

## ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN KARBON DAN PROSES *HARDENING* UNTUK MENINGKATKAN NILAI EKONOMIS RODA GIGI MESIN BUBUT

Ella Sundari<sup>1\*)</sup>, Taufikurrahman<sup>2)</sup>, Naufal Farisie<sup>3)</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

<sup>3</sup>Mahasiswa Sarjana Terapan, Prodi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

<sup>\*)</sup>Email: [e\\_sundari@polsri.ac.id](mailto:e_sundari@polsri.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Submitted:  
06/01/2020

Revised:  
23/01/2020

Accepted:  
29/01/2020

Online-Published:  
31/01/2020

### ABSTRAK

Dalam industri banyak komponen yang terbuat dari baja seperti roda gigi mesin bubut, kebanyakan roda gigi mesin bubut saat ini menggunakan baja karbon sedang. Karena baja ini mempunyai ketahanan aus dan ketahanan kejut yang tinggi. Namun baja ini harganya lebih mahal dibandingkan baja karbon rendah. Untuk itulah penulis ingin menggunakan baja karbon rendah sebagai material dasar (raw material) dalam pembuatan roda gigi mesin bubut untuk menekan biaya produksi menjadi lebih murah. Namun yang menjadi kendala baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3% baja jenis ini memiliki kekuatan tarik, kekerasan, dan ketahanan gesek yang kurang baik. Tetapi kekuatan baja mampu ditingkatkan dengan menambah unsur karbon, yaitu dengan cara karburasi padat (Pack Carburizing) dan pengerasan (Hardening). Pada penelitian ini Pack Carburizing dilakukan pada suhu 950°C dengan waktu tahan 1 jam dengan media karburasi arang batubara dan katalis Calcium Carbonat (CaCO<sub>3</sub>) dengan komposisi (80% + 20%), Metode quenching menggunakan metode direct quenching, medianya menggunakan oli bekas. Lalu Hardening dilakukan pada suhu 670°C, 760°C dan 850°C, dengan media pendingin oli bekas. Kemudian dilanjutkan dengan uji komposisi bahan, pengujian kekerasan, dan uji struktur mikro. Setelah dilakukan perlakuan maka didapatkan hasil kandungan karbon meningkat sebesar 0,3%, peningkatan hasil kekerasan tertinggi sebesar 112,66 HRB media pendingin oli bekas dan suhu 850°C, Fasa yang terbentuk Ferrit, Perlit dan Martensit.

**Kata Kunci:** Pack Carburizing, Hardening, Roda Gigi

### ABSTRACT

In many industrial components which made of steel such as lathe gears, most of it's were usually use medium carbon steel. Because this kind of steel has high wear resistance and shock resistance, but its cost more expensive than low carbon steel. Because of this reason, the author try to use low carbon steel as a base material (raw material) for lathe gear in order to decrease production costs. However, low carbon steel material has a carbon content of less than 0,3%, so it has poor tensile, less hardness and less friction resistance. But it strength can be increased by adding carbon, namely by means of solid carburizing and hardening process. In this study the Pack Carburizing was done at a temperature of 950°C with 1 hour holding time, and used carburizing media such as coal charcoal and Calcium Carbonat (CaCO<sub>3</sub>) as catalyst with composition of 80% + 20%. Hardening is carried out at 670°C, 760°C and 850°C. The cooling method used direct cooling method and the cooling media was used oil. And then followed by material composition test, hardness test, and micro structure test. After heat treatment, there were 0.3%, increase value in hardness. The highest harness value was at 112.66 HRB and at carburizing temperature of 850°C, Phases formed were Ferrite, Perlite and Martensite.

**Keywords:** Pack Carburizing, Hardening, Gear

© 2019 The Authors. Published by  
Turbulen: Jurnal Teknik Mesin

doi:<http://dx.doi.org/10.36767%2Fturbulen.v2i2.563>

## 1. PENDAHULUAN

Baja adalah salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik (Bahtiar dkk, 2017). Menurut (Dian Yezhi dkk, 2013), di pasar tersedia beragam jenis *spare part* dari yang *genuine part* sampai *spare part* tiruan. Ditinjau dari segi harga terlihat sekali bedanya antara *spare part* yang asli dengan yang tiruan. Hal ini disebabkan *spare part* asli menggunakan material yang lebih berkualitas dibandingkan dengan yang tiruan.

Kekerasan yang tinggi sampai ke inti memiliki implikasi yang tidak baik terhadap keuletannya. Baja karbon dengan kandungan karbon 0,8%C bersifat keras dan getas sehingga tidak bisa digunakan untuk komponen mesin seperti roda gigi dan poros yang mendapatkan beban dinamik *bending* dan tegangan tarik selama operasinya. Baja karbon tinggi dengan kandungan tinggi 1%C juga sangat sulit untuk proses permesinan seperti bubut, skrap dan milling.

Alternatif pemecahan masalah ini dengan menggunakan baja karbon rendah yang mengandung karbon 0,05 hingga 0,30 % C yang diberikan perlakuan khusus (Dian Yezhi dkk, 2013) dari segi kekerasan, baja karbon rendah memiliki kekerasan yang lebih rendah sehingga memudahkan dalam proses produksi dengan proses permesinan.

Disamping itu dari segi harga, baja karbon rendah lebih murah dibandingkan dengan baja karbon sedang dan baja karbon tinggi. Proses yang dilakukan adalah menggunakan baja karbon rendah, selanjutnya untuk meningkatkan kekerasan permukaannya dilakukan proses pengerasan permukaan (*surface hardening*), yang salah satu metodenya adalah *pack carburizing*.

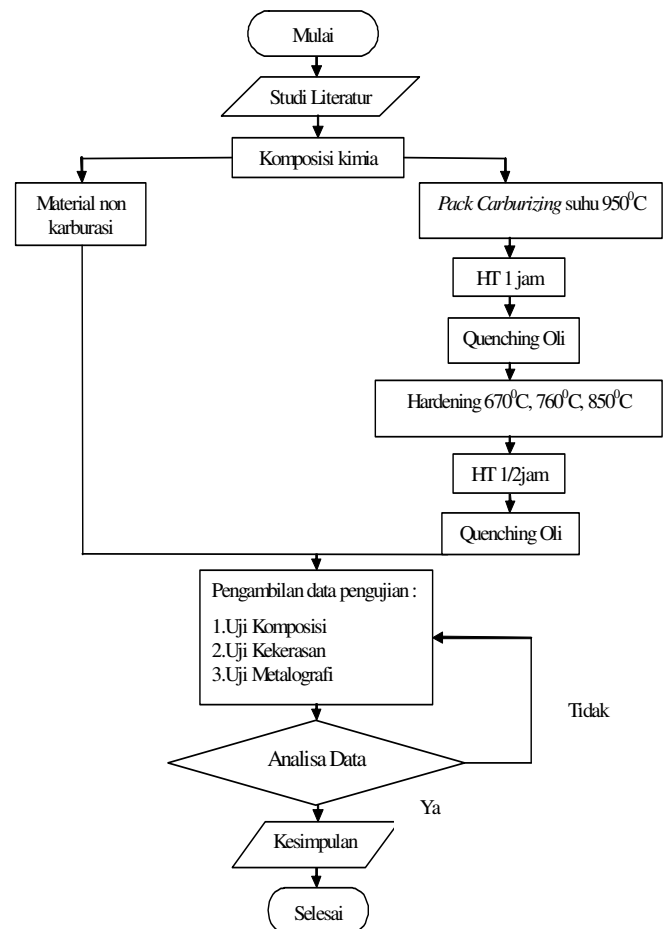
Beberapa pengembangan menggunakan metode *Pack Carburizing* dilakukan oleh para peneliti seperti Dian Yezhi dkk (2013), Adi Dermawan dkk (2017), Efrizal dkk (2018)) agar dalam pembuatan roda gigi menghasilkan roda gigi yang baik, hal ini disebabkan dalam dunia industri banyak sekali roda gigi yang rusak, aus, patah, dikarenakan roda gigi tersebut tidak kuat terhadap gesekan dan tekanan yang dihasilkan saat dua roda gigi bersinggungan pada saat mesin bekerja.

*Pack carburizing* adalah penambahan karbon pada permukaan baja karbon rendah melalui proses difusi pada temperatur di daerah *austenite* dari karbon rendah yang *di carburizing* yang umumnya antara 850°C dan 950°C, media karbon akan teroksidasi menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dan CO. Gas CO akan bereaksi dengan permukaan baja membentuk atom karbon (C), dan selanjutnya berdifusi ke dalam baja.

Tujuan dari proses *pack carburizing* adalah untuk menghasilkan permukaan baja yang keras dan tahan aus, sedangkan pada bagian inti tetap memiliki keuletan. Pada proses *pack carburizing* hasil yang optimum banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : temperatur, waktu penahanan, dan media pendingin. Beberapa penelitian sebelumnya (Sujita, 2016) menggunakan Metode *Pack Carburizing* untuk meningkatkan kekerasan dari spesimen yang digunakan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mempermudah dalam penelitian maka di buat diagram alir penelitian seperti gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.1. Alat

Dalam melakukan penelitian dibutuhkan bahan dan alat-alat baik kelengkapan eksperimen maupun alat uji hasil eksperimen antara lain adalah :

- Mesin Bubut digunakan untuk membentuk spesimen sesuai dengan standar uji bahan.
- Dapur pemanas
- Gergaji besi

- Kawat
- Tongkat besi untuk mengambil kotak *Carburizing*
- Kotak *Carburizing*
- Alat pengujian kekerasan
- Alat pengujian komposisi kimia
- Bak media pendingin
- Mikroskop metalurgi

## 2.2. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- Bahan utama sebagai objek pengamatan adalah Baja Karbon Rendah.
- Baja Karbon Sedang sebagai pembanding.
- Bahan pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang batu bara dan  $\text{CaCO}_3$

## 2.3. Metode

### 2.3.1. Proses *Pack Carburizing*

- Masukan arang batubara dicampur dengan  $\text{CaCO}_3$ . Setelah itu campuran arang dan katalis dimasukkan ke dalam kotak.
- Arang dimasukkan ke dalam kotak sampai ketebalan 2cm, kemudian masukkan benda uji sebanyak 2 buah masing-masing diberi jarak 2 cm. Setelah itu masukkan arang hingga penuh untuk menutupi benda uji.
- Tutup kotak dan diberi lapisan tanah liat pada pinggiran tutup kotak.
- Pasang kawat pada gagang kotak untuk memudahkan pengambilan kotak setelah proses karburasi.
- Masukkan kotak ke dalam dapur pemanas dengan suhu  $950^\circ\text{C}$  dengan holding time 1 jam.
- Setelah proses karburasi selesai kotak dikeluarkan dari dalam dapur kemudian didinginkan pada temperatur ruang.

### 2.3.2. Uji Komposisi

Bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam atau persentase dari tiap unsur pembentuk bahan specimen misalnya C, Si, Fe, Cu, Mn, Al dan unsur lainnya. Adapun metode pengujian komposisi yang digunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)*

### 2.3.3. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan plat baja karbon rendah

setelah dilakukan *pack carburizing* dan hardening pada setiap variasi waktu tahanan. Pengujian kekerasan menggunakan pengujian kekerasan Rockwell dengan beban 100kg menggunakan Hardness Rockwell Tester HR-150B dengan indenter bola baja  $\text{Ø}1/16''$  pada roda gigi mesin bubut, specimen sebelum dan sesudah di pack carburizing dan hardening. Pengujian dilakukan dengan mengambil 5 titik pengujian pada setiap material kemudian nilai kekerasannya diambil nilai rata-rata.

### 2.3.4. Uji Metalografi

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk melihat perubahan struktur mikro pada permukaan plat baja karbon rendah sebelum dan sesudah dilakukan *pack carburizing*. Sebelum melakukan pengujian struktur mikro, terlebih dahulu specimen uji berupa plat baja karbon rendah sebelum *pack carburizing* dan plat baja karbon rendah yang sudah *pack carburizing* dengan nilai kekerasan tertinggi dipotong menjadi ukuran kecil kemudian dicetak menggunakan campuran resin dan katalis kemudian dilakukan penghalusan pada bagian permukaan specimen yang akan diambil foto struktur mikronya. Penghalusan dilakukan pada bagian yang akan diambil foto struktur mikronya dengan menggunakan ampelas mulai dari ampelas no. 400, 800, 1200, 1500 dan 2000 kemudian dipoles menggunakan *autosol* agar permukaan lebih halus dan mengkilap.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Uji Komposisi

Berdasarkan pengujian komposisi yang dilakukan di Laboratorium *Non Destructive Test* Departemen Inspeksi Teknik PT.Pupuk Sriwidjaja Palembang, Maka dapat diketahui hasil dari pengujian komposisi dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1** Data hasil pengujian Komposisi

| No. | Nama Unsur | Jenis Baja                             |   |
|-----|------------|--|---|
|     |            | Baja Karbon Rendah Tanpa Perlakuan (%) | Baja Karbon Rendah Setelah <i>Carburizing</i> (%) |
|     |            |  |   |

|     |           |    |        |        |
|-----|-----------|----|--------|--------|
| 1.  | Besi      | Fe | 95,256 | 93,564 |
| 2.  | Mangan    | Mn | 0,266  | 0,301  |
| 3.  | Carbon    | C  | 0,16   | 0,3    |
| 4.  | Silicon   | Si | 1,092  | 2,693  |
| 5.  | Timah     | Sn | 0,064  | 0,050  |
| 6.  | Tembaga   | Cu | 0,386  | 0,335  |
| 7.  | Nikel     | Ni | 0,185  | 0,267  |
| 8.  | Aluminium | Al | 2,299  | 1,985  |
| 9.  | Sulfur    | S  | 0,144  | 0,231  |
| 10. | Fosfor    | P  | 0,071  | 0,156  |
| 11. | Kromium   | Cr | 0,77   | 0,109  |

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan jumlah karbon yang terdapat dalam baja karbon rendah setelah dilakukan perlakuan sebesar 0,3% dari kondisi awal sebesar 0,16%. Dari hasil pengujian ini dapat dikatakan bahwa proses *pack carburizing* yang telah dilakukan berhasil menaikkan jumlah karbon di dalam baja.

### 3.2. Uji Kekerasan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di Laboratorium mekanik jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya, Maka hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2** Data hasil pengujian Kekerasan

| Spesimen 1                         | Titik Pengujian | Indentor                   | P (Kg) | HRB  | HRB Rata-rata |
|------------------------------------|-----------------|----------------------------|--------|------|---------------|
| Baja karbon rendah tanpa perlakuan | 1               | Bola baja $\square 1/16''$ | 100    | 87,4 | 87,78         |
|                                    | 2               |                            |        | 88,6 |               |
|                                    | 3               |                            |        | 88,2 |               |
|                                    | 4               |                            |        | 87,7 |               |
|                                    | 5               |                            |        | 87   |               |

| Spesimen 2  | Titik Pengujian | Indentor  | P (Kg) | HRB   | HRB Rata-rata |
|-------------|-----------------|-----------|--------|-------|---------------|
| Baja karbon | 1               | Bola baja | 100    | 101,1 | 102,02        |

|                        |   |                  |     |       |     |
|------------------------|---|------------------|-----|-------|-----|
| sedang tanpa perlakuan | 2 | $\square 1/16''$ | 100 | 101,8 | 100 |
|                        | 3 |                  |     | 102,4 |     |
|                        | 4 |                  |     | 102,1 |     |
|                        | 5 |                  |     | 102,8 |     |

| Spesimen 3 | Titik Pengujian | Indentor                   | P (Kg) | HRB   | HRB Rata-rata |
|------------|-----------------|----------------------------|--------|-------|---------------|
| Suhu 670°C | 1               | Bola baja $\square 1/16''$ | 100    | 99,5  | 100           |
|            | 2               |                            |        | 98,4  |               |
|            | 3               |                            |        | 102,2 |               |
|            | 4               |                            |        | 99,9  |               |
|            | 5               |                            |        | 100   |               |

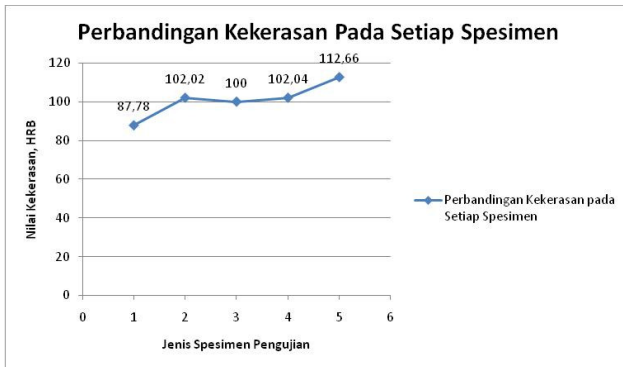
| Spesimen 4 | Titik Pengujian | Indentor                   | P (Kg) | HRB   | HRB Rata-rata |
|------------|-----------------|----------------------------|--------|-------|---------------|
| Suhu 760°C | 1               | Bola baja $\square 1/16''$ | 100    | 102,3 | 102,04        |
|            | 2               |                            |        | 101,8 |               |
|            | 3               |                            |        | 102,3 |               |
|            | 4               |                            |        | 101   |               |
|            | 5               |                            |        | 102,8 |               |

| Spesimen 5 | Titik Pengujian | Indentor                   | P (Kg) | HRB   | HRB Rata-rata |
|------------|-----------------|----------------------------|--------|-------|---------------|
| Suhu 850°C | 1               | Bola baja $\square 1/16''$ | 100    | 113,6 | 112,66        |
|            | 2               |                            |        | 111,2 |               |
|            | 3               |                            |        | 112,6 |               |
|            | 4               |                            |        | 113,1 |               |
|            | 5               |                            |        | 112,8 |               |

Dari Tabel 2 didapat data Kekerasan rata-rata untuk material Baja Karbon Rendah tanpa Perlakuan didapat sebesar 87,78 HRB dan untuk material Baja Karbon Sedang tanpa perlakuan sebesar 102,02 HRB. Sedangkan untuk spesimen pengujian yang telah mendapatkan perlakuan Roda gigi dengan suhu 670°C memiliki kekerasan rata-rata 100,00 HRB, suhu 760°C memiliki kekerasan rata-rata 102,04 HRB dan suhu 850°C memiliki kekerasan rata-rata 112,66 HRB.



Setelah melakukan uji kekerasan, berdasarkan tabel tersebut dibuatlah grafik perbandingan agar memudahkan melihat hasil uji kekerasan yang paling baik. Berikut gambar grafik tersebut.

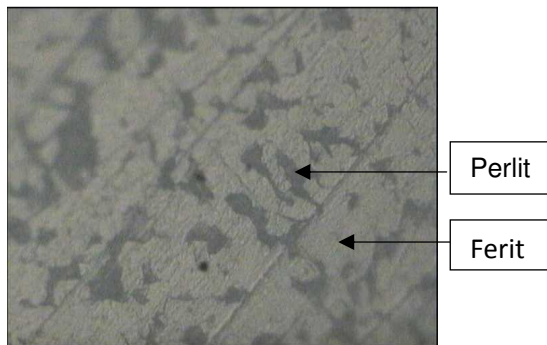


Gambar 2. Grafik Nilai Kekerasan

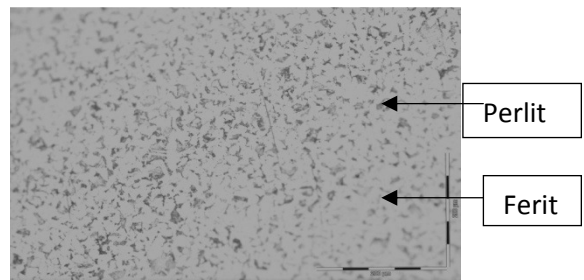
Dari hasil Grafik 2, didapatkan kekerasan tertinggi didapatkan dari spesimen yang mengalami proses hardening dengan suhu 850°C yaitu sebesar 112, 66 HRB .

### 3.3. Uji Metalografi

Pengujian metalografi dilakukan untuk melihat apakah terjadi perubahan struktur mikro pada baja karbon rendah sebelum dan sesudah *Pack Carburizing*. Pengujian metalografi ini dilakukan di Laboratorium Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Berikut adalah data hasil Uji Metalografi.



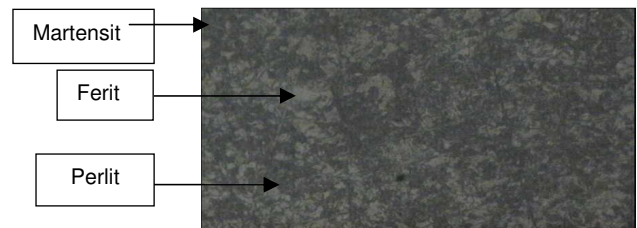
Gambar 3. Struktur mikro baja karbon rendah tanpa perlakuan M200X



Gambar 4. Struktur mikro baja karbon rendah suhu 670°C



Gambar 5. Struktur mikro baja karbon rendah suhu 760°C



Gambar 6. Struktur mikro baja karbon rendah suhu 850°C

Dari gambar 3 Struktur mikro baja karbon rendah tanpa perlakuan didominasi oleh fasa ferrite yang lebih banyak dibanding fasa perlit hal ini dikarenakan jumlah karbon yang terkandung didalam baja karbon rendah tanpa perlakuan jumlahnya sedikit. Dari gambar 4 Struktur mikro baja karbon rendah dengan suhu 670°C yang terbentuk ialah fasa perlit lebih banyak dibanding fasa ferrite. Hal ini menyebabkan spesimen meningkat kekerasannya. Dari gambar 4.4 terbentuk pada sisi tepi bahan uji, struktur mikro yang terbentuk didominasi oleh fasa perlit dan ukuran butirannya semakin merata, dan diantara fasa perlit terdapat juga fasa martensit walaupun pada sisi perlit masih terdapat fasa ferit. Penambahan fasa perlit diakibatkan oleh penambahan karbon yang terjadi pada proses karburasi, munculnya fasa martensit disebabkan oleh

laju pendinginan yang cepat. Dari gambar 5 sampai 6, struktur mikro yang terbentuk didominasi oleh fasa perlit dan ukuran butirannya semakin merata, dan diantara fasa perlit terdapat juga fasa martensit walaupun pada sisi perlit masih terdapat fasa ferit. Penambahan fasa perlit diakibatkan oleh penambahan karbon yang terjadi pada proses karburasi, munculnya fasa martensit disebabkan oleh laju pendinginan yang cepat.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil-hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Baja karbon rendah yang dikarburasi dengan penambahan serbuk arang batubara dan katalis *calcium carbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ). Terbukti menambah jumlah atom karbon yang awalnya 0,16% C menjadi 0,3% C, jumlah ini mendekati nilai baja karbon sedang tanpa perlakuan, hal ini menunjukkan bahwa proses karburasi mampu menyebabkan atom karbon masuk ke bagian permukaan baja karbon rendah sehingga menyebabkan kualitas baja karbon rendah dapat ditingkatkan dari tidak mampu dikeraskan menjadi mampu dikeraskan.
2. Nilai kekerasan hasil *pack carburizing* dan *hardening* dengan variasi suhu didapatkan kekerasan tertinggi 112,66 HRB pada variasi suhu 850°C waktu tahan 1 jam dengan media pendingin oli bekas.
3. Hasil pengamatan foto struktur mikro pada bagian tepi menunjukkan fasa martensit, semakin banyak fasa martensit yang terbentuk menyebabkan tingkat kekerasan semakin tinggi searah dengan meningkatnya variasi suhu.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adi Dermawan, Mustaqim, Fajar Sidiq. 2017. *Pengaruh Temperatur Carburizing Pada Proses Pack Carburizing Terhadap Sifat - Sifat Mekanis Baja S21C*. Jurnal Engineering Vol. 14 No. 1. Teknik Mesin Universitas Panca Sakti Tegal.
- Dian Yezhi Anggoro, Samsudi Raharjo, Solechan. 2013. *Pengaruh Pack carburizing dengan Arang Batok Kelapa Terhadap Kekerasan Roda Gigi Fly Wheel Daihatsu*. Majalah Ilmiah Teknik TRAKSI Vol. 13 No.1. Teknik Mesin UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG.
- Efrizal Arifin, Syafrudin, 2018. *Pengaruh Waktu Dan Suhu Pada Karburisasi Padat Terhadap*

*kekerasan Roda Gigi Baja St37 Dengan Media Arang Batok Kelapa Dan Barium Karbonat*. Universitas Pancasila.

Bahtiar, M. Iqbal, Defri A. 2017. *Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil yang Mendapatkan Proses Pack Carburizing Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit*. Jurnal Mekanikal Vol. 8 No.1. Universitas Tadulako.

Sujita, 2016. *Proses Pack Carburizing dengan Media Carburizer Alternatif Serbuk Arang Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara*". Jurnal Mechanical vol 7 No.2 Teknik Mesin Universitas Lampung