

**ANALISA PENGARUH SUHU CARBURIZING MENGGUNAKAN MEDIA ARANG BATOK KELAPA  
TERHADAP KEKERASAN DAN KETAHANAN AUS RODA GIGI BAJA ST41**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Guna memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



OLEH :

**FREDDY ANTONIUS**

**NPM. 16.331.0848**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2019**

## HALAMAN PERSETUJUAN

### TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH SUHU CARBURIZING MENGGUNAKAN  
MEDIA ARANG BATOK KELAPA TERHADAP KEKERASAN DAN  
KETAHANAN AUS RODA GIGI BAJA ST41



Disusun Oleh :

FREDDY ANTONIUS

16.331.0848

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

PEKANBARU

Dr. KURNIA HASTUTI, ST., MT  
Dosen Pembimbing I

Tanggal : 18/4 - 2017

DODY YULIANTO, ST., MT  
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 16/4 - 2017

## LEMBAR PENGESAHAN

### TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH SUHU CARBURIZING MENGGUNAKAN  
MEDIA ARANG BATOK KELAPA TERHADAP KEKERASAN DAN  
KETAHANAN AUS RODA GIGI BAJA ST41

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

Disusun Oleh :

FREDDY ANTONIUS

16.331.0848

Disetujui Oleh :

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

PEKANBARU

  
Dr. KURNIA HASTUTI, ST., MT

  
DODY YULIANTO, ST., MT

Disalihkan Oleh :

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK MESIN

  
Ir. H. ABD. KUDUS ZAINI, MT., MS., TR

  
DODY YULIANTO, ST., MT



## PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : FREDDY ANTONIUS

NPM : 16.331.0848

PROGRAM STUDI : Teknik Mesin Universitas Islam Riau

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk tugas akhir dengan judul **"Analisa Pengaruh Suhu Carburizing Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap Kekerasan dan Ketahanan Aus Roda Gigi Baja ST41"** yang diajukan guna melengkapi persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, adalah merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan dan duplikasi dari tugas akhir yang telah dipublikasikan dan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau (UIR) maupun perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali pada bagian yang sumber informasinya demikian surat pernyataan ini saya buat sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 16 April 2019



FREDDY ANTONIUS

NPM : 16 331 0848

# UNIVERSITAS ISLAM RIAU

## FAKULTAS TEKNIK

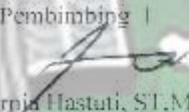
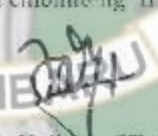
Alamat : Jalan Kaharuddin Nasution Km. 11 Kampus UIR Perhentian Marpoyan Pekanbaru

### USUL SKRIPSI

|                 |           |              |
|-----------------|-----------|--------------|
| Nama Mahasiswa  | N P M     | Bidang Studi |
| Freddy Antonius | 163310848 | Mesin        |

### JUDUL SKRIPSI

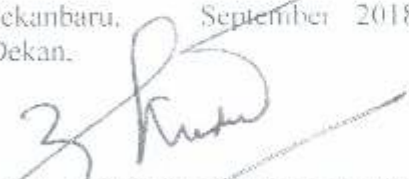
Analisis Pengaruh Suhu Carburizing Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap Kekerasan .

|                                                                                                         |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PERSETUJUAN<br>WD. II                                                                                   | PENDAFTARAN JUDUL<br>PADA PROGRAM STUDI                                                                                                                            | PERSETUJUAN CALON<br>SPONSOR DAN CO<br>SPONSOR                                                                                                                                                                                                                          | CATATAN<br>CO-SPONSOR |
| <br>Ariyon, ST., MT. | Telah Terdaftar Di bawah<br>Nomor: H/TA/M/1/2018<br><br>Dody Yulianto, ST., MT. | Pembimbing I<br><br>Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT.<br>Pembimbing II<br><br>Dody Yulianto, ST., MT. |                       |

### CATATAN /PERSETUJUAN

|                 |                                                                                                                      |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CATATAN SPONSOR | CATATAN DAN PERSETUJUAN WD. I                                                                                        |
|                 | <br>Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT. |

Pekanbaru,      September 2018  
Dekan.

  
Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT, MS, Tr  
Npk.88 03 02 098



SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
NOMOR : 1542/KPTS/FT-UIR/2018  
TENTANG PENGANGKATAN TIM PEMBIMBING PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI

**DEKAN FAKULTAS TEKNIK**

- Memhaca : Surat Ketua Program Studi Teknik Mesin Nomor : 11/TA/M/T/2018 tentang Persetujuan dan Usulan Pengangkatan Tim Pembimbing Penelitian dan Penyusunan Skripsi.
- Menimbang : 1. Bahwa untuk menyelesaikan perkuliahan bagi Mahasiswa Fakultas Teknik Perlu membuat Skripsi.
2. Untuk itu perlu ditunjuk Tim Pembimbing Penelitian dan Penyusunan Skripsi yang diangkat dengan Surat Keputusan Dekan.

- Mengingat : 1. Undang-undang Nomor : 20 Tahun 2003  
2. Peraturan Pemerintah No. 30 Tahun 1990  
3. Surat Mendikbud RI :  
a. Nomor : 0211/U/1987  
b. Nomor : 0212/U/1982  
c. Nomor : 041/U/1984  
d. Nomor : 0387/U/1986  
e. Nomor : 0200/U/1987  
4. Surat Keputusan Ditjen Dikti Depdikbud Nomor : 02/Dikti/Kep/1991  
5. SK. YLPI Daerah Riau :  
a. Nomor : 66/Kep/YLPI/H/1976 Tanggal 12 Mei 1976  
b. Nomor : 34/Kep-I/YLPI-V/1985 Tanggal 12 Mei 1989  
6. SK. Rektor Univ. Islam Riau  
a. Nomor : 52/UIR/KPTS/1989 Tanggal 30 Januari 1989  
b. Nomor : 55/UIR/KPTS/1989 Tanggal 7 Februari 1989

**MEMUTUSKAN**

- Menetapkan : 1. Mengangkat Saudara-Saudara yang namanya tersebut dibawah ini sebagai Tim Pembimbing Penelitian dan Penyusunan Skripsi Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin.

| No | Nama                        | Pangkat | Jabatan       |
|----|-----------------------------|---------|---------------|
| 1  | Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT | Lektor  | Pembimbing I  |
| 2  | Dody Yulianto, ST., MT      | Lektor  | Pembimbing II |

2. Mahasiswa yang akan dibimbing :

Nama : Freddy Antonius  
NPM : 163310848  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)  
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Suhu Carburizing Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap Kekerasan

3. Keputusan Ini Mulai Berlaku Pada Tanggal Ditetapkannya Dengan Ketentuan Bila Terdapat Kekeliruan Dikemudian Hari Segera Ditinjau Kembali.

Ditetapkan di : Pekanbaru  
Pada Tanggal : 3 Safar 1440 H  
13 Oktober 2018 M

Dekan,

  
**Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT., MS., TR**  
NPK. 88 03 02 098

Tembusan disampaikan :  
1. Yth. Rektor UIR di Pekanbaru.



PROGRAM TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UIR  
PEKANBARU

No Agenda :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :

### TUGAS AKHIR

NAMA : FREDDY ANTONIUS

NPM : 16.331.0848

#### **SPEKIFIKASI :**

Analisa pengaruh suhu carburizing menggunakan media arang batok kelapa terhadap kekerasan dan ketahanan aus roda gigi baja ST41 analisa diantaranya:

- Pembuatan spesimen pengujian
- Melakukan proses perlakuan panas dengan temperature 850°C, 900°C dan 950°C dengan waktu penahanan 2 jam dan didinginkan dengan media air.
- Melakukan pengujian kekerasan, pengujian ketahanan aus dan pengamatan metalografi dan pada spesimen
- Analisa data hasil pengujian

Diberikan tanggal :

Selesai tanggal :

Pekanbaru, 14 oktober 2018

Ketua Prodi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing

( DODY YULIANTO ST.MT)

(Dr. KURNIA HASTUTI ST,MT)





### Daftar Asistensi

Tugas : Tugas Akhir  
Judul : ANALISA PENGARUH SUHU CARBURIZING MENGGUNAKAN MEDIA ARANG BATOK KELAPA TERHADAP KEKERASAN DAN KETAHANAN AUS RODA GIGI BAJA ST41.  
Nama : FREDDY ANTONIUS  
Npm : 16.331.0848

| NO | HARI/TANGGAL       | JAM   | PARAF DOSIR PEMBIMBING | MATERIASISTENSI                |
|----|--------------------|-------|------------------------|--------------------------------|
| 1  | Senin / 6-8-2018   | 14.00 | /                      | BAB 1. Teori referensi         |
| 2  |                    |       | /                      | yg berkaitan dgn it belah.     |
| 3  |                    |       |                        | Perilaku tegangan & rumus      |
| 4  |                    |       |                        | modul.                         |
| 5  | Senin / 13-8-2018  | 14.00 | /                      | BAB 2. Perilaku                |
| 6  |                    |       | /                      | tegangan plastisitas.          |
| 7  | Senin / 20-8-2018  | 14.30 | /                      | BAB 3. Perilaku                |
| 8  |                    |       |                        | tegangan elastis, persiapan    |
| 9  |                    |       |                        | specimen, persiapan pendidit   |
| 10 | Jum'at / 13-9-2018 | 10.00 |                        | BAB 1. Perilaku rumus          |
| 11 |                    |       |                        | modul, tegangan & batas modul. |
|    |                    |       |                        | BAB 2. Cara membuat permukaan  |
|    |                    |       |                        | Grafitasi.                     |

DIBERIKAN TANGGAL :

SELESAI TANGGAL :

Dosen Pembimbing

(Dr. Kurnia Hastuti, ST.MT)





Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Islam Riau  
Pekanbaru

Daftar Asistensi

: Tugas Akhir

: ANALISA PENGARUH SUHU CARBURIZING MENGGUNAKAN MEDIA ARANG BATOK KELAPA TERHADAP KEKERASAN DAN KETAHANAN AUS RODA GIGI BAJA ST41.

: FREDDY ANTONIUS

: 16.331.0848

| NO | HARI/TANGGAL      | JAM   | PARAF DOSEN PEMBIMBING II | MATERI ASISTENSI                                                            |
|----|-------------------|-------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1  |                   |       |                           | Batubondar adalah tumbuhan upi yg dibudidayakan penerapan?                  |
| 2  | Rabu/ 7-11-2018   | 9.15  |                           | Lanjutan Teori. Tambahkan teori yg berkaitan dgn gigi yg terjd di pd gigi - |
| 3  | Sabtu/ 17-11-2018 | 10.15 |                           | Lanjutan Metodologi penelitian                                              |
| 4  | Rabu/ 28-11-2018  | 8.45  |                           | lakukan Pengujian & analisa                                                 |
| 5  | Jumat/ 30-11-2018 | 9.20  |                           | Cek gambar & edit tulisan                                                   |
| 6  | Sabtu/ 1-11-2018  | 13.15 |                           | Atc Seminar                                                                 |
| 7  |                   |       |                           |                                                                             |
| 8  |                   |       |                           |                                                                             |

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ERIKAN TANGGAL :

ESAI TANGGAL :

Dosen Pembimbing II

(Doddy Yulianto, ST, MT)



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU

Alamat : Jl. Kaharudin Nasution No. 133 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

**SURAT KETERANGAN UNTUK MENGIKUTI  
SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan di bawah ini, dosen Pembimbing Tugas Akhir menerangkan bahwa mahasiswa dengan:

NAMA : FREDDY ANTONIUS

NPM : 16.331.0848

Judul Tugas Akhir : " Analisa Pengaruh Suhu Carburizing menggunakan Media Arang batok Kelapa terhadap Kekerasan dan Ketahanan Aus Roda Gigi Baja ST41 ".

Sehubungan dengan telah disempurnanya Tugas Akhir ini, maka berdasarkan berita acara bimbingan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang tercantum diatas diberikan untuk mengikuti seminar hasil Tugas Akhir.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenar-benarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Pekanbaru, desember 2018

Pembimbing I

  
(Dr. Kurnia Hastuti, MT)

Pembimbing II

  
( Doddy Yuhanto, ST.MT)



Asistensi setelah seminar

| No | DOSEN               | KETERANGAN                                                                                                                                          | TANDA TANGAN                                                                        |
|----|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Ir. Syawaldi, M.Sc  | - Tambahkan ketahanan aus pada latar belakang.                                                                                                      |  |
| 2  | Dr Dedikarani, M.Sc | - Tambahkan arang batok kelapa pada latar belakang.<br>- Persamaan reaksi kimia<br>- Bab III nama alat uji<br>- Lampiran, notasi dan daftar pustaka |  |



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Alamat : Jalan Kaharuddin Nasution No.133 Perhentian Marpoyan  
Telp (0761)72126-674884. Fak (0761)674834 Pekanbaru-Riau. 28284

**SURAT KETERANGAN**

**PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini pembimbing Tugas Akhir menerangkan bahwa mahasiswa dengan :

Nama : Freddy Antonius

NPM : 163310848

Judul Tugas Akhir : Analisa Pengaruh Suhu Carburizing Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap Kekerasan dan Ketahanan Aus Roda Gigi Baja ST41.

Sehubungan telah selesainya penulisan tugas akhir, berdasarkan berita acara bimbingan Tugas Akhir maka diberikan kesempatan untuk mengikuti sidang Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tercantum di atas.

Demikian surat keterangan ini di buat dengan sebenar-benarnya, untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pekanbaru. Desember 2018

Pembimbing I

  
Dr. Kurnia Hastuti, ST, MT

Pembimbing II

  
Dody Yulianto, ST, MT





YAYASAN LEMBAGA PENDIDIKAN ISLAM (YLPI) RIAU

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI MESIN

Jalan Kaharuddin Nasution No. 113 P. Marpoyan Pekanbaru Riau Indonesia – Kode Pos: 28284

Telp. +62 761 674674 Website: [www.eng.uir.ac.id](http://www.eng.uir.ac.id) Email: [fakultas\\_teknik@uir.ac.id](mailto:fakultas_teknik@uir.ac.id)

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru, tanggal 13 April 2019, Nomor: 0469/KPTS/FT-UIR/2019, maka pada hari Senin, tanggal 15 April 2019, telah dilaksanakan Ujian Skripsi Program Studi Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jenjang Studi S1, Tahun Akademik 2018/2019 berikut ini.

1. Nama : Freddy Antonius
2. NPM : 163310848
3. Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Suhu Carburizing Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap Kekerasan dan Ketahanan Aus Roda Gigi Baja ST 41
4. Waktu Ujian : 13.00 WIB – Selesai
5. Tempat Pelaksanaan Ujian : Ruang Sidang Fakultas Teknik UIR

**Dengan keputusan Hasil Ujian Skripsi:**

Lulus\*/ Lulus dengan Perbaikan\*/ Tidak Lulus\*

\* Coret yang tidak perlu.

**Nilai Ujian:**

Nilai Ujian Angka = 65,15 Nilai Huruf = B

Tim Penguji Skripsi.

| No | Nama                        | Jabatan    | Tanda Tangan |
|----|-----------------------------|------------|--------------|
| 1  | Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT | Ketua      | 1.           |
| 2  | Dody Yulianto, ST., MT      | Sekretaris | 2.           |
| 3  | Ir. Syawaldi, M.Sc          | Anggota    | 3.           |
| 4  | Dr. Dedikarni, ST., M.Sc    | Anggota    | 4.           |

Ketua,

Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT  
NIDN. 1008057102

Panitia Ujian  
Sekretaris,

Dody Yulianto, ST., MT  
NIDN. 1029077302

Pekanbaru, 15 April 2019

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT., MS., TR  
NIDN. 1011076202

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa senantiasa kita ucapkan, atas limpahan rahmat dan karunia serta nikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul “ **Analisa Pengaruh Suhu Carburizing menggunakan Media Arang batok Kelapa terhadap Kekerasan dan Ketahanan Aus Roda Gigi Baja ST41** ”.

Dan tidak lupa pula disampaikan kepada Tuhan yang Maha Esa , keluarga, sahabat, dan orang-orang yang selalu teguh hatinya di jalan Tuhan Yang Maha Esa.

Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat guna memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Dalam penyelesaian tugas akhir ini, penulis banyak mendapat bimbingan, bantuan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan hati yang tulus ikhlas penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Teristimewa untuk Ayahanda J.A.Sibuea dan Ibunda R.Siagian (alm) yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan serta do'a yang tak ternilai harganya.
2. Bapak Ir. H. Abdul Kudus Zaini, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Bapak Dody Yulianto, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Ibu Dr Kurnia Hastuti ST.MT selaku pembimbing I dan selaku Bapak Dody Yulianto, ST., MT pembimbing II yang telah banyak memberikan ilmu dan membimbing serta mengarahkan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.

5. Bapak Ir. Irwan Anwar, MT dan Bapak Eddy Elfiano, ST., M.Eng selaku Kepala Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Teman-teman teknik mesin, Yandra Oktor, ST. Alpin Jzailani , Romie Abuih , Jhoni Iskandar, Rika dodi Jufri Shandri, Shandi Putra , Hari Jumaidi, Romi simsimi, Tri Eko Habi Manyu ST. serta seluruh angkatan 2009 yang membantu dan telah banyak memberikan semangat serta dukungannya kepada penulis.
7. Keluargaku, dimulai dari abangku Jefson Junaedi sibuea, adekku Fajar Dio Frando Sibuea, Jesika Wulandari Sibuea S.kom dan Jenita mayasari sibuea Amd. Terimakasih untuk seluruh dukungan kalian semua. Baik moral dan materi.
8. Untuk orang yang tersayang dihati. Maria Monica Batubara S.E thanks ya telah menemani dikala susah senang dan setia berada disampingku memberikan dukungannya
9. baik secara moral dan motivasi, dan yang pasti ga pernah bosan mengingatkan dengan Tugas Akhir.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik.

Akhirnya penulis berharap semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Pekanbaru, juni 2018

**Penulis**



## DAFTAR ISI

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL.....                   | i     |
| LEMBAR USULAN JUDUL.....             | ii    |
| SURAT KEPUTUSAN.....                 | iii   |
| SPEKIFIKASI TUGAS .....              | iv    |
| DAFTAR ASISTENSI.....                | v     |
| DAFTAR ASISTESI SETELAH SEMINAR..... | v     |
| KATA PENGANTAR .....                 | vi    |
| DAFTAR ISI .....                     | ix    |
| DAFTAR TABEL .....                   | xii   |
| DAFTAR GAMBAR .....                  | xiii  |
| DAFTAR NOTASI .....                  | xvii  |
| ABSTRAK.....                         | xviii |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>             |       |
| 1.1 Latar Belakang.....              | 1     |
| 1.2 Perumusan Masalah .....          | 2     |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....          | 2     |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....         | 3     |
| 1.5 Batasan Masalah .....            | 3     |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....      | 3     |

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

|     |                                    |    |
|-----|------------------------------------|----|
| 2.1 | Besi .....                         | 5  |
|     | a. Body Centered Cubic (BCC).....  | 6  |
|     | b. Face Centered Cubic (FCC) ..... | 6  |
| 2.2 | Baja.....                          | 7  |
|     | a. ferrite .....                   | 9  |
|     | b. pearlite .....                  | 9  |
|     | c. austenite.....                  | 9  |
|     | d. martensite .....                | 9  |
|     | e. cementite.....                  | 10 |
|     | f. ledeburite.....                 | 10 |
| 2.3 | Baja Paduan .....                  | 10 |
|     | a. silisium .....                  | 10 |
|     | b. mangan .....                    | 11 |
|     | c. krom.....                       | 11 |
|     | d. molibdenum.....                 | 11 |
|     | e. kobalt .....                    | 11 |
|     | f. vanadium .....                  | 12 |
|     | g. wolfram.....                    | 12 |
|     | h. titanium.....                   | 12 |
| 2.4 | Baja ST41 .....                    | 12 |

|        |                                               |    |
|--------|-----------------------------------------------|----|
| 2.5    | Roda Gigi.....                                | 15 |
| 2.6    | Surface Treatment` (Perlakuan Permukaan)..... | 17 |
| 2.7    | Karbonisasi atau Carburizing .....            | 18 |
| 2.7.1  | Karbonisasi dengan perantara zat padat .....  | 18 |
| 2.7.2  | Karbonisasi dengan perantara zat cair .....   | 21 |
| 2.7.3  | Karbonisasi dengan perantara zat gas.....     | 22 |
| 2.8    | Karbonitriding.....                           | 22 |
| 2.9    | Cyaniding.....                                | 22 |
| 2.10   | Nitriding.....                                | 23 |
| 2.11   | Quenching.....                                | 23 |
| 2.12   | Sifat Mekanis.....                            | 25 |
| 2.12.1 | Kekerasan .....                               | 25 |
| 2.12.2 | Keausan.....                                  | 26 |
| 2.13   | Struktur Mikro .....                          | 28 |

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

|       |                                   |    |
|-------|-----------------------------------|----|
| 3.1   | Diagram Air .....                 | 31 |
| 3.2   | Persiaa Material .....            | 33 |
| 3.3   | Waktu dan tempat penelitian ..... | 33 |
| 3.4   | Alat dan Bahan .....              | 34 |
| 3.4.1 | Bahan .....                       | 34 |
| 3.4.2 | Alat .....                        | 37 |



|                                     |                                    |    |
|-------------------------------------|------------------------------------|----|
| 3.5                                 | Pengkarbonan .....                 | 42 |
| 3.6                                 | Pengujian .....                    | 44 |
| 3.6.1                               | Uji Kekerasan .....                | 44 |
| 3.6.2                               | Pengamatan Struktur Mikro.....     | 44 |
| 3.6.3                               | Pengujian Keausan.....             | 46 |
| <b>BAB IV HASIL DAN PENELITIAN</b>  |                                    |    |
| 4.1                                 | Kekerasan Material.....            | 48 |
| 4.2                                 | Ketahanan Aus Material .....       | 51 |
| 4.3                                 | Hasil Pengamatan Metalografi ..... | 52 |
| <b>BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN</b> |                                    |    |
| <b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>  |                                    |    |
| <b>LAMPIRAN</b>                     |                                    |    |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>               |                                    |    |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                               | halaman |
|---------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1 struktur baja paduan.....                                       | 13      |
| 2.2 Klarifikasi Roda Gigi .....                                     | 16      |
| 4.1 Data Hasil Uji Kekerasan Spesimen Tanpa Karburasi.....          | 47      |
| 4.2 Data Hasil Uji Kekerasan Spesimen T85 .....                     | 48      |
| 4.3 Data Hasil Uji Kekerasan Spesimen T90 .....                     | 48      |
| 4.4 Data Hasil Uji Kekerasan Spesimen T95 .....                     | 49      |
| 4.5 Hasil Nilai Kekerasan Antara Spesimen STD,T85,T90,dan T95 ..... | 49      |
| 4.6 Data Hasil Uji Ketahanan Aus.....                               | 51      |
| 4.7 Hasil Pengamatan Antara Spesimen STD,T85,T90,dan T95 .....      | 56      |
| 5.1 Ukuran Butir Rata-rata Tiap Spesimen .....                      | 61      |
| 5.2 Hasil Pengukuran Tebal Pearlite T90 dan T95.....                | 64      |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Diagram Tranformasi .....                               | 5  |
| 2.2 Struktur Kubik Pemusatan Logam .....                    | 6  |
| 2.3 struktur kubik Pemusatan Sisi Pada Logam .....          | 7  |
| 2.4 Diagram Besi .....                                      | 8  |
| 2.5 Struktur Baja Zat Carbon .....                          | 14 |
| 2.6 Bagian-bagian Roda Gigi .....                           | 16 |
| 2.7 Mekanisme Difusi Intertisi .....                        | 19 |
| 2.8 Grafik untuk Menentukan waktu karbonisasi cair .....    | 28 |
| 2.9 Mekanisme Pendinginan .....                             | 24 |
| 2.10 Prinsip Pengukuran Kekerasan Vickers .....             | 25 |
| 2.11 Pemeriksaan Benda Uji dengan Mikroskop Metalurgi ..... | 29 |
| 3.1 diagram Alir .....                                      | 31 |
| 3.2 Baja St41 .....                                         | 33 |
| 3.3 Serbuki Batok Kelapa .....                              | 34 |
| 3.4 Cairan Etsa .....                                       | 34 |
| 3.5 Natrium Carbonat .....                                  | 35 |
| 3.6 Alumina Pasta .....                                     | 35 |
| 3.7 Kertas Amplas .....                                     | 36 |
| 3.8 Gergaji Mesin .....                                     | 36 |
| 3.9 Tang Penjepit .....                                     | 37 |



|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 3.10 Sarung Tangan.....                                         | 37 |
| 3.11 Mesin Bubut .....                                          | 38 |
| 3.12 jangka sorong.....                                         | 38 |
| 3.13 Muffle Furnace .....                                       | 39 |
| 3.14 Mesin Uji Keausan .....                                    | 40 |
| 3.15 Mesin Uji Kekerasan .....                                  | 40 |
| 3.16 mikroskop .....                                            | 41 |
| 3.17 Kotak dan tutup Spesimen.....                              | 42 |
| 3.18 Oven listrik yang digunakan dalam .....                    | 42 |
| 3.19 Mesin foto Struktur.....                                   | 44 |
| 3.20 skema Alat Uji Keausan .....                               | 45 |
| 5.1 Grafik Hubungan Perbandingan Nilai kekerasan Rockwell.....  | 57 |
| 5.2 Grafik Nilai Ketahanan Aus Material.....                    | 59 |
| 5.3 Hasil Pengamatan Antara Spesimen STD,T85,T990,dan T95 ..... | 60 |
| 5.4 Hasil Pengamatan Antara Spesimen STD,T85,T90,danT95 .....   | 62 |



**PROGRAM TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK UIR**  
**PEKANBARU**

No Agenda :  
Diterima Tanggal : JUNI 2016  
Paraf :

### **TUGAS AKHIR**

NAMA : FREDDY ANTONIUS

NPM : 09.331.0513

**SPEKIFIKASI :**

Analisa pengaruh suhu carburizing menggunakan media arang batok kelapa terhadap kekerasan dan ketahanan aus roda gigi baja ST41 analisa diantaranya:

- Pembuatan spesimen pengujian
- Melakukan proses perlakuan panas dengan temperature 850°C, 900°C dan 950°C dengan waktu penahanan 2 jam dan didinginkan dengan media air.
- Melakukan pengujian kekerasan, pengujian ketahanan aus dan pengamatan metalografi dan pada spesimen
- Analisa data hasil pengujian

Diberikan tanggal :

Selesai tanggal :

Pekanbaru, juni 2016

Ketua Prodi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing

( DODY YULIANTO ST.MT)

(Dr. KURNIA HASTUTI ST,MT)

# **ANALYSIS OF THE EFFECT OF CARBURIZING TEMPERATURE USING COCONUT SHELL CHARCOAL MEDIA ON VIOLENCE AND RESISTANCE OF DENTAL WHEEL STEEL ST41**

Mechanical Engineering Study Program Faculty of Engineering Riau Islamic University  
Kaharuddin street no.113 stop marpoyan tel (0761) 72126-674884.Fax (0761) 674834  
Pekanbaru-Riau. 28284  
Email: [antonicafreddy@yahoo.com](mailto:antonicafreddy@yahoo.com)

## **ABSTRACT**

Carburizing is one method of hardening the skin in materials by adding carbon elements through charcoal and catalyst media. In this study low carbon steel, ST41 with a carbon content of 0.1293% was heated at temperatures of 850°C, 900°C, and 950 ° C for 2 hours followed by cooling with water media. This study aims to obtain optimum hardness and wear resistance values. The results showed that the highest hardness was obtained in specimens undergoing carburizing with a temperature of 950°C which was equal to 85.4 HRB while the lower hardness and wear values were 850°C specimens which were 79.1 HRB. It can be concluded that carburation occurs in specimens heated at 900°C and 950°C with the occurrence of the pearlite layer on the entire surface of the material the higher the temperature (950°C) the thickness of the pearlite layer increases.

Keywords: carburizing, charcoal, and catalyst.



# ANALISA PENGARUH SUHU CARBURIZING MENGGUNAKAN MEDIA ARANG BATOK KELAPA TERHADAP KEKERASAN DAN KETAHANAN AUS RODA GIGI BAJA ST41

Freddy Antonius. Kurnia Hastuti. Dody Yulianto

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

Jl.Kaharuddin no.113 perhentian marpoyan telp(0761)72126-674884.Fax(0761)674834

Pekanbaru-Riau. 28284

Email: [antonicafreddy@yahoo.com](mailto:antonicafreddy@yahoo.com)

## ABSTRAK

*Carburizing adalah salah satu metode pengerasan kulit pada material dengan cara menambahkan unsur karbon melalui media arang dan katalisator. Pada penelitian ini baja karbon rendah, ST41 dengan kadar karbon 0.1293 % dipanaskan pada temperature 850°C, 900°C, dan 950°C selama 2jam yang diikuti pendinginan dengan media air. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kekerasan dan ketahanan aus yang optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi diperoleh pada specimen yang mengalami karburasi dengan suhu 950°C yaitu sebesar 85.4 HRB sedangkan nilai kekerasan dan keausan yang lebih rendah yaitu specimen 850°C yaitu sebesar 79.1 HRB dapat disimpulkan bahwa karburasi terjadi pada specimen yang dipanaskan pada temperatur 900°C dan 950°C yang terlihat dengan terjadinya lapisan pearlite pada seluruh permukaan material semakin tinggi temperatur (950°C) tebal lapisan pearlite semakin meningkat.*

*Kata Kunci: karburasi, arang, dan katalisator*

## B A B I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri, khususnya dibidang konstruksi dan perancangan dibutuhkan bahan – bahan yang memenuhi keinginan konsumen dan masyarakat pengguna. Material dengan sifat yang baik seperti memiliki kekuatan tarik, kekerasan dan ketahanan fatik yang tinggi serta ketahanan aus yang baik akan sangat diperlukan sehingga produk dapat digunakan dalam waktu lama. Salah satu permasalahan utama yang sering dihadapi pengguna roda gigi adalah terjadinya kerusakan berupa keausan sebelum waktunya hal ini disebabkan karena bagian gigi tidak terlalu kuat dalam menahan gesekan dikarenakan rendahnya nilai kekerasan pada permukaan roda gigi.

Pengarbonan/*Carburizing* yaitu proses pemberian atau penambahan kandungan carbon yang lebih banyak pada bagian permukaan dinding luar material, sehingga kekerasan permukaan meningkat. Sedangkan pada bagian dalamnya diharapkan masih memiliki keuletan/keliatan.

Baja ST41 adalah baja karbon rendah yang memiliki sifat ulet. Baja jenis ini dapat digunakan sebagai roda gigi dengan proses carburasi sehingga bagian luar menjadi keras sedangkan bagian dalam tetap rendah sebagaimana sifat aslinya (Ainnun Mochyidin 2004).

Pada proses carburizing, temperatur menjadi salah satu parameter yang penting untuk berhasilnya proses ini karena difusi karbon atom akan terjadi secara maksimal pada temperatur yang tepat. Beumer (1980) menyatakan bahwa suhu yang optimal untuk proses carburizing berkisar antara 900°C – 950°C. Peneliti menggunakan suhu optimal

serta suhu dibawahnya untuk dijadikan sebagai variasi dalam penelitian ini. Hal ini untuk melihat apakah benar suhu  $900^{\circ}\text{C}$  –  $950^{\circ}\text{C}$  adalah suhu yang optimal untuk proses karbonisasi, sehingga akan diketahui suhu yang terbaik untuk proses karbonisasi.

Dalam penelitian ini digunakan tiga temperatur yang berbeda yaitu  $850^{\circ}\text{C}$ ,  $900^{\circ}\text{C}$ , dan  $950^{\circ}\text{C}$ . Pemilihan temperatur ini bertujuan untuk melihat proses carburizing pada tiga temperatur yang berbeda agar dapat ditentukan temperatur optimal yang dapat diaplikasikan oleh pihak industri.

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini diberi judul “ Analisa Pengaruh Suhu Carburizing Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap Nilai Kekerasan dan Ketahanan Aus Roda Gigi Baja ST41 ”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana meningkatkan kekerasan baja ST41 sehingga dapat digunakan sebagai roda gigi .
2. Bagaimana pengaruh temperatur carburizing terhadap kekerasan material.
3. Apakah arang batok kelapa dapat digunakan sebagai media untuk proses carburizing.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian proses carburizing secara rinci:

1. Untuk meningkatkan nilai kekerasan dan ketahanan aus baja ST41 sebelum dan sesudah carburizing.
2. Mendapatkan temperatur optimum dalam proses carburizing baja ST41.



#### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian

1. Mengetahui mekanisme carburizing pada temperatur yang bervariasi.
2. Dapat menjadi bahan referensi bagi masyarakat pengguna tentang temperatur yang sesuai untuk proses carburizing
3. Memberi satu alternatif metode pengerasan permukaan material.
4. Memanfaatkan arang batok kelapa sebagai media carburizing.

#### 1.5 Batasan Masalah

Agar didapat hasil yang baik maka di dalam penulisan ini perlu adanya pembatasan masalah. Pembatasan masalah ini adalah untuk menyederhanakan permasalahan agar dapat memberikan arahan pemahaman secara mudah. Dalam penulisan ini batasan permasalahan yang diambil adalah :

1. Temperatur yang digunakan adalah proses karbonisasi pada suhu 850°C, 900°C, dan 950°C.
2. Penggunaan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebagai katalis
3. Membahas pengujian kekerasan, keausan, dan pengamatan mikro struktur.

#### 1.6 Sistematika penulisan

Sistematika pembahasan dalam penulisan tugas akhir ini dikelompokkan kedalam beberapa bab yaitu:

BAB I : Berisi pendahuluan yang menjelaskan latar belakang analisa, tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika pembahasan.

- BAB II : Menjelaskan tinjauan pustaka yang memaparkan tentang teori – teori material karbonisasi dan sifat mekanis
- BAB III : Metode penelitian berisi desain penelitian, tempat dan waktu penelitian, metode pengumpulan data, diagram alir penelitian dan teknis analisis data.
- BAB IV : Hasil dan analisa berisikan tentang hasil penelitian, hasil pembahasan dan analisa data penelitian.
- BAB V : Kesimpulan dan saran berisi simpulan dan saran – saran yang dapat mendukung pengembangan dalam penelitian selanjutnya.
- Bagian dari akhir skripsi berisi tentang daftar pustaka dan lampiran – lampiran yang mendukung penjelasan didalam pembahasan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Besi

Besi (Fe) adalah logam dasar berunsur dengan karbon (C) membentuk baja. Fe bersifat alotropik yaitu memiliki struktur mikro dan struktur kristal yang berbeda tergantung kepada komposisi dan temperatur. Alotropik dapat didefinisikan sebagai perubahan susunan atom (sel satuan) menjadi bentuk lain (Rochim, 1994). Di bawah temperatur 910°C besi memiliki struktur kristal Body Centered Cubic (BCC) yang stabil. Pada kondisi ini terbentuk alfa ( $\text{Fe}_\alpha$ ). Antara 910°C – 1392°C struktur BCC berubah menjadi Face Centered Cubic (FCC) dalam bentuk fasa gamma ( $\text{Fe}_\gamma$ ) pada temperatur tinggi ( $> 1392^\circ\text{C}$ ) struktur kembali menjadi BCC dan terbentuklah fasa delta ( $\text{Fe}_\delta$ ). Perubahan fasa dan struktur kristal terhadap temperatur dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram transformasi.  
(Sumber: Smith 1996:342)

Berdasarkan gambar 2.1, pada temperatur 1536°C besi akan mencair karena gaya kohesif antara atom mulai hilang sehingga susunan atom tidak dapat dipertahankan. Proses



diatas adalah proses reversible, Artinya pendinginan besi cair akan menyebabkan tranformasi dengan konstan kebalikan dari penjelasan diatas.

a. *Body Centered Cubic* (BCC)

Struktur ini dikenal dengan nama kubus pemusatan ruang. Sesuai gambar 2.2 terdapat 1 atom pada masing – masing ruang. Struktur memiliki bilangan kondensasi 8, Artinya 1 atom dikelilingi oleh 8 atom tetangga lain. Pada segitiga sel satuan BCC memiliki 2 atom yaitu atom pada titik pusat 1/8 atom pada masing-masing sudut. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya Fe  $\alpha$  dan Fe  $\gamma$  memiliki struktur kristal BCC. Gambar struktur kubik pemusatan pada logam dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur kubik pemusatan ruang logam.

(Sumber: Van Vlack 1992:78)

Bagian (a) merupakan gambaran skematik dan terlihat atom pada titik pusat.  
Bagian (b) model bola keras.

b. *Face Centered Cubic* (FCC)

Struktur FCC atom kubus pemusatan yang ditemukan pada logam tembaga dan Fe $\gamma$ . Pada struktur ini atom menempati titik sudut dan atom menempati tengah sisi.

Artinya masing-masing atom dikelilingi 12 atom tetangga. Setiap sel satuan FCC memiliki 4 atom yaitu  $\frac{1}{2}$  pada masing-masing tengah sisi dan  $\frac{1}{8}$  pada masing-masing titik sudut. Gambar struktur kubik pemusatan sisi dapat dilihat pada Gambar 2.3.



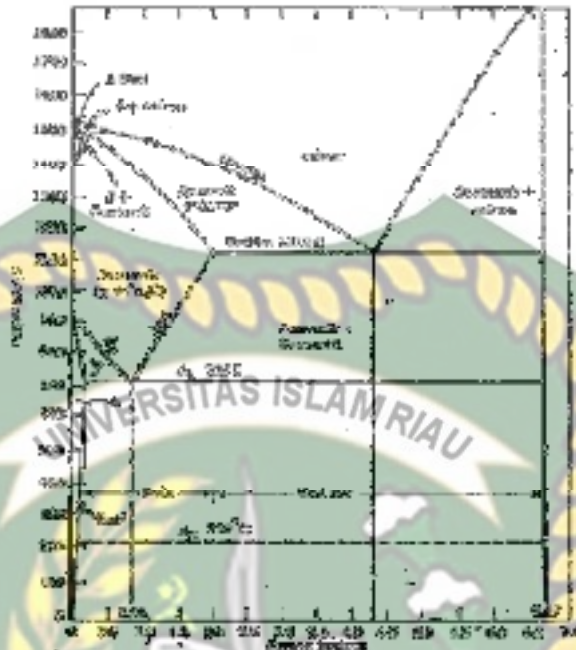
Gambar 2.3. Struktur kubik pemusatan sisi pada logam.

(Sumber: Van Vlack, 1992 : 80)

Bagian (a) pandangan skematis yang memperlihatkan letak pusat atom, dan Bagian (b) model bola keras.

## 2.2 Baja

Didunia industri baja memiliki peranan yang penting. Dikarenakan baja sebagai bahan utama dalam pembuatan pipa, pelat, lembaran profil dan sebagainya. Baja dibentuk melalui beberapa tahap penempaan dan pengecoran. Unsur yang terpenting dalam baja ialah karbon. Sebab dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan. Untuk diagram fasa Fe – Fe<sub>3</sub>C dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Diagram besi-karbida-besi (Amstead,1989)  
(Sumber: Amstead, 1989, : 342).

Bila kadar karbon melampaui 0,20% suhu dimana *ferit* mulai terbentuk dan mengendap dari *austenite* turun. Baja berkarbon 0,80% disebut baja *eutectoid* dan struktur dari 100% *pearlite* titik *eutectoid* adalah suhu terendah dalam logam dimana terjadi perubahan dalam keadaan larutan padat merupakan suhu keseimbangan terendah dimana *austenite* terurai menjadi *ferrite* dan *cementite*. Bila karbon baja lebih besar dari pada *eutectoid*, perlu diamati garis pada diagram besi karbida – besi. Garis ini menyatakan dimana karbida besi mulai terpisah *austenite*. Karbida besi ini dengan rumus  $Fe_3C$  disebut *cementite*. *Cementite* sangat keras dan rapuh. Baja yang mengandung karbon kurang dari *eutectoid* (0,80%) disebut baja *hypoeutectoid* dan baja yang mengandung karbon lebih dari *eutectoid* disebut baja *hypoeutectoid* (Amsted, 1989:141).



Pada proses perlakuan panas diperlukan pengetahuan tentang transformasi baja fasa, sehingga memungkinkan memperoleh sifat – sifat mekanis bahan dengan merubah struktur mikro baja. Struktur yang terdapat pada baja antara lain adalah:

1. Ferrite

Ferrite menjadi getas saat temperatur 723°C dalam temperatur rendah. Pada temperatur ini unsur karbon maksimum yang dimiliki adalah 0,025%. Maka unsur baja ini digolongkan baja lunak.

2. Pearlite

Laju pendinginan cepat dapat menyebabkan pearlite yang sebelumnya kasar menjadi pearlite halus. Yang bersifat keras dan lebih tangguh.

3. Austenite

Austenite unsur karbon maksimum yang terdapat pada sel satuan kubus pusat. Dengan kata lain Face Centered Cubic (FCC) adalah 1,7 % hanya pada saat temperatur tinggi.

4. Martensite

Martensite adalah fasa padat karbon yang terdapat pada tetragonal pusat dengan kata lain ialah Body Centered Tetragonal (BCT). Yaitu semakin tinggi karbon yang terkandung, maka semakin keras dan getas pula. Proses pendinginan yang terlalu cepat dapat mempengaruhi unsur karbon yang tidak menyebabkan kadar karbon tidak sempat keluar dan berada di sel satuan tersebut. Hal ini menyebabkan sel satuan BCC menjadi sel satuan BCT.

## 5. Cementite

Unsur karbon yang paling banyak dan menyebabkan kekerasan naik berada di cementite yaitu 6,67%. Tetapi apabila cementite bercampur oleh pearlite yang lunak maka kekerasannya akan menurun.

## 6. Ledeburite

Unsur karbon yang terbentuk sebanyak 4,3% pada suhu 11300C berada di ledeburite yang bercampur antara cementite dan austenite.

## 2.3 Baja Paduan

Yang dimaksud dengan baja paduan adalah baja yang dicampur dengan unsur-unsur lain selain karbon dalam jumlah yang cukup banyak untuk menghasilkan sifat tertentu. Beberapa unsur yang sering ditambah antarlainadalah nikel, kromiu, mangan, molibdenum, vanadium, dal wolfram. Penambahan kromium dan nikel dapat meghasilkan baja yang keras tetapi ulet. Sedangkan paduan baja dengan penambahan kromium dan molibdenum selain meningkatkan kekerasan baja juga memperbaiki ketahanan sifat baja karbon. Penambahan unsur paduan tidak hanya memperbaiki sifat mekanik tetapi sifat listri magnet dan koefisien muai panas (Amanto, 1999). Pengaruh unsur-unsur paduan dalam baja adalah sebagai berikut ( Schonmetz, 1985 ). Efek penambahan unsur paduan antarlain adalah (Schonmetz, 1985).

1. Silisium (Si). Umumnya semua besi mengandung Si tetapi dalam jumlah kecil. Si dapat memperbaiki kekuatan, kekenyalan, tahan aus, kekerasan, tahan panas dan tahan korosi. Namun penambahan Si berpengaruh burk pada tegangan kemampuan las dan tempa material.

2. Mangan (Mn), meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan untuk dapat ditemper menyeluruh, ketahanan aus, penguatan pada pendingin, tetapi menurunkan kemampuan serpih.

3. Krom (Cr), meningkatkan kekerasan, kekuatan, batas rentang ketahanan aus, kesudian diperkeras, kemampuan untuk dapat ditemper menyeluruh ketahanan panas, kerak, karat dan asam, kemudahan pemolesan, tetapi menurunkan regangan (dalam tingkat kecil).

4. Molibdenum (Mo), meningkatkan kekuatan tarik, batas rentang, kemampuan untuk dapat ditemper menyeluruh, batas rentang panas ketahanan panas dan batas kelelahan, suhu pijar pada perlakuan panas, tetapi menurunkan regangan, kerapuhan pelunakan.

5. Kobalt (Co), meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, ketahanan karat dan





panas, daya hantar listrik dan kejenuhan magnetis.

6. Vanadium (V), meningkatkan kekuatan, batas rentang, kekuatan panas dan ketahanan lelah, suhu pijar pada perlakuan panas, tetapi menurunkan kepekaan terhadap sengatan panas yang melewati batas pada perlakuan panas.

7. Wolfram (W), meningkatkan kekerasan, kekuatan, batas rentang, kekuatan panas, ketahanan terhadap normalisasi dan daya sayat, tetapi menurunkan regangan.

8. Titanium (Ti), memiliki kekuatan yang sama seperti baja mempertahankan sifatnya hingga 400°C, karena itu merupakan kawat las.

#### 2.4 Baja ST41

Baja ST41 merupakan jenis baja karbon rendah, yang memiliki kekuatan 41 kg/mm<sup>2</sup>. Baja ST41 merupakan baja karbon dengan komposisi sebagai berikut,

- C 0,1122, - F 0,0230
- Si 0,1800 - S 0,307
- Mn 0,5999

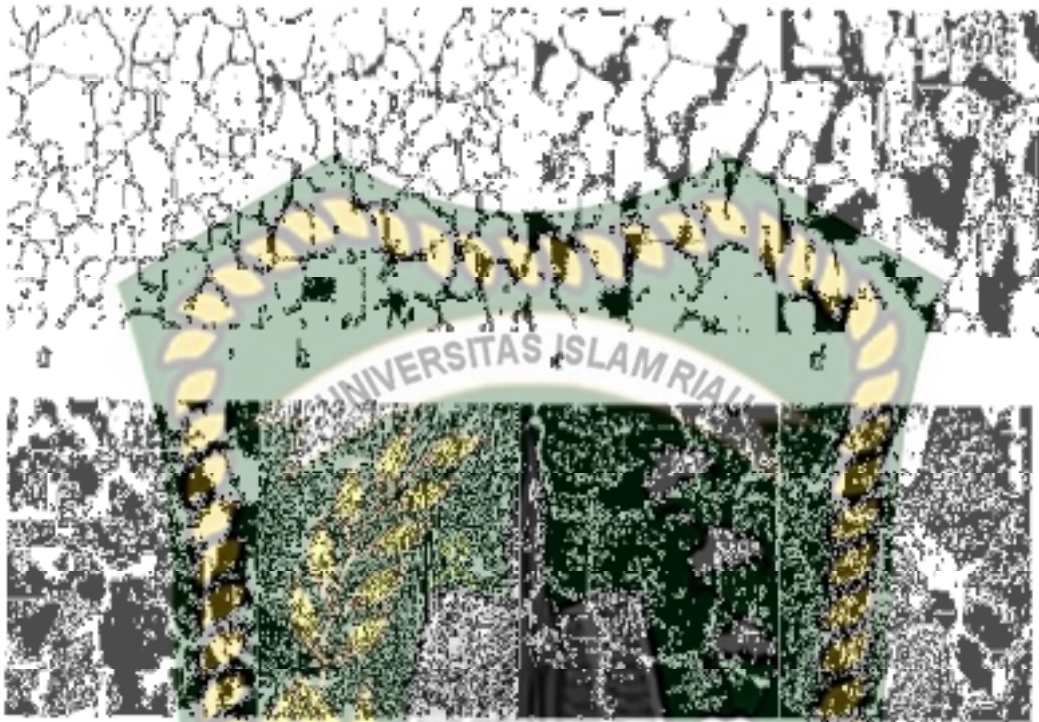
Baja paduan sebagian besar digunakan sebagai bahan pembuat komponen-komponen otomotif dan konstruksi, di Amerika biasanya diberikan penandaan dengan empat angka sistem AISI-SAE. dua angka pertama memberitahukan kelompok unsur yang terkandung dalam baja, dan dua angka terakhir memberitahukan persentase kandungan karbon didalam baja tersebut.

Klasifikasi baja paduan menurut kandungan unsur-unsurnya dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Struktur baja paduan  
(Sumber: Smith 1996:516)

| Principal Type of Standard Alloy Steel |                                                           |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Kode                                   | Type                                                      |
| 13XX                                   | Manganese 1,75                                            |
| 40XX                                   | Molibdenum 0,20 or 0,25:or molybdenum 0,25 and sulfur     |
| 41XX                                   | Chromium 0,50, 0,80, or 0,95molydenum 0,12, 0,20, or 0,30 |
| 43XX                                   | Nickel 1,83, chromium 0,50, or 0,80 molybdenum 0,25       |
| 44XX                                   | Molybdenum 0,53                                           |
| 46XX                                   | Nickel 0,85, or 1,83, molybdenum 0,20,or 0,25             |
| 47XX                                   | Nickel 1,05, chromium 0,45 molybdenum 0,20 or 0,35        |
| 48XX                                   | Nickel 3,50, molybdenum 0,25                              |
| 50XX                                   | Chromium 0,40                                             |
| 51XX                                   | Chromium 1,03                                             |
| 52XX                                   | Chromium 1,45                                             |
| 61XX                                   | Chromium 0,60 or 0,95, vanadium 0,13 or min 0,15          |
| 86XX                                   | Nickel 0,55, Chromium 0,50, molybdenum 0,20               |
| 87XX                                   | Nickel 0,55, Chromium 0,55, molybdenum 0,25               |
| 88XX                                   | Nickel 0,55, or silicon 1,40, molybdenum 0,35             |
| 92XX                                   | Silicon 2,00: or silicon 1,40, and Chromium 1,40          |
| 50BXX*                                 | Chromium 0,28 or 0,50                                     |
| 51BXX*                                 | Chromium 0,80                                             |
| 81XX*                                  | Nickel 0,30, Chromium 0,40, molydenum0,12                 |
| 94XX*                                  | Nickel 0,45, Chromium 0,40, molydenum 0,12                |

Struktur baja mempunyai kadar carbon yang berbeda. Kadar carbon dapat dilihat dengan perbedaan strutuk gambar. Untuk gambar struktur carbon dapat dilihat dengan Gambar 2.5



Gambar 2.5 Struktur Baja Zat Carbon (Schonmetz.1985:40)  
(Sumber: Schonmetz.1985:40)

- a. ferrit 0,0% C e. ferrit + perlit 0,60%C
- b. ferrit + perlit 0,10%C f. perlit laminar 0,85%C
- c. ferrit + perlit 0,16%C g. perlit + sementit 1,1%C
- d. ferrit + perlit 0,45%C h. perlit + sementit 1,5%C

Berdasarkan kandungan karbonnya, baja dapat dibedakan menjadi tiga kelompok utama baja bukan paduan :

1. Baja dengan kandungan kurang dari 0,8%C (baja *hypoeutectoid*), himpunan ferrit dan perlit (bawah perlitis)



2. Baja dengan kandungan 0,8%C (baja *eutectoid* atau perlitis), terdiri atas perlit murni.
3. Baja dengan kandungan lebih dari 0,8%C (*baja hypereutectoid*), himpunan perlit dan sementit (atas perlitis). Zat arang yang kadarnya melampaui 0,8% mengendap sebagai karbida besi terang membentuk kulit pada batas butiran kristal perlitis yang lebih gelap dan menyelubungi menyerupai jaringan (*cementit* sekunder). Baja demikian sejak semula keras dan berkebutiran kasar.

## 2.5 Roda Gigi

Roda gigi ialah roda yang berbentuk lingkaran yang apabila bersinggungan pada bagian tepinya akan saling berputar. Roda gigi ini banyak digunakan untuk meneruskan putaran daya. Sehingga pada permukaannya mengalami gesekan pada saat berputar. Karena kedua permukaan saling bersinggungan, semacam ini, yang dapat berbentuk silinder atau kerucut, disebut roda gigi. (Sularso:1997). Aus dikategorikan sebagai hilangnya atau berpindahnya logam dari permukaan gigi. Aus dapat mengurangi ketebalan modul roda gigi atau bahkan merubah bentuknya. Ini terjadi akibat reaksi mekanik dan kimiawi. Dan micropitting (cacat kecil) adalah faktor kelelahan (fatigue) akibat kontak gulung berkecepatan tinggi dan memiliki beban.

Roda gigi terdiri atas bagian-bagian berikut :

1. Lingkaran jarak bagi (pitch circle) yaitu lingkaran imajiner yang dapat memberikan gerakan yang sama seperti roda gigi sebenarnya.
2. Tinggi kepala (addendum) yaitu jarak radial gigi dari lingkaran jarak bagi / pitch circle ke puncak kepala / the top of the tooth.
3. Tinggi kaki (dedendum) yaitu jarak radial gigi dari lingkaran jarak bagi / pitch circle ke dasar kaki / the bottom of the tooth.

4. Lingkaran kepala (addendum circle) yaitu gambaran lingkaran yang melalui puncak kepala dan sepusat dengan pitch circle.
5. Lingkaran kaki (dedendum circle) yaitu gambaran lingkaran kepala yang melalui dasar kaki dan sepusat dengan pitch circle.
6. Lebar ruang (tooth space) yaitu lebar ruang / sela antara dua gigi yang saling berdekatan.
7. Tebal gigi (tooth thickness) yaitu lebar gigi antara dua sisi gigi yang berdekatan.
8. Sisi kepala (face of the tooth) yaitu permukaan gigi di atas pitch circle.
9. Sisi kaki (flank of the tooth) yaitu permukaan gigi di bawah pitch circle.
10. Lebar gigi (face width) yaitu lebar gigi pada roda gigi secara paralel pada sumbunya.



Tabel 2.2 klasifikasi roda gigi.  
 (Sumber: Sularso 1997, 1997 : 212)

| Letak poros                    | Roda gigi                                                                    | keterangan                                |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Roda gigi dengan poros sejajar | Roda gigi lurus, (a)<br>Roda gigi miring, (b)<br>Roda gigi miring ganda, (c) | (klasifikasi atas dasar bentuk alur gigi) |

|                                    |                                                                                                                                                                                                   |                                                                            |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                                    | Roda gigi luar<br>Roda gigi dalam dan pinyon, (d)<br>Batang gigi dan pinyon, (e)                                                                                                                  | Arah putaran berlawanan<br>Arah putaran sama<br>Gerakan lurus dan berputar |
| Roda gigi dengan poros berpotongan | Roda gigi kerucut lurus, (f)<br>Roda gigi kerucut spiral, (g)<br>Roda gigi kerucut ZEROL<br>Roda gigi kerucut miring<br>Roda gigi kerucut miring ganda                                            | (klasifikasi atas bentuk jalur roda gigi                                   |
|                                    | Roda gigi permukaan dengan poros berpotongan (h)                                                                                                                                                  | (Roda gigi dengan poros berpotongan berbentuk istimewa)                    |
| Roda gigi dengan poros silang      | Roda gigi miring silang, (i)<br>Batang gigi miring silang                                                                                                                                         |                                                                            |
|                                    | Roda gigi cacing silindris, (j)<br>Roda gigi cacing selubung ganda (globoid), (k)<br>Roda gigi cacing samping<br><br>Roda gigi hiperboloid<br>Roda gigi hipoid, (l)<br>Roda gigi permukaan silang | Kontak titik<br>Gerakan lurus dan berputar                                 |

## 2.6. Surface Treatment ( Perlakuan Permukaan )

Perlakuan pada permukaan (*surface treatment*) dipergunakan untuk mendapatkan keadaan yang lebih baik pada bagian permukaan. Dalam hubungan dalam suatu komponen permesinan, seperti bantalan, poros ( *shaft* ) keadaan yang terbaik dengan adanya kekerasan permukaan yang tinggi, karena hal ini berhubungan dengan keausan dan kekuatan terhadap pembebanan. Perlakuan yang dapat digunakan untuk



meningkatkan kekerasan permukaan dapat dilakukan dengan jalan pengarbonan, karbonitriding, cyaniding, nitriding.

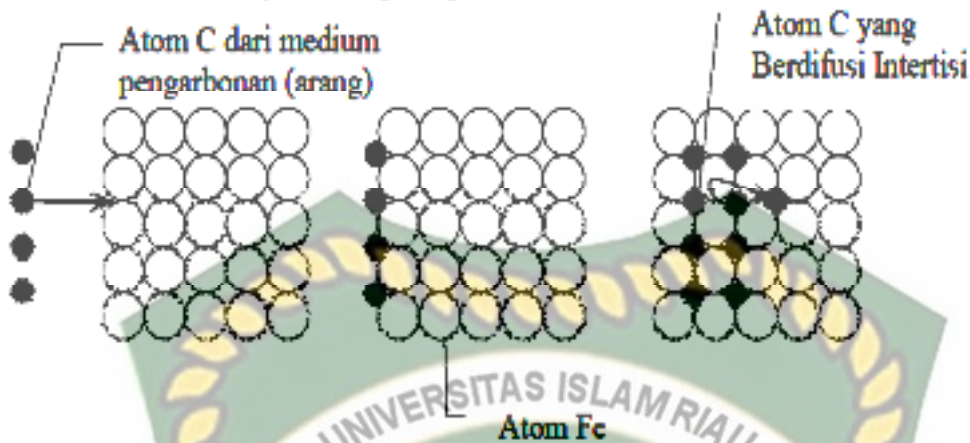
## 2.7 Karbonisasi atau *Carburizing*

Karbonisasi atau *carburizing* adalah proses penambahan unsur karbon pada permukaan baja karbon rendah, pemanasan karbonisasi dilaksanakan pada suhu 900C – 9500C (Beumer, 1980 : 50). Arang merupakan sumber karbon yang didapat dari proses pembakaran batok kelapa. Hal ini dilaksanakan dengan tujuan akan menambah kekerasan dan ketebalan terhadap dinding permukaan yang dipengaruhi oleh suhu dan waktu karbonisasi. Ada 3 cara dalam proses karbonisasi, yaitu karbonisasi gas, karbonisasi padat, dan karbonisasi cair.

### 2.7.1. Karbonisasi dengan perantara zat padat (*Pack Carburizing*).

Pada proses karbonisasi yang menggunakan benda padat atau disebut dengan karbonisasi tertutup benda uji dimasukkan kedalam kotak baja yang didalamnya ditambahkan serbuk arang batok kelapa yang mengelilingi benda uji yang kemudian ditutup kembali dengan plat baja juga. Kelemahan dari proses ini tidak dapat melakukan dalam jumlah yang besar dikarenakan waktu pemijarannya yang lama. Sedangkan keuntungannya yaitu, jangka waktu pemanasannya lebih pendek.

Perpindahan difusi intersisi atom mengisi ruang antara atom-atom yang bergerak kedalam dengan cara perpindahan bergantian dengan atom-atom lainnya. Mekanisme difusi intersisi ditunjukkan pada gambar 2.7.

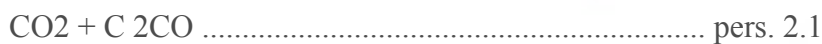


Gambar. 2.7. Mekanisme difusi *intertisi*  
 (Sumber: Lakhtin 1995, : 423)

Setiap proses pengarbonan mencakup tiga proses dasar, yang meliputi : proses yang terjadi pada medium eksternal berupa pembebasan elemen difusi menjadi atom (*ion*), kontak elemen difusi dengan permukaan matrik membentuk ikatan kimia, dan penetrasi elemen difusi menuju inti setelah menjadi keadaan jenuh dipermukaan matrik. Selama pemanasan di dalam kotak *carburizing* terjadi dua macam gas yaitu:

- Gas karbondioksida (  $\text{CO}_2$  )
- Gas karbomonooksida (  $\text{CO}$  )

Dengan reaksi sebagai berikut :



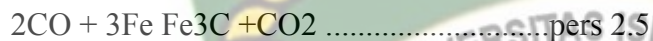
Sebagai sumber  $\text{CO}_2$  diperoleh dari bahan tambah yang berupa  $\text{BaCO}_3$  atau  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sehingga akan terjadi proses:



CO akan lebih banyak terbentuk daripada CO<sub>2</sub> yang disebabkan adanya reaksi kimia dengan suhu yang cukup tinggi ( Pallalo,1995).



Saat suhu pengarbonan ini berlangsung. Besi bereaksi bebas dengan monoksida, menyerupai reaksi dibawah ini;



Semakin banyak masuknya atom kedalam baja sangat dipengaruhi oleh suhu waktu penahanan dan bahan karbonasi. Atom ini bergerak dari permukaan menuju inti (Clark, 1961).

Persamaan total kedalaman yang dicapai pada suhu temperatur sebagai fungsi waktu adalah;

$$Y = k \sqrt{t}$$

Dimana : Y = total kedalaman fusi

t = waktu penahan

k = konstanta yang tergantung material

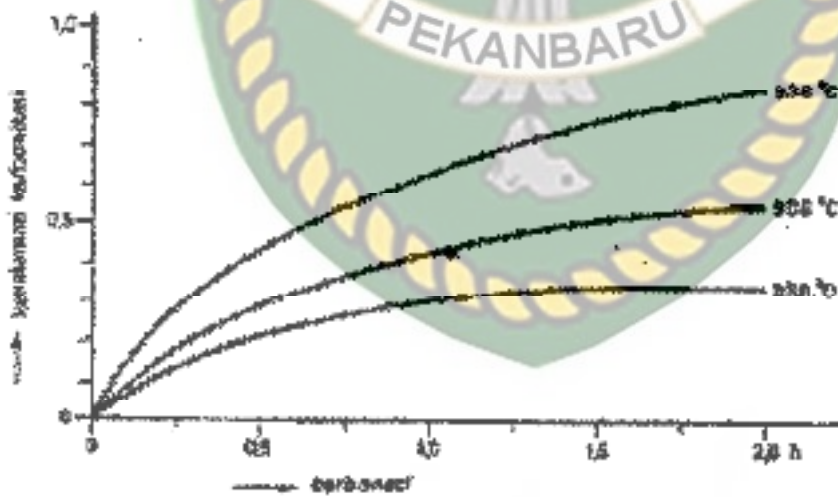
Pada suhu 850<sup>0</sup>C – 950<sup>0</sup>C baja dimasukkan kedalam kotak yang telah dicampurkan 10% - 40% Na CO<sub>3</sub>, BaCO<sub>3</sub> dan (FCC). Hal ini adalah temperatur austenite yang berbentuk kisi kristal kubik pemusatan sisi kristal kubik pemusatan sisi. Bentuk kisi ini mempunyai jarak atom yang lebih besar, sehingga interstisnya memungkinkan ditempati oleh atom karbon, dengan demikian permukaan baja akan mempunyai kadar karbon yang tinggi. Kandungan karbon akan bervariasi arahnya dalam menuju inti. Pada permukaan, kandungan karbon tinggi dan akan berkurang dalam arah menuju inti. Konsekuensinya struktur mikro akan berubah pula dari permukaan menuju inti.



Dikarenakan pada saat proses pengarbonan terjadi pemanasan pada suhu tinggi dan dalam waktu yang lama maka akan dihasilkan struktur baja yang kasar. Dimensi struktur mikro juga sangat berpengaruh terhadap kekerasan baja.

### 2.7.2. Karbonisasi dengan perantara zat cair (*Liquid Carburizing*).

Karbonasi zat cair adalah cara perendaman dengan air garam yang terdiri dari sianida natrium dan karbonat natrium yang diaduk dengan klorid barium. Maka dari proses ini diharapkan dapat meningkatkan tebal lapisan permukaan sekitar 0,3mm (Vijendra, 1998;345). Keuntungan menggunakan karbonisasi dengan perantara zat cair adalah pengarangan yang pesat, merata ke semua arah dan mendalam tanpa ada bagian yang lunak, serta permukaan tetap rata oleh karena itu hanya dibutuhkan sedikit pengasahan ( Schonmetz,1985 : 68)



Gambar 2.8. Grafik untuk menentukan waktu karbonisasi dalam bahan karbonasi cair. (Sumber: Beumer, 1980, : 43)

Dari gambar kedalaman karbonisasi yang terdalam untuk penahanan selama 2 jam ditunjukkan pada suhu 9300C yaitu dengan menghasilkan kedalaman sebesar lebih kurang 0,85 mm.

### **2.7.3. Karbonisasi dengan perantara zat gas (*Gas Carburizing*).**

Pada proses ini benda yang sudah bersih dimasukkan kedalam pemanas yang ruangan kedap udara. Pemanas yang berupa gas dan dengan suhu yang diharapkan dapat melakukan masuknya karbon kedalam benda uji dan menambah ketebalan 1mm dengan waktu 4 jam.

### **2.8 Karbonitring**

Proses penyerapan karbon yang ditambahkan nitrogen diatas suhu kritis dengan media gas dapat menambah nilai kekerasan dibagian permukaan. Sehingga tebal ketahanan aus berkisar 0,08 sampai 0,75.

### **2.9 Cyaniding**

Cyaniding atau dikenal dengan karbonutring cair adalah proses pengerasan permukaan menggunakan karbon dan nitrogen. Garam yang mengandung cyanida natrium biasanya digunakan sebagai media dengan cara memasukkan material kedalam garam tersebut dan memanaskan hingga tercapai temperatur diatas Acl. Waktu pemanasan ditentukan oleh luas permukaan yang dikeraskan. Material kemudian dicelupkan kedalam air atau minyak. Metode ini biasanya digunakan untuk mengeraskan bagian yang kecil dari suatu benda dari ketebalan lapisan yang dihasilkan 0,1 0,4 mm.

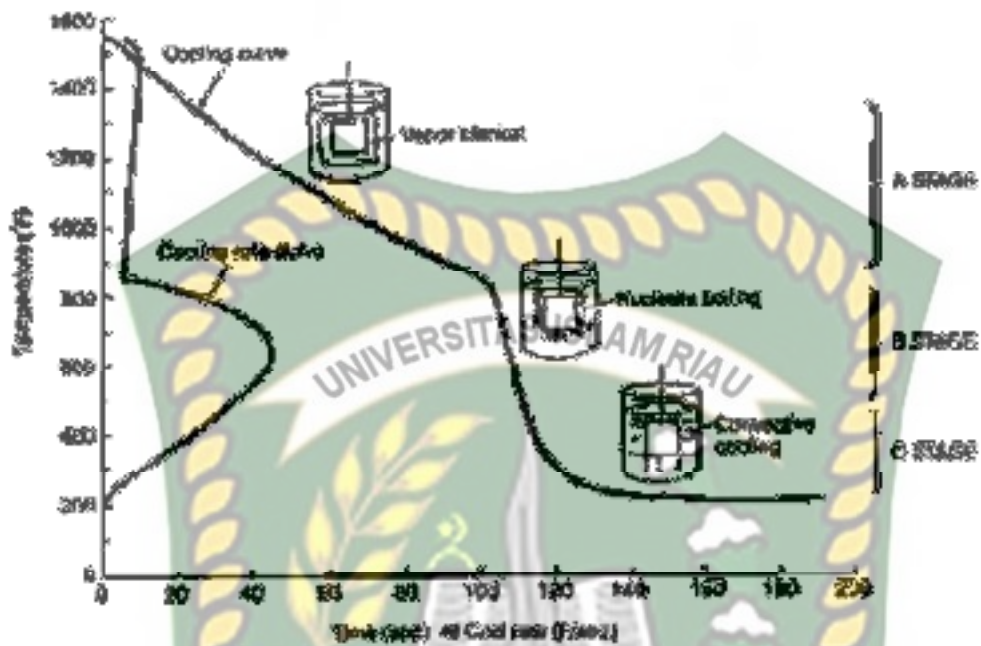
## 2.10 Nitriding

Metode pengerasan permukaan lain adalah nitriding. Pada metode ini digunakan gas amonia pada material yang dipanaskan hingga temperatur  $510^{\circ}\text{C}$ . Nitrogen dari gas amonia akan disemprot material dan membentuk lapisan nitrida. Proses ini dapat menghasilkan lapisan logam dengan ketebalan 0,03 – 0,3 mm dengan kekerasan yang tinggi yaitu antara 900 – 1000 dengan metode brinell. Kelebihan metode ini tidak terbentuk kerak dan tidak merubah struktur karena tidak dilakukan pencelupan. Resiko distorsi dan retak juga dapat dihindari.

## 2.11 Quenching

*Quenching* adalah sebuah upaya pendinginan secara cepat setelah baja mengalami sebuah perlakuan pemanasan. Pada perlakuan *quenching* terjadi percepatan pendinginan dari temperatur akhir perlakuan dan mengalami perubahan dari *austenite* menjadi *ferrite* dan *martensite* untuk menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang tinggi. Perkerasan maksimum yang dapat dicapai baja yang di *quenching* hampir sepenuhnya ditentukan oleh konsentrasi karbon dan kecepatan pendinginan yang sama atau lebih tinggi dengan kecepatan pendinginan kritis untuk paduan tersebut. Banyak material dan cara yang dapat digunakan dalam proses *quenching* pada baja. Media *quenching* meliputi: air, air asin, oli, air – *polymer*, dan beberapa kasus digunakan *inert gas*. Air sebagai media *quenching* mempunyai beberapa keuntungan. Air banyak tersedia mudah didapat, murah, dan tidak berbahaya.





Gambar 2.9. Mekanisme Pendinginan.

Pada Gambar 2.9 memperlihatkan laju pendinginan panas dari logam sebagai fungsi dari temperatur permukaan logam. Awal pencelupan tahap A, logam akan diselimuti selubung uap yang akan pecah saat logam mendingin. Perpindahan panas saat terbentuknya selubung uap ini buruk, dan logam akan mendingin dengan lambat pada tahap ini. Stabilitas dan lamanya proses pendinginan tahap A sangat dipengaruhi oleh agitasi, umumnya waktu pendinginan tahap ini berkurang dengan peningkatan agitasi.

Tahap B Pada tahap ini, logam masih sangat panas dan air akan mendidih. Kecepatan pembentukan uap air menunjukkan sangat tingginya laju perpindahan panas. Tahap C, merupakan tahap pendinginan konveksi dan konduksi. Dimana permukaan logam telah bertemperatur dibawah titik didih air. Tahap ini hanya mengalami

perpindahan panas melalui paksa yang terjadi. karena gaya luar. Secara umum perpindahan panasnya lebih cepat daripada konveksi alamiah laju pendinginan.

## **2.12 Sifat Mekanis**

### **2.12.1 Kekerasan**

Melakukan pengujian kekerasan sangat penting dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan suatu material. Dikarenakan proses pengujian ini dapat dilakukan pada benda uji kecil dengan menekan bagian yang telah direncanakan serta tekanan tertentu. pengujian Vickers, pengujian banyak dilakukan untuk menentukan nilai kekerasan terhadap benda uji. Dalam pengujian ini banyak memiliki keunggulan, dikarenakan selain menguji benda lunak pengujian ini dapat juga menguji benda yang permukaannya keras. Serta bekas penekanannya relatif kecil sehingga tidak merusak permukaan benda uji yang dominan tipis, dan gaya ukurnya yang relatif kecil. Maka dari itu pada penelitian ini dipakai pengujian vickers karena memiliki keunggulan – keunggulan dari pengujian lainnya, yang dapat menentukan nilai kekerasan. Pengujian dari teori ini berawal dari permukaan yang telah diampas halus dan bersih akan ditekan dengan indikator berbentuk piramid intan dan ujungnya berbentuk bujur sangkar serta memiliki sudut berukuran  $136^0$ .



Gambar.2.11. Prinsip pengukuran kekerasan *Vickers* (Koswara 1999:156)  
 (Sumber: Koswara, 1999, : 156)

Nilai kekerasan *Vickers* (VHN) merupakan nilai kekuatan benda uji terhadap pembebanan pada tiap luas penampang bidang yang menerima pembebanan (Koswara,1999). VHN dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$VHN = \frac{2.P.\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{1,854.P}{d^2}$$

Dimana,

P = Beban yang digunakan (kg)

$\theta$  = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan ( $136^\circ$ )

d = Panjang diagonal rata-rata (mm)

### 2.12.2 Keausan

Dua material yang bergesekan dan bersinggungan akan menyebabkan dua jenis keausan, yaitu aus adhesi dan aus abrasi. Kedua hal ini mencakup deformasi elastis



dan deformasi plastis. Bila kedua ikatan tersebut saling bersinggungan serta memiliki tekanan, maka akan terjadi penambahan tebal pada salah satu permukaan yang lebih keras yang disebabkan deformasi elastis dan plastis gerak relatif pada kedua permukaan. Permukaan yang lebih lunak akan membentuk bekas – bekas akibat gesekan yang disebut aus abrasi. Ada bagian pada bahan lunak yang memiliki kekerasan yang tidak terkikis dan mampu menahan abrasi. Sedangkan yang lunak mengalami abrasi akibat pelepasan partikel keras berbentuk pasir dan oksida yang dapat menyebabkan tingginya aus abrasi. Untuk mengurangi tingginya aus abrasi ini, dapat dilakukan dengan cara menggunakan pelumas agar mampu menahan atau mengurangi gesekan yang terjadi pada permukaan tersebut (Bradburg, 1991).

Akibat dari goresan permukaan yang lebih keras, menyebabkan permukaan menjadi kasar. Dapat dilakukan pemolesan kembali dengan bahan kertas amplas, campuran debu halus dan bahan abrasi untuk mengurangi abrasi. Hal ini dinamakan keausan goresan dan keausan permukaan licin (Surdia, 2000).

Pada penelitian ini, benda uji yang akan digesekkan pada benda uji yang memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi diharapkan tidak mengalami gesekan. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan nilai berat awal dan berat akhir pada benda uji yang menjadi hasil dari pengujian keausan.

$$\Delta W = W_0 - W_1 \text{ laju keausan} = \frac{\Delta W}{A \cdot T} \text{ grammm } 2 \text{ s}$$

Keterangan :

T = Lamanya pengujian keausan

A = Luas benda uji keausan

W = Berat benda uji

$W_0$  = Berat awal benda uji sebelum diuji

$W_1, W_2, W_3, W_4$  = Berat setelah dilakukan pengujian

$\Delta w$  = Hasil selisih berat  $\Delta W_1, \Delta W_2, \Delta W_3, \Delta W_4$  = Selisih berat sebelum diuji dan sesudah diuji.

### 2.13 Struktur Mikro

Struktur mikro adalah struktur yang berukuran skala kecil. Bahkan bagian struktur ini tidak dapat dilihat dengan mata secara langsung. Untuk dapat melihat struktur ini, yaitu dengan menggunakan beberapa jenis mikroskop. Mikroskop elektron, mikroskop sinar X, mikroskop field emission dan mikroskop ion menjadi salah satu pilihannya. Manfaat dari pengamatan struktur mikro ini ialah;

1. Dapat melihat sifat-sifat bahan dengan struktur pada benda uji.
2. Mengetahui sifat dan bahan benda uji.

Langkah-langkah yang perlu disiapkan sebelum pengujian struktur mikro ialah melakukan pemotongan pada benda uji dengan ukura yang dibutuhkan, lalu melakukan pembubutan permukaan. Setelah permukaan datar, kemudian permukaan digosok dengan menggunakan kertas amplas. Yang dimulai dari kertas amplas kasar sampai kertas amplas yang halus. Langkah selanjutnya yaitu pemolesan permukaan dengan autosol agar menghilangkan goresan goresan kecil sehingga permukaan benar – benar mengkilap. Setelah permukaan benda uji sudah halus dan rata, perlu adanya dilakukan pencelupan kedalam media air yang dicampur cairan etsa. Pada proses ini benda uji yang ada didalam larutan digerak – gerakkan yang kemudian dicuci lalu dikeringkan. Hal ini dilakukan agar benda uji dapat dilihat dengan jelas dengan

mikroskop dan dapat memberikan hasil bentuk struktur, ukuran dan bagian-bagian struktur yang berbeda.



Gambar 2.11 . Pemeriksaan benda uji dengan mikroskop metalurgi (Sumber: Koswara, 1999, : 231)

- A contoh yang diuji sedang diperiksa dengan mikroskop.
- B Penampilan contoh melalui mikroskop



### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian ialah cara yang data digunakan untuk kegiatan ilmiah agar pelaksanaan dan hasilnya dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan akademis. Penelitian dilakukan dengan maksud untuk melihat akibat dari suatu perlakuan. Penelitian agar dapat lebih menjurus pada segala kegiatannya, maka perlu dibagi dalam langkah - langkah kerja yang ditulis dalam langkah-langkah eksperimen, pelaksanaan eksperimen, diagram alir penelitian dan lembar pengamatan.

#### **3.1 Diagram Alir**

Tahapan – tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

### 3.2 Persiapan Material

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ST41 yang memiliki kadar karbon yang rendah dan memiliki bentuk slinder dengan tinggi 15cm dan berdiameter 1cm. Adapun proses pembuatan spesimen dilakukan dengan memotong menjadi 10 bagian spesimen yang memiliki dimensi yang sama yaitu tinggi 10 mm dan diameter 10 mm. Kemudian tiap-tiap spesimen diberi kode agar mempermudah dalam penulisan adapun kode dari tiap-tiap spesimen adalah sebagai berikut.

| No | Spesimen | Keterangan                                    |
|----|----------|-----------------------------------------------|
| 1  | STD      | Tanpa mengalami carburizing                   |
| 2  | T85      | Spesimen dengan temperatur 850 <sup>0</sup> C |
| 3  | T90      | Spesimen dengan temperatur 900 <sup>0</sup> C |
| 4  | T95      | Spesimen dengan temperatur 950 <sup>0</sup> C |

### 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di beberapa tempat yaitu :

1. Proses pembuatan spesimen dilakukan di Laboratorium Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
2. Perlakuan panas dilakukan di ruang dapur pemanas di Laboratorium Produksi Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Riau. .
3. Pengujian kekerasan dilaksanakan di Laboratorium Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
4. Pengujian ketahanan aus dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Riau



5. Foto struktur mikro dilaksanakan diLaboratorium Politeiknik Manufaktur Negeri Bandung.

### 3.4 Alat dan Bahan

#### 3.4.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

##### a. Baja ST41

Bahan atau material (Gambar 3.2) yang dipakai dalam pengujian ini adalah baja karbon rendah ST41 yang berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 10 mm dan diameter 10 mm



Gambar 3.2 Baja ST41

##### b. Arang Batok Kelapa

Penggunaan arang batok kelapa (Gambar 3.3) dalam penelitian ini arang batok kelapa yang digunakan adalah cangkang kelapa tua.dalam proses pengarbonan, cangkang arang kelapa tua lebih baik dibanding cangkang kelapa muda. Hal ini disebabkan cangkang kelapa tua lebih keras dan lebih kering sehingga temperatur kadar carbon lebih tinggi dari pada dibanding cangkang kelapa muda. Sumber karbon merupakan media dalam proses carburizing untuk meningkatkan kandungan karbon pada baja. Arang batok kelapa yang digunakan berupa serbuk. Ukuran butiran serbuk

dilakukan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Serbuk arang batok kelapa diayak sehingga di dapatkan ukuran arang batok kelapa yang memiliki ukuran yang sama.



Gambar 3.3 serbuk batok kelapa

d). Zat etsa

Untuk baja ST41 Cairan etsa (Gambar 3.4) yang sesuai adalah Nital, yaitu campuran antara ( $\text{HNO}_3$ ) dengan alkohol, cairan ini akan mengikis permukaan logam secara selektif sehingga dapat dilihat struktur mikronya dibawah mikroskop.



Gambar 3.4 cairan etsa

e. *Natrium Carbonat* ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

Natrium carbonat (Gambar 3.5) Salah satu bahan aktivator yang dibutuhkan agar proses penambahan karbon dari media ke baja dapat berlangsung dalam keadaan

gas. Bahan aktivator atau unsur energizer yang digunakan adalah natrium karbonat.

Natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) akan dicampur dengan arang batok kelapa.



Gambar 3.5 Natrium Carbonat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

f. Pasta alumina

Alumina (Gambar 3.6) digunakan pada proses persiapan sampel yaitu pada tahap pemolesan, penggunaan ini bertujuan untuk menghilangkan goresan yang terbentuk pada proses pengamplasan sehingga permukaan sampel yang dihasilkan akan halus dan mengkilat seperti cermin.



Gambar 3.6 alumina pasta



g. Kertas amplas

Kertas amplas (Gambar 3.7 ) dari ukuran 120, 240, 600, 800, 1200, 1500 dan 2000 yang berfungsi untuk membersihkan dan meratakan permukaan spesimen untuk pengamatan metalografi.



Gambar 3.7 Kertas amplas

### 3.4.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Gergaji mesin

Gergaji besi (Gambar 3.8) berfungsi untuk memotong material sesuai dengan ukuran yang diperlukan sesuai dengan pengujian



Gambar 3.8. Gergaji mesin

b. Tang Penjepit

Tang penjepit (Gambar 3.9) berfungsi untuk mengambil dan mengeluarkan spesimen pengujian dari dapur pemanas.



Gambar 3.9 Tang penjepit

c. Sarung Tangan

Sarung tangan (Gambar 3.10) berfungsi untuk melindungi tangan pada saat mengeluarkan spesimen dari dapur pemanas.



Gambar 3.10 Sarung tangan

d. Mesin Bubut

Mesin bubut (Gambar 3.11) berfungsi untuk meratakan permukaan material pengujian



Gambar 3.11 Mesin bubut

e. Jangka sorong

Jangka sorong (Gambar 3.12) digunakan untuk mengukur diameter, lebar dan panjang material pengujian.



Gambar 3.12 Jangka sorong

f. Mistar Baja

Mistar baja (Gambar 3.13) berfungsi untuk mengukur dimensi dalam pembuatan kotak carburizing.





Gambar 3.13 Mistar baja

g. Muffle furnace

Dapur pemanas (Gambar 3.14) adalah suatu wadah atau tempat dimana spesimen diberi perlakuan panas pada temperatur dan waktu tertentu yang bertujuan untuk merubah sifat pada material tersebut. Dapur yang digunakan adalah jenis *Muffle Furnace*



Gambar 3.14 Muffle furnace

h. Mesin uji keausan

Mesin uji keausan (gambar 3.15) untuk mengetahui nilai keausan terhadap spesimen yang diuji.



Gambar 3.15 Mesin uji keausan

i. Mesin uji kekerasan

Mesin uji kekerasan (Gambar 3.16) yang menggunakan metode uji kekerasan rockwell berfungsi untuk mengetahui nilai kekerasan spesimen tanpa perlakuan (standar) maupun spesimen yang telah diberi proses perlakuan panas dengan variasi temperatur dengan menggunakan indenter sebagai penitik pada permukaan spesimen.



Gambar 3.16 mesin uji kekerasan

#### j. Mikroskop

Mikroskop (Gambar 3.17) berfungsi untuk melihat struktur mikro yang tidak dapat dilihat langsung. Tetapi dapat dilihat dengan menggunakan alat pengamat struktur mikro yaitu mikroskop elektron.

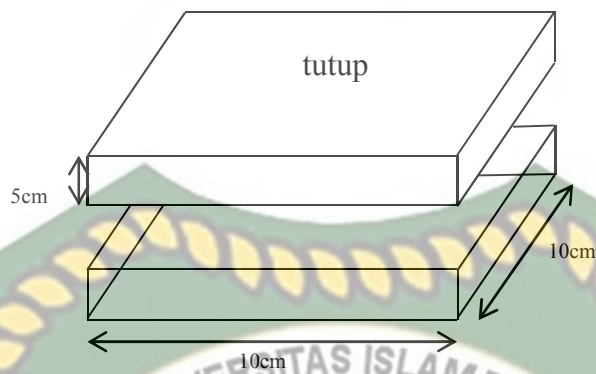


Gambar 3.17 Mikroskop

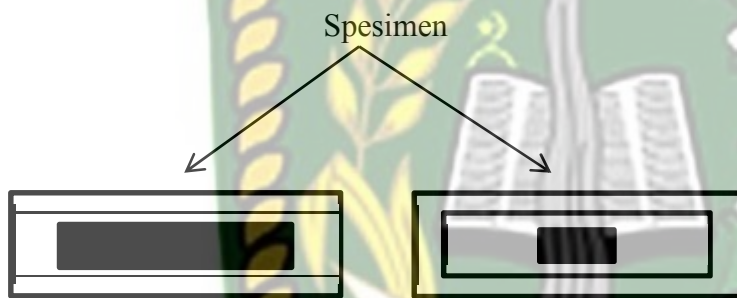
### 3.5 Pengkarbonan

Tahapan dalam pengkarbonan ialah dimulai dari arang batok kelapa yang telah dibakar menjadi arang dan kemudian arang tersebut dihaluskan dengan cara ditumbuk. Setelah arang menjadi halus, maka dilakukan pengayakan/penyaringan dengan ukuran lubang ayakan sebesar 0,5 mm. Dan didapatkan serbuk arang batok kelapa. Langkah selanjutnya ialah mencampur 85% arang batok kelapa dengan 15% katalis kedalam wadah atau kotak baja dengan ukuran 10cm X 10cm X 5cm beserta spesimen yang ditutup kembali dengan menggunakan plat penutup baja. Kemudian dilakukan pemansan secara bergantian dengan suhu masing-masing 8500C, 9000C, dan 9500C.





Gambar.3.18a kotak dan tutup spesimen



Gambar.3.18b peletakan spesimen pada saat pemanasan



Gambar 3.19. Oven listrik yang digunakan dalam *carburizing*

### 3.6 Pengujian

#### 3.6.1 Uji kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui perbedaan dalam setiap erlakuan dan dibandingkan dengan spesimen raw materials. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan rockwell tipe B dengan beban 100kg. Pada spesimen yang telah dikarburasi dilakukan pengujian kekerasan selama 5 titik pada tiap spesimen.

#### 3.6.2. Pengamatan struktur mikro.

Sebelum melakukan pengujian foto mikro terlebih dahulu dilakukan pemolesan. Pemolesan dilakukan baik pada *raw materials* maupun spesimen yang *ditreatment* dengan menggunakan ampelas mulai dari ampelas no. 120 sampai no. 1000 kemudian diberi autosol agar lebih halus dan mengkilap. Ini dilaksanakan di

laboratorium Politeknik Manufaktur Negeri Bandung dengan mesin ampelas. Setelah pemolesan selesai, baru melaksanakan foto mikro terhadap bahan tersebut dengan mesin foto struktur mikro.

Setelah dilakukannya mikro dilanjutkan pengambilan foto makro. foto makro bertujuan untuk melihat ketebalan yang dihasilkan pada setiap spesimen dengan berbagai variasi yang telah ditentukan



Gambar.3.20 Mesin Foto struktur Mikro

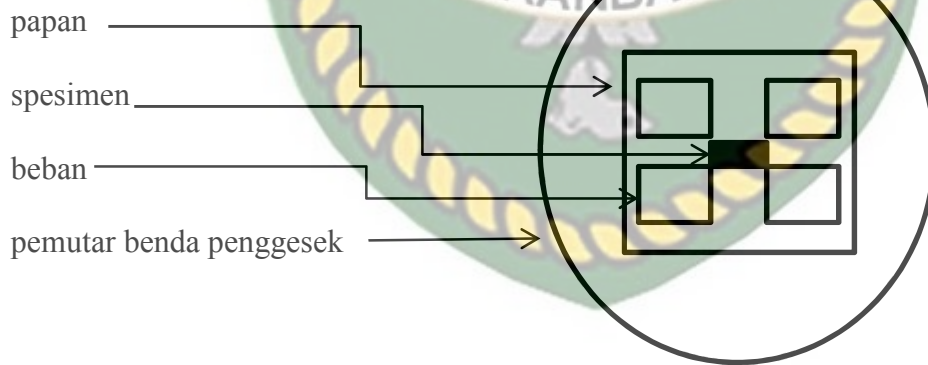
### 3.6.3 Pengujian Keausan.

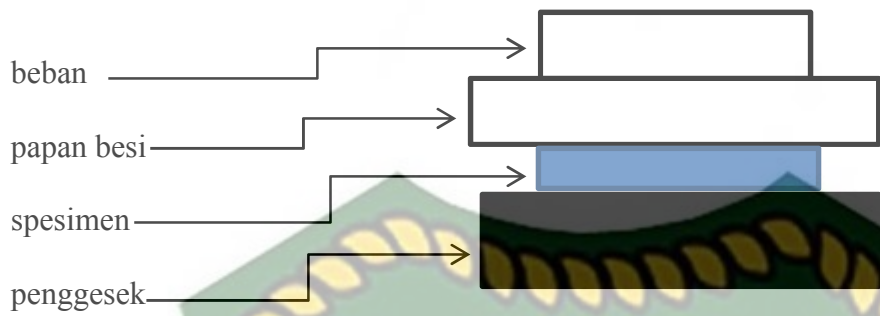
Pengujian keausan dilakukan dengan maksud untuk mengetahui ketahanan benda terhadap gesekan. Prinsip dari pengujian ini adalah Pengujian keausan dilakukan dengan maksud untuk mengetahui ketahanan benda terhadap gesekan. Prinsip dari pengujian ini adalah:

- a. Menimbang berat tiap-tiap spesimen.



- b. Menempelkan spesimen pada semacam papan dengan perekat besi.
- c. Setelah spesimen benar-benar merekat kuat timbang spesimen beserta papan tadi.
- d. Memasang kertas ampelas pada alat pemutar ampelas ( mesin pemoles).
- e. Menentukan besarnya pemberat, sebagai besarnya gaya tekan.
- f. Menghidupkan mesin pemoles.
- g. Letakkan pemberat pada papan sebelah atas dan lekatkan benda uji pada mesin pemoles yang sudah berputar tahan agar tidak goyang.Selama penggesekan harus ditentukan waktu (lamanya) penggesekan dengan *stop watch*.
- h. Menimbang berat spesimen setelah dilakukan penggesekan.
- i. Membandingkan berat sebelum dan sesudah penggesekan.





Gambar 3.21. Skema Alat Uji Keausan



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB IV

### HASIL DAN PENELITIAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang akan diuraikan dalam bab ini meliputi pengamatan struktur mikro, hasil pengujian kekerasan dan hasil pengujian keausan seperti yang telah dijelaskan pada bab III bahwa spesimen yang dilakukan analisa ada 4 yaitu. STD, T85, T90, dan T95.

#### 4.1 Kekerasan Material

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini menggunakan metode Rockwell tipe B dengan beban 100 kg dan waktu penekanan 5 detik. Pengujian dilakukan pada empat spesimen yaitu material awal tanpa karburasi, data hasil diperlihatkan pada Tabel 4.1, spesimen yang mengalami karburasi pada temperatur 850°C, data pada Tabel 4.2. spesimen yang dikarburasi pada temperatur 900°C, data pada Tabel 4.3. dan spesimen yang mengalami karburasi pada temperatur 950°C, data hasil pada Tabel 4.4. Data diambil pada lima tempat berbeda dimulai dari bagian tengah spesimen hingga ke bagian tepi (luar).

Tabel 4.1 Data hasil uji kekerasanspesimen tanpa karburasi.

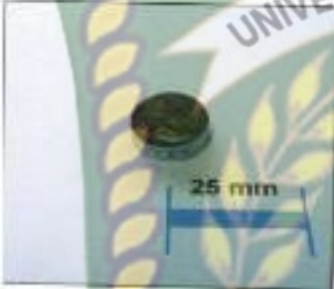
| Uji Kekerasan                                                                       |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|  | Pengujian | Nilai HRB |
|                                                                                     | I         | 79,2      |
|                                                                                     | II        | 79,6      |
|                                                                                     | III       | 80,5      |
|                                                                                     | IV        | 80,6      |
|                                                                                     | V         | 81,4      |
| Diuji dari bagian tengah menuju bagian luar                                         |           |           |



Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan material tanpa karburasi hampir sama nilainya antara daerah tengah hingga daerah tepi. Nilai ini dirata – ratakan sehingga diperoleh nilai kekerasan material tanpa karburasi adalah 80,26.

HRB.

Tabel 4.2 Data hasil uji kekerasan pada spesimen T85

| Uji kekerasan                                                                     |           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|  | Pengujian | Nilai HRB |
|                                                                                   | I         | 67,6      |
|                                                                                   | II        | 70,2      |
|                                                                                   | III       | 70,6      |
|                                                                                   | IV        | 78,2      |
|                                                                                   | V         | 79,1      |
| Diuji dari bagian tengah menuju bagian luar                                       |           |           |

Data Tabel 4.2 diatas menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada 5 titik yang berbeda dimulai dari tengah (I) hingga ke bagian tepi (V) pada spesimen (T85). Terlihat jelas adanya perbedaan nilai kekerasan mulai di tengah hingga ke tepi. Pada bagian tengah kekerasan paling rendah yaitu 67,6 sedangkan pada bagian tepi adalah 79,1.

Tabel 4.3 Data hasil pengujian kekerasan pada spesimen T90

| Uji kekerasan                                                                       |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|  | Pengujian | Nilai HRB |
|                                                                                     | I         | 76,4      |
|                                                                                     | II        | 77,8      |
|                                                                                     | III       | 78,0      |
|                                                                                     | IV        | 79,4      |
|                                                                                     | V         | 82,0      |
| Diuji dari bagian tengah menuju bagian luar                                         |           |           |

Data pada Tabel 4.3 diatas menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada 5 titik yang berbeda dimulai dari tengah (I) hingga ke bagian tepi (V) pada spesimen (T90) nilai

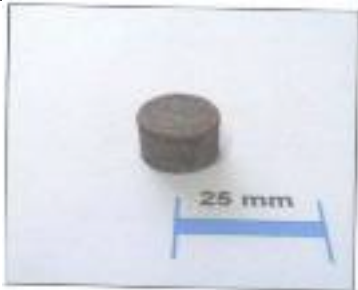
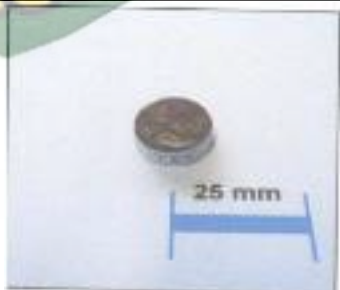
kekerasannya meningkat mulai di bagian tengah hingga ke bagian tepi. Nilai kekerasan tertinggi pada bagian tepi adalah 82,0 HRB.

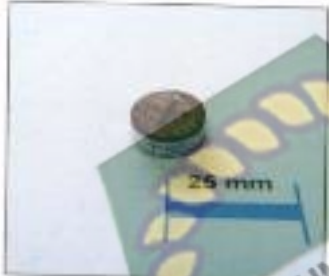
Tabel 4.4 Data hasil pengujian kekerasan pada spesimen T95

| Uji kekerasan                                                                     |           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|  | Pengujian | Nilai HRB |
|                                                                                   | I         | 80,8      |
|                                                                                   | II        | 82,1      |
|                                                                                   | III       | 82,7      |
|                                                                                   | IV        | 83,0      |
|                                                                                   | V         | 85,4      |
| Diuji dari bagian tengah menuju bagian luar                                       |           |           |

Data pada Tabel 4.4 diatas menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada 5 titik yang berbeda dimulai dari tengah hingga ke bagian tepi pada spesimen T95 .nilai kekerasannya meningkat terutama di bagian sisi tepi yaitu sebesar 85,4 HRB. Keausan dari empat spesimen hasil uji kekerasan dapat dilihat pada tabel 4.5. nilai kekerasan tersebut kemudian dibuat dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.1. untuk mengetahui hasil karburasi maka nilai kekerasan yang diambil adalah pada bagian tepi.

Tabel 4.5 hasil nilai kekerasan antara spesimen STD, T85, T90, dan T90

| STD                                                                                 | T85                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| Nilai kekerasan rata-rata = 80,26                                                   | Nilai kekerasan rata-rata = 79,1                                                     |

| T90                                                                               | T95                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| Nilai kekerasan rata-rata = 82,0                                                  | Nilai kekerasan rata-rata = 85,4                                                   |

Dari hasil pengujian didapat hubungan antara proses perlakuan dengan nilai kekerasan seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik nilai kekerasan material

Terlihat bahwa kekerasan pada bagian tepi yang paling tinggi ditemukan pada spesimen yang dikarburasi pada temperatur 950°C.

#### 4.2 Ketahanan Aus Material

Pengujian keausan ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan material setelah digesek dengan suatu material lain yang dijadikan standar. Data hasil pengujian keausan dapat dilihat pada tabel 4.6.



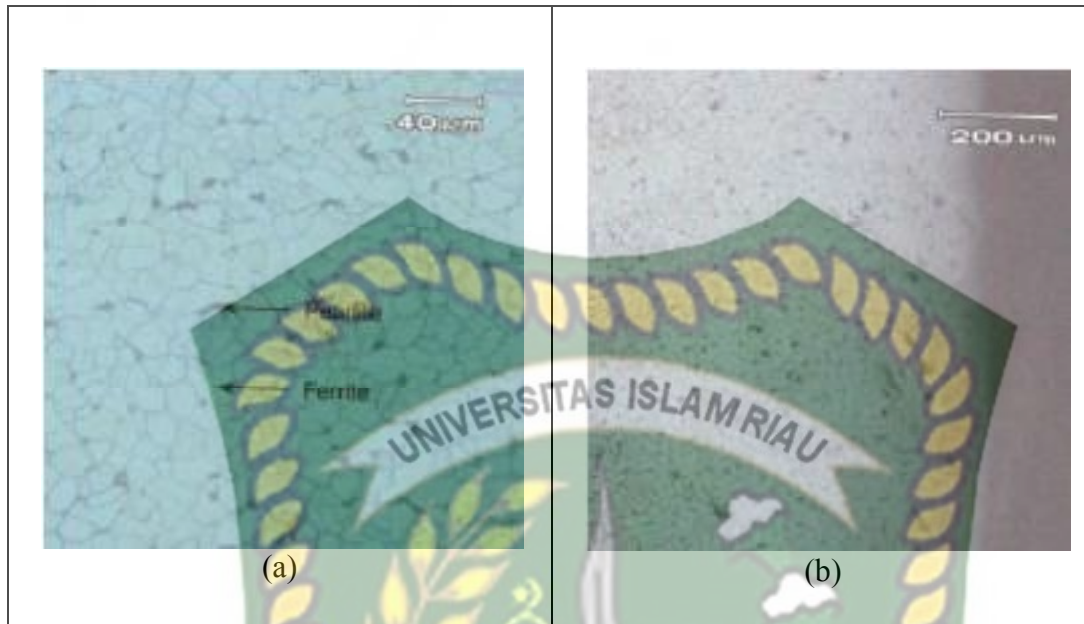
Tabel 4.6 Data Hasil Uji Ketahanan Aus

| No | Specimen | Waktu (menit) | W.awal (gram) | W.akhir (gram) | Selisih (gram) |
|----|----------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 1  | STD      | 20            | 23,09         | 22,93          | 0,16           |
| 2  | T85      | 20            | 15,52         | 15,34          | 0,18           |
| 3  | T90      | 20            | 15,60         | 15,59          | 0,01           |
| 4  | T95      | 20            | 15,87         | 15,89          | -0,02          |

Pengujian keausan ini dapat dilihat pada Tabel 4.6 dimana nilai selisih berat spesimen awal dan spesimen akhir setelah pengujian tidak sama pada setiap kondisi temperatur karburasi. Spesimen yang memiliki selisih berat tertinggi yaitu 0,16 gram. Setelah proses karburasi dilakukan selisih berat semakin turun. Ini menunjukkan bahwa material yang hilang pada saat uji keausan tidak banyak untuk spesimen hasil karburasi.

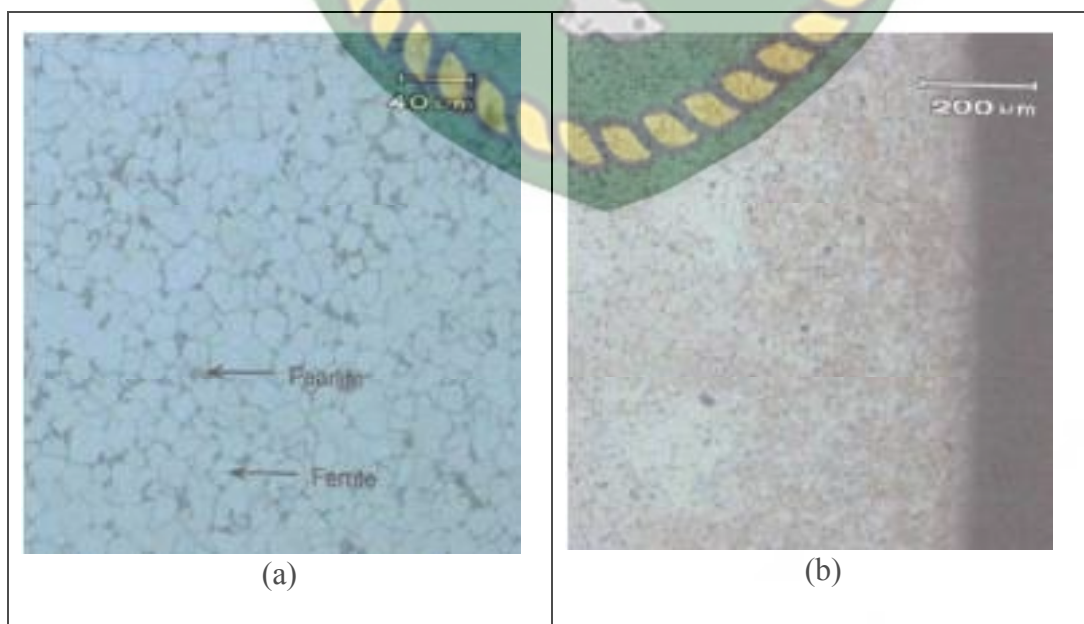
#### 4.4 Hasil Pengamatan Metalografi (Struktur Mikro).

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui temperatur karburasi struktur mikro material. Gambar 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5 memperlihatkan struktur mikro material tanpa karburasi. Material yang dilakukan karburasi masing-masing pada temperatur 850°C, 900°C, dan 950°C.



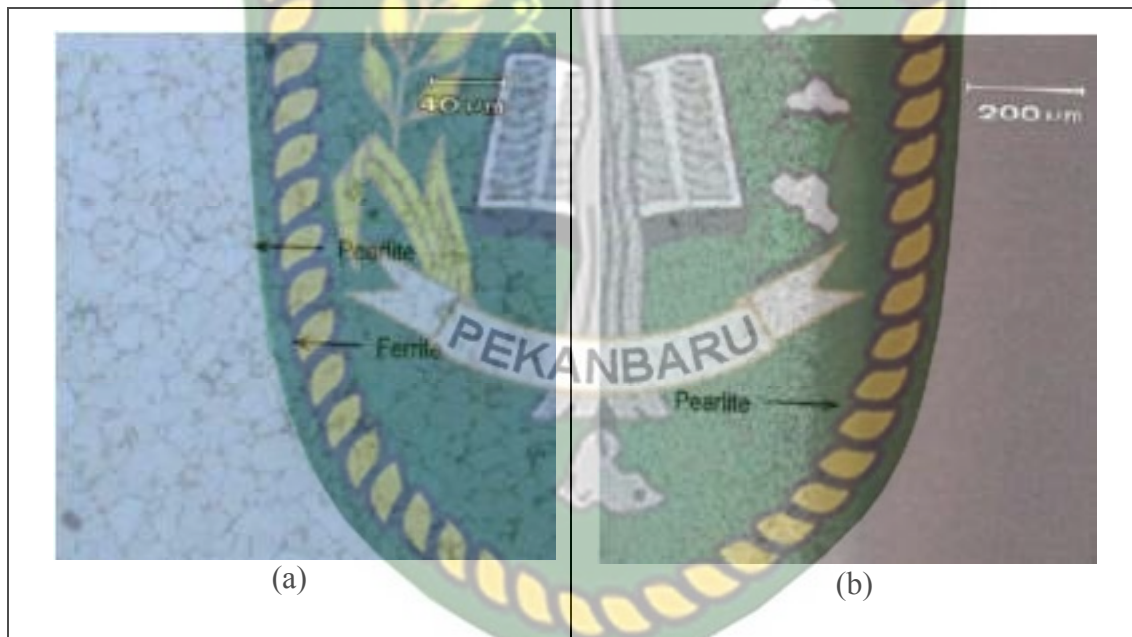
Gambar 4.2 Struktur mikro baja ST41 kondisi tanpa karburasi. (a) bagian tengah, (b) bagian tepi.

Pada Gambar 4.2 memperlihatkan bahwa struktur mikro material baja ST41 tanpa karburasi adalah ferrite dan pearlite baik pada bagian tengah atau pada bagian sisi luar.



Gambar 4.3 Strukt mikro baja ST41 dengan temperatur 850°C. (a) bagian tengah, (b) bagian tepi.

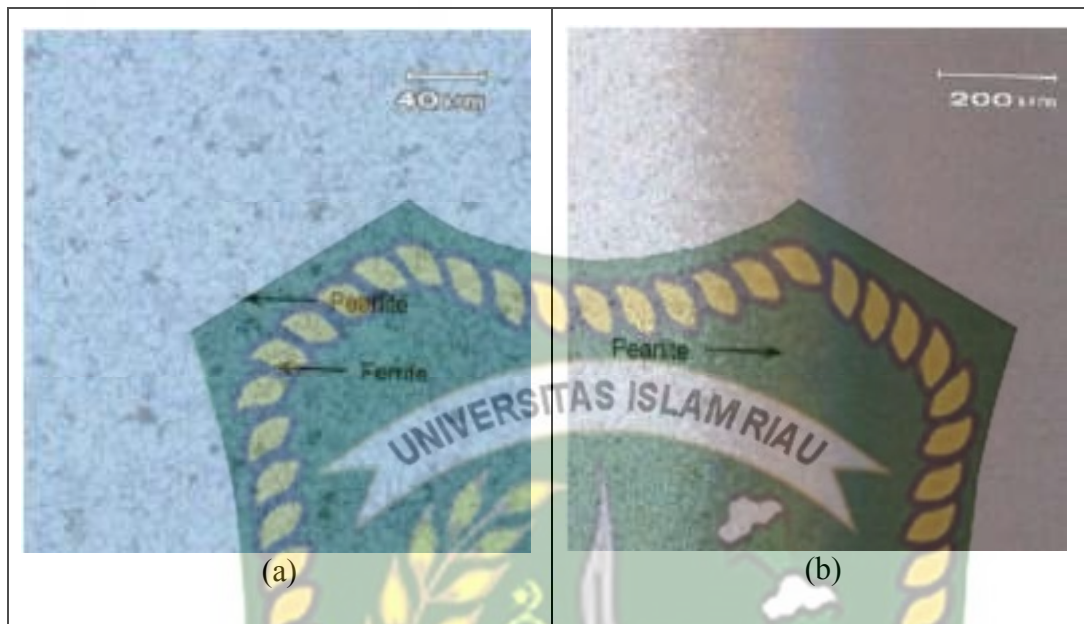
Pada Gambar 4.3 memperlihatkan bahwa struktur mikro material baja ST41 spesimen (T85) adalah ferrite dan pearlite baik pada bagian tengah atau pada bagian sisi luar dan batas ferrite tampak jelas dibagian tengah. Pada bagian tepi masih ditemui ferrite dan pearlite, jumlah pearlite lebih banyak dari pada ferrite. Pada bagian tengah dominan warna terang (ferrite) sedangkan bagian tepi dominan warna gelap (pearlite).



Gambar 4.4 Strukt mikro baja ST41 dengan temperatur 900°C. (a) bagian tengah, (b) bagian tepi.

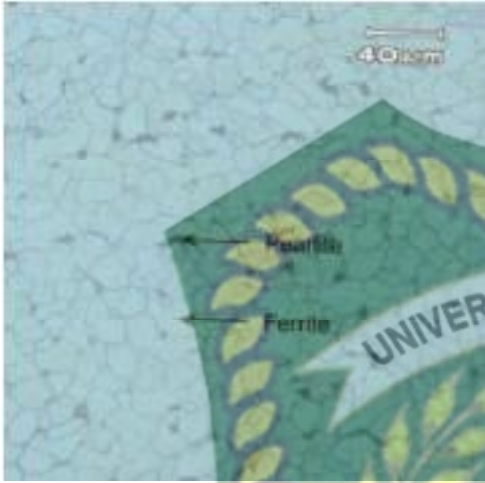
Pada Gambar 4.4 memperlihatkan bahwa struktur mikro material baja ST 41 adalah ferrite dan pearlite, pada bagian tengah terlihat jumlah pearlite yg terbentuk semakin banyak dan batas butir pun tidak tampak jelas pada bagian sisi luar terlihat adanya lapisan pearlite yang terbentuk.



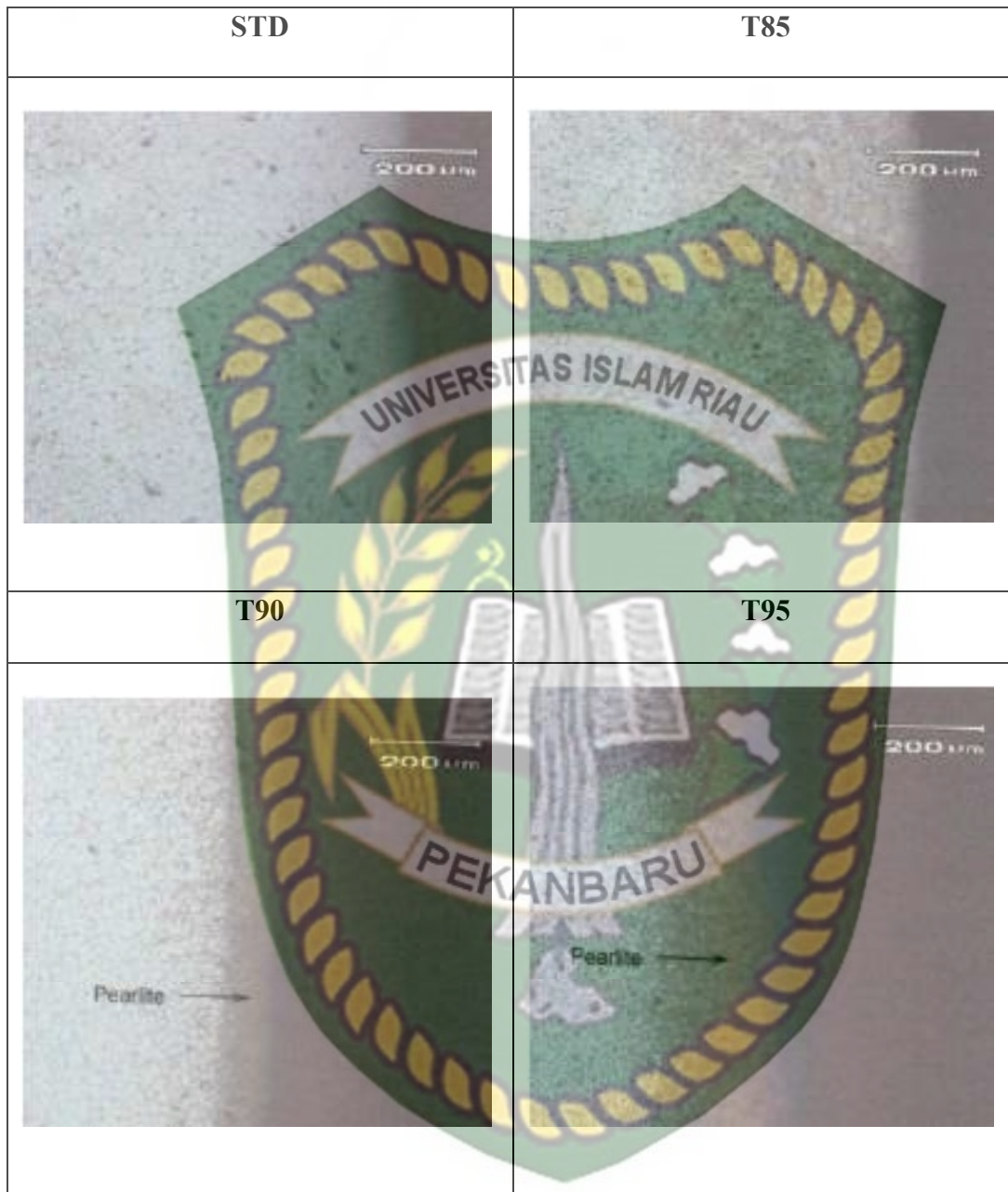


Gambar 4.5 Bentuk struktur mikro baja ST41 pada specimen (T95) . (a) bagian tengah, (b) bagian tepi.

Pada Gambar 4.5 memperlihatkan bahwa struktur mikro material baja ST41 spesimen adalah ferrite dan pearlite, pada bagian tengah terlihat jumlah pearlite yg terbentuk semakin banyak dan bentuk butir memiliki ukuran yang acak dan pada bagian sisi luar terlihat terbentuknya lapisan pearlite lebih tebal. Untuk mempermudah analisa maka struktur mikro material bagian tengah dan bagian tepi untuk setiap kondisi pemusatan dapat dilihat pada gambar 4.6 dan gambar 4.7.

| STD                                                                                 | T85                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| T90                                                                                 | T95                                                                                  |
|  |  |

Gambar 4.6 hasil pengamatan spesimen STD,T85,T90,dan T95 pada bagian tengah.



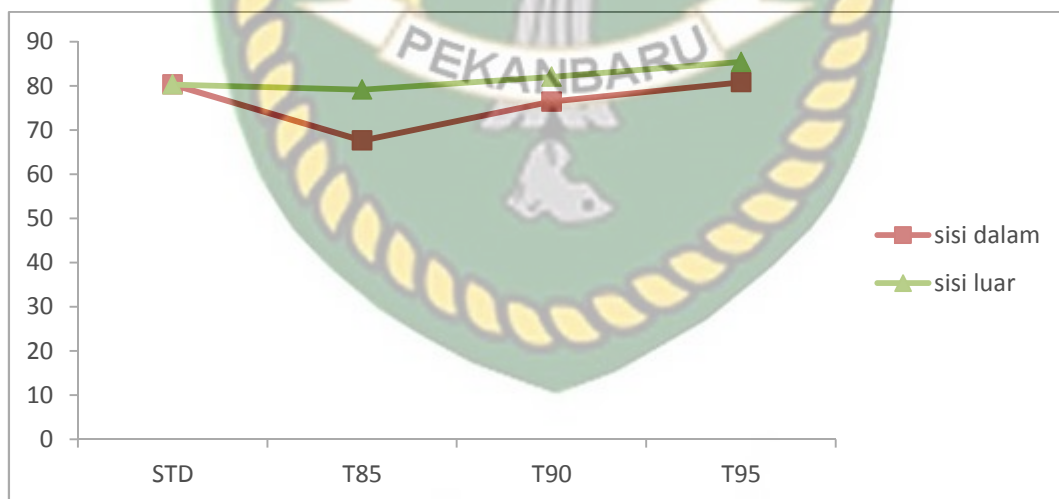
Gambar 4.7 hasil pengamatan spesimen STD, T85, T90,dan T95 pada bagian tengah.



## BAB V

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

Baja ST41 dengan kadar karbon 0,1293 % adalah baja yang lunak sehingga penggunaannya memerlukan kekerasan dan keausan menjadi terbatas maka dari itu dilakukan karburasi. Pada penelitian ini proses karburasi dilakukan pada temperature 850°C, 900°C, dan 950°C dengan waktu penahanan selama 2 jam. dengan komposisi arang batok kelapa dengan zat katalis  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan perbandingan persentase 85% arang : 15% katalis. Untuk mendapatkan data pengaruh temperatur krburasi terhadap nilai kekuatan material, maka pada material awal dan material sebelum karburasi dilakukan uji kekerasan yang dimulai dari bagian tengah ke bagian tepi. Pengaruh temperatur karburasi terhadap kekerasan dapat dilihat pada gambar 5.1



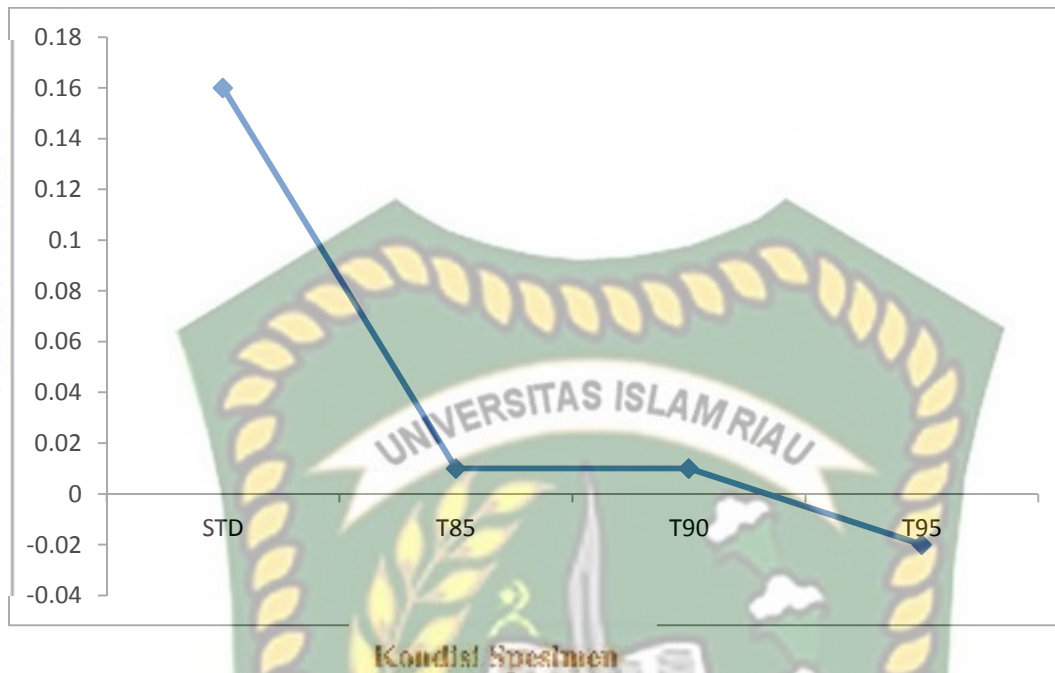
Variasi suhu

Gambar 5.1 Grafik Hubungan Perbandingan Nilai Kekerasan Rockwell Pada Bagian permukaan sisi dalam dan sisi luar.

Keterangan:

- STD : spesimen Tanpa Perlakuan (standar)
- T85 : spesimen dengan suhu 850°C.
- T90 : spesimen dengan suhu 900°C.
- T95 : spesimen dengan suhu 950°C.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.1 terlihat bahwa nilai kekerasan yang tertinggi terdapat pada Spesimen (T95) dengan kombinasi suhu 950°C yaitu sebesar 85,4 HRB. Sedangkan nilai kekerasan yang terendah terdapat pada Spesimen (T85) yaitu spesimen tanpa perlakuan khusus yaitu sebesar 79,1 HRB. Meningkatnya nilai kekerasan pada permukaan Spesimen tersebut dikarenakan dalam proses penambahan karbon terhadap material tersebut jumlah karbon mencukupi terjadinya karburasi karena dalam bertambahnya nilai kekerasan suatu material diperlukan karbon dan waktu yang cukup untuk menjadikan fasa pearlite. Sehingga setelah unsur karbon dan kekerasan permukaan meningkat maka kekerasan material tersebut meningkat. Hal ini terjadi pada uji keausan yang dimana spesimen T95 mengalami nilai keausan yang lebih rendah dari pada spesimen lainnya. Nilai uji keausan dapat dilihat pada gambar 5.2.

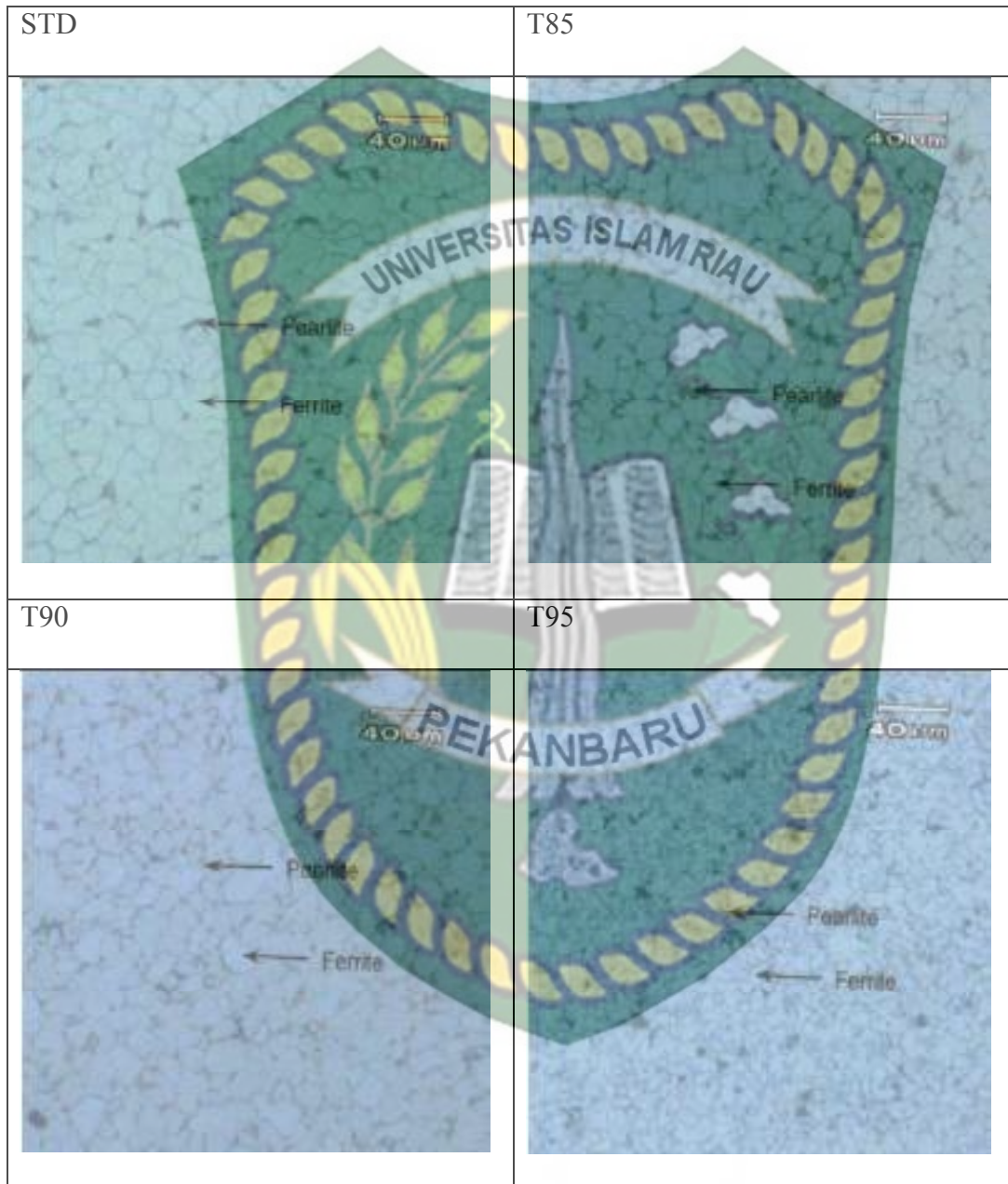


Gambar 5.2 Grafik nilai Ketahanan Aus material

Berdasarkan Gambar 5.2 diatas dapat dilihat bahwa selisih berat spesimen sebelum dan sesudah diuji dengan naiknya temperatur keausan semakin menurun. Artinya material yang hilang akibat gesekan pada saat pengujian semakin sedikit. pada grafik spesimen T95 terjadi kenaikan berat, hal itu terjadi dikarenakan meningkatnya nilai kekerasan pada T95, maka pada saat pengujian ketahanan aus permukaan spesimen penggesek terjadi pemakanan oleh spesimen T95, dan hal itu yang menyebabkan berat awal dan berat akhir spesimen T95 memiliki selisih dengan nilai -0,02gram yang artinya berat akhir lebih tinggi dibanding dengan berat awal. Berdasarkan hasil ini terlihat bahwa ketahanan aus material dipengaruhi oleh nilai kekerasan. Semakin tinggi kekerasan material maka ketahanan ausnya juga meningkat. Naiknya nilai kekerasan



material akibat pemanasan pada temperatur yang lebih tinggi dapat dijelaskan dengan melihat struktur mikro material pada gambar 5.3.



Gambar 5.3 hasil pengamatan antara spesimen STD, T85, T90, T95

Dari hasil pengamatan pada bagian tengah specimen baik yang specimen tanpa perlakuan maupun specimen yang diberikan perlakuan proses carburizing dengan

suhu yang divariasikan maka diperoleh hasil bahwa pada bagian tengah specimen keseluruhan hanya terdapat fasa ferrite dan pearlite hanya saja jumlah pearlite dan ferrite pada tiap tiap specimen berbeda. Pada gambar di peroleh bahwa jumlah pearlite dibagian tengah specimen semakin berkurang dengan naiknya temperatur karburasi. Bila dibandingkan dengan nilai kekerasan pada bagian tengah specimen, nilai kekerasan specimen sebelum mengalami karburasi lebih rendah dibanding setelah karburasi pada temperatur 950°C. Berdasarkan struktur mikro material terlihat bahwa semakin tinggi temperatur karburasi jumlah ferrit pada bagian tengah specimen semakin banyak sehingga jumlah pearlite semakin sedikit. Hal lain yang juga dapat dilihat digambar struktur mikro adalah semakin tinggi temperatur karburasi butir terlihat semakin kecil, hasil pengukuran butir dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Ukuran butir rata – rata tiap specimen.

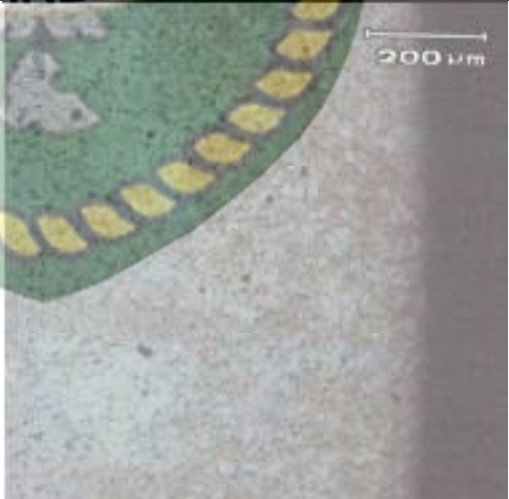
| NO | STD   | T85   | T90   | T95   |
|----|-------|-------|-------|-------|
| 1  | 20µm  | 28 µm | 18 µm | 20 µm |
| 2  | 16 µm | 20 µm | 16 µm | 14 µm |
| 3  | 28 µm | 24 µm | 20 µm | 4 µm  |
| 4  | 20 µm | 20 µm | 24 µm | 20 µm |
| 5  | 12 µm | 28 µm | 20 µm | 16 µm |
| 6  | 28 µm | 24 µm | 20 µm | 12 µm |
| 7  | 20 µm | 24 µm | 20 µm | 20 µm |
| 8  | 24 µm | 12 µm | 19 µm | 16 µm |
| 9  | 20 µm | 24 µm | 16 µm | 12 µm |
| 10 | 20 µm | 20 µm | 24 µm | 8 µm  |

|           |                    |                     |                    |                    |
|-----------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Rata-rata | 20,8 $\mu\text{m}$ | 22,24 $\mu\text{m}$ | 19,7 $\mu\text{m}$ | 14,2 $\mu\text{m}$ |
|-----------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|

Keterangan:

- STD : spesimen Tanpa Perlakuan (standar)
- T85 : spesimen dengan suhu 850°C.
- T90 : spesimen dengan suhu 900°C.
- T95 : spesimen dengan suhu 950°C.

Dari Tabel 5.1 dapat kita lihat bahwa ukuran butir tiap – tiap spesimen berbeda dikarenakan suhu yang tinggi mempengaruhi laju atom yang semakin cepat, sehingga terjadi perbedaan ukuran butir spesimen T95 yang memiliki ukuran yang semakin kecil. Struktur mikro material pada bagian tepi dapat dilihat pada Gambar5.4

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| STD                                                                                 | T85                                                                                  |
|  |  |
| T90                                                                                 | T95                                                                                  |





Gambar 5.4 Hasil pengamatan antara spesimen STD, T85, T90, T95

Keterangan:

- STD : spesimen Tanpa Perlakuan (standar)
- T85 : spesimen dengan suhu  $850^{\circ}\text{C}$ .
- T90 : spesimen dengan suhu  $900^{\circ}\text{C}$ .
- T95 : spesimen dengan suhu  $950^{\circ}\text{C}$ .

Dari Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa spesimen yang mengalami karburasi pada temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  dan  $950^{\circ}\text{C}$  memiliki lapisan pearlite pada bagian luar. Ini menunjukkan bahwa kadar Carbon pada spesimen ini mengalami peningkatan. Struktur feerit yang awalnya terdeteksi pada spesimen standart tidak lagi kelihatan pada bagian tepi spesimen yang dipanaskan pada temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  dan  $950^{\circ}\text{C}$ . Inilah yang menyebabkan nilai kekerasan pada bagian tepi spesimen T90 dan T95 mengalami peningkatan. Hal ini juga yang berpengaruh pada ketahanan aus spesimen. Pada spesimen yang dikarburasi pada temperatur  $850^{\circ}\text{C}$ , lapisan pearlite belum terbentuk secara jelas tetapi didominasi warna coklat pada bagian tepi dibanding bagian tengah menunjukkan bahwa jumlah pearlite ditepi lebih banyak dibanding bagian tengah. Bila

dibandingkan dengan spesimen T90 dan T95. Hasil pengaruh ketebalan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 hasil pengukuran tebal pearlite T90 dan T95

| NO        | T90           | T95           |
|-----------|---------------|---------------|
| 1         | 146,7 $\mu$ m | 253,4 $\mu$ m |
| 2         | 133,4 $\mu$ m | 266,7 $\mu$ m |
| 3         | 120 $\mu$ m   | 253,4 $\mu$ m |
| Rata-rata | 133,3 $\mu$ m | 257,8 $\mu$ m |

Data hasil penelitian diketahui bahwa pengaruh pada proses carburasi yang artinya mempengaruhi nilai kekerasan dan ketahanan aus material. Semakin tinggi temperatur, laju difusi atom carbon dan arang ke material semakin tinggi akibatnya struktur pearlite dan tebal lapisan pearlite yang terbentuk selama karburasi meningkat. dengan naiknya nilai temperatur ini meningkatkan terhadap jumlah karbon pada lapisan luar material semakin banyak dengan naiknya temperatur.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan.

Dari beberapa perbedaan temperatur suhu dan perbandingan arang yang sama, hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai kekerasan pada tiap – tiap spesimen. Nilai kekerasan yang tertinggi adalah pada Spesimen (T95) yang dikarbursasi dengan temperatur 950°C yaitu 85,4 HRB Sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada Spesimen (T85) yaitu sebesar 79,1,HRB. Penurunan nilai kekerasan disebabkan karena kurangnya temperatur pada proses carburizing .
2. Ketahanan aus tertinggi diperlihatkan oleh specimen yang di karburasi dengan temperatur 950°C. Sedangkan ketahanan aus terendah terlihat pada pada Spesimen STD tanpa perlakuan yang menunjukkan berat setelah pengujian keausan sebesar 0,18 gram.
3. Hasil pengamatan metalografi (struktur mikro) menunjukkan bahwa lapisan karburasi terbentuk dipermukaan specimen khususnya pada specimen yang di karburasi dengan temperatur 950°C. perbandingan ketebalan lapisan pearlite pada T90 dan T95, 133,3  $\mu\text{m}$  pada T90 dan 257,8 $\mu\text{m}$  pada T95.
4. Penigkatan temperatur karburasi menyebabkan pembentukan lapisan pearlite pada permukaan spesimen yang berarti bahwa kadar karbon pada bagian tepi material hasil karburasi meningkat dibanding material awal. Hal ini disebabkan



karena semakin tinggi temperatur berpengaruh pada laju difusi atom karbon dari media arang batok kelapa ke spesimen ST41.

## 6.2.Saran.

Adapun saran dan masukan dari penulis untuk penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya penelitian dan pengujian lanjutan misalnya pengujian impak guna mengetahui seberapa besar tingkat ketangguhan material dalam pemakaiannya.
2. Apabila dilakukan penelitian lanjutan perlu adanya penambahan sampel pengujian dalam penelitian agar lebih didapat data hasil pengujian yang lebih baik dari pada penelitian ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- a. aCallister, Wiliam D. 2002. “*Material Science and Engineering an Introduction*”. Jhon Wiley & Sons. New York.
- b. Lawrence H. Van Vlack. 2001. Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material. Edisi keenam. Penerbit Erlangga.
- c. Robert L. Mott P.E. 2009. Elemen-Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis. Edisi 1. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- d. Ir. Sularso MSME, Kiyokatsu Suga. 2004. Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- e. Daryanto, Ainnun Mochyidin dan Hari Amanto. 2004. *Proses Pengolahan Besi Dan Baja (Ilmu Metalurgi)*. PT. Sarana Tutorial Nurani Sejahtera. Bandung.
- f. Tata Surdia dan S. Saito. 2005. Pengetahuan Bahan Teknik. cetakan kelima. Jakarta. Pradnya Paramita
- g. Alois Schonmetz dan Karl Gruber. 1985. Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam. Bandung. Angkasa
- h. John A. Schey. 2009. *Proses Manufaktur*. Edisi ketiga. Yogyakarta.
- i. Joseph E. Shigley., Larry D. Mitchell., Alih bahasa Gandhi Harahap. 1999 *Perencanaan Teknik Mesin*. Erlangga.
- j. Joseph E. Shigley. 2008. *Mechanical Engineering Design*, Edisi ke 8, The McGraw-Hell.
- k. Arif Nugroho 2008. Analisa Pengaruh Variasi Antara Arang Cangkang Kelapa Dengan Arang Kayu Jati.
- l. Heri Widodo. 2014. Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Double Hardening setelah di carburizing
- m. Yasa Stedo .2015. Analisa Pengaruh Variasi Arang Kayu Bakau, Arang Tempurung Kelapa, dan Batu bara
- n. Yandra oktors. 2016. Analisa Pengaruh Variasi Komposisi Arang Dengan Katalis ( $Na_2CO_3$ ) Terhadap Ketangguhan dan Struktur Mikro Baja ST 41 Hasil Proses Carburizing