adalah :

$$\begin{aligned}
 FT &= \frac{\text{Volume atom}}{\text{Volume sel satuan}} \\
 &= \frac{2(4 \pi R^3 / 3)}{a^3} \\
 &= \frac{2(4 \pi R^3 / 3)}{(4 R / \sqrt{3})^3} = 0,68
 \end{aligned}$$



(a)



(b)

Gbr 2. Sel satuan kubik pemusatan ruang (logam). Struktur logam kpr mempunyai dua atom per sel satuan dan faktor tumpukan atom sebesar 0,68. Konstanta kisi  $a$  dan jari-jari atom mempunyai hubungan sesuai dengan pers. (Sriati Djaprie. 1994)

Sedangkan logam besi dengan kubus pemusatan sisi terdiri dari satu atom pada titik sudutnya (delapan

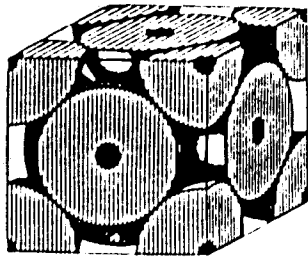
atom seperdelapan) dan tiga atom pada permukaannya (enam atom separoh).

Konstanta kisinya adalah :

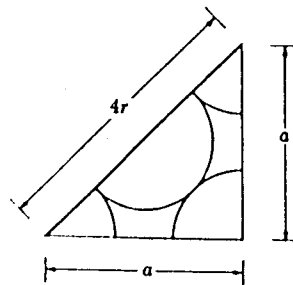
$$a_{Kps} = \frac{4R}{\sqrt{2}}$$

dan faktor tumpukan (FT) adalah :

$$\begin{aligned} FT &= \frac{4(4 \pi R^3 / 3)}{a^3} \\ &= \frac{16 \pi R^3 / 3}{(4 R / \sqrt{2})^3} = 0,74 \end{aligned}$$



(a)



(b)

Gbr 3. Sel satuan kubik penusatan sisi (logam). Struktur logam kps mempunyai empat atom per sel satuan dan faktor tumpukan sebesar 0,74. Hubungan antara konstanta kisi  $a$  dengan jari-jari atom dinyatakan oleh persamaan (Sriati Djaprie . 1994)

Adanya perbedaan harga faktor tumpukan dari logam struktur kubus penusatan sisi akan mempengaruhi

kelarutan unsur paduan, dalam hal ini kelarutan karbon dalam besi.

Dari diagram fasa Fe - Fe<sub>3</sub>C dapat dinyatakan bahwa besi  $\gamma$  dapat melarutkan karbon sampai 2 % pada suhu 1130 °c. Sedangkan kelarutan karbon maksimum dalam besi  $\alpha$  hanya 0,025 % pada suhu 723 °c.

### 3. Besi cor

Besi cor adalah paduan besi yang mengandung karbon silisium, mangan, pospor, dan belerang. Besi cor mempunyai titik cair relatif rendah (sekitar 1200 °c), hal ini menguntungkan oleh karena mudah dicor dan dapat mengisi cetakan yang rumit dengan mudah, oleh karena itu besi cor merupakan bahan yang mudah dan serba guna ditinjau dari segi design produk. Besi cor ini dapat dikelompokkan pada beberapa kategori :

#### a. Besi cor kelabu

Besi cor kelabu mempunyai kadar silikon yang tinggi (2,5 - 4%), membentuk grafit dengan mudah sehingga Fe<sub>3</sub>C tidak terbentuk, serpih grafit terbentuk dalam logam sewaktu membeku.

Besi cor kelabu sangat rendah keuletannya karena struktur mikronya berbentuk serpihan grafit, namun besi cor ini sangat murah harganya. Dengan bentuk struktur mikro tersebut maka besi cor kalabu merupakan peredam getaran yang sangat baik (kapasitas peredamnya sangat tinggi).

Oleh karenanya jenis logam ini banyak digunakan sebagai rangka mesin dan alat-alat berat.

b. Besi cor kelabu paduan

Besi cor kelabu paduan mengandung unsur-unsur paduan dan grafit, mempunyai struktur yang stabil sehingga sifat-sifatnya lebih baik.

Unsur-unsur paduan yang ditambahkan adalah Chrom, nikel, molibdenum, vanadium, dan tembaga. Dengan adanya unsur-unsur paduan tersebut maka ketahanan aus, ketahanan korosi dan mampu mesin dari besi cor ini semakin meningkat.

c. Besi cor mampu tempa

Besi cor mampu tempa dibuat dari besi cor putih yang dilunakkan dalam tanur dalam waktu yang lama. Struktur sementit dari besi cor putih berubah menjadi ferit atau perlit dan karbon yang ditemper mengendap.

Besi cor ini sangat baik keuletannya dan sifat pertambahan panjangnya jika dibandingkan dengan besi cor kelabu, tetapi harganya mahal karena melalui proses pelunakkan.

#### 4. Gelas

Gelas komersil utama adalah silikat dengan struktur tetrahedral. Gelas dapat diklasifikasikan menurut penggunaannya sebagai bahan, juga dapat

diklasifikasikan menurut komposisi kimia seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2. Klasifikasi gelas menurut penggunaannya.

Macan	Nana	Penggunaannya
1	2	3
Gelas rata - Gelas rata umum - Gelas rata khusus - Gelas rata berben tuk	gelas rata biasa, gelas rata berukir, gelas lebar gelas kawat, gelas penye panas gelas beralur, gelas ke- rut berkawat	kaca jendela, cermin
Gelas wadah - Gelas per	botol bermulut lebar, bot- tol brmulut sempit, gelas gelas bergagang, piring, mangkok.	berbagai wadah
Gelas optik	gelas mahkota (crown), ge- las batu api (flint), gel- as barium, gelas larutan gelas fosfat, gelas yang mengandung flour.	berbagai in- strumen optik
Gelas fisi- ka kimia	gelas kuarsa, gelas boro- silikat, gelas silikat	untuk penggu- naan fisika -
- Gelas un- um - Gelas ke dokteran	tinggi, gelas ampul, gel- as botol obat.	kimia dan ke- dokteran.
Gelas lis- trik - Gelas pe- nerangan - Gelas ta- bung elek- tronik - Gelas al- at lis- trik ber- at	gelas penerangan, gelas lampu fluoresensi, gelas lampu busur merkuri, lam- uap natrium. gelas untuk tabung sinar katoda, tabung pemancar, tabung sinar X, dan ta- bung khusus. gelas mikaleks, gelas i- solator	peralatan lis- trik



1	2	3
Gelas pengkapsul		berbagai pengkapsulan
Serat gelas	gelas monofilamen, gelas filamen panjang, gelas untuk komunikasi foto.	isolator, komunikasi foto

a. Komposisi kimia

1). Gelas lembaran (rata)

Gelas lembaran termasuk gelas kapursoda, komponen utamanya adalah :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , dan  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{SiO}_3$  sebagai sub komponen.

Komposisi gelas lembaran seperti tabel 3, agak berbeda-beda tergantung cara produksinya.

Tabel 3. Komposisi kimia dari gelas lembaran (rata)

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SO}_3$
Produk A	71,82	1,40	0,07	3,31	8,90	14,27	0,31
Produk B		0,80	0,10	2,41	11,55	12,65	0,47
Gelas lembaran	71-73	0,5-1,5	-	1,5-3,5	8-10	14-16	-
Gel. lembaran dirol	70,5-73	0,5-1,5	-	0-1	13-14	12-14	-

2). Gelas wadah

Komponen kimia gelas wadah berbeda-beda seperti ditunjukkan pada tabel 4. Komponen

kimia yang diproduksi secara otomatis adalah gelas kapur soda. Untuk gelas peralatan dapat digolongkan pada gelas kapur soda dan gelas timbal, dan dibentuk dengan peniupan tangan dan berbagai benda kerajinan.

Tabel 4. Komposisi kimia dari gelas wadah

jenis	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	BaO
gelas pres- son	74,67	0,38	0,04	-	5,14	-	19,14	0,41	-
	75,13	0,41	0,04	-	5,68	-	18,41	1,11	1,11
gelas kris- tal timb- bal	67,2	-	-	-	0,9	-	9,50	7,1	-
	51,1	0,5	-	-	-	-	1,7	7,6	-

### 3). Gelas fisika - kimia dan kedokteran

Gelas yang dipakai untuk bidang fisika kimia dan kedokteran harus memiliki ketahanan kimia yang tinggi, tahan panas dan tahan kejutan termal yang baik.

Bahan yang mempunyai sifat tersebut adalah gelas kuarsa, gelas silikat tinggi, gelas borosilikat dan gelas alumino silikat.

### 4). Gelas listrik

Gelas ini fungsi utamanya untuk penerangan seperti bola lampu dan lampu fluoresen. Gelas

kapur soda dipakai untuk bola lampu dan gelas timbal yang berkadar 20 % - 30 %  $PbO$ , dipakai untuk komponen bagian dalam.

Gelas kapur soda dipakai juga untuk lampu fluoresen. Untuk tabung sinar katoda dipakai gelas yang kurang berubah warna oleh sinar elektron dan sinar X, dan mempunyai absorpsi sinar X yang tinggi.

5). Gelas optik

Gelas optik berfungsi untuk menyerap cahaya yang mempunyai panjang gelombang tertentu, hal ini akan memberikan warna tertentu pada gelas yang terlihat oleh mata.

b. Sifat mekanik gelas

Gelas mempunyai sifat khas yaitu getas pada temperatur kamar dan kekuatan mekaniknya tergantung pada ukuran retakan grafit. Kekuatan patah dari bahan gelas tanpa retakan grafit mendekati teoritis yang diturunkan dari kekuatan ikatan kimia dalam gelas, yaitu kekuatan lentur gelas kuarsa yang diperkirakan tanpa retakan grafit berkisar  $570 \text{ kg/mm}^2$ .

Gelas yang diperdagangkan memiliki retakan grafit dan kekuatan mekaniknya sekitar 1/100 kekuatan teoritisnya.

## B. Kajian Penelitian Terdahulu

### 1. Menempa

Logam akan berubah bentuknya jika ditekan, ditarik atau dilengkungkan baik dalam keadaan dingin maupun panas.

Dalam keadaan panas perlawanan perubahan bentuk akan lebih banyak sedangkan kristalnya hanya sedikit mendapat kerusakan, tetapi dalam keadaan dingin kerusakan kristalnya akan lebih besar. Memberi bentuk dalam keadaan panas dinamakan menempa.

Menempa adalah suatu pekerjaan tangan yang telah dikenal manusia semenjak berabad-abad yang lalu. Pekerjaan ini menggunakan tenaga manusia dan membutuhkan kecakapan dan pengalaman.

Suatu cara untuk mengetahui besarnya suhu baja dapat dilakukan dengan alat pirometer. Tetapi dalam prakteknya pandai besi hanya menggunakan warna pijar baja untuk mengetahui tinggi suhu seperti ditunjukkan pada tabel 5, dibawah ini.

Tabel 5. Suhu baja dilihat dari warna pijar.

Warna baja	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )
Coklat tua	530 - 580
Merah coklat	580 - 650
Merah tua	650 - 730
Merah padam tua	730 - 770
Merah padam	770 - 800
Merah padam muda	800 - 830
Merah muda	830 - 900
Jingga	900 - 1050
Kuning tua	1050 - 1150
Kuning muda	1150 - 1250
Putih	1250 - 1400
Putih terang	1400 - 1600

## 2. Perlakuan panas

Perlakuan panas pada baja yaitu proses pemanasan baja sampai suhu tertentu, dan selama waktu tertentu, kemudian diikuti dengan pendinginan menurut laju dan media pendinginan tertentu, sehingga diperoleh sifat-sifat dan kemampuan baja yang diinginkan. Seorang pandai besi mengetahui bahwa sifat bahan dapat berubah melalui pemanasan yang disusul dengan pendinginan.

Mereka mengenal berbagai proses laku panas meskipun tidak mengetahui dengan pasti apa yang terjadi pada logam itu sendiri. Perubahan struktur mikro ini sekarang telah diketahui secara menyeluruh.

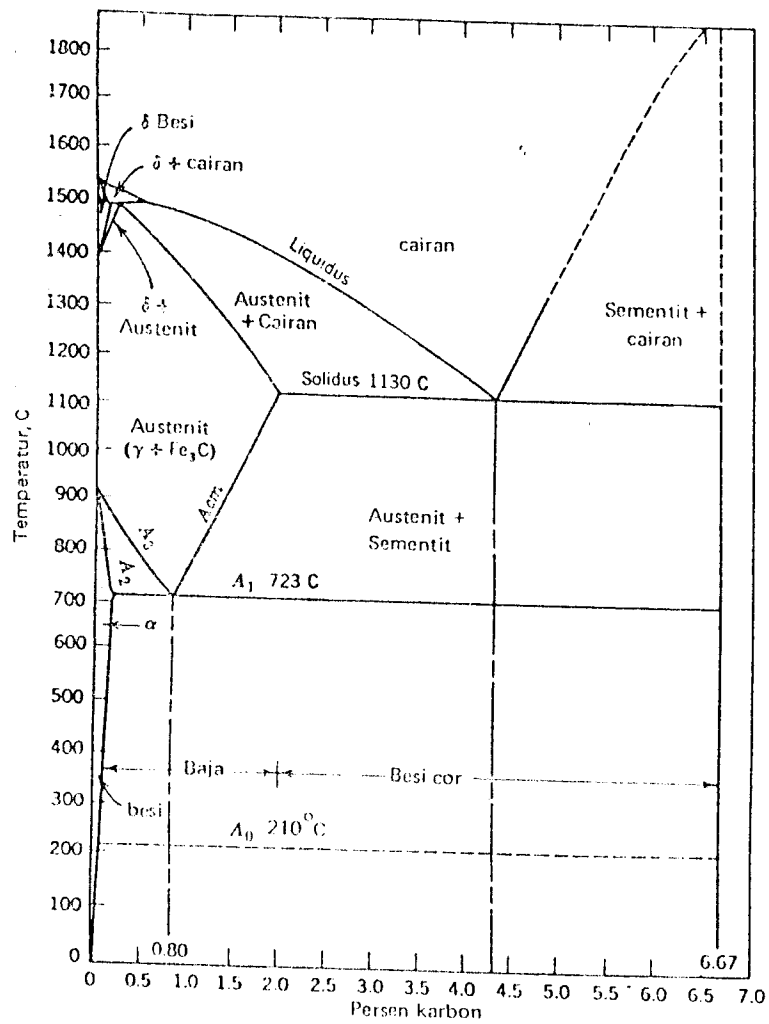
Jenis-jenis proses perlakuan panas untuk memperoleh sifat-sifat dan kemampuan yang diinginkan yaitu :

a. Pengerasan (Hardening)

Pengerasan adalah proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau diatas garis temperatur daerah kritis atas disusul dengan pendinginan yang cepat. Apabila kadar karbon diketahui suhu pemanasannya dapat dibaca dari diagram fasa besi-karbida besi.

Tetapi bila komposisi karbon pada baja tidak diketahui perlu diadakan percobaan untuk mengetahui daerah pemanasannya. Cara yang terbaik ialah memanaskan dan mencelupkan beberapa potong baja pada berbagai suhu disusul dengan pengujian kekerasan atau pengamatan mikroskopik.

Bila suhu yang tepat telah diperoleh akan terjadi perubahan dalam kekerasan dan sifat lainnya.



Gbr 4. Diagram besi-karbida besi  
(B.H. Amstead. 1993)

b. Temper

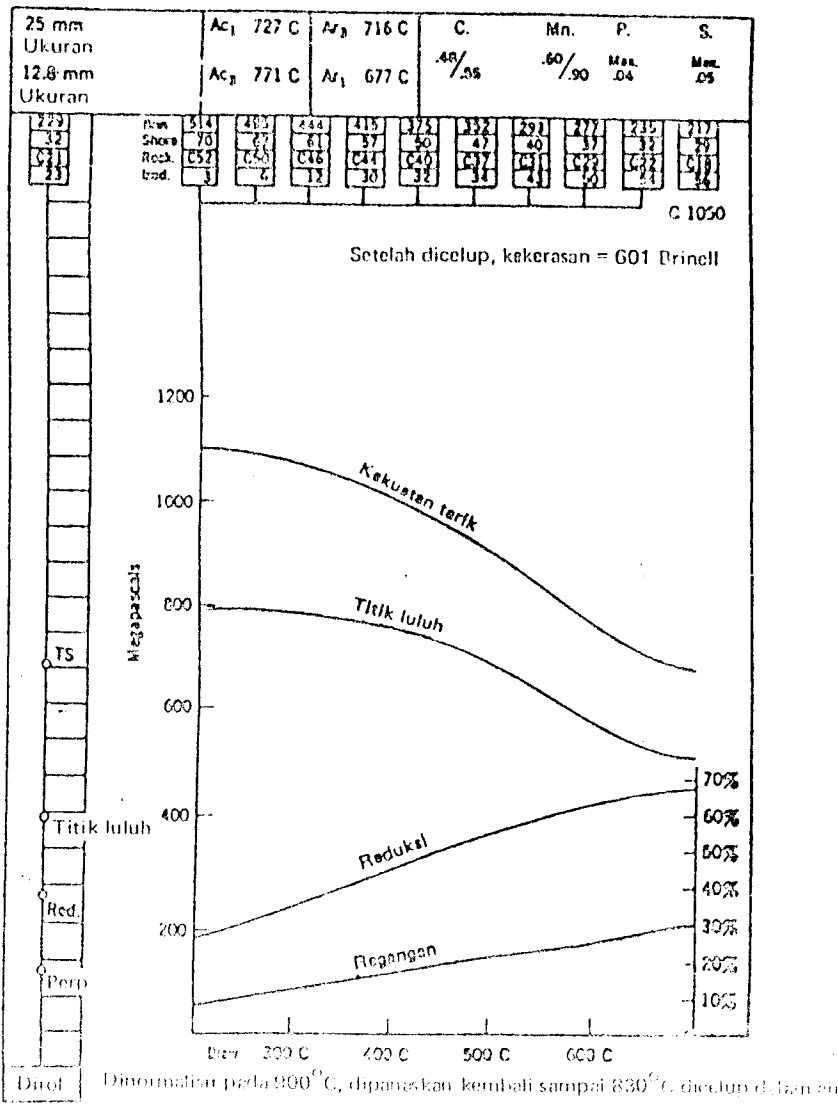
Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan. Melalui proses tempering, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan.

Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula, sedangkan keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat.

Proses temper seperti gambar 5, terdiri dari pemanasan kembali dari baja yang telah dikeraskan pada suhu dibawah suhu kritis, disusul dengan pendinginan.

Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak, proses ini berbeda dengan proses hardening karena disini sifat-sifat fisis dapat dikendalikan dengan cermat. Struktur akhir hasil temper baja yang dikeraskan disebut martensit temper.





Gbr 5. Sifat fisis baja AISI, berbutir halus dicelupkan dalam air (B.H. Amstead. 1993)

Kemudian ada dua proses khusus dimana diterapkan pencelupan tertunda, baja yang dikeraskan dicelup dalam dapur garam pada suhu yang lebih rendah sebelum didinginkan lebih lanjut.

Proses ini dikenal dengan nama austemper dan martemper dimungkinkan diperolehnya sifat fisik khusus.

c. Menyepuh

Proses penyepuhan pada baja karbon bertujuan untuk memperoleh kekerasan yang maksimum. Kekerasan baja yang telah dicelup dingin sangat tergantung kadar karbonnya.

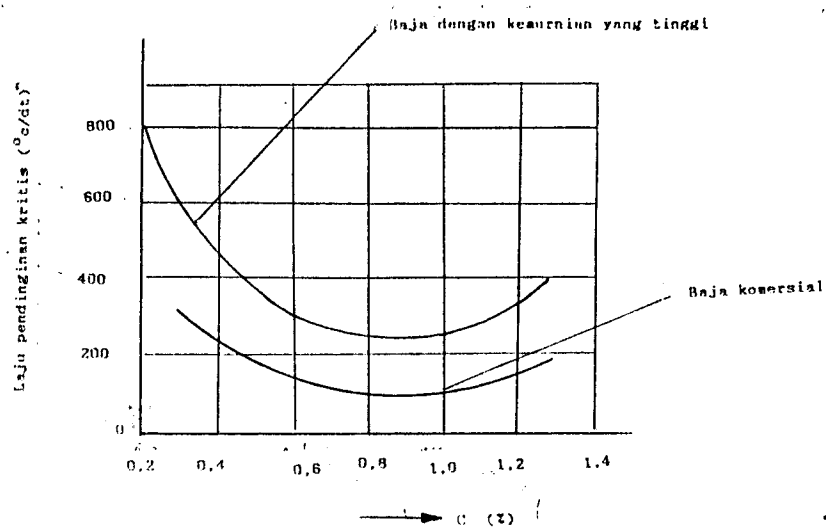
Kekerasan baja setelah dicelup dingin meningkat hampir berbanding lurus dengan kadar karbon sampai 0,6 %, selanjutnya peningkatan gradien lebih kecil kalau kadar karbon meningkat. Untuk memberikan keuletan dan kekerasan pada baja, pertama baja harus dikeraskan dengan mencelup dingin lebih baik mempunyai 100 % martensit setelah dicelup dingin, tetapi untuk mendapatkan 100 % martensit harus didinginkan pada pendinginan tertentu yang lebih keras dari pendinginan kritis dari fasa austenit.

Hal-hal yang mempengaruhi terbentuknya struktur martensit pada baja dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu :

- 1). Kadar karbon yang dikandung baja.
- 2). Kadar campuran (paduan) yang dimiliki.
- 3). Besar butir yang dimiliki.

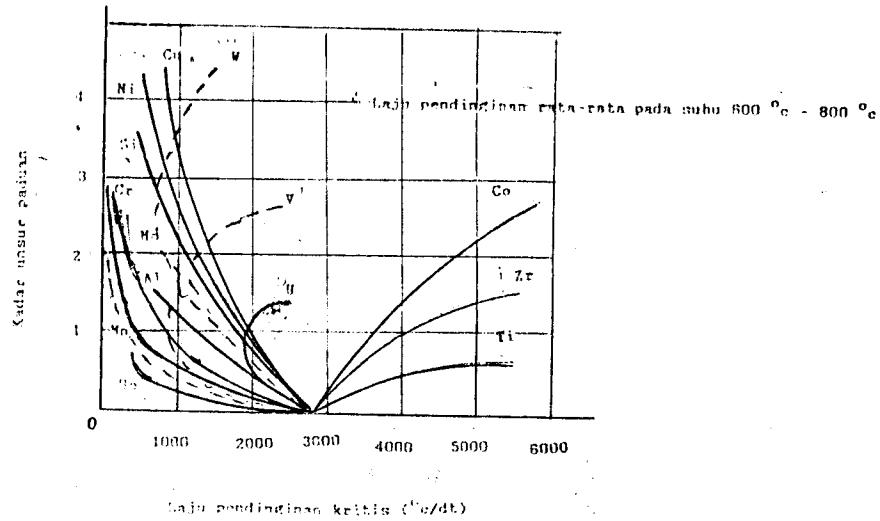
#### 4). Kecepatan pendinginan.

Pada gambar 6 dapat dilihat pengaruh kadar karbon pada laju pendinginan kritis. Kalau kadar karbon meningkat, mampu keras lebih baik dan mencapai tertinggi pada 0,8 - 0,9 % c. Baja komersial mempunyai mampu keras yang lebih baik karena mengandung Si, Mn, dan unsur-unsur lain.



Gbr 6. Hubungan antara jumlah karbon dan laju pendinginan kritis pada baja karbon (Sriati Djaprie : 1994).

Pada gambar 7 dapat dilihat hubungan antara kadar unsur-unsur paduan dan laju pendinginan kritis kalau beberapa unsur ditambahkan pada baja 0,3 % c.



Gbr 7. Pengaruh berbagai unsur paduan yang ditambahkan pada baja 0,3 % c terhadap laju pendinginan kritis (Sriati Djaprie : 1994).

Unsur-unsur lain selain c untuk menurunkan laju pendinginan kritis dan memperbaiki mampu keras dengan penambahan sekurang-kurangnya sampai jumlah tertentu. Unsur-unsur seperti Mn, Cr, Mo, Ni, Si, dan sebagainya, memperbaiki mampu keras yang lebih baik dengan kadar yang lebih, sedangkan unsur-unsur lain seperti Ti, V, Zr, W, U, dan sebagainya dengan penambahan yang berlebihan menurunkan mampu keras, sedangkan Fe sangat memperbaiki mampu keras.

ALIK UPI PERUSAHAAN  
KID. PADANG

Disamping itu sebagai suatu faktor pada mampu keras adalah ukuran butir austenit. Makin besar ukuran butir austenit makin baik pengaruhnya terhadap mampu keras karena transformasi proeutektoid dan perlit terjadi pada batas butir austenit, sehingga semakin banyak batas butir makin banyak tempat pengintian, jadi transformasi demikian mudah terjadi.

Kalau batas butir mengecil maka transformasi berkurang, hal ini menyebabkan mudahnya terjadi transformasi martensit. Proses pembentukan martensit, pendinginan lambat pada baja dari daerah austenit akan terjadi perlit dan ferit, tetapi bila pendinginannya cepat akan terjadi martensit.

Martensit hasil pencelupan dingin ini kekerasan strukturnya berbeda-beda tergantung kadar karbon yang dikandungnya, sedangkan struktur yang terbentuk juga dipengaruhi oleh adanya struktur austenit sisa, dengan adanya austenit sisa kekerasan hasil proses menjadi lebih rendah, jika dibandingkan dengan struktur martensit total.

Kecepatan pendinginan logam ditentukan oleh media pendinginan yang dipakai, suhu awal pendinginan, besar benda, unsur campuran dan besar butir.

Agar pada akhir pendinginan dihasilkan struktur martensit, maka kecepatan pendinginan yang dilakukan harus lebih tinggi dari kecepatan pendinginan kritis.

Pada proses ini akan terdapat tegangan dalam yang diakibatkan karena tidak seragamnya proses kecepatan pendinginan antara permukaan benda dengan bagian intinya, hal ini menyebabkan perbedaan perubahan volume.

Ketika baja dicelupkan ke media pendinginan bagian permukaan cepat mendingin dan membentuk struktur martensit dengan volume yang kecil, sedang bagian inti struktur yang terjadi mempunyai volume yang lebih besar, sehingga terjadi pengintian pada bagian permukaan yang jauh lebih besar dibanding bagian dalam, hal ini menimbulkan tegangan tarik pada bagian luar dan tegangan tekan pada bagian dalam.

Untuk mengatasi atau mengurangi kemungkinan terjadinya keretakan dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1). Menghilangkan seluruh tegangan akibat pengerjaan mekanis.
- 2). Dilakukan proses anealing sebelum disepuh.
- 3). Pemanasan harus seragam.

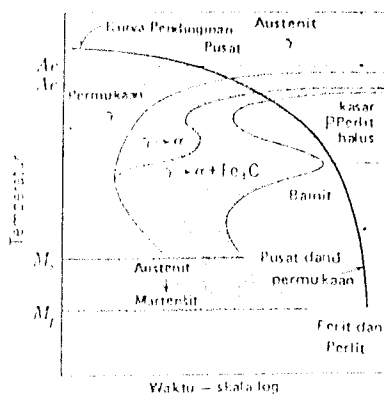
- 4). Kecepatan diambil yang paling lambat untuk memperoleh struktur yang dikehendaki.
- 5). Pendinginan harus seragam.
- 6). Menghindari bentuk-bentuk yang bersudut tajam atau ketidakseimbangan yang menyolok.
- 7). Segera dilakukan proses tempering setelah dilakukan proses penyepuhan.

#### d. Anil

Tujuan utama dari proses anil adalah pelunakkan sehingga baja yang keras dapat dikerjakan melalui pemesinan atau pengerjaan dingin.

Hal ini dilakukan dengan memanaskannya sedikit diatas suhu kritis  $A_{c3}$ , dibiarkan sampai suhu merata dan disusul dengan pendinginan secara perlahan-lahan sambil dijaga agar suhu dibagian luar dan dalam kira-kira sama.

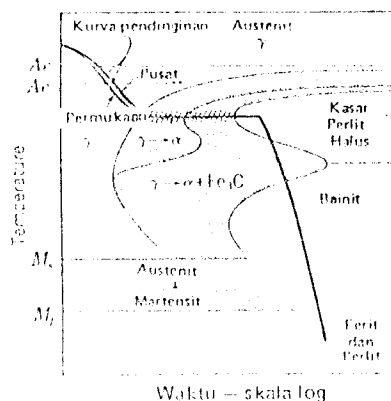
Proses pada gambar 8 disebut proses anil sempurna (full annealing) karena struktur sebelumnya akan berubah, struktur kristal merata dan logam lebih lunak. Anil juga dapat meniadakan tegangan dalam.



Gbr 8. Kurva transformasi untuk anil sempurna (B.H. Amstead. 1993).

### 1). Anil isotermal

Siklus anil isotermal dapat dilihat pada gambar 9 dibawah ini.



Gbr 9. Diagram transformasi untuk anil isotermal (B.H. Amstead. 1993).

Baja didinginkan dengan cepat sampai mencapai suhu dimana austenit dapat



bertransformasi menjadi agregat ferit karbida yang relatif lunak dalam waktu yang sangat singkat, kemudian ditahan beberapa waktu (sesuai kebutuhan) sehingga semua austenit ditransformasikan menjadi pearlit. Setelah transformasi selesai baja didinginkan dengan berbagai cara.

Anil isothermal menghasilkan perlit dengan struktur yang merata. Kehalusan butirnya tergantung pada suhu transformasi.

## 2). Proses anil

Anil proses diterapkan dalam industri lembaran dan kawat sewaktu proses pengerjaan dingin dan prosesnya melalui pemanasan baja pada suhu sedikit dibawah suhu kritis diikuti dengan pendinginan perlahan-lahan.

Proses ini lebih cepat daripada proses sferoidisasi dan menghasilkan struktur perlit yang lebih keras dan kurang ulet dibandingkan dengan hasil anil penuh. Pada suhu pemanasan yang lebih rendah kecenderungan untuk pengkerakan (scalling) atau dekarburisasi berkurang.

## e. Normalisasi dan sferoidisasi

Proses normalisasi terdiri dari pemanasan baja 10 sampai 40 ° c diatas daerah temperatur

kritis atas dan disusul dengan pendinginan dalam udara. Proses ini biasanya diterapkan pada baja karbon rendah dan sedang atau baja paduan agar struktur butiran merata, atau untuk menghilangkan tegangan dalam atau untuk memperoleh sifat-sifat fisis yang diinginkan.

Umumnya setelah digiling atau dicor baja mengalami proses normalisasi. Spheroidisasi adalah proses perlakuan panas dimana dihasilkan struktur dengan sementit berbentuk spheroidal. Baja dipanaskan secara perlahan-lahan sampai mencapai suhu sedikit dibawah suhu kritis atas dan dibiarkan selama beberapa saat. Perlakuan panas ini biasa diterapkan pada baja hipereutektoid yang harus mengalami proses pemesian.

#### f. Pengerasan permukaan

##### 1). Karburasi (Karburisasi)

Karburasi adalah cara pengerasan permukaan yang telah dikenal orang sejak dulu dimana besi selalu dipanaskan dalam lingkungan yang mengandung karbon baik dalam bentuk padat, cair ataupun gas.

Besi pada suhu sekitar suhu kritis mempunyai afinitas terhadap karbon. Karbon diabsorpsi kedalam logam membentuk larutan

padat dengan besi dan lapisan luar memiliki kadar karbon yang tinggi.

Bila dibiarkan lebih lama karbon akan mempunyai kesempatan untuk berdifusi kebagian-bagian sebelah dalam. Tebal lapisan tergantung pada waktu dan suhu perlakuan panas.

## 2). Karbonitriding

Karbonitriding, sianida kering atau nikarbing, adalah suatu proses pengerasan permukaan dimana baja dipanaskan diatas suhu kritis didalam lingkungan gas yang mengandung karbon dan nitrogen, sehingga unsur karbon + nitrogen terserap secara bersama-sama. Dapat digunakan gas amonia atau gas yang kaya akan karbon. Lapisan yang aus mempunyai ketebalan antara 0,08 sampai 0,75 mm.

Keuntungan karbonitriding adalah bahwa kemampuan pengerasan lapisan luar meningkat bila ditambahkan nitrogen sehingga dapat dimanfaatkan baja yang relatif murah.

## 3). Cyaniding

Cyaniding adalah karbonitriding cair merupakan proses dimana terjadi absorpsi karbon dan nitrogen untuk memperoleh permukaan yang keras pada baja karbon rendah yang sulit dikeraskan.

Benda yang dikeraskan dimasukkan kedalam dapur yang mengandung garam cyanida natrium, suhunya sedikit diatas daerah  $A_{c1}$ . Lama pemanasan tergantung pada luas permukaan dan ukuran yang akan dikeraskan.

Benda kemudian dicelupkan dalam air atau minyak untuk mendapatkan permukaan yang keras. Tebal lapisan berkisar antara 0,10 sampai 0,40 mm.

Cyaniding terutama diterapkan untuk perlakuan panas bagian-bagian yang kecil.

#### 4). Nitriding

Proses nitriding adalah proses pengerasan permukaan, disini digunakan bahan dan suhu pemanasan yang berlainan. Logam dipanaskan sampai sekitar 510-540 °C didalam lingkungan gas amonia selama beberapa waktu dan didinginkan didalam furnace.

Nitrogen yang diserap oleh logam akan membentuk nitrida yang keras yang tersebar merata pada permukaan logam. Telah dibuat logam paduan khusus untuk proses ini.

Aluminium sebanyak 1 sampai 1,5 %, berkombinasi dengan gas membentuk partikel yang stabil dan keras. Suhu pemanasan berkisar antara 495 sampai 565 °C.

g. Pengerasan induksi

Akhir-akhir ini penggunaan arus induksi dalam industri mengalami kemajuan pesat. Termasuk penggunaan arus listrik untuk pencairan logam, pengerasan, dan perlakuan panas lainnya, seperti pemanasan permukaan untuk penempaan, pemanasan untuk sinter, brazing dan perlakuan sejenis.

Arus bolak balik berfrekuensi tinggi berasal dari pembangkit, konverter merkuri, osilator spark atau osilator tabung. Frekuensi biasanya dari 10.000 - 500.000 Hz. Untuk benda yang tipis digunakan frekuensi tinggi, sedangkan untuk benda yang tebal/sedang digunakan yang rendah.

h. Pengerasan nyala

Dasar pengerasan nyala adalah sama dengan pengerasan induksi, yaitu pemanasan yang cepat disusul dengan pencelupan permukaan. Tebal lapisan yang mengeras tergantung pada kemampuan pengerasan bahan, karena selama proses pengerasan tidak ada penambahan unsur-unsur lainnya.

Pemanasan dilakukan dengan nyala oksidasi yang dibiarkan memanasi permukaan logam sampai mencapai suhu kritis. Pada alat dipasang pula aliran air pendingin sehingga segera setelah suhu yang diinginkan tercapai, permukaan langsung disemprot dengan air. Bila dikendalikan dengan baik bagian dalam tidak terpengaruh.

Tebal lapisan yang keras tergantung pada waktu pemanasan dan suhu nyala.

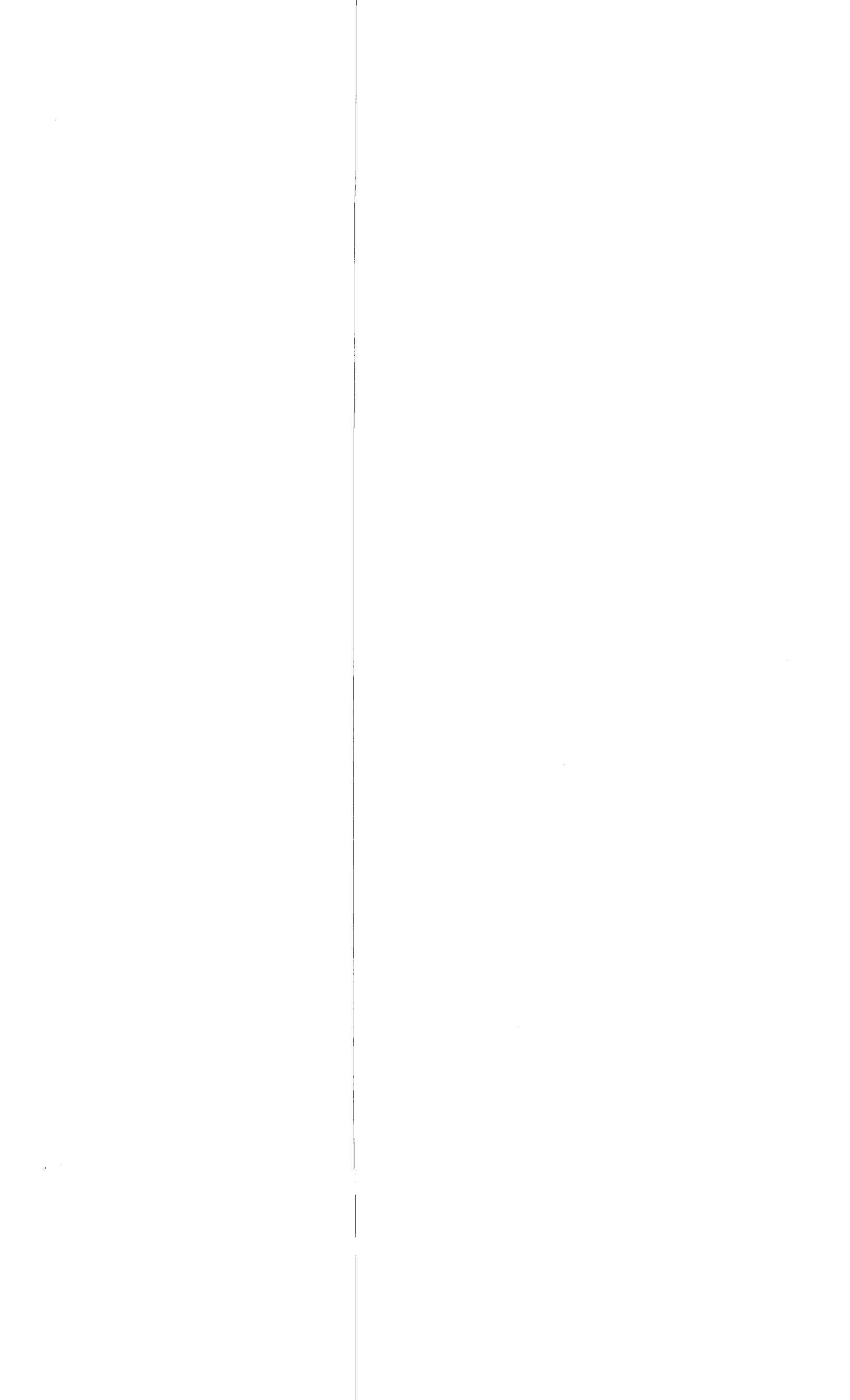
i. Pengerasan endapan

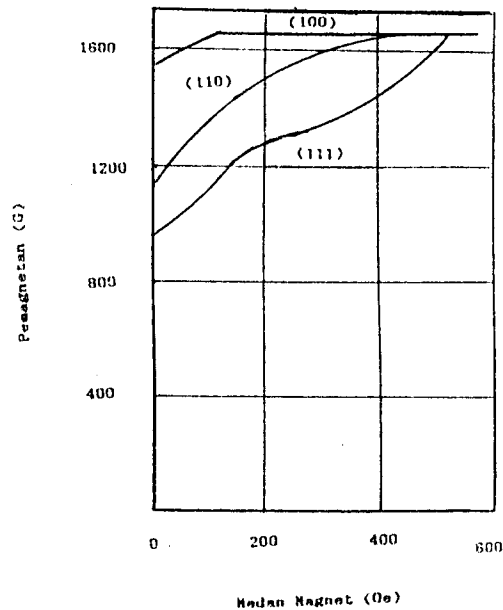
Pengerasan endapan hanya dapat diterapkan pada paduan dimana daya larut suatu komponen berkurang dengan menurunnya suhu.

C. Kerangka Berfikir

1. Proses perlakuan permukaan

Proses perlakuan silikat pada baja karbon rendah akan membentuk paduan FeSi yang biasa disebut ferrosilikon. Pada penambahan sekitar 1,3 sampai 2,0 % Si pada baja karbon rendah akan meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan mulur, kekurangan luas dan kekuatan impact.





Gbr 10. Kurva kemagnitan dari besi kristal tunggal dalam arah aksial utama (George E.Dieter.1990)

Penambahan Si yang lebih tinggi lagi sekitar 2,5 sampai 4,2 % Si, pada baja karbon akan meningkatkan permeabilitas magnitnya. Kandungan-kandungan yang berpengaruh besar pada bahan adalah karbon dan silisium, untuk mendapatkan struktur yang baik kandungan karbon harus ada pada daerah yang cocok, yang berubah menurut kandungan silisium.

Kadar Si pada baja karbon semakin tinggi, akan meningkatkan kekerasan baja karbon. Proses ferrosilikon merupakan proses perlakuan permukaan pada baja karbon rendah dengan campuran besi cor dan kaca/gelas.



Pembentukan ferrosilikon terjadi pada temperatur 1150 °c sehingga menyebabkan difusi dari silikat ke besi cor sehingga membentuk ferrosilikon yang membentuk lapisan pada logam induk dan menyebabkan proses perlakuan permukaan material ke logam induk.

Material yang digunakan untuk proses perlakuan permukaan ini adalah :

- Pecahan besi cor
- Pecahan kaca/gelas.

Proses perlakuan permukaan ini melalui dua tahap yaitu :

- a. Pertama-tama permukaan baja karbon rendah yang permukaannya mengandung silisium dengan konsentrasi tinggi lalu berpenetrasi kedalam logam induk.
- b. Kemudian reaksi besi cor dengan kaca/gelas akan membentuk lapisan pada logam induk.

## 2. Mekanisme perlakuan permukaan

Pecahan besi cor dan kaca/gelas diletakkan pada permukaan cangkul yang akan dikerjakan kemudian dimasukkan ke dapur pemanas, dipanaskan sampai temperatur 1150 °c.

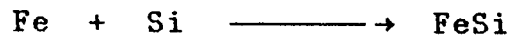
Karena titik cair kaca/gelas lebih rendah dari besi cor maka kaca/gelas akan mencair lebih dahulu.

Reaksi yang terjadi adalah :

---



Si hasil reduksi ini akan berpenetrasi dengan logam induk dan juga bereaksi dengan besi cor, reaksi yang terjadi adalah :



dengan panas pembentukannya adalah :

$$\Delta H = - 19.200 \text{ Cal.}$$

Ferrosilikon yang terbentuk akan membentuk lapisan pada baja induk. Ada tiga macam senyawa kimia yang terbentuk hal ini tergantung kandungan dari silikonnya.

### 3. Teori perlakuan permukaan pada logam

Proses perlakuan permukaan dimulai dengan penyerapan atom-atom Si kedalam logam induk (permukaan baja) setelah besi cor mencair, dan terjadi pada temperatur 1150 °C. Penyerapan atom-atom Si kedalam besi cor sehingga membentuk lapisan pada permukaan baja dengan fasa Fe Si, Fe<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>Si<sub>5</sub>.

Kadar Si yang tinggi tersebut sebagian akan berpenetrasi kedalam logam induk secara difusi. Kekurangan kadar Si dipermukaan secara kontinu akan

disupply kembali oleh pengendapan Si melalui reaksi antara silikat dengan karbon.

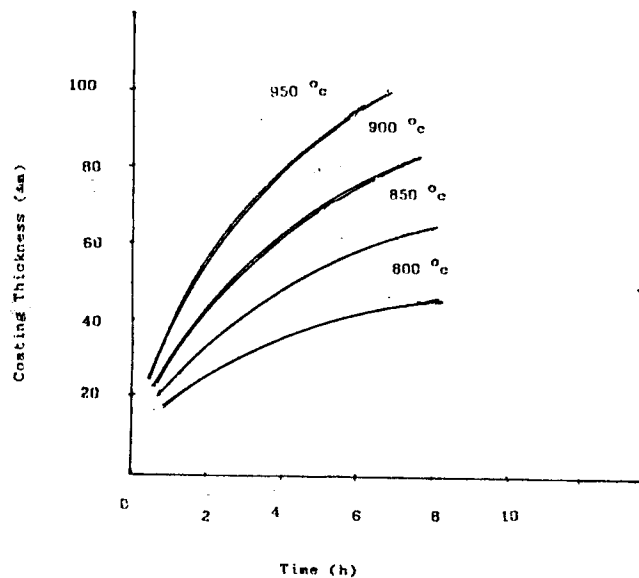
Penetrasi Si kedalam logam induk terus terjadi seiring dengan pengendapan Si dipermukaan. Silikon akan terserap oleh besi cor sehingga akan membentuk ferrosilikon (Fe Si), karbon yang ada didalam besi cor akan menjadi gas CO dan kerak, sedangkan silikon yang berpenetrasi kedalam logam induk akan meningkat kadar Si pada logam induk, sehingga memperbaiki sifat-sifat fisis dan mekanis dari logam induk.

#### 4. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses perlakuan permukaan.

Proses perlakuan permukaan ini banyak dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain :

- a). Pengaruh temperatur, dengan meningkatnya temperatur proses, maka energi termal semakin meningkat pula. Energi termal makin tinggi menyebabkan loncatan-loncatan atom Si makin jauh menyatu kedalam logam induk atau dengan kata lain lapisan permukaan akan semakin tebal.
- b). Pengaruh waktu proses. Semakin lama waktu tahan proses, maka waktu yang diberikan atom-atom Si yang menyatu untuk loncatan dari suatu posisi ke posisi lainnya yang lebih jauh didalam kisi matrik logam pelarut akan semakin banyak, sehingga

ketebalan lapisan akan semakin meningkat.



Gbr 11. Pengaruh waktu dan temperatur proses terhadap ketebalan lapisan (Avner Sidney H. 1974).

- c). Pengaruh kandungan karbon, kelangsungan penyatuan Si juga tergantung dari komposisi baja. Pengaruh dari kenaikan karbon dan elemen lain didalam baja akan menghalangi penyatuan lebih lanjut dari Si, sehingga akan menurunkan ketebalan dari lapisan.

#### D. Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perbandingan kekerasan baja karbon rendah yang mengalami perlakuan permukaan dengan baja karbon

- rendah yang hanya mengalami perlakuan panas.
2. Sejauh mana pengaruh perlakuan permukaan pada baja karbon rendah dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor terhadap sifat fisis dan sifat mekanis.
  3. Melihat struktur mikro baja karbon rendah dari masing-masing benda uji.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Wilayah Generalisasi

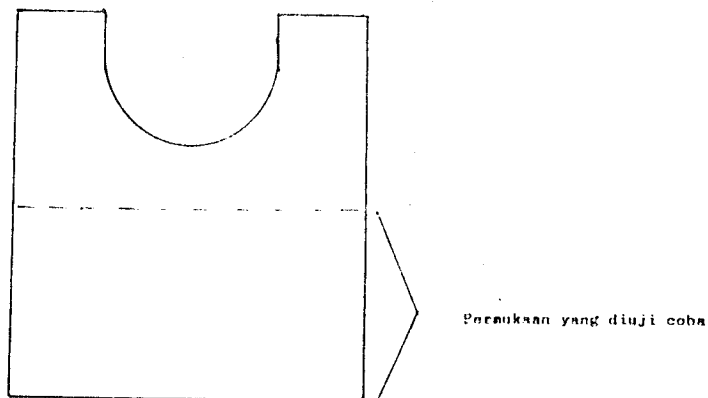
Penelitian ini berbentuk eksperimen yang dilaksanakan di Labor Teknologi Produksi Jurusan PT. Mesin FPTK IKIP Padang, yaitu pelaksanaan proses pembuatan cangkul dan proses perlakuan panas dan permukaan sebagai bahan uji, sedangkan proses pengujian kekerasan dengan alat uji Vickers serta pengujian struktur mikro menggunakan alat mikroskop optik dan pengambilan fotonya dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan PT. Nurindo Metal Tanjung Priok Jakarta.

#### B. Populasi dan Sampel

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan cangkul tersebut adalah plat bekas dinding kapal Rinjani yang terbuat dari baja karbon rendah. Plat ini penulis dapatkan sewaktu mengikuti magang industri di PT. Dok & Perkapalan Koja Bahari Unit Galangan Jakarta II di Tanjung Priok Jakarta.

Cangkul yang akan diteliti ini adalah merupakan cangkul yang belum mengalami proses perlakuan permukaan dan proses perlakuan panas. Permukaan cangkul yang akan diuji hanya pada salah satu sisinya, yaitu pada sisi

dalam dan hanya setengah dari permukaan yang akan diuji coba, seperti terlihat pada gambar 12.



Gbr 12. Permukaan cangkul yang diuji coba.

### C. Disain Penelitian

Proses pembuatan cangkul yaitu dengan memotong plat bekas dinding kapal yang terbuat dari baja karbon rendah sebesar kira-kira 90 x 100 mm dengan ketebalan 15 mm. Potongan baja tersebut dimasukkan kedalam dapur tempa hingga mencapai suhu diatas 830 °c (diukur dengan pirometer ) kemudian dilakukan penempaan sampai diperoleh bentuk cangkul yang diinginkan.

Setelah diperoleh bentuk cangkul lalu dilakukan proses perlakuan panas dengan cara menyepuh dimana cangkul dipanaskan sampai temperatur  $\pm 1000$  °c selama  $\pm 15$  menit, kemudian dicelupkan secara cepat kedalam air (lama pencelupan sekitar 1/10 detik), pencelupan ini



dilakukan secara berulang-ulang sampai cangkul menjadi dingin. Pencelupan secara terputus ini dilakukan agar diperoleh cangkul yang keras dan liat.

Sedangkan teknis pelaksanaan perlakuan permukaan yaitu dengan cara sebagai berikut :

1. Nyalakan dapur pemanas (oven) yang telah disiapkan.
2. Letakkan campuran kaca/gelas dan besi cor diatas permukaan cangkul (pada bagian yang akan diuji coba)
3. Masukkan cangkul kedalam dapur pemanas lalu panaskan sampai dimana kaca/gelas dan besi cor mencair (kaca/gelas dan besi cor mempunyai titik cair dibawah titik cair baja karbon rendah)
4. Selama pemanasan, dapur pemanas harus bekerja secara kontinu agar diperoleh panas sempurna.
5. Setelah kaca/gelas dan besi cor mencair, ratakan keseluruhan permukaan cangkul yang perlu mendapat percobaan, keadaan ini dipertahankan sampai beberapa saat (sekitar 2 menit) pada suhu sekitar 1150 °c.
6. Cangkul yang telah siap dikeluarkan dari dapur pemanas dan diletakkan diatas paron untuk ditempa yang bertujuan untuk meratakan permukaan yang telah mendapat perlakuan permukaan.
7. Lakukanlah pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan, pengujian pengaruh perlakuan permukaan terhadap permukaan cangkul sebelum dilakukan proses perlakuan panas.

MILIK UPT BANGUNAN  
IKIP PADANG

8. Selanjutnya cangkul yang telah selesai tersebut dilanjutkan dengan proses perlakuan panas yaitu proses penyepuhan yang mana sama dengan proses penyepuhan cangkul sebelum proses perlakuan permukaan.
9. Kemudian lakukan lagi pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan, pengujian pengaruh perlakuan permukaan terhadap permukaan cangkul yang telah dilakukan proses perlakuan panas.

#### D. Instrumen Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Palu besi
2. Landasan tempa (paron)
3. Dapur tempa
4. Smith tang (jepitan)
5. Pahat
6. Kikir
7. Gergaji tangan
8. Bak air
9. Jangka sorong (mistar ingsut)
10. Amplas
11. Timbangan
12. Dapur pemanas (oven)
13. Pipet
14. Kertas grafik

15. Kaca cermin
16. Mikroskop optik
17. Alat uji kekerasan Vickers
18. Kamera dan lensa makro
19. Phyrometer optik.

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Baja karbon rendah bekas dinding plat kapal
2. Kaca/gelas yang dipecah-pecah dengan ukuran 1,5 x 1,5 cm sebanyak 30 gram
3. Besi cor yang berupa pecahan-pecahan kecil ukuran 1,5 x 1,5 cm sebanyak 90 gram
4. Arang
5. Autusol
6. Larutan etsa 2 % Nital ( $\text{HNO}_3$ ).

Perbandingan komposisi kaca/gelas dengan besi cor adalah 1 : 3.

#### E. Metode / Teknik Pengumpulan Data

Metode dan teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap yaitu :

1. Pengujian pertama dilakukan pada saat cangkul selesai dibuat dengan jalan penempaan kemudian dilanjutkan dengan pengujian kekerasan, struktur mikro, dan pengambilan foto sebelum dilakukan proses perlakuan panas.

2. Pengujian kedua dilakukan pada saat cangkul setelah mengalami proses perlakuan panas.
3. Pengujian ketiga dilakukan pada saat cangkul setelah mengalami proses perlakuan permukaan.
4. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian terakhir yaitu pada saat cangkul setelah mengalami proses perlakuan permukaan dan dilanjutkan dengan proses perlakuan panas.

Semua pengujian tersebut dilakukan dengan pengujian kekerasan dengan menggunakan alat uji Vickers, pengujian struktur mikro dengan alat uji mikroskop, serta pengambilan foto, semua data-data yang didapat dimasukkan kedalam tabel.

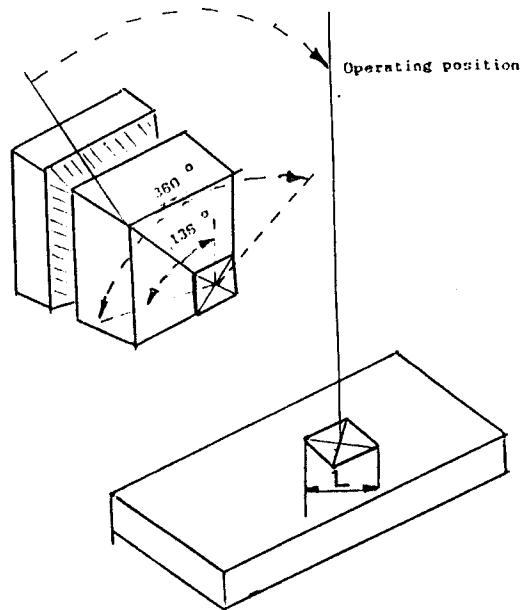
#### F. Analisa Data

##### 1. Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan baja karbon rendah yaitu dengan menggunakan alat uji kekerasan Vickers, yang mana pada alat tersebut juga dilengkapi dengan alat pengukur (manometer), jadi hasil kekerasan bahan uji langsung dapat dilihat (terukur) pada pembacaan jarum penunjuk manometer dari alat tersebut.

Alat uji ini dilengkapi dengan penunbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah  $136^{\circ}$ .

Karena bentuk penumbuknya piramida, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan seperti terlihat pada gambar 13.



Gbr 13. Pengujian kekerasan Vickers (George E. Dieter. 1990)

Angka kekerasan piramida intan (DPH) atau angka kekerasan Vickers (VHN atau VPH), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan.

Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik, panjang diagonal jejak dengan persamaan :

$$DPH = \frac{2 \cdot P \sin (\theta / 2 )}{L^2} = \frac{1,854 P}{L^2}$$

dimana  $P$  = Beban yang diterapkan (kg)  
 $L$  = Panjang diagonal rata-rata (mm)  
 $\theta$  = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan  $136^{\circ}\text{c}$ .

Skala Vickers ini banyak digunakan untuk menguji logam yang sangat lunak hingga logam yang sangat keras, pada pengujian ini dengan menggunakan beban 294 N (30 kg).

## 2. Pengujian struktur mikro

Pengamatan struktur mikro dengan menggunakan alat mikroskop optik. Cangkul yang telah dipotong-potong sebesar 10 x 20 mm, kemudian dihaluskan dengan amplas, mulai dari yang kasar hingga yang halus, setelah halus dipoles dengan autusol untuk menghilangkan goresan-goresan bekas amplas.

Setelah dipoles sampel dietsa dengan larutan 2 % Nital hingga terbentuk (terlihat) struktur mikronya, yang dapat dilihat dengan menggunakan alat mikroskop optik yang telah disediakan. Selanjutnya dilakukan pengambilan foto dengan menggunakan kamera yang dipasang pada mikroskop.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Deskripsi Lokasi, Subjek dan Data

##### 1. Deskripsi lokasi dan subjek penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Teknologi Produksi Jurusan PT. Mesin FPTK IKIP Padang dan laboratorium Pengujian Bahan PT. Nurindo Metal Tanjung Priok Jakarta.

Bahan baku yang dipakai yaitu baja karbon rendah yang diambil dari plat bekas dinding kapal. Dalam pembuatan cangkul sebagai bahan uji dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Produksi FPTK IKIP Padang, yaitu dalam pengerjaan :

- a. Penempaan
- b. Proses perlakuan panas dengan jalan penyepuhan
- c. Proses perlakuan permukaan, yaitu dengan jalan memanaskan bahan uji didalam tungku pemanas (furnace), antara cangkul dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor.

Sedangkan pengujian kekerasan bahan uji dengan menggunakan mesin penguji kekerasan Vickers dan melihat struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik serta pengambilan foto untuk melihat struktur mikro dari bahan uji dengan menggunakan kamera optik yang dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan PT. Nurindo Metal Tanjung Priok Jakarta.





## 2. Data penelitian

## a. Hasil pengujian kekerasan

Tabel 6. Bahan baku yang dipakai.

Titik	HV (kg/mm <sup>2</sup> )
1	145,43
2	145,43
3	139,44
4	139,44
5	139,44

Tabel 7. Benda uji setelah disepuh.

Titik	HV (kg/mm <sup>2</sup> )
1	475,24
2	557,75
3	557,75
4	475,24
5	514,02

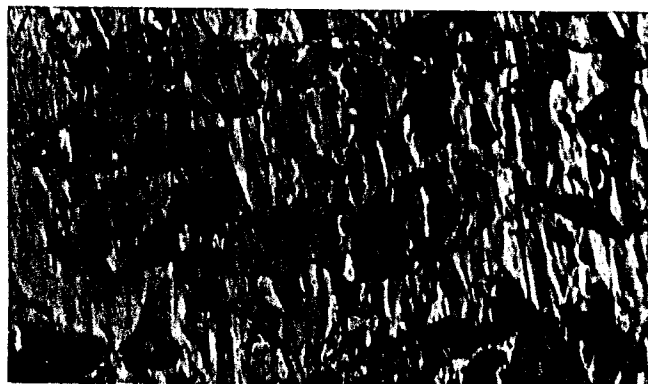
Tabel 8. Benda uji setelah perlakuan permukaan.

Titik	HV (kg/mm <sup>2</sup> )
1	991,55
2	991,55
3	991,55
4	991,55
5	889,92

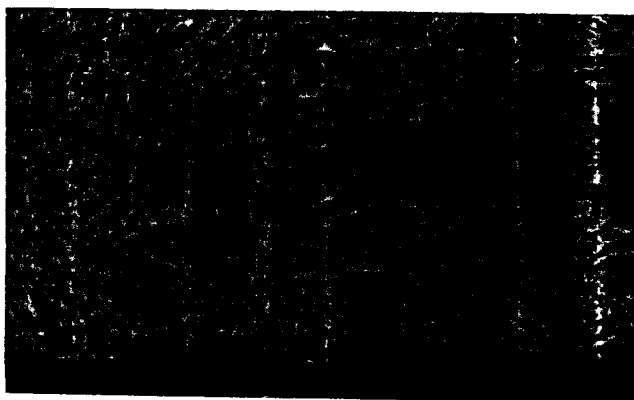
Tabel 9. Benda uji setelah perlakuan permukaan kemudian disepuh.

Titik	HV ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )
1	607,30
2	663,76
3	663,76
4	663,76
5	673,15

b. Hasil pengujian struktur mikro.



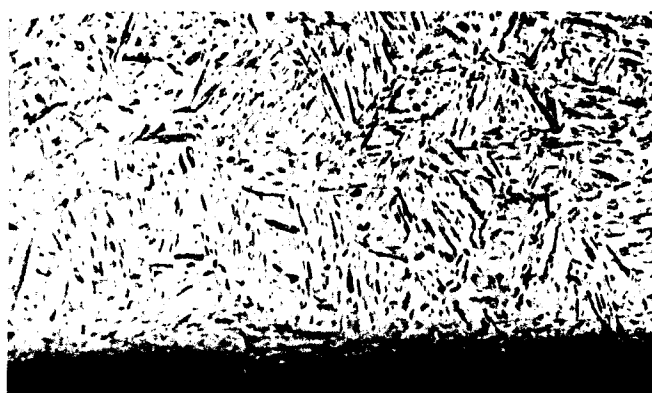
Gbr 14. Bahan baku yang dipakai (diperbesar 200 X)



Gbr 15. Benda uji setelah disepuh (diperbesar 200 X)



Gbr 16 Benda uji setelah perlakuan permukaan  
(diperbesar 200 X)



Gbr 17. Benda uji setelah perlakuan permukaan  
kemudian disepuh (diperbesar 200 X)

## B. Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

### 1. Analisis data penelitian

#### a. Pengujian kekerasan Vickers

Dari hasil pengujian kekerasan dapat dilihat  
antara lain :



- 1). Pada proses laku panas penyepuhan, baja karbon rendah (cangkul) meningkat kekerasannya sedikit yaitu rata-rata  $516 \text{ kg/mm}^2$ , Proses penyepuhannya dengan celup terputus, untuk menghindari keretakan.

Dengan waktu pendinginan yang agak lambat jika dibandingkan dengan celup langsung, maka transformasi austenit ke martensit tidak bisa terbentuk 100 %. Martensit sangat labil jika ada kesempatan martensit ini akan berubah menjadi perlit ( $\alpha + C$ ).

Baja yang dihasilkan oleh celup terputus ini kekerasannya sedikit dibawah kekerasan celup langsung tapi mempunyai ketangguhan yang baik.

Sedangkan celup langsung kekerasannya meningkat karena proses pencelupannya sangat cepat sehingga martensit yang terbentuk lebih banyak jika dibandingkan dengan celup terputus.

- 2). Baja karbon rendah (cangkul) yang telah mendapat perlakuan permukaan kekerasannya jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang tidak mendapat perlakuan permukaan yaitu rata-rata  $971,224 \text{ kg/mm}^2$ .

Disini terlihat pengaruh Si didalam baja, semakin tinggi kadar Si semakin keras baja tersebut.

Pengaruh unsur paduan Si akan memperlambat transformasi dari austenit ke pearlit (ferit + karbida), oleh karena itu waktu yang tersedia untuk pembentukan fase transisi martensit lebih lama, sehingga mempunyai mampu keras yang lebih tinggi.

3). Baja karbon rendah (cangkul) setelah mengalami perlakuan permukaan kemudian disepuh, kekerasannya turun yaitu rata-rata menjadi  $654,346 \text{ kg/mm}^2$ , tetapi kekerasannya masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan cangkul yang hanya mengalami proses penyepuhan. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh :

- a). Kurang tingginya suhu pemanasan disaat penyepuhan, padahal suhu eutektoid paduan ferrosilikon adalah diatas  $900^\circ\text{C}$  (semakin tinggi kadar Si, semakin tinggi temperatur eutektoid)
- b). Akibat pemanasan tersebut permukaan baja yang telah mengalami perlakuan permukaan terjadi oksidasi, sehingga banyak Si yang berubah menjadi kerak, dengan menurunnya kadar Si akan turun pula kekerasannya.

- c). Kecepatan pendinginan yang terlalu cepat, sehingga austenit tidak cukup waktu untuk merubah seluruhnya menjadi martensit.

b. Pengujian struktur mikro

- 1). Struktur mikro dari baja karbon rendah (cangkul) setelah diquenching strukturnya lebih kasar. Pada permukaan baja terdapat perlit disamping martensit hal ini disebabkan karena proses pendinginan celup terputus.

Martensit merupakan fasa yang meta stabil, jika ada kesempatan martensit ini akan berubah menjadi perlit ( $\alpha + C$ ), dengan adanya perlit ini akan menurunkan kekerasannya.

- 2). Dari foto mikro baja karbon rendah (cangkul) yang mendapat perlakuan permukaan maka perubahannya lebih halus dan berbentuk martensit 100 %.

Struktur yang halus akan meningkatkan jumlah batas butir per satuan luas, sehingga meningkatkan kekerasannya. Pada bagian tengah banyak terdapat perlit karena proses pendinginan dibagian dalam lebih lambat dibandingkan pada permukaannya.

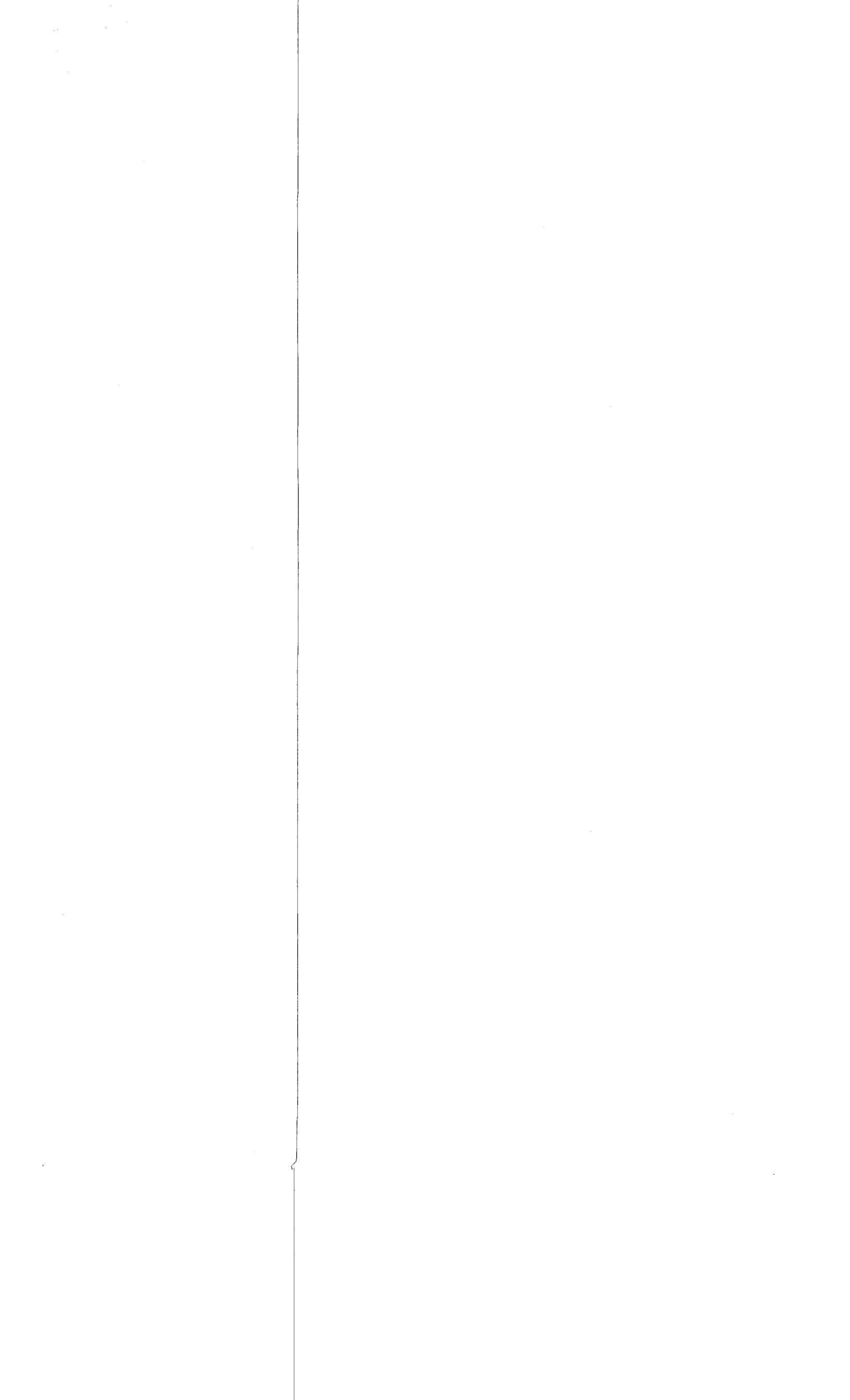
- 3). Pada baja karbon rendah (cangkul) yang telah mendapat perlakuan permukaan kemudian dilanjutkan dengan proses penyepuhan, kekerasannya agak turun sedangkan permukaan strukturnya juga agak kasar dan terdapat austenit sisa. Hal ini disebabkan oleh :
- a). Kecepatan pendinginan terlalu cepat, sehingga austenit tidak cukup waktu untuk merubah seluruhnya menjadi martensit.
  - b). Akibat oksidasi pada permukaannya, Si banyak yang hilang menjadi kerak, dengan menurunnya kadar Si akan menurunkan pula kekerasannya.

## 2. Pengujian hipotesis penelitian

Dari hasil penelitian ini dapat diuji hipotesis yang diajukan yaitu :

- a. Pada baja karbon rendah yang mengalami proses perlakuan permukaan (surface treatment) lebih tinggi tingkat kekerasannya yaitu rata-rata 971,224  $\text{kg/mm}^2$  pada 5 (lima) kali pengujian jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yang mengalami proses perlakuan panas (heat treatment) dalam hal ini dengan jalan penyepuhan yaitu kekerasannya rata-rata 516  $\text{kg/mm}^2$  pada 5 (lima) kali pengujian.

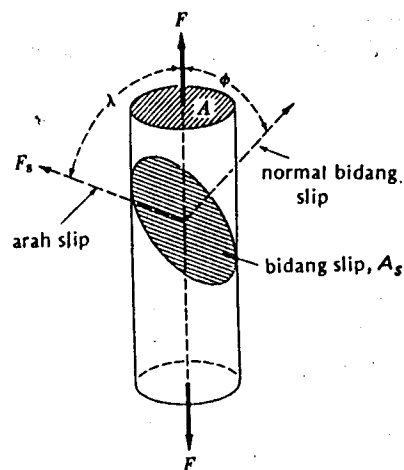




- b. Dari hasil foto struktur mikro permukaan benda uji dapat dilihat bahwa baja karbon rendah yang telah mengalami proses perlakuan permukaan (surface treatment), permukaannya lebih halus jika dibandingkan dengan permukaan baja karbon rendah yang telah mengalami proses perlakuan panas (heat treatment) yaitu dengan jalan penyepuhan yang mana permukaannya lebih kasar.
- c. Pengaruh perlakuan permukaan pada baja karbon rendah dalam hal ini akan dijadikan alat perkakas seperti cangkul, maka cangkul ini sangat banyak kelebihannya baik dari segi kekerasan maupun dari segi penggunaannya yaitu dapat digunakan untuk mencangkul tanah kering, maupun tanah liat, basah atau berlumpur, karena pada cangkul yang telah mengalami proses perlakuan permukaan ini permukaannya lebih halus dan licin.

### C. Pembahasan Hasil Penelitian

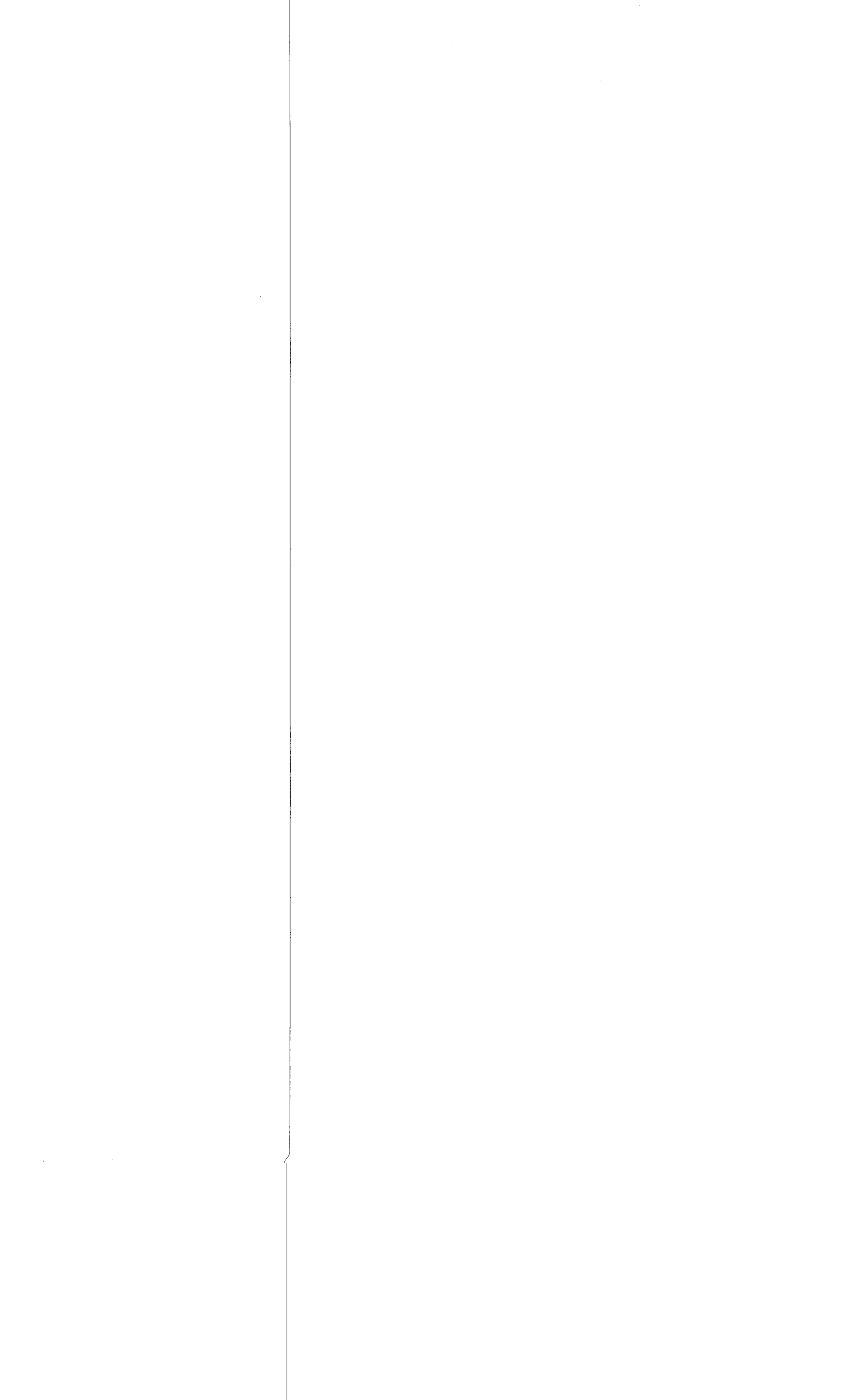
Bahan baku yang dipakai dalam pembuatan cangkul adalah baja karbon rendah dengan jalan penempaan. Proses penempaan dilakukan pada suhu tinggi diatas  $830^{\circ}\text{C}$  supaya tidak merusak struktur baja tersebut, kalau penempaan dilakukan pada suhu rendah maka struktur baja akan rusak.

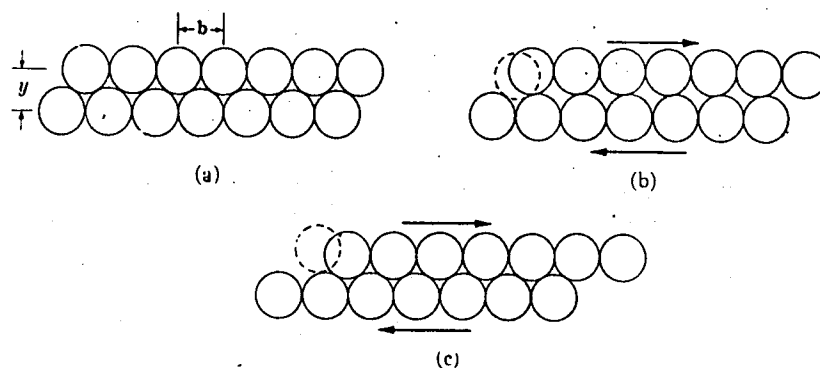


Gbr 18. Tegangan aksial diubah menjadi tegangan geser (Sriati Djaprie . 1994)

Pada waktu penempaan, logam mengalami deformasi plastik yang berupa geseran plastik atau slip, dimana bidang atom bergeser terhadap bidang atom di dekatnya. Deformasi geser juga terjadi bila ada gaya tekan atau tarik, karena gaya-gaya ini dapat diuraikan menjadi tegangan geser.

Pada proses pembuatan cangkul, disini terjadi deformasi plastik yang berupa gaya tekan. Gaya tekan yang terjadi diuraikan menjadi tegangan tekan. Mekanisme slip yang terjadi pada proses penempaan, hingga diperoleh bentuk yang diharapkan seperti gambar dibawah ini.





Gbr 19. Mekanisme slip pada deformasi plastik  
(Sriati Djaprie . 1994)

Efek lain dari penempaan ini yaitu merubah struktur logam menjadi lebih halus, sehingga meningkatkan jumlah batas butir per satuan luas pada logam maka akan meningkatkan kekerasan logam tersebut.

Penyepuhan atau aging pada cangkul dilakukan dengan celup terputus, untuk menghindari keretakan yang diakibatkan oleh tegangan-tegangan yang terjadi didalam logam akibat celup langsung. Dengan celup terputus, pendinginan bagian dalam dan luar logam akan berjalan secara serempak, sehingga retak celup langsung dapat dihindari.

Proses perlakuan permukaan yaitu dengan cara meletakkan pecahan besi cor dan pecahan kaca/gelas pada permukaan cangkul, kemudian dimasukkan ke dapur pemanas, dipanaskan sampai temperatur  $1150^{\circ}\text{C}$ .



Karena titik cair kaca/gelas lebih rendah dari besi cor, maka kaca/gelas akan terlebih dahulu mencair. Pembentukan ferrosilikon terjadi pada temperatur 1150 °c, sehingga mengakibatkan difusi dari silikat ke besi cor sehingga membentuk ferrosilikon yang membentuk lapisan pada logam induk dan menyebabkan proses perlakuan permukaan material ke logam induk (baja karbon rendah).

Untuk pengujian kekerasan dan pengambilan foto untuk melihat struktur mikro benda uji yaitu dengan jalan benda uji dipotong-potong dengan ukuran masing-masing 10 mm X 20 mm sebanyak 5 buah untuk pengujian yang terdiri dari :

- a. Pengujian bahan baku
- b. Pengujian bahan setelah disepuh
- c. Pengujian bahan setelah perlakuan permukaan
- d. Pengujian bahan setelah perlakuan permukaan dan disepuh

Kemudian masing-masing benda uji dibersihkan dengan menggunakan autusol, memoles, dilanjutkan dengan mengkaratkan untuk dapat melihat struktur mikro dengan bahan etsa 2 % Nital ( $\text{HNO}_3$ ).

Untuk melihat struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik dan dilanjutkan dengan pengambilan foto dengan kamera optik, dilanjutkan dengan pengujian kekerasan yaitu dengan mesin pengujian kekerasan Vickers.

Dari data hasil penelitian dapat dilihat bahwa baja karbon rendah yang telah mengalami proses perlakuan panas dengan cara penyepuhan kekerasannya akan meningkat yaitu rata-rata  $516 \text{ kg/mm}^2$  pada 5 kali percobaan, jika dibandingkan dengan hanya bahan baku yang telah mengalami proses penempaan yang kekerasannya rata-rata  $141,83 \text{ kg/mm}^2$ .

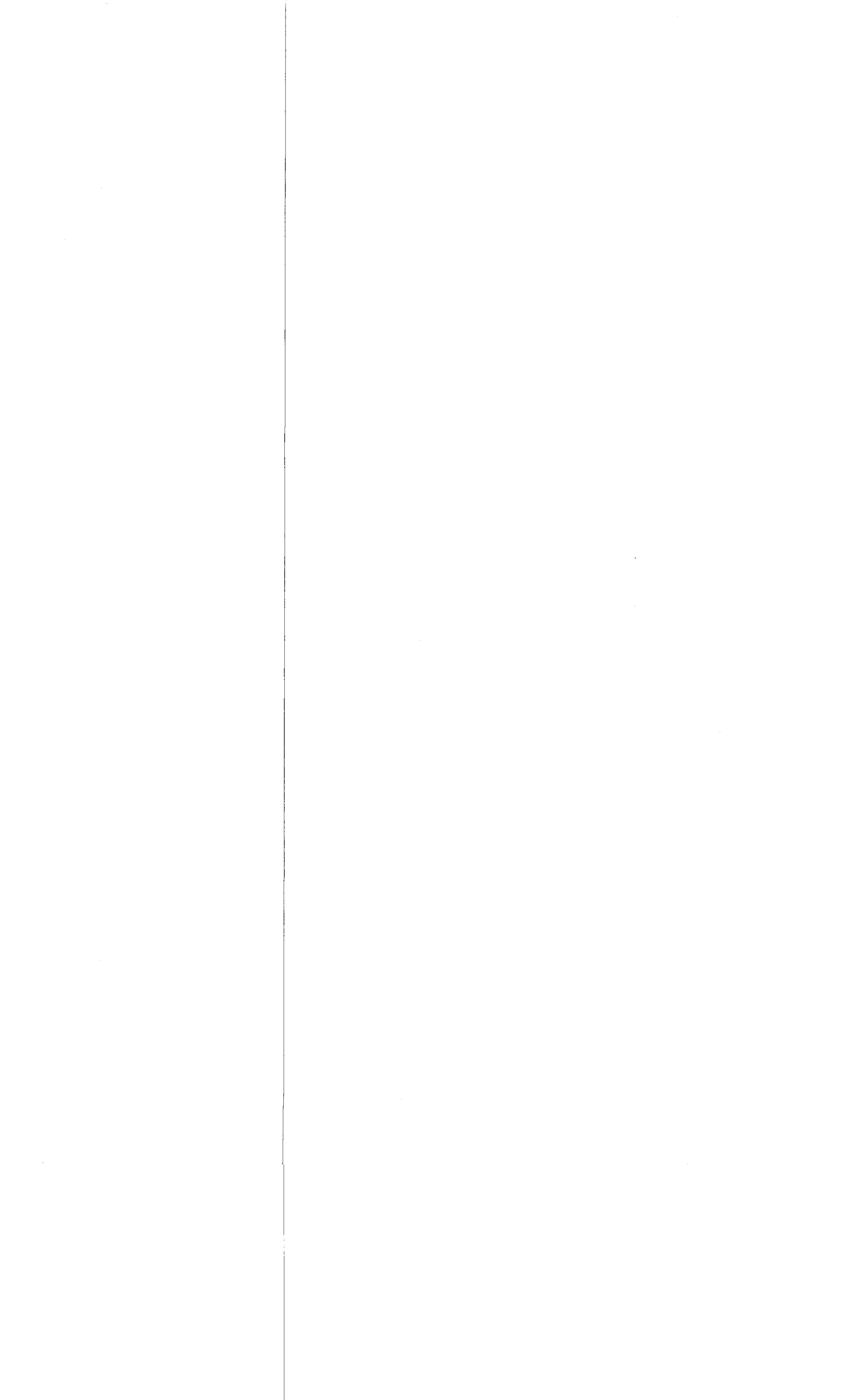
Sedangkan struktur mikro dari benda uji tersebut permukaannya lebih kasar. Hasil pengujian baja karbon rendah yang telah mengalami perlakuan permukaan pada 5 kali percobaan kekerasannya mencapai rata-rata  $971,224 \text{ kg/mm}^2$ , sedangkan struktur mikro permukaan benda uji tersebut lebih halus.

Pada pengujian baja karbon rendah yang telah mengalami perlakuan permukaan kemudian disepuh kekerasannya turun menjadi rata-rata  $654,346 \text{ kg/mm}^2$  pada 5 kali percobaan, struktur mikro permukaannya agak kasar.

Dari hasil pengujian kekerasan tersebut dapat dilihat bahwa baja karbon rendah yang mengalami proses perlakuan permukaan (surface treatment) lebih tinggi kekerasannya, serta struktur mikro permukaannya lebih halus, jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yang hanya mengalami proses perlakuan panas (heat treatment) yaitu dengan jalan penyepuhan.

Oleh karena itu cangkul yang terbuat dari bahan baja karbon rendah yang telah mengalami proses perlakuan





permukaan sangat banyak sekali manfaatnya baik ditinjau dari segi kekerasan, maupun dari segi kehalusan atau kelicinan permukaannya.

Karena cangkul yang keras dan halus atau licin permukaannya ini akan mudah digunakan pada pencangkulan tanah keras, liat dan maupun tanah berlumpur. Dan ini bisa dikembangkan misalnya pada pembuatan alat-alat pertanian seperti pada sudu-sudu roda traktor dan lain-lain.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Baja karbon rendah yang menjadi sampel dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah dengan kekerasan Vickers rata-rata  $141,836 \text{ kg/mm}^2$  pada 5 titik uji dengan kadar karbon 0,25 % c.
2. Baja karbon rendah yang telah melalui proses perlakuan panas akan meningkat kekerasannya yaitu dengan pengambilan 5 titik uji rata-rata kekerasan Vickers  $516 \text{ kg/mm}^2$ .
3. Baja karbon rendah yang telah mendapatkan proses perlakuan permukaan dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor sangat tinggi peningkatan kekerasannya yaitu dengan kekerasan Vickers rata-rata  $971,224 \text{ kg/mm}^2$  pada 5 titik uji.
4. Semakin tinggi kadar Si pada baja karbon rendah maka akan meningkatkan kekerasannya.
5. Baja karbon rendah yang telah mendapatkan perlakuan permukaan yang diberi perlakuan panas akan menurun kekerasannya seperti pada 5 titik pengujian kekerasan Vickers menjadi rata-rata  $654,346 \text{ kg/mm}^2$ .

6. Pengaruh perlakuan permukaan pada baja karbon rendah (cangkul) dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor akan meningkatkan kelicinan dari cangkul tersebut, seperti dapat kita lihat dari hasil pengambilan foto bahwa pada baja karbon rendah yang telah mendapatkan perlakuan permukaan lebih halus permukaannya dan berbentuk martensit 100 %.

#### B. Keterbatasan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini kendalanya yang ditemui adalah :

1. Terbatasnya peralatan pengujian di Labor Bahan Jurusan PT. Mesin FPTK IKIP Padang.
2. Semua mikroskop dan camera optik di Labor Bahan Jurusan PT. Mesin FPTK IKIP Padang sudah rusak.
3. Oleh karena itu untuk pengujian kekerasan Vickers dan pengambilan foto untuk melihat struktur mikro, penulis laksanakan di PT. Nurindo Metal Tanjung Priok Jakarta.
4. Terbatasnya waktu, tenaga dan dana dalam pelaksanaan penelitian.

#### C. Saran-Saran

1. Hendaknya proses perlakuan permukaan dengan menggunakan kaca/gelas dan besi cor mulai dikembangkan dalam usaha mendapatkan produk-produk pertanian yang berkualitas tinggi seperti pada pembuatan cangkul, sekop, parang, sudu-sudu roda traktor dan lain-lain.

2. Pengujian kekerasan akan lebih teliti jika menggunakan mesin Mikro Hardness.
3. Diadakan penelitian lanjutan seperti :
  - a. Pengujian komposisi kimia
  - b. Logam induk dibuat yang berlainan
  - c. Perbandingan media perlakuan permukaan dibuat bervariasi
  - d. Waktu tahan proses perlakuan permukaan dibuat bervariasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H. dan Sriati Djaprie, 1993. Teknologi Mekanik Jilid I. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Dieter, George. dan Sriati Djaprie, 1980. Metalurgi Mekanik Jilid I. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- DepDikBud, 1980. Perkakas Tempa. Jakarta.
- Holman, J.P. dan E. Yasjfi, 1995. Perpindahan Kalor. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa, 1976. Teknik Pengecoran Logam. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Sidney, H. Avner, 1974. Introduction to Phisical Metallurgy. MC. Graw Hill International Inc.
- Vohdin, K.W, 1981. Mengolah Logam. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Van Vlack, Lawrence H. dan Sriati Djaprie, 1994. Ilmu dan Teknologi Bahan. Jakarta : Penerbit Erlangga.

### CONVERSION TABLE

VICKERS	BRINELL 10/3000	ROCKWELL Superficial			VICKERS	BRINELL 10/3000	ROCKWELL			VICKERS	BRINELL 10/3000	TENSILE STRENGTH	SHORE	TENSILE STRENGTH
		A	B	C			A	B	C					
940		85.6	68.0	93.2	84.4	9.7	410	368	71.4	41.8	81.4	61.1	137	
920		85.3	67.5	93.0	84.0	9.6	400	379	70.8	40.8	81.0	60.2	55	
900		85.0	67.0	92.9	83.6	9.5	390	369	70.3		80.3	59.3	130	
880		84.7	66.4	92.7	83.1	9.3	380	360	69.8	110.0	79.8	58.4	52	
860		84.4	65.9	92.6	82.7	9.2	370	350	69.2	37.7	79.2	57.4	123	
840		84.1	65.3	92.3	82.2	9.1	360	341	68.7	109.0	78.6	56.4	50	
820		83.8	64.7	92.1	81.7	9.0	350	331	68.1	35.5	78.0	55.4	117	
800		83.4	64.0	91.8	81.1	8.8	340	322	67.6	108.0	77.4	54.4	47	
780		83.0	63.3	91.5	80.4	8.7	330	313	67.0	33.3	76.8	53.6	110	
760		82.6	62.5	91.2	79.7	8.6	320	303	66.4	107.0	76.2	52.3	45	
740		82.2	61.8	91.0	79.1	8.4	310	294	65.8	31.0	75.6	51.3	103	
720		81.8	61.0	90.7	78.4	8.3	300	284	65.2	105.5	74.9	50.2	42	
700		81.3	60.1	90.3	77.6	8.1	295	280	64.8	29.2	74.6	49.7	98	
690		81.1	59.7	90.1	77.2		290	275	64.5	104.5	74.2	49.0	41	
680		80.8	59.2	89.8	76.8	8.0	285	270	64.2	27.8	73.8	48.4	94	
670		80.6	58.8	89.7	76.4		280	265	63.8	103.5	73.4	47.8	40	
660		80.3	58.3	89.5	75.9	7.9	275	261	63.5	26.4	73.0	47.2	91	
650		80.0	57.8	89.2	75.5		270	256	63.1	102.0	72.6	46.4	89	
640		79.8	57.3	89.0	75.1	7.7	265	252	62.7	24.8	72.1	45.7	87	
630		79.5	56.8	88.8	74.6		260	247	62.4	101.0	71.6	45.0	37	
620		79.2	56.3	88.5	74.2	7.5	255	243	62.0	23.1	71.1	44.2	84	
610		78.9	55.7	88.2	73.6		250	238	61.6	99.5	70.6	43.4	82	
600		78.6	55.2	88.0	73.2	7.4	245	233	61.2	21.3	70.1	42.5	80	
590		78.4	54.7	87.8	72.7		240	228	60.7	98.1	69.6	41.7	34	
580		78.0	54.1	87.5	72.1	7.2	235	223	60.3	96.7	69.1	41.0	32	
570		77.8	53.6	87.2	71.7		230	219	60.0	95.0	68.6	40.3	30	
560		77.4	53.0	86.9	71.2	7.1	225	214	59.6	93.4	68.1	39.6	28	
550	50.5	77.0	52.3	86.6	70.5		220	210	59.3	91.4	67.6	38.9	26	
540	49.6	76.7	51.7	86.3	70.0	6.9	215	205	59.0	89.5	67.1	38.2	25	
530	48.8	76.4	51.1	86.0	69.5		210	200	58.7	87.1	66.6	37.5	24	
520	48.0	76.1	50.5	85.7	69.0	6.7	205	195	58.4	85.0	66.1	36.8	23	
510	47.3	75.7	49.8	85.4	68.3		200	190	58.1	81.7	65.6	36.1	22	
500	46.5	75.3	49.1	85.0	67.7	6.6	195	185	57.8	78.7	65.1	35.4	21	
490	45.6	74.9	48.4	84.7	67.1		190	180	57.5	75.0	64.6	34.7	20	
480	44.8	74.5	47.7	84.3	66.4	6.4	185	175	57.2	71.2	64.1	34.0	19	
470	44.1	74.1	46.9	83.9	65.7		180	170	56.9	66.7	63.6	33.3	18	
460	43.3	73.6	46.1	83.6	64.9	6.2	175	165	56.6	62.3	63.1	32.6	17	
450	42.5	73.3	45.3	83.2	64.3		170	160	56.3	58.0	62.6	31.9	16	
440	41.5	72.8	44.5	82.8	63.5	5.9	165	155	56.0	52.0	62.1	31.2	15	
430	40.5	72.3	43.6	82.3	62.7	5.7	160	150	55.7	48.0	61.6	30.5	14	
420	39.7	71.8	42.7	81.8	61.9	5.5	155	145	55.4	44.0	61.1	29.8	13	

A C M E