

# **PENELITIAN**

**ANALISA KEULETAN BAJA KARBON RENDAH SETELAH  
DILAKUKAN PERLAKUAN PANAS AUSTEMPERING**



**OLEH :**

**BAMBANG PRATOWO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG**

**2018**



**UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jl. Hi. Zainal Abidin Pagar Alam No. 26 Bandar Lampung. Phone 0721-701979

---

**SURAT TUGAS**  
**No. 035/ST/FT-UBL/IX/2018**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung dengan ini memberi tugas kepada:

Nama ; Ir. Bambang Pratowo, MT

Jabatan : Dosen Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung

Untuk melaksanakan kegiatan di bidang penelitian “Analisis Keuletan Baja Karbon Rendah Setelah Dilakukan Perlakuan Panas Austempering.”

Demikian Surat Tugas ini dibuat untuk dilaksanakan sebagaimana mestinya dan setelah dilaksanakan kegiatan tersebut agar melaporkan kepada Dekan

Bandar Lampung, 19 September 2018

Dekan,  
FAKULTAS TEKNIK  
  
Ir. Juniardi, MT.



## Halaman Pengesahan

1. Judul Penelitian : Analisis Keuletan Baja Karbon Rendah Setelah Dilakukan  
Perlakuan Panas Austempering

2. Peneliti :

- a. Nama Lengkap : Ir. Bambang Pratowo, MT.
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIP / NIDN : 19650916 199402 1 001 / 0016096501
- d. Jabatan Struktural : -----
- e. Jabatan Fungsional : Lektor
- f. Perguruan Tinggi : Universitas Bandar Lampung
- g. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin
- h. Pusat Penelitian : LPPM Universitas Bandar Lampung
- i. Alamat : Jl. Zainal Abidin Pagar Alam No.26  
Bandar Lampung 35142
- j. Telpon/fax : 0721-701979 / 0721-701463
- k. Alamat Rumah : Jl. Cengkeh Tengah II No. 66 Perumnas Way Halim  
Bandar Lampung
- l. Telepon/fax/email : 0721-771670 / bambang.pratowo@ubl.ac.id

3. Jangka waktu Penelitian : 6 bulan

Menyetujui,  
Dekan Fakultas Teknik



Bandar Lampung, 20 Desember 2018  
Peneliti,

Ir. Bambang Pratowo, MT

Mengetahui  
Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Universitas Bandar Lampung





**UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG**  
**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT**  
**( LPPM )**  
Jl. Z.A. Pagar Alam No : 26 Labuhan Ratu, Bandar Lampung Tlp: 701979  
E-mail : lppm@ubl.ac.id

SURAT KETERANGAN  
Nomor : 001 / S.Ket / LPPM / I / 2019

Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat ( LPPM ) Universitas Bandar Lampung dengan ini menerangkan bahwa :

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1. Nama                         | : Ir. Bambang Pratowo.,M.T                   |
| 2. NIDN                         | : 0016096501                                 |
| 3. Tempat, tanggal lahir        | : Palembang, 16 September 1965               |
| 4. Pangkat, golongan ruang, TMT | : Penata / III.c                             |
| 5. Jabatan TMT                  | : Lektor                                     |
| 6. Bidang Ilmu / Mata Kuliah    | : Teknik Mesin                               |
| 7. Jurusan / Program Studi      | : Teknik Mesin/Teknik Mesin                  |
| 8. Unit Kerja                   | : Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung |

Telah melaksanakan Penelitian dengan judul

**:"Analisis Kekuatan Baja Karbon Rendah Setelah dilakukan Perlakuan Panas Austempering".**

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 07 Januari 2019  
Kepala LPPM-UBL   
  
D. Hendri Dunan, SE.,M.M

Tembusan:

1. Rektor UBL ( sebagai laporan )
2. Yang bersangkutan
3. Arsip

## ABSTRAK

Prinsip dari perlakuan panas Austempering ini adalah dengan cara memanaskan baja sampai temperatur austenit kemudian di quenching dalam bak air garam yang panasnya  $\pm 250-550\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan ditahan dengan waktu yang cukup lama sehingga austenit berubah menjadi bainit keseluruhannya. Jika baja eutektoid didinginkan secara cepat pada fasa austenit ke suhu antara  $250-550\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan ditahan pada interval suhu tersebut (isothermal) maka akan terbentuk struktur mikro yang dinamakan bainit sesuai dengan nama penemunya yaitu Dr. E.C. Bain. Bainit adalah struktur mikro hasil dari reaksi eutektoid non lamellar sedangkan perlit dihasilkan dari reaksi eutektoid lamellar. Bainit merupakan struktur mikro yang merupakan campuran fasa ferit dan cementite ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ). Pada suhu  $350-550\text{ }^{\circ}\text{C}$  akan terbentuk bainit atas (upper bainit) sedangkan pada  $250-350\text{ }^{\circ}\text{C}$  akan terbentuk bainit bawah (lower bainit). Pada penelitian ini bahan yang digunakan untuk perlakuan panas austempering adalah baja karbon rendah dengan media quenching larutan air garam. Dalam penelitian ini proses austempering dilakukan pada temperatur  $300, 350, \text{ dan } 400\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan waktu tahan selama 30 menit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan jika baja karbon rendah dilakukan proses austempering nilai kekerasan semakin menurun yaitu dari 144 menjadi 116 pada temperatur  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , jadi semakin tinggi temperatur austempering maka nilai kekerasannya semakin rendah.

Kata Kunci ; Austempering. Temperature. Waktu tahan

# PRAKATA

*Assalamualaikum wr.wb*

Puji dan Syukur Alhamdulillah dipanjatkan hanya kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat, Hidayah, dan Nikmat-Nya Yang Agung sehingga Penelitian yang berjudul “ Analisis Keuletan Baja Karbon Rendah Setelah Dilakukan Perlakuan Panas Austempering “, dapat di selesaikan.

Pada kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada ini :

1. Bapak Dr. Ir. Hi..M. Yusuf S. Barusman, MBA. Selaku Rektor Universitas Bandar Lampung.
2. Bapak Ir. Juniadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung.
3. Bapak Dr. Hi. Hendri Dunan, SE.MM selaku Kepala LPPM Universitas Bandar Lampung
4. Dan rekan-rekan yang dapat membantu sehingga penelitian ini dapat di selesaikan.

Akhir kata, peneleti menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga penelitian yang ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amiiin

Bandar lampung Desember 2018

Bambang Pratowo

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>SURAT TUGAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Perlakuan Panas ( Heat Treatment ).....	4
2.1.1. Anneling.....	7
2.1.2. Normalizing.....	7
2.1.3. Tempering .....	8
2.1.4. Austempering.....	9
2.1.5. Struktur Mikro Bainit .....	10

2.1.6. Austempering.....	11
2.2. Diagram Fasa.....	12
2.3. Baja Karbon .....	14
2.4. Pengelompokan Jenis Baja Karbon .....	14
2.4.1. Baja Karbon Rendah.....	14
2.4.2. Baja Karbon Sedang .....	15
2.4.3. Baja Karbon Tinggi .....	15
2.5. Pengujian Logam.....	16
2.6. Uji Kekerasan ( Hardness Test ).....	16
2.7. Dasar-Dasar Pengujian Kekerasan .....	17
2.7.1. Metode Pengujian Rockwell.....	17
2.7.2. Metode Pengujian Brinell.....	18
2.7.3. Metode Pengujian Viickers .....	19
2.8. Pengujian Kekerasa Vickers.....	20
2.9. Pengujian Kekerasa Mikro Vickers.....	22
2.10. Pengamatan Struktur Mikro.....	23

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Diagram Alir Penelitian .....	27
3.2. Tempat Penelitian.....	28
3.3. Alat dan Bahan.....	28
3.4. Proses Pengujian .....	29
3.4.1. Proses Pemanasan Bahan .....	29
3.4.2. Proses Quenching.....	30

3.4.3. Proses Pemolesan .....	31
3.4.4. Pengujian Kekerasan .....	31
3.4.5. Pengujian Struktur Mikro.....	32

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Spesifikasi Bahan Yang Diuji .....	33
4.2. Hasil Pengujian Kekerasan .....	34
4.3. Hasil Pengujian Struktur Mikro .....	36

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan .....	40
5.2. Saran.....	40

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Jumlah Spesimen Uji Baja Karbon Rendah ( Mild Steel ).....	29
4.1. Tabel Hasil Pengujian Kekerasan Keseluruhan .....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Bentuk Sel Satuan BCC .....	5
2.2. Bentuk Sel Satuan FCC.....	5
2.3. Diagram Transformasi Austempering Baja Karbon .....	9
2.4. Bainit Yang Bukan Lamellar Dari Ferit Dan Karbit.....	11
2.5. Diagram Transformasi Martemper Baja Karbon .....	12
2.6. Diagram Fasa Fe-C.....	12
2.7. Prinsip Pengukuran Kekerasan Mikro Vickers .....	21
2.8. Tipe-Tipe Lekukan Parimida Intan .....	22
2.9. Mikro Logam .....	23
2.10. Pemeriksaan Benda Uji Dengan Mikroskop Metalurgi .....	26
3.1. Diagram Alir .....	27
3.2. Ukuran Spesimen Benda Uji Baja Karbon Rendah .....	29
3.3. Proses Pemanasan Logam .....	30
3.4. Alat Proses Pendingin .....	30
3.5. Alat Pemolesan.....	31
3.6. Alat Penguji Kekerasan Vickers .....	31
3.7. Proses Pengujian Struktur Mikro .....	32
4.1. Gambar Diagram Proses Austempering Dan Quenching .....	33
4.2. Skema Titik Pengujian Kekerasan .....	34
4.3. Grafik Nilai Kekerasan Permukaan Rata-rata.....	36
4.4. Posisi Pengujian Struktur Mikro .....	37

4.5. Struktur Mikro Mild Steel Sebelum Di Austempering .....	38
4.6. Struktur Mikro Mild Steel Sebelum Di Austempering Pada Suhu ..... 300 <sup>0</sup> C .....	38
4.7. Struktur Mikro Mild Steel Sebelum Di Austempering Pada Suhu ..... 350 <sup>0</sup> C.....	38
4.8. Struktur Mikro Mild Steel Sebelum Di Austempering Pada Suhu ..... 400 <sup>0</sup> C.....	39

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini, sangat mempengaruhi kehidupan manusia yang merasakan secara langsung dampak pengembangannya di berbagai bidang. Apabila di perhatikan secara cermat, segala kebutuhan manusia tidak terlepas dari unsur logam, sebagai salah satu bahan dasar yang dapat dirangkaikan menjadi sebuah produk jadi, melalui proses kerja yang berlangsung secara kontinyu. Pada pusat-pusat industri seperti otomotif sampai industri tradisional yang terdapat di daerah-daerah, juga menggunakan peralatan yang terbuat dari logam. Oleh sebab itu, timbul kreasi dan inovasi dari manusia sebagai pelaku industri untuk dapat memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekanik dari logam tersebut. Proses perlakuan panas pada logam sangatlah bermanfaat untuk mendapatkan logam yang berkualitas dan memiliki sifat-sifat fisik meliputi konduktivitas listrik, struktur mikro, densitas dan sifat mekanik yang lebih baik terutama dalam hal kekerasan, kekenyalan dan pengerjaan dari sifat asal.

Produksi logam sebagian besar adalah baja. Baja adalah logam besi yang banyak digunakan baik dalam dunia industri-industri, kebutuhan rumah tangga (seperti parang, linggis, pisau dan lainnya) atau bidang kerja lain. Dalam bidang perbengkelan sebagian besar peralatannya terbuat dari baja

misalnya mata pahat bubut, bor dan lainnya yang dalam penggunaan sehari-hari juga dapat mengalami penumpulan (keausan) atau kerusakan akibat bersentuhan dengan benda keras. Untuk mendapatkan baja dengan nilai kekerasan tertentu agaklah sulit, walaupun ada harganya cukup mahal. Oleh karena itu perlu adanya terobosan untuk mencari alternatif lain untuk mengubah nilai elastisitas/keuletan baja yang tersedia khususnya baja karbon rendah. Untuk mengubah nilai keuletan dari baja karbon rendah diperlukan beberapa proses pengerjaan logam salah satu diantaranya melalui proses dengan cara memanaskan baja sampai *temperature* austenit kemudian di *quenching* dalam bak air garam yang panasnya diatas *temperature* martensit atau tepatnya pada *temperature* bainit yaitu  $\pm 250$  sampai dengan  $550^{\circ}\text{C}$  dan ditahan dengan waktu yang cukup lama.

Dari uraian latar belakang diatas maka penulis akan menuangkan ide pada sebuah tulisan dengan judul **“STUDY EKSPERIMENTAL KEULETAN BAJA KARBON RENDAH SETELAH DILAKUKAN PERLAKUAN PANAS AUSTEMPERING”** supaya bisa digunakan untuk membuat alat-alat yang membutuhkan keuletan tinggi.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah :

1. Dapat ditemukanya proses perlakuan panas *austempering* yang efektif.
2. Mengetahui perbedaan nilai keuletan terhadap perbedaan suhu saat proses *quenching*.
3. Menjadikan baja karbon rendah menjadi baja yang mampu digunakan sebagai alat yang membutuhkan keuletan tinggi.

4. Supaya dalam pembuatan alat-alat yang membutuhkan baja dengan keuletan tinggi bahannya akan mudah didapatkan.

### **1.3. Manfaat Penelitian**

Dengan dilaksanakannya penelitian ini, adapun manfaat yang ingin dicapai yaitu :

1. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat mengembangkan aspek ilmu pengetahuan dibidang konstruksi baja.
2. Dari data-data ini kedepannya dapat menjadi refrensi bagi penelitian selanjutnya mengenai dibidang konstruksi baja.
3. Dapat mengetahui hasil uji kekerasan yang terjadi pada baja karbon rendah setelah dilakukan proses perlakuan panas *austempering*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

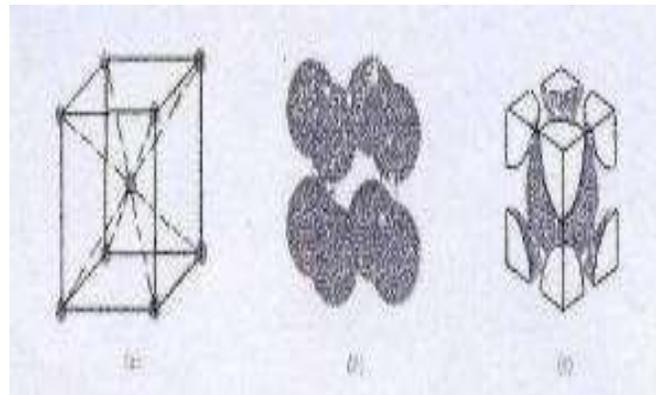
Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendingin dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang di inginkan. Perubahan sifat logam atau sebagian dari logam.

Adanya sifat *alotropik* dari besi menyebabkan timbulnya variasi struktur mikro dari berbagai jenis logam. *Alotropik* itu sendiri adalah merupakan transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk susunan atom yang lain.

Pada temperatur dibawah  $910^{\circ}\text{C}$  sel satuannya *Body Center Cubic* (BCC), temperature antara  $910^{\circ}\text{C}$  dan  $1392^{\circ}\text{C}$  sel satuannya *Face Center Cubic* (FCC), sedangkan temperature diatas  $1392^{\circ}\text{C}$  sel satuannya kembali menjadi BCC.<sup>1</sup>

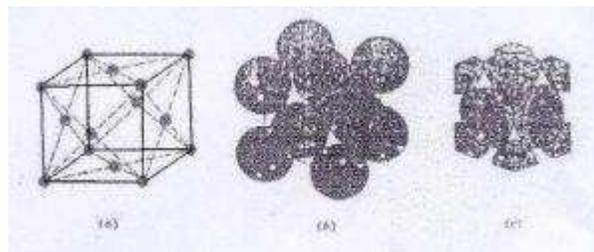
---

<sup>1</sup> Hadi Syamsul, Teknologi Bahan, (Yogyakarta : ANDI, 2016).



**Gambar 2.1** Bentuk Sel Satuan BCC

(Sumber:Lawrence H.van Vlack,Ilmu dan teknologi bahan,hal:78-79)



**Gambar 2.2** Bentuk Sel Satuan FCC

(Sumber:Lawrence H.van Vlack,Ilmu dan teknologi bahan,hal:80-81)

Proses perlakuan panas ada dua kategori, yaitu :

1. *Softening* (Pelunakan) : Adalah usaha untuk menurunkan sifat mekanik agar menjadi lunak dengan cara mendinginkan material yang sudah dipanaskan didalam tungku (*annealing*) atau mendinginkan dalam udara terbuka (*normalizing*).
2. *Hardening* (Pengerasan) : Adalah usaha untuk meningkatkan sifat material terutama kekerasan dengan cara celup cepat (*quenching*) material yang sudah dipanaskan ke dalam suatu media quenching berupa air, air garam, maupun oli.

Tujuan proses austenisasi adalah untuk mendapatkan struktur austenit yang homogen. Kesetimbangan kadar karbon austenit akan bertambah dengan naiknya suhu austenisasi, ini mempengaruhi karakteristik isothermal. Bila kandungan karbon meningkat maka temperatur  $M_s$  menjadi rendah, selain itu kandungan karbon akan meningkat pula jumlah grafit akan membentuk senyawa karbida yang semakin banyak. Proses perlakuan panas selalu diawali dengan transformasi dekomposisi austenit menjadi struktur mikro yang lain. Struktur mikro yang dihasilkan lewat transformasi tergantung pada parameter proses perlakuan panas yang diterapkan dan jenis proses perlakuan panas. Struktur mikro yang berubah melalui transformasi dekomposisi austenit menjadi struktur mikro yang lain, dimaksudkan untuk memperoleh sifat mekanik dan fisik yang diperlukan untuk suatu aplikasi proses pengerjaan logam. Proses selanjutnya setelah fasa tunggal austenit terbentuk adalah pendinginan, dimana mekanismenya dipengaruhi oleh temperatur, waktu, serta media yang digunakan. Pada pendinginan secara perlahan-lahan perubahan fasa berdasarkan mekanisme difusi, dimana kehalusan dan kekasaran struktur yang dihasilkan tergantung pada kecepatan difusi.

Bila pendinginan dilakukan secara cepat, maka perubahan fasanya berdasarkan mekanisme geser menghasilkan struktur mikro dengan sifat mekanik yang keras dan getas. Perubahan struktur mikro selama proses pendinginan dapat merupakan paduan dari mekanisme difusi dan mekanisme geser.

### 2.1.1 *Annealing*

Proses *annealing* atau melunakkan baja adalah proses pemanasan baja di atas temperature kritis ( $723^{\circ}\text{C}$ ) selanjutnya dibiarkan beberapa lama sampai temperature merata disusul dengan pendinginan secara perlahan-lahan sambil dijaga agar *temperature* bagian luar dan dalam kira-kira samahingga diperoleh struktur yang diinginkan dengan menggunakan media pendingin udara.

Tujuan proses *annealing*:

1. Melunakkan material logam
2. Menghilangkan tegangan dalam / sisa
3. Memperbaiki butir-butir logam

### 2.1.2 *Normalizing*

*Normalizing* adalah suatu proses pemanasan logam hingga mencapai fase austenit yang kemudian didinginkan secara perlahan-lahan dalam media pendingin udara. Hasil pendingin ini berupa perlit dan ferit namun hasilnya jauh lebih mulus dari *annealing*. Prinsip dari proses *normalizing* adalah untuk melunakkan logam. Namun pada baja karbon tinggi atau baja paduan tertentu dengan proses ini belum tentu

memperoleh baja yang lunak. Mungkin berupa pengerasan dan ini tergantung dari kadarkarbon.

### 2.1.3 *Tempering*

Proses *tempering* adalah pemanasan baja sampai temperature sedikit di bawah temperature kritis, kemudian didiamkan dalam tungku dan suhunya dipertahankan sampai merata selama 15 menit. Selanjutnya didinginkan dalam media pendingin. Jika kekerasan turun, maka kekuatan tarik turun pula. Dalam hal ini keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Meskipun proses ini akan menghasilkan baja yang lebih lemah. Proses ini berbeda dengan aneling karena dengan proses ini belum tentu memperoleh baja yang lunak, mungkin berupa pengerasan dan ini tergantung oleh kadar karbon.

*Tempering* dibagi dalam 3 bagian:

- a. *Tempering* pada suhu rendah (150-300°C).  
Tujuannya hanya untuk mengurangi tegangan tegangan kerut dan kerapuhan dari baja. Proses ini digunakan untuk alat alat kerja yang tidak mengalami beban yang berat, seperti misalnya alat alat potong mata bor yang dipakai untuk kaca dan lain lain.

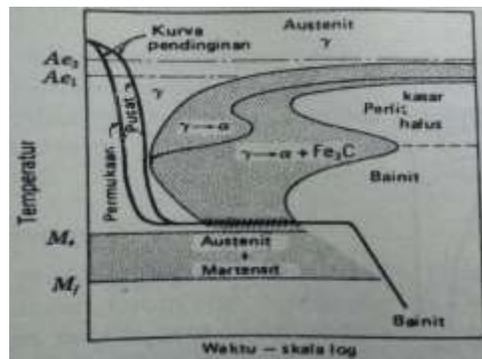
- b. *Tempering* pada suhu menengah (300-500°C). Tujuannya menambah keuletan dan kekerasannya menjadi sedikit berkurang. Proses ini digunakan pada alat-alat kerja yang mengalami beban berat seperti palu, pahat, pegas.
- c. *Tempering* pada suhu tinggi (500-650°C). Tujuannya untuk memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasan menjadi agak rendah. Proses ini digunakan pada roda gigi, poros, batang penggerak dan lain-lain<sup>2</sup>

#### 2.1.4 Austempering

*Austempering* adalah perlakuan panas isothermal yang menghasilkan struktur bainit dari austenit untuk beberapa baja karbon biasa. *Austempering* menyediakan prosedur alternatif *quenching* dan *tempering* untuk meningkatkan ketangguhan dan keuletan beberapa baja. Dalam *Austempering* baja pertama kali diaustenitisasi, kemudian di-*quench* dalam rendaman larutan garam dalam temperatur sedikit di atas temperatur baja Ms, menahan secara isothermal untuk memberi kesempatan berlangsungnya transformasi Austenit ke bainit, lalu didinginkan ke temperatur ruang dalam udara. Keuntungan *Austempering* adalah tidak perlu ditempering.

---

<sup>2</sup> Ibid., hlm. 5



**Gambar 2.3.** Diagram Transformasi *Austempering* Baja Karbon Biasa Eutektoid dengan Struktur yang Dihasilkan adalah Bainit

(Sumber: B.H. Amstead, Teknologi Mekanik (jilid 1), hal: 140)

### 2.1.5 Struktur Mikro Bainit

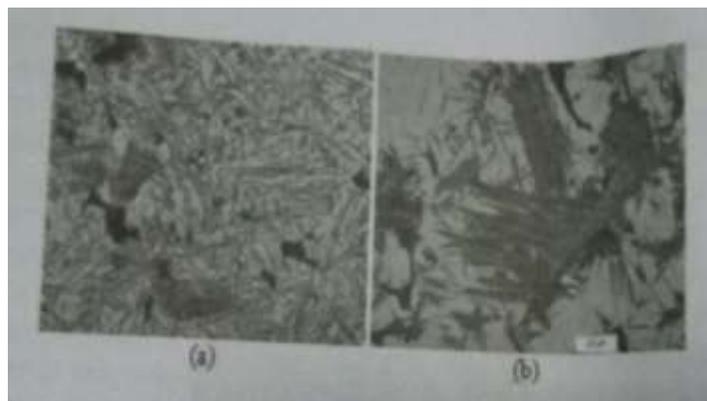
Jika baja eutektoid didinginkan secara cepat pada fasa austenit ke suhu antara 250- 550 °C dan ditahan pada interval suhu tersebut (isothermal) maka akan terbentuk struktur mikro yang dinamakan bainit sesuai dengan nama penemunya yaitu Dr. E.C. Bain. Bainit adalah struktur mikro hasil dari reaksi eutektoid non lamellar sedangkan perlit dihasilkan dari reaksi eutektoid lamellar. Bainit merupakan struktur mikro yang merupakan campuran fasa ferit dan cementite ( $Fe_3C$ ). Pada suhu 350-550 °C akan terbentuk bainit atas (upper bainit) sedangkan pada 250-350 °C akan terbentuk bainit bawah (lower bainit).

#### 1) Bainit Atas

Pada temperatur tinggi pelat jenuh karbon dari bainitik ferit melepas karbon kedalam austenit sekitarnya melalui difusi. Keadaan ini menyebabkan bainitik ferit bebas dari karbida internal kandungan karbon dalam austenit meningkat dan menciptakan daya pendorong untuk terjadinya presipitasi semetit di daerah inflath struktur micro bainit yang diperoleh dari transformasi pada temperatur tinggi berbentuk menyerupai bulu.

## 2) Bainit Bawah

Pada temperatur rendah karbon berdifusi dari bainitik ferit dengan kecepatan lebih lambat dan tidak tuntas keadaan ini menimbulkan terjadinya pengendapan karbida di daerah interflath dan interior ferit Struktur Bainit yang diperoleh dan transformasi pada temprature rendah memiliki bentuk acicular.

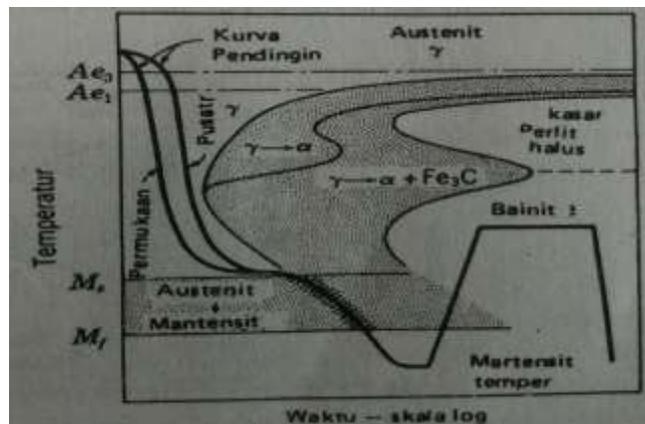


**Gambar 2.4.** Bainit yang bukan Lamellar dari Ferit dan Karbida: (a) Bainit Atas, dan (b) Bainit Bawah<sup>3</sup>

(Sumber: Ir. Syamsul Hadi, M.T., Ph.D., Teknologi Bahan, hal:126)

### 2.1.6 Martemper

Baja didinginkan dengan cepat dari daerah austenit sampai suhu di atas garis  $M_s$  (lihat Gambar 2.5). Baja dibiarkan cukup lama sehingga suhu merata, artinya bagian dalam dan luar telah mencapai suhu yang sama. Setelah itu baja biasanya didinginkan di udara sampai mencapai suhu ruang dan terbentuknya martensit. Baja di panaskan kembali; suhu tergantung pada kadar karbon dan pada unsur paduan, untuk baja karbon dengan  $C = 0,40\%$ , suhu adalah  $370^\circ\text{C}$ . Tujuan utama martemper adalah untuk menekan distorsi, terjadinya retak atau timbulnya tegangan dalam akibat pencelupan dalam minyak atau air. Struktur yang terjadi sama dengan martensit temper, biasanya disusul temper lagi.

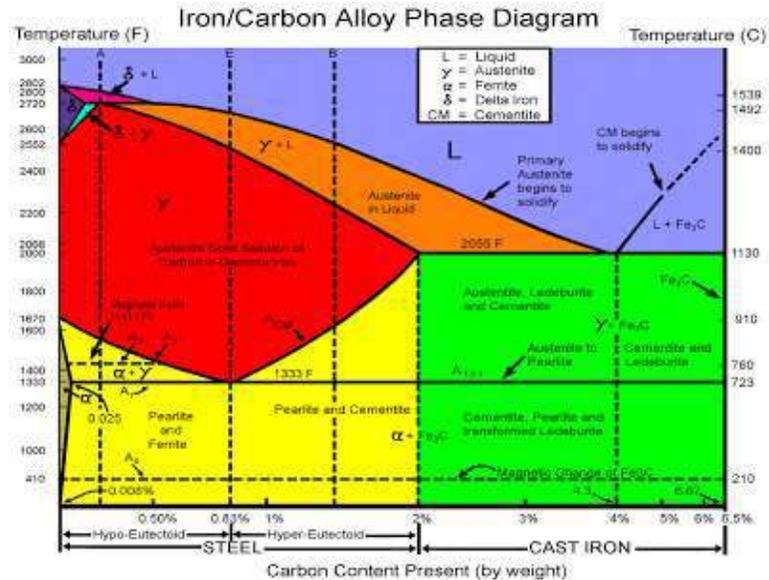


**Gambar 2.5.** Diagram Transformasi Martemper Baja Karbon Biasa Eutektoid dengan Struktur yang Dihasilkan adalah Martensit

(Sumber: B.H. Amstead, Teknologi Mekanik (jilid 1), hal: 140)<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Ibid., hlm. 5

## 2.2 Diagram Fasa



**Gambar 2.6.** Diagram Fasa Fe-C

(Sumber: B.H. Amstead, Teknologi Mekanik (jilid 1), hal: 140)

Dari gambar diatas dapat diterangkan atau dibaca diantaranya;

1. Pada kandungan karbon mencapai 6.67% terbentuk struktur mikro dinamakan *Cementit* Fe<sub>3</sub>C (dapat dilihat pada garis vertikal paling kanan). Sifat – sifat *cementit* diantaranya sangat keras dan sangat getas,
2. Pada sisi kiri diagram dimana pada kandungan karbon yang sangat rendah, pada suhu kamar terbentuk struktur *mikro ferit*,
3. Pada baja dengan kadar karbon 0.83%, struktur mikro yang terbentuk adalah *Perlit*, kondisi suhu dan kadar karbon ini

<sup>4</sup> B.H. Amstead, Teknologi Mekanik, (JAKARTA : ERLANGGA, 1979).

dinamakan titik *Eutectoid*,

4. Pada baja dengan kandungan karbon rendah sampai dengan titik *eutectoid*, struktur mikro yang terbentuk adalah campuran antara *ferit* dan *perlit*,
5. Pada baja dengan kandungan titik *eutectoid* sampai dengan 6.67%, struktur mikro yang terbentuk adalah campuran antara *perlit* dan *sementit*,
6. Pada saat pendinginan dari suhu leleh baja dengan kadar karbon rendah, akan terbentuk struktur mikro *Ferit Delta* lalu menjadi struktur mikro *Austenit*.
7. Pada baja dengan kadar karbon yang lebih tinggi, suhu leleh turun dengan naiknya kadar karbon, peralihan bentuk langsung dari leleh menjadi *Austenit*.<sup>5</sup>

### 2.3 Baja Karbon

Baja adalah logam paduan, dimana logam besi adalah unsur dasarnya yang diikuti dengan beberapa elemen lainnya termasuk karbon. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% sesuai jenis baja itu sendiri. Karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon, adalah elemen-elemen yang ada pada baja karbon. Selain itu, ada elemen lain yang ditambahkan untuk membedakan karakteristik antara beberapa jenis baja diantaranya: mangan,

---

<sup>5</sup> Alois Schonmetz dkk, Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam, (Bandung : Angkasa, 2013)

nikel, krom, molybdenum, boron, titanium, vanadium dan niobium dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya kita dapat mendapatkan kualitas baja yang kita inginkan. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. menimbulkan sifat getas dan menurunkan kekuatan baja dalam menahan beban benturan pada suhu rendah. Sedangkan *Sulfur* menyebabkan baja menjadi getas pada suhu tinggi. Karena hal itu, batas maksimal kandungan keduanya tidak boleh melebihi 0,05%.

## **2.4 Pengelompokan Jenis Baja Karbon**

### **2.4.1 Baja Karbon Rendah**

Baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,25%, Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,25 %, Baja ini memiliki keuletan yang baik namun tidak memiliki kekerasan baik dan tidak dapat dilakukan perlakuan panas karena jumlah karbonnya yang sedikit yang mengakibatkan tidak terbentuknya proses *martensit* pada proses perlakuan panas. Baja ini biasanya digunakan untuk bahan manufaktur karena baja karbon rendah memiliki sifat mampu tempa yang baik, mampu mesin tinggi, dan mampu bentuk yang tinggi karena keuletannya.

### **2.4.2 Baja Karbon Sedang**

Baja karbon sedang dengan kadar karbon 0,25–0,6% Baja karbon

jenis ini mengandung unsur karbon antara 0,25 sampai dengan 0,6 %. Baja ini dapat dinaikkan sifat mekaniknya dengan melalui perlakuan panas *austenitizing*, *quenching*, dan *tempering*, biasanya baja ini banyak dipakai dalam kondisi hasil *tempering* sehingga struktur mikronya *martensit*. Baja ini memiliki kekuatan yang baik serta nilai keuletan maupun kekerasannya juga baik, baja karbon sedang umumnya digunakan sebagai bahan baku alat-alat perkakas, komponen mesin seperti poros putaran tinggi, roda gigi, *cranksaft* batang penghubung piston, pegas dan lainnya.

#### 2.4.3 Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi mengandung 0,6–1,4 % karbon. Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang mengandung karbon antara 0,60 sampai dengan 1,4%. Baja karbon ini mempunyai kekerasan yang tinggi namun keuletannya yang rendah, biasanya digunakan untuk keperluan yang memerlukan ketahanan terhadap *defleksi*, beban gesek dan temperatur tinggi seperti *bearing*, mata bor, palu, mata pahat, gergaji, blok silinder, cincin torak dan sebagainya.<sup>6</sup>

### 2.5 Pengujian Logam

Proses pengujian logam adalah proses pemeriksaan bahan-bahan untuk diketahui sifat dan karakteristiknya yang meliputi sifat mekanik, sifat fisik, bentuk struktur, dan komposisi unsur-unsur yang terdapat didalamnya. Metode pengujian dikelompokkan ke dalam tiga kelompok menurut proses pengujiannya, yaitu;

---

<sup>6</sup> Jhon Stefford dkk, Teknologi Kerja Logam,(Jakarta : Erlangga, 1990).

1. *Destructive Test* (DT), yaitu proses pengujian logam yang dapat menimbulkan kerusakan logam yang diuji,
2. *Non Destructive Test* (NDT), yaitu proses pengujian logam yang tidak dapat menimbulkan kerusakan logam atau benda yang diuji,
3. *Metallography*, yaitu proses pemeriksaan logam tentang komposisi kimianya, unsur-unsur yang terdapat didalamnya, dan bentuk strukturnya.

## **2.6 Uji Kekerasan (*Hardness Test*)**

Proses pengujian kekerasan dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Besar tingkat kekerasan dari bahan dapat dianalisis melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan tersebut. Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan cara menekankan penekanan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk di atasnya.

## **2.7 Dasar-Dasar Pengujian Kekerasan**

Pengujian kekerasan bahan logam bertujuan mengetahui angka kekerasan logam tersebut. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kekerasan logam tersebut. Metode pengujian kekerasan telah disepakati

melalui tiga metode pengujian kekerasan dengan satuan yang baku, yaitu penekanan, goresan, dan dinamik.

Pengujian kekerasan dengan cara penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan, dikarenakan prosesnya sangat mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan logam tersebut apabila dibandingkan dengan metode pengujian lainnya. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan terdiri dari tiga jenis, yaitu pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell*, *Brinell*, dan *Vickers*.

Ketiga metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, serta perbedaan dalam menentukan angka kekerasannya. Metode *Brinell* dan *Vickers* memiliki prinsip dasar yang sama dalam menentukan angka kekerasannya, yaitu menitikberatkan pada perhitungan kekuatan bahan terhadap setiap daya luas penampang bidang yang menerima pembebanan tersebut. Sedangkan metode *Rockwell* menitikberatkan pada pengukuran kedalaman hasil penekanan atau penekan (indenter) yang membentuk bekasnya (indentasi) pada benda uji.

### **2.7.1 Metode pengujian *Rockwell***

Metode *Rockwell* ini terdapat dua macam indenter yang ukurannya bervariasi, yaitu :

1. Kerucut intan dengan besar sudut  $120^\circ$  dan disebut sebagai *Rockwell cone*

2. Bola baja dengan berbagai ukuran dan disebut sebagai *Rockwell Ball*.

Kesalahan pada pengujian *Rockwell* dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain :

1. Benda
2. Operator
3. Mesin uji *Rockwell*

Kelebihan dari pengujian logam dengan metode *Rockwell*, yaitu :

1. Dapat digunakan untuk bahan yang sangat keras
2. Dapat dipakai untuk batu gerinda sampai plastik
3. Cocok untuk semua material yang keras dan lunak

Kekurangan dari pengujian logam dengan metode *Rockwell*, yaitu :

1. Tingkat ketelitian rendah
2. Tidak stabil apabila terkena guncangan
3. Penekanan bebannya tidak praktis

### **2.7.2 Metode Pengujian *Brinell***

Cara pengujian *Brinell* dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja krom yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu oleh suatu gaya tekan secara statis kedalam permukaan logam yang diuji tanpa sentakan. Permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Diameter paling atas dari lekukan tersebut diukur secara teliti. Rumus yang dipakai untuk menentukan kekerasan

logam yang diuji:

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

Keterangan:

P = beban yang diberikan (KP atau Kgf)

D = diameter indentor yang digunakan (mm)

d = diameter bekas lekukan (mm)

### 2.7.3 Metode Pengujian Vickers

Metode *Vickers* ini berdasarkan pada penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indentor berupa *pyramid diamond* terbalik dengan sudut puncak  $136^\circ$  ke permukaan logam yang akan diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih. Angka kekerasan *Vickers* (VHN) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan (Dieter, 1996:334). Pengujian *Vickers* dapat dilakukan tidak hanya pada benda yang lunak akan tetapi juga dapat dilakukan pada bahan yang keras. Bekas penekanan yang kecil pada pengujian *Vickers* mengakibatkan kerusakan bahan percobaan relatif sedikit. Pada benda kerja yang tipis atau lapisan permukaan yang tipis dapat diukur dengan gaya yang relatif kecil.

## 2.8 Pengujian Kekerasan *Vickers*

Uji kekerasan *Vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan pyramida yang saling berhadapan adalah  $136^{\circ}$ . Sudut ini dipilih karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan *brinell*. Angka kekerasan piramida intan (*DPH*), atau angka kekerasan *Vickers* (*VHN* atau *VPH*), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan, prinsip pengukuran untuk kekerasan mikro *vickers* dapat dilihat pada Gambar 2.6. Pada prakteknya luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. *VHN* dapat ditentukan dari persamaan;

$$DPH = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{L^2}$$

Keterangan:

P = Beban yang digunakan (kg)

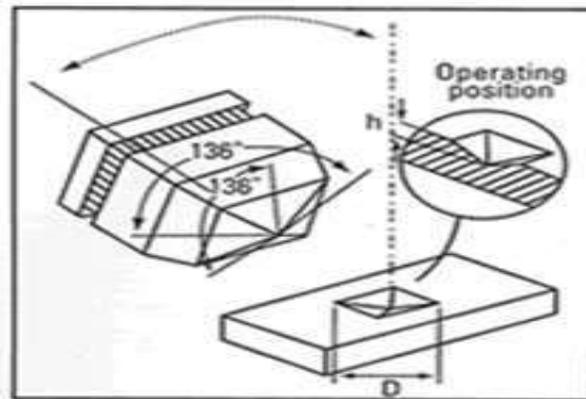
L = Panjang diagonal rata-rata (mm)

$\theta$  = sudut antara permukaan intan yang berlawanan =  $136^{\circ}$

Uji kekerasan *Vickers* banyak dilakukan pada pekerjaan penelitian, karena metode tersebut memberikan hasil berupa skala kekerasan yang kontinu, untuk suatu beban tertentu dan digunakan pada logam yang sangat

lunak, yakni *DPH*-nya 5 hingga logam yang sangat keras dengan *DPH* 1500.

Hal-hal yang menghalangi keuntungan pemakaian metode *Vickers* adalah uji kekerasan *Vickers* tidak dapat digunakan untuk pengujian rutin karena pengujian tersebut lamban, memerlukan persiapan permukaan benda uji yang hati-hati, dan terdapat pengaruh kesalahan manusia yang besar pada penentuan panjang diagonal.



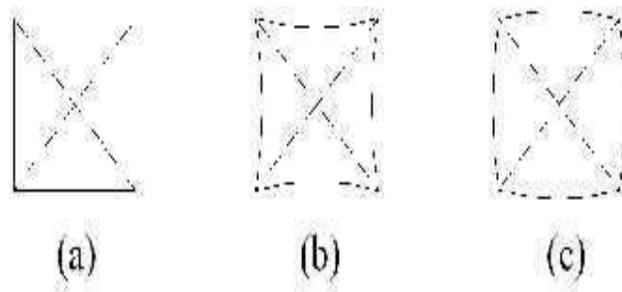
**Gambar 2.7.** Prinsip Pengukuran Kekerasan Mikro *Vickers*

(Dieter dan Sriati Djaprie, 1996: 335).

Lekukan yang benar terbuat dari penumbuk piramida intan harus berbentuk bujur sangkar. Akan tetapi, penyimpangan yang telah dijelaskan untuk uji Brinell sering juga terdapat pada penumbuk piramida gambar 2.8a lekukan bantal jarum pada gambar 2.8b adalah akibat terjadinya penurunan logam disekitar permukaan piramida yang datar. Keadaan demikian terdapat pada logam-logam yang dilunakan dan mengakibatkan pengukuran panjang diagonal yang berlebihan. Lekukan berbentuk tong pada gambar

2.7c mengalami proses pengerjaan dingin. Bentuk demikian diakibatkan oleh penimbunan ke atas logam-logam disekitar permukaan penumbuk.

Ukuran diagonal pada kondisi demikian akan menghasilkan luas permukaan kontak yang kecil, sehingga menimbulkan kesalahan angka kekerasan yang besar ada koreksi empiris untuk menanggulangi pengaruh hal di atas.



**Gambar 2.8.** Tipe-tipe Lekukan Piramida Intan

(Dieter dan Sriati Djaprie, 1996: 335).

Keterangan:

- (a) Lekukan yang sempurna
- (b) lekukan bantal jarum (*pinchusion*) yang disebabkan oleh penurunan
- (c) lekukan berbentuk tong yang disebabkan oleh penimbunan ke atas.

Pada penelitian ini alat uji yang digunakan adalah alat uji kekerasan mikro *vickers*.

## 2.9 Pengujian Kekerasan Mikro *Vickers*

Banyak persoalan metalurgi memerlukan data-data mengenai kekerasan pada daerah yang sangat kecil. Pengukuran gradien kekerasan pada

permukaan logam yang dilakukan perlakuan panas, pengukuran kekerasan kandungan tunggal pada struktur mikro, atau penentuan kekerasan roda gigi arloji, merupakan tipe persoalan dari jenis pengujian kekerasan.

Uji mikro *Vickers* merupakan pengujian untuk menguji kekerasan daerah yang kecil atau rumit.<sup>7</sup>

### 2.10 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan mikroskop logam sebagaimana Gambar 2.9a Mikroskop optik untuk logam dengan posisi spesimen menghadap ke atas (normal) dan dengan posisi spesimen menghadap ke bawah (*inverted*) sebagaimana Gambar 2.9b

Bedanya dengan mikroskop biologi/kedokteran adalah pada penerangan dilakukan dari atas spesimen, karena spesimen logam tidak transparan (*translucent*), sehingga tidak mungkin diberikan penerangan dari arah bawah, yang spesimen biologi umumnya transparan yang dijepit dengan sepasang kaca preparat.



<sup>7</sup> George E. Dieter, *Metalurgi Mekanik*, (JAKARTA : Erlangga, 1996).

**Gambar 2.9.** Mikroskop Logam: (a) Normal (Spesimen Menghadap ke atas),  
dan (b) Inverted untuk Pengamatan Struktur Mikro

(Sumber: Ir. Syamsul Hadi, M.T., Ph.D., Teknologi Bahan, hal:122)

Jadi mikroskop logam karena terdapat dua arah sumber penerangannya (dari bawah dan dari atas), maka dapat pula digunakan untuk bidang biologi/kedokteran dan bukan sebaliknya. Karena penyinaran spesimen diberikan dari samping, lalu dibelokan ke sumbu utama mikroskop melalui cermin setengah rata (half mirror), sehingga sinar dari lampu dapat diarahkan mengenai permukaan spesimen dari atas, karena lensa okuler berada di sebelah atas. Pembesaran mikroskop optik terbatas, umumnya tersedia pembesaran lensa objektif adalah 5x, 10x, 20x, 40x, 100x dan lensa okuler 10x, 15x, dan seterusnya tergantung pilihan yang diambil saat membeli, sehingga pembesaran maksimal adalah pembesaran maksimal pada lensa objektif kali lensa okuler, dikalikan dengan faktor kamera (yang ditentukan oleh pabrik pembuat mikroskopnya, misal 0,5). Jadi jika dibuat foto pada sebuah film, maka contoh pembesaran maksimalnya: 100x, 15x, 0,5x pembesaran cetaknya. Dulu, kamera pada mikroskop, selain direkam dengan film (hitam putih kebanyakan untuk metalografi) juga ada yang dilengkapi dengan film polaroid yang hasilnya seketika bisa di peroleh. Dewasa ini kamera digital dilengkapi dengan perangkat lunak untuk analisis struktur mikro, sehingga pengamat dapat dibantu segera memperoleh hasil tanpa harus lama menganalisis secara manual atas sebuah foto struktur mikro. Kini mikroskop inverted dapat lebih membantu pengamat

struktur mikro dengan langsung menempatkan permukaan spesimen yang diamati secara telungkup menghadap lensa objektif dan struktur mikro dapat ditampilkan pada sebuah layar.

Analisis struktur mikro selanjutnya mengacu pada aturan pada hand book yang secara lengkap menyampaikan berbagai metode analisis berikut etsa yang digunakan. Metals Handbook, Metalography, Structures and Ohase Diagrams, ASM Volume 8 dapat digunakan untuk analisis struktur mikro. Perkiraan kadar karbon suatubaja, penentuan ukuran butir, penentuan ukuran fasa setelah perlakuan panas, perkiraan kekuatan tarik dan kekerasan, dan berbagai sifat mekanik di uraikan cukup memadai. Prinsip analisis struktur mikro adalah pengetahuan atas dokumen struktur mikro dan sifat-sifat serta proses yang ditempuh oleh suatu bahan untuk dibandingkan dengan hasil pengamatan atau rekam foto struktur mikro, lalu membandingkan kesamaan/perbedaan yang ada dan memperkirakan simpulan atas objek yang diamati.

Hasil yang baik dapat diperoleh dengan memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

a. Pemolesan

Pemolesan sebaiknya dilakukan dengan satu arah agar tidak terjadi goresan.

b. Penekanan

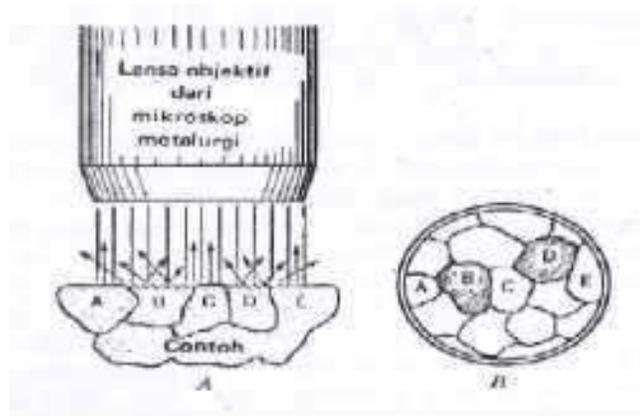
Pengamplasan pada mesin amplas jangan terlalu ditekan. Apabila terlalu ditekan maka arah dan posisi pemolesan dapat berubah dan kemungkinan terjadi goresan-goresan yang tidak teratur.

c. *Etching (Pengetsaan)*

Hasil dari proses pemolesan akan berupa permukaan yang mengkilap seperti cermin. Agar struktur terlihat jelas maka permukaan tersebut dietsa. Dalam pengetsaan jangan terlalu kuat karena akan terjadi kegosongan pada benda uji.

d. *Pemotretan*

*Pemotretan* digunakan untuk mendapatkan gambar dari struktur mikro dari spesimen uji setelah difokuskan dengan mikroskop. Pada gambar 2.10. B terlihat contoh A melalui mikroskop



**Gambar 2.10.** Pemeriksaan Benda Uji dengan Mikroskop Metalurgi

(Sumber: Ir. Syamsul Hadi, M.T., Ph.D. ,Teknologi Bahan,hal:122)

Keterangan:

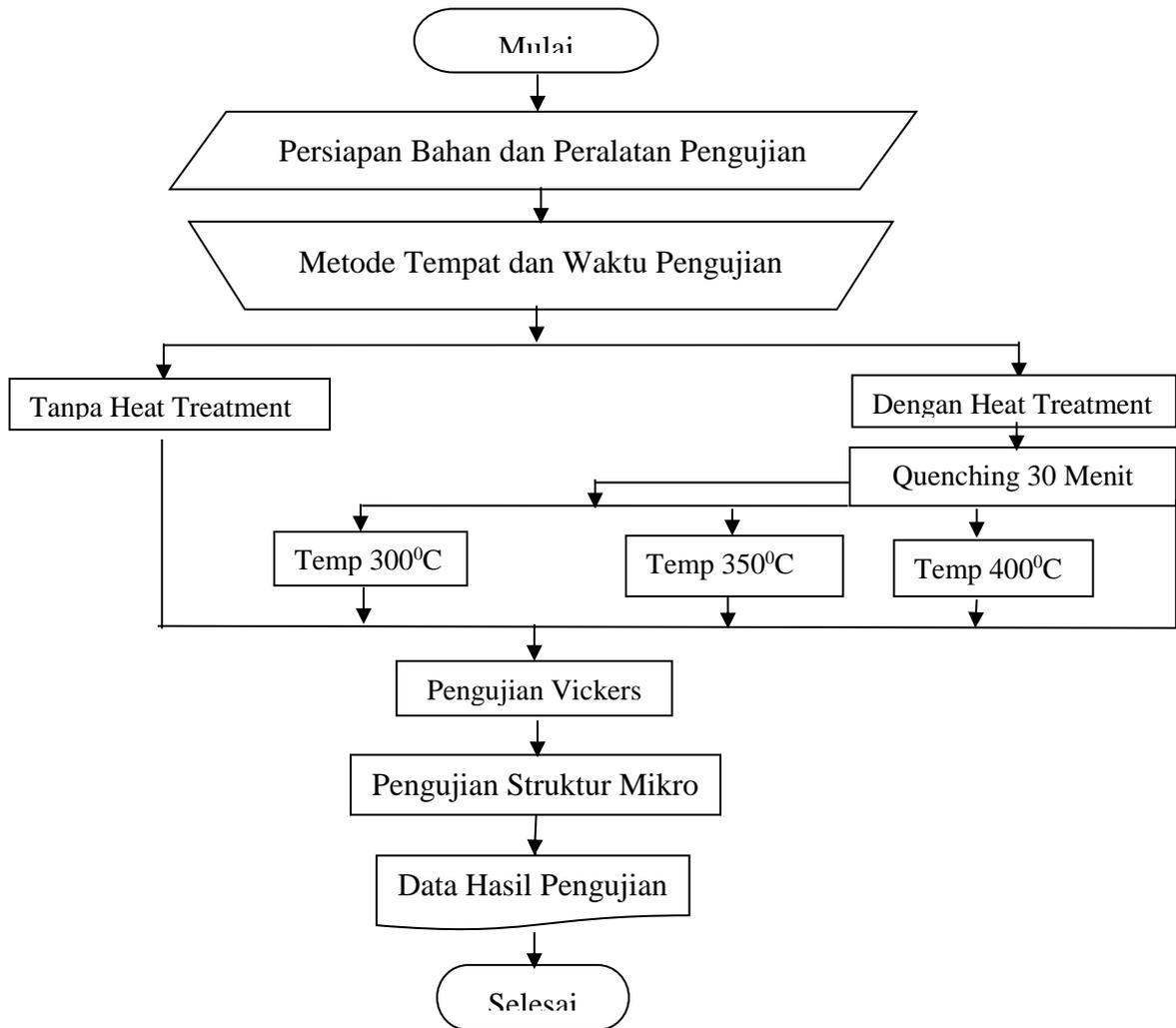
- a. contoh yang dietsa sedang diperiksa dengan mikroskop metalurgi
- b. penampilan contoh melalui mikro

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan rangkaian urutan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengujian

### 3.2 Tempat penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan.

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

- Alat Uji Kekerasan Vickers
- Alat Open Listrik (Furnace)
- Alat Proses Pendinginan (Bejana)
- Mesin Poles
- Alat Uji Struktur Mikro
- Autosol
- Tang Penjepit
- Kain Lap
- Gergaji Besi

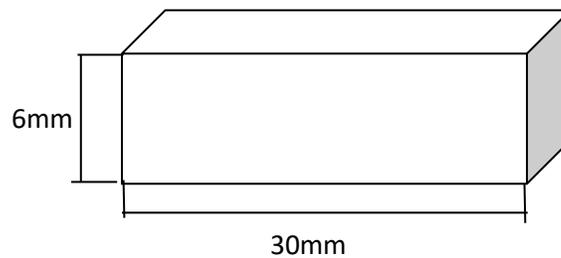
#### 3.3.2 Bahan

- Baja Karbon Rendah (Mild Steel)
- Air garam ( $\text{NaNO}_3 + \text{KNO}_3$ )
- Amplas (100 – 2000)
- Resin

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah, baja karbon rendah dan air garam untuk proses *quenching*.

No	Jenis Perlakuan Panas	Waktu Penahanan	Jumlah Spesimen Uji
1	Austempering		
	(300 °C)	30 menit	1 buah
	(350 °C)	30 menit	1 buah
	(400 °C)	30 menit	1 buah
Total Spesimen			3 buah

**Tabel 3.1.**Jumlah Spesimen Uji Baja Karbon Rendah (Mild Steel)



**Gambar 3.2.** Ukuran Sepesimen Benda Uji Baja Karbon Rendah

### 3.4 Proses Pengujian

#### 3.4.1 Proses Pemanasan Bahan

Pada proses pemanasan bahan ini, baja karbon akan di oven (*furnace*) atau dipanaskan dengan suhu yang telah ditentukan. Bisa dilihat seperti gambar dibawah proses pemanasan baja .



**Gambar 3.3.** Proses Pemanasan Bahan

#### 3.4.2 Proses *Quenching*

Benda uji yang telah dipanaskan lalu didinginkan di *temperature* yang telah ditentukan (300, 350, dan 400°C) dengan menggunakan media Air garam dan ditahan selama 30 menit.



**Gambar 3.4.** Alat Proses Pendinginan

#### 3.4.3 Proses Pemolesan

Sebelum sampel diuji persiapan yang dilakukan adalah dengan mengambil/ memotong besi yang sudah selesai di quenching dengan ukuran 20x20 mm. setelah itu di cetak pada resin kemudian dihaluskan dengan amplas 120-2000 menggunakan mesin poles.



**Gambar 3.5.** Alat Pemolesan

#### 3.4.4 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang digunakan adalah pengujian kekerasan vickers, pengujian kekerasan vickers berfungsi untuk mengetahui kekerasan bahan setelah dilakukan proses quenching.



**Gambar 3.6.** Alat Pengujian Kekerasan Vickers

### 3.4.5 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian ini juga dilakukan pada 4 sampel, sampel pertama tidak mendapatkan perlakuan panas *austempering* sampel kedua mendapatkan perlakuan panas *austempering* dengan suhu 300°C, kemudian sampel ketiga 350°C dan sampel keempat 400°C dengan waktu tahan 30 menit.



**Gambar 3.7.** Proses Pengujian Struktur Mikro

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Spesifikasi Bahan Yang Diuji

1. Bahan : Plat Mild Steel 6 x 18 x 30 mm
2. Suhu karburising : 850 °C
3. Waktu dari suhu ruang ke 850 °C : 45 menit
4. Waktu tahan benda 2 : 30 menit
5. Waktu tahan benda 3 : 30 menit
6. Waktu tahan benda 4 : 30 menit
7. Suhu Quenching : 300 °C, 350 °C, 400 °C
8. Waktu tahan quenching : 30 menit
9. Media quenching : Air Garam
10. Pelaksanaan karburising : 23 Juli 2017
11. Pelaksanaan quenching : 23 Juli 2017

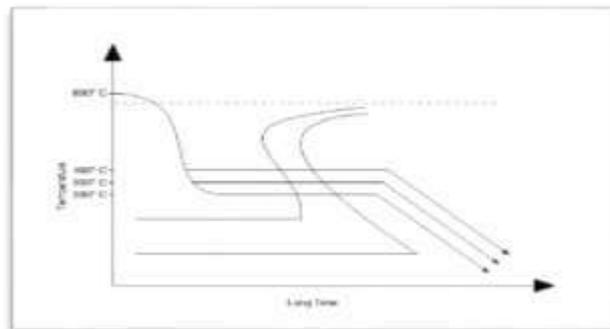
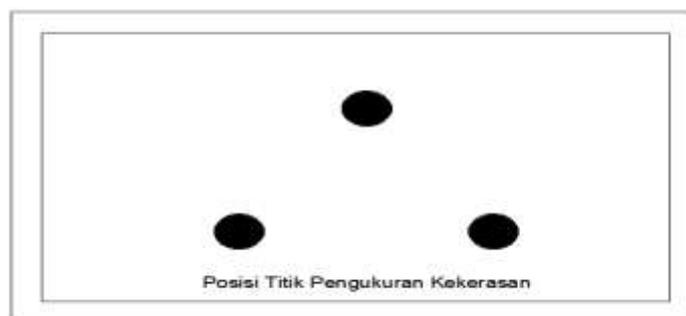


Diagram 4.1 Gambar diagram proses Austempering dan Quenching

Bahan yang diuji terdiri dari 4 bahan, proses austempering pada setiap bahan uji dilakukan dengan variasi temperatur austempering. Untuk bahan uji pertama diuji kekerasannya tanpa mendapatkan perlakuan panas austempering. Sedangkan untuk bahan uji ke 2, ke 3 dan ke 4 mendapat perlakuan panas austempering dengan variasi suhu austempering bahan 2 adalah 300 °C, bahan uji 3 adalah 350 °C sedangkan bahan uji ke 4 adalah 400 °C. Tujuan dari dilakukannya proses austempering dengan variasi suhu austempering yang berbeda adalah untuk mengetahui hubungan dari variasi suhu austempering terhadap kekerasan bahan uji.

#### 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan

1. Nama Spesimen : Baja Austempering, suhu 300 °C, 350 °C, 400 °C
2. Jenis Pengujian : Uji kekerasan
3. Mesin /Alat uji : Controlab
4. Metode pengujian : Vickers
5. Tanggal Pengujian : 25 Juli 2017



Gambar 4.2 Skema Titik Pengujian Kekerasan

Gambar 4.2 adalah menjelaskan dimana titik-titik pengujian kekerasan kedalaman. Pengujian kekerasan kedalaman dilakukan dengan memotong benda uji yang sudah mendapatkan perlakuan panas austempering. Setelah itu bekas pemotongan dihaluskan dengan amplas #1500. Setelah bekas pemotongan benar-benar halus baru dilakukan pengujian dari 1 sisi sebanyak 3 titik pengujian dan setiap titiknya berjarak 150 mikron. Dengan dilakukannya pengujian seperti di atas, akan didapatkan kedalaman masuknya logam pada permukaan.

Spesimen Mild Steel  
Holding Time 30 Menit, Variasi Temperatur Austempering

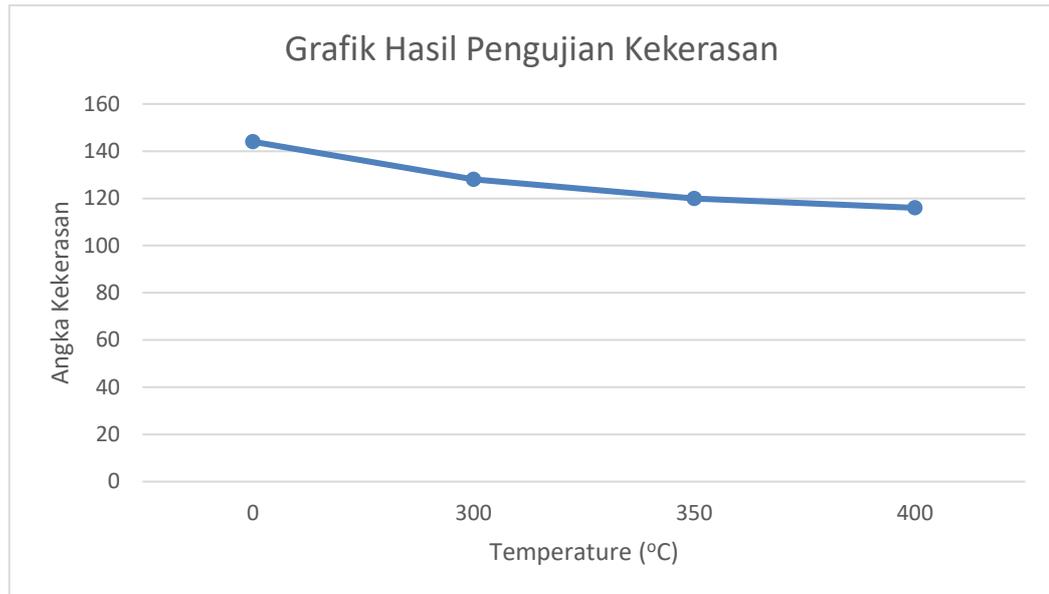
No	Kode	Posisi titik uji	d <sub>1</sub> (mm)	d <sub>2</sub> (mm)	d <sub>rata-rata</sub> (mm)	Kekerasan (VHN)
1	R.M	Acak	0.62	0.62	0.620	144.7
			0.62	0.62	0.620	144.7
			0.62	0.63	0.625	142.4
2	T.300	Acak	0.66	0.66	0.660	127.7
			0.66	0.66	0.660	127.7
			0.66	0.66	0.660	127.7
3	T.350	Acak	0.69	0.68	0.685	118.6
			0.68	0.68	0.680	120.3
			0.68	0.67	0.675	122.1
4	T.400	Acak	0.69	0.69	0.690	116.8
			0.69	0.69	0.690	116.8
			0.69	0.69	0.690	116.8

Keterangan :

1. Menggunakan metode uji Vickers dengan pembebanan 30 kg
2. Satuan pengukuran diagonal jejak indenter dalam mm
3. Pengujian dilakukan pada tanggal 25 Juli 2017

Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengujian Kekerasan Keseluruhan

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu austemperingnya maka kekerasannya semakin berkurang. Kekerasan yang tinggi adalah pada benda uji ke 2. pada semua titik, pengujian kekerasan benda uji ke 2 kekerasannya masih lebih besar dibandingkan benda uji yang lain yaitu senilai 127,4 VHN.

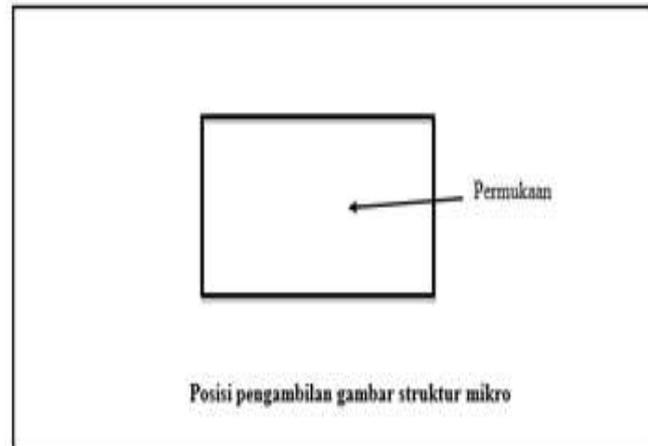


Gambar 4.3 Grafik Nilai Kekerasan Permukaan Rata-rata .

Grafik pada gambar 4.3 menunjukkan nilai kekerasan permukaan benda uji. Jika kita perhatikan grafiknya, perbedaan suhu perlakuan panas austempering sangat mempengaruhi kekerasan permukaan benda uji. Benda uji ke 1 atau bahan dasar yang tidak mendapat perlakuan panas austempering nilai kekerasannya hanya mencapai 144, sedangkan pada benda uji ke 2 yang sudah mendapatkan perlakuan panas austempering kekerasannya menurun menjadi 127,4 dan terus menurun sesuai suhu austemperingnya.

#### 4.3 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengujian Struktur Mikro dilakukan dengan tujuan mengetahui struktur mikro baja sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas austempering. Hasil pengujianya adalah sebagai berikut;



Gambar 4.4 Posisi Pengujian Struktur Mikro

Gambar 4.4 menjelaskan posisi pengambilan gambar struktur mikro. Pengambilan gambar dilakukan dari satu bagian, yaitu pada bagian permukaan. Dibagian tersebut dilakukan dua kali pengambilan gambar dengan pembesaran yang berbeda.

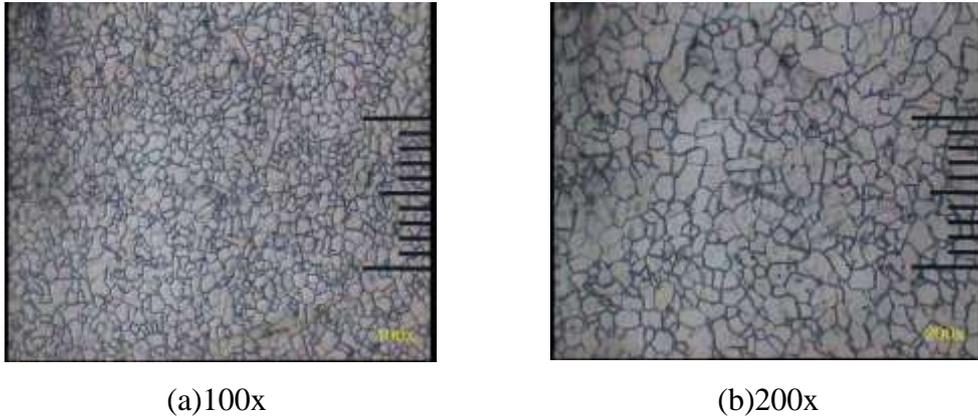
#### 1. Bahan Dasar (Tidak di Austempering)



Gambar 4.5 Struktur Mikro Mild Steel Sebelum di Austempering: (a) Pembesaran, 100x; (b) Pembesaran, 200x

Gambar 4.5 menunjukkan struktur mikro pada permukaan benda uji yang tidak mendapatkan perlakuan panas karburising. Struktur karbon pada permukaan masih terlihat merata.

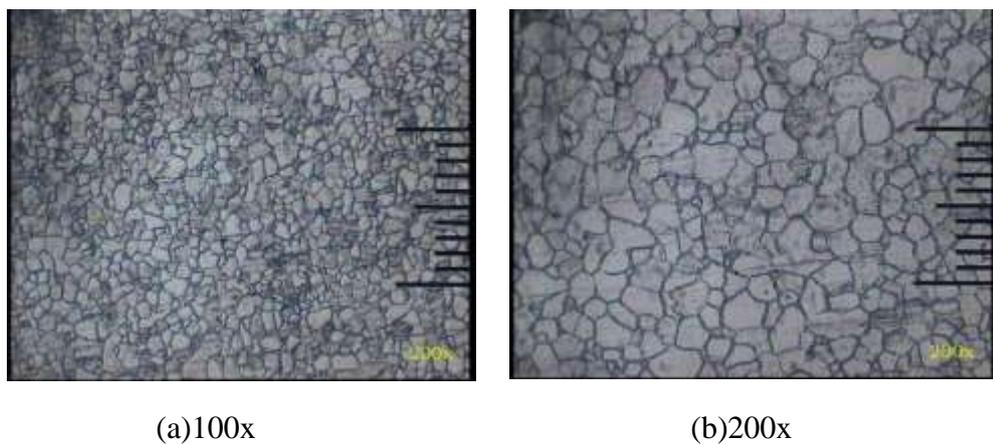
## 2. Bahan Setelah diaustempering temperature 300 °C



Gambar 4.6 Struktur Mikro Mild Steel Setelah di Austempering Pada Suhu 300°C: (a) Pembesara, 100x; (b) Pembesaran, 200x

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa struktur karbon pada permukaan logam benda uji yang sudah mendapatkan perlakuan panas austempering pada suhu 300°C strukturnya menjadi lebih renggang dibanding gambar 4.5. Dari gambar tersebut memperlihatkan bahwa karbon pada permukaan benda uji semakin memudar.

## 3. Bahan Setelah diaustempering 350°C



Gambar 4.7 Struktur Mikro Mild Steel Setelah di Austempering Pada Suhu 350°C: (a) Pembesara, 100x; (b) Pembesaran, 200x

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa struktur karbon pada permukaan logam benda uji yang sudah mendapatkan perlakuan panas austempering pada suhu  $350^{\circ}\text{C}$  strukturnya menjadi lebih renggang dibanding gambar 4.6. Dari gambar tersebut memperlihatkan bahwa karbon pada permukaan benda uji semakin memudar.

#### 4. Bahan Setelah dikarburising 4 jam



(a)100x



(b)200x

Gambar 4.8 Struktur Mikro Mild Steel Setelah di Austempering Pada Suhu  $400^{\circ}\text{C}$ : (a) Pembesara, 100x; (b) Pembesaran, 200x

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa struktur karbon pada permukaan logam benda uji yang sudah mendapatkan perlakuan panas austempering pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  strukturnya menjadi lebih renggang dibanding gambar 4.5. Dari gambar tersebut memperlihatkan bahwa karbon pada permukaan benda uji semakin memudar.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat kita ambil dari hasil penelitian di atas adalah sebagai berikut;

1. Terdapat penurunan kekerasan dari *raw material (Mild Steel)* setelah dilakukan proses austempering.
2. Temperatur austempering berpengaruh terhadap kekerasan material Mild Steel. Makin tinggi temperatur austempering yang digunakan, kekerasan cenderung lebih rendah.
3. Terdapat perbedaan bentuk struktur mikro terhadap temperatur austempering. Makin tinggi temperatur austempering yang digunakan, bentuk struktur mikro semakin halus.

#### **5.2 Saran**

Saran yang bisa penulis berikan adalah sebagai berikut;

1. Proses Austempering sebaiknya menggunakan baja karbon tinggi agar bahan lebih tangguh setelah proses austempering.
2. Waktu pemindahan bahan dari furnace kedia quenching sebaiknya dilakukan secepat mungkin, agar tidak terbentuk pearlite saat proses austempering.
3. Sebelum dilakukan proses austempering sebaiknya bahan dilakukan uji komposisi terlebih dahulu agar diketahui kadar karbon bahan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

Alois Schonmetz dkk.2013 Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam.  
Bandung. Angkasa.

B.H. Amstead.1979 Teknologi Mekanik. Jakarta. Erlangga.

Hadi Syamsul.2016 Teknologi Bahan. Yogyakarta. ANDI.

Jhon Stefford dkk.1990. Teknologi Kerja Logam.Jakarta. Erlangga.

Lawrence H. Van Vlack.1981. Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan  
Bukan Logam). Jakarta. Erlangga.

Saito Surdia. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta. PT. Pradnya Paramita.