

# ANALISA PENGARUH PACK CARBURIZING TERHADAP SIFAT MEKANIS SPROCKET IMITASI SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN ARANG KAYU GELAM DAN SERBUK CANGKANG REMIS SEBAGAI KATALISATOR

Ella Sundari <sup>1)</sup>, Taufikurrahman <sup>2)</sup>, Reza Fahlevi <sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Jurusan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Politeknik Negeri Sriwijaya  
Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139 Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211  
Email: freza9192@gmail.com

## Abstrak

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisa peningkatan sifat mekanik material *sprocket* imitasi setelah dilakukan proses *carburizing* dan membandingkannya dengan *sprocket* original tanpa perlakuan. Adapun variabel bebas yang digunakan *sprocket genuine part*, dan *sprocket* imitasi yang sudah mengalami perlakuan panas, media pendingin (air, oli bekas, silikon oil, dan udara), dengan variasi temperatur (850 dan 900 °C) dengan penahanan waktu 1 jam dengan media karbonisasi arang kayu gelam dan serbuk cangkang remis sebagai katalis. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia dan kekerasan dengan metode *Rockwell hardness tester B*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah peningkatan nilai kekerasan optimum pada *sprocket* imitasi dengan proses *carburizing* pada temperatur 900 °C dengan penahanan waktu 1 jam dengan media pendingin air, kekerasannya meningkat sebesar 43.07% dibanding dengan *sprocket* imitasi tanpa proses *carburizing*, dan lebih tinggi 13,94% diatas nilai kekerasan *sprocket* original. Dan pada pengujian komposisi kimia, *sprocket* imitasi dengan proses *carburizing* kadar karbonnya meningkat dari 0,159% menjadi 0,29%C, dimana karbon berfungsi sebagai unsur peneras dalam struktur baja.

**Kata Kunci** : *sprocket*, proses *carburizing*, arang kayu gelam.

## Abstract

The main purpose of this study was to analyze the improvement of mechanical properties of imitation sprocket material after carburizing process and compare it with original sprocket without treatment. The independent variables are used sprocket genuine parts, and hot imitation sprocket, cooling medium (water, used oil, silicon oil, and air), with temperature variations (850 and 900 °C) with 1 hour holding time with media carbonization of melaleuca wood charcoal and shell powder as catalyst. The tests performed are testing of chemical composition, hardness with method Rockwell hardness tester B, and micro structure. The result obtained from this research is the increasing of optimum hardness value on imitation sprocket with carburizing process at 900 °C with 1 hour holding time with water cooling medium, the hardness increased by 43.07% compared with imitation sprocket without carburizing process, and higher value of 13, 94% above the original sprocket hardness value. And on testing of chemical composition, the imitation sprocket by carburizing process of its carbon content increased from 0.159% to 0.29% C, wherein carbon acts as a hardener in the steel structure.

**Keyword** : Sprocket, carburizing process, melaleuca wood charcoal.

## 1. PENDAHULUAN

Pada zaman modern sekarang, semua manusia menginginkan seluruh hal yang serba cepat dan instan. Tidak terkecuali dalam hal transportasi yang merupakan penunjang manusia

berpergian dengan cepat, salah satunya kendaraan bermotor. Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 121.394.185 unit. Data Korps Lalu Lintas Kepolisian Republik Indonesia menunjukkan, dari angka tersebut paling banyak adalah sepeda

motor dengan jumlah 98.881.267 unit (81,5%). Diikuti mobil penumpang dengan jumlah 13.480.973 unit (11,11%), kemudian mobil barang 6.611.028 unit (5,45%), serta mobil bis dengan jumlah 2.420.917 unit (1,99%) dari total kendaraan. Jumlah tersebut akan terus meningkat setiap tahunnya seiring meningkatnya kebutuhan transportasi masyarakat yang mudah dan cepat (Korlantas Polri, 1949-2015).

Semakin banyaknya kendaraan sepeda motor maka *spare part* tentu banyak dicari orang, salah satu *spare part* yang sering diganti adalah *sprocket*. *Sprocket* merupakan komponen utama dalam sepeda motor, sebagai transfer gaya putar dari mesin ke roda belakang sepeda motor, sehingga akan cepat aus karena akan terjadi gesekan antara *chain* (rantai) dengan *sprocket* pada waktu mentransfer gaya putar dari mesin. Dipasaran terdapat dua produk *sprocket* yaitu, produk asli keluaran pabrikan resmi yaitu *genuine part* dan *sprocket* dengan kualitas menyerupai *sprocket* asli disebut kualitas imitasi atau kw. *Sprocket genuine part* adalah salah satu produk yang telah teruji ber *standart* dari segi bahan, kualitas dan mutu. *Sprocket* imitasi yang jauh dari *standart* pembuatannya masih diragukan dari segi bahan, kualitas dan mutu produk tersebut, oleh karena kualitas masih diragukan itulah yang menyebabkan *sprocket* imitasi jauh lebih murah dibanding *sprocket genuine part*. sehingga *sprocket* imitasi lebih banyak dicari konsumen dibanding *sprocket genuine part* di pasaran, padahal dari segi kualitas *sprocket* imitasi jauh dibawah *sprocket* orisinal. Dari segi kualitas itulah *sproket* motor yang imitasi cepat mengalami keausan dibanding *sprocket genuine part*. Sebenarnya kita bisa mendapatkan *sprocket* imitasi dengan harga yang murah dan juga dengan kualitas yang sama atau bahkan dengan kualitas diatas *sprocket genuine part*, dengan cara perlakuan *carburizing* pada *sprocket* imitasi tersebut.

Penggunaan arang kayu gelam sebagai sumber karbon dan serbuk cangkang remis sebagai katalisator /*energizer* dalam proses *pack carburizing* dengan spesimen uji coba *sprocket* imitasi pada penelitian ini belum pernah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu. Selain belum pernah diteliti oleh peneliti terdahulu, arang kayu gelam dan cangkang remis sangat mudah dicari. Dimana kayu gelam sering kali dibuang oleh orang setelah selesai membangun konstruksi bangunan, dimana kayu gelam merupakan tiang pancang sebelum bangunan tersebut dicor.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Menganalisa peningkatan sifat mekanik material *sprocket* imitasi sepeda motor setelah dilakukan proses *Pack Carburizing* dengan sumber karbon arang kayu gelam dan cangkang remis sebagai katalisator. dan membandingkannya dengan *sprocket genuine part* tanpa perlakuan.

### 1.1 Pack Carburizing

Pengarbonan/*Carburizing* yaitu proses pemberian atau penambahan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan dibanding dengan dinding bagian dalam, sehingga kekerasan permukaannya lebih meningkat. Sedang pada bagian dalamnya diharapkan masih memiliki keuletan/keliatan. *Pack carburizing* adalah salah satu metoda yang digunakan untuk menambah kandungan karbon didalam baja dengan menggunakan media padat (Kusmanto, 2010). Salah satu media pengkarbonan yang berbentuk padat adalah arang kayu gelam.

### 1.2 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 (Totten.GE, 1993). Media *quenching* pada penelitian ini menggunakan air, oli bekas, udara, dan *silicon oil*.

### 1.3 Kayu Gelam

Pohon gelam (*Melaleuca sp.*) adalah salah satu jenis tumbuhan dari suku *Myrtaceace* yang diketahui tumbuh pada areal daratan rendah berawa (*coastal swampy lowlands*) di beberapa negara seperti Indonesia, Malaysia, Singapura, Thailand, Australia bagian Utara. Keluarga *Melaleuca* sendiri yang meliputi lebih dari 200 jenis, mempunyai sebaran tempat tumbuh yang cukup luas, sebagaian besar merupakan jenis endemik di Australia, beberpa jenis tumbuh di Malaysia dan New Kalidonia. (Quinn dkk., 1998)

Dari sekian banyak penelitian tentang *pack carburizing* belum ada yang memakai arang kayu gelam sebagai sumber karbon, maka peneliti tertarik melakukan penelitian *sprocket* menggunakan arang kayu gelam dengan metode *pack carburizing*. Selain itu, pemanfaatan kayu gelam sebagai arang untuk *carburizing* dikarenakan banyaknya kayu gelam yang tidak terpakai setelah digunakan sebagai bahan tiang penyangga untuk konstruksi bangunan.



### Gambar 1. Kayu Gelam

#### 1.4 Kerang Remis

Remis (*Meretrix Sp.*) adalah sekelompok kerang-kerangan kecil yang hidup di dasar perairan, khususnya dari genus *Meretrix*, famili *Veneridae*. Remis mempunyai cangkang yang kuat dan simetris, bentuk cangkang agak bundar atau memanjang. Permukaan periostrakum agak licin, bagian dalam berwarna putih dan bagian luar berwarna abu-abu kecoklatan. Hidup membenamkan diri dalam substrat.

Pada dasarnya bahan-bahan yang digunakan dalam *pack carburizing* yaitu, arang kayu. Untuk mempercepat proses karbonisasi maka ditambahkan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), natrium karbonat ( $\text{NaCO}_3$ ), dan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Ketiga bahan tambahan tersebut termasuk jenis bahan-bahan katalisator dalam proses *carburizing*. Ternyata cangkang kerang remis mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sebesar 97,23%, yang dapat dijadikan sebagai *energizer* alternatif di dalam proses karbonisasi padat (Gapur, 2014).



Gambar 2. Kerang Remis

#### 1.5 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell Hardness Tester*, berbeda dengan metode Brinell dan vickers dimana kekerasannya bahan dinilai dari diameter/diagonal jejak yang dihasilkan maka metode Rockwell merupakan uji kekerasan dengan pembacaan langsung (*direct-reading*). Metode ini banyak dipakai dalam industri karena pertimbangan praktis. Variasi dalam beban dan indentor yang digunakan membuat metode ini memiliki banyak macamnya. Pada penelitian ini menggunakan Metode yang paling umum dipakai yaitu Rockwell B (dengan indentor bola baja berdiameter 1/16 inci dan beban 100kg).



Gambar 3. Rockwell Hardness Tester

#### 1.6 Pengujian Komposisi Bahan

Pengujian komposisi dilakukan pada spesimen *raw materials* termasuk spesimen dari *sprocket genuine* dan *sprocket imitasi* sebelum dan sesudah perlakuan *carburizing* hal ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam bahan spesimen *sprocket genuine* dan *sprocket imitasi* atau persentase dari tiap unsur pembentuk bahan spesimen misalnya C, Si, Fe, Cu, Mn, Al dan unsur lainnya. Pada pengujian komposisi bahan alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah spektrometer.



Gambar 4. Spektrometer

## 2. BAHAN DAN METODA

Alat-alat yang akan dipersiapkan sebelum melakukan penelitian ini yaitu kotak karburasi, mesin perkakas, dapur pemanas, mesin pengering, mesin uji kekerasan, spektrometer, mikroskop metalurgi, jangka sorong, kamera, amplas, dan tang penjepit. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah *sprocket* orisinal

dan imitasi, arang kayu gelam dan serbuk cangkang remis.

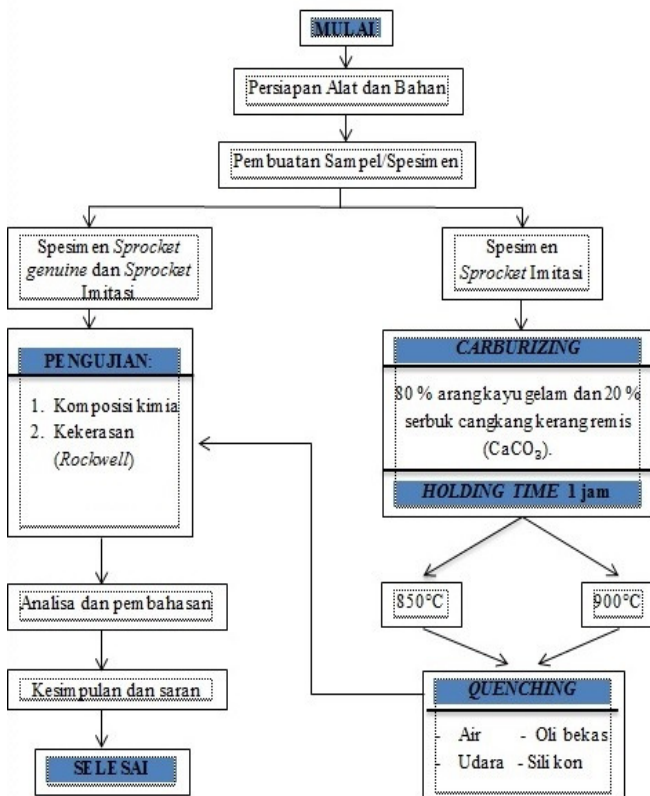
Spesimen yang dipersiapkan sebanyak 26 buah, 1 spesimen *sprocket* imitasi tanpa perlakuan, dan 1 spesimen *sprocket* orisinal tanpa perlakuan, 24 spesimen *sprocket* imitasi yang dicarburizing pada suhu 850°C - 900°C dengan waktu tahan 1 jam, menggunakan 80% arang kayu gelam dan 20% serbuk cangkang remis. Dengan media pendingin air, udara, oli bekas, dan *silicon*



oil.

Gambar 5. Spesimen Uji

Diagram alir penelitian sebagai langkah kerja dijelaskan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Diagram alir penelitian  
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Hasil Uji Komposisi**

Bahan yang diuji ialah *sprocket genuine* tanpa perlakuan, *sprocket* imitasi tanpa perlakuan, dan *sprocket* imitasi dengan perlakuan *carburizing*, untuk pengujian komposisi *sprocket* imitasi dengan perlakuan *carburizing* dipakai *sprocket* dengan nilai kekerasan yang paling tinggi. Adapun uji komposisi bahan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Bahan *Sprocket genuine* dan Imitasi

UNSUR	JENIS SPROCKET		
	<i>Sprocket genuine</i> (%)	<i>Sprocket Imitasi</i> (%)	<i>Sprocket Imitasi (Carburizing)</i> (%)
Fe	98,2	96,658	97,058
Mn	0,206	0,212	0,339
C	0,25	0,159	0,29
Si	0,307	0,251	1,266
Cr	0,081	0,02	0,024
Mo	0,071	0,076	0,073
Co	0,451	0,353	0,408
Al	0,041	0,042	0,025
Zn	0,003	0,541	0,024
P	0,039	0,051	0,043
Cu	0,083	0,053	0,009
S	0,002	0,002	0,001

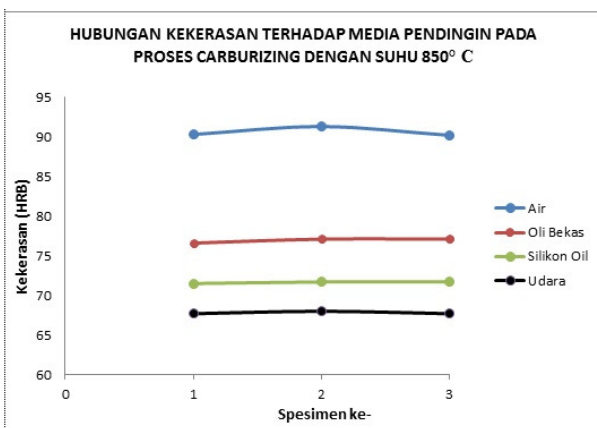
Berdasarkan pada hasil komposisi kimia pada benda uji *sprocket genuine*, *sprocket* imitasi dan *sprocket* imitasi *carburizing*, pada material *sprocket genuine* dan *sprocket* imitasi tersebut diklarifikasikan termasuk baja karbon rendah jika dilihat pada nilai karbonnya, dikarenakan nilai karbonnya berkisar antara 0,025% - 0,30% C. Akan tetapi pada *sprocket* imitasi dengan perlakuan *carburizing* kadar karbonnya meningkat dari 0,159% menjadi 0,29% C ini membuktikan bahwa dengan perlakuan *Carburizing* menggunakan arang kayu gelam dan serbuk cangkang remis sebagai katalisator dapat meningkatkan karbon pada *sprocket* imitasi, dimana karbon berfungsi sebagai unsur peneras dalam struktur baja. Karbon itu sendiri dapat masuk ke struktur *sprocket* imitasi pada saat *sprocket* dipanaskan didalam tungku dengan temperatur 900°C dalam lingkungan yang banyak

mengandung karbon aktif , sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan sprocket. Pada temperatur carburizing media karbon terurai menjadi CO yang selanjutnya terurai menjadi karbon aktif yang dapat berdifusi masuk kedalam baja dan menaikkan kadar karbon pada *sprocket* imitasi, dan tentu meningkatkan kekerasannya. Pada *specimen* uji termasuk baja *plain-carbon steel*, yang mana unsur-unsur penguat seperti (Cr, Mo, Ni, Mn, Zn, Cu, S, dll) jumlahnya sangat sedikit sekali, sehingga sifat materialnya (kekuatan & ketangguhan) hanya berpengaruh dari % Karbon saja.

**3.2 Hasil Uji Kekerasan**

Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode rockwell B pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan *sprocket* original, dan *sprocket* imitasi sebelum dan sesudah proses karburasi. Proses karburasi dilakukan pada suhu 850°C dan 900°C dengan *holding time* 1 jam kemudian dilakukan *quenching* menggunakan media air, oli bekas, udara, dan *silicon oil*. Dalam pengujian ini pengambilan data dilakukan pada permukaan benda uji, pengujian kekerasan pada permukaan benda uji dilakukan secara acak pada permukaan. Pengujian ini menggunakan indentor bola baja  $\varnothing 1/16''$  dengan beban 100 Kg, adapun tiap spesimen dilakukan uji kekerasan sebanyak 5 titik.

**Hubungan kekerasan terhadap media pendingin pada sprocket imitasi yang dicarburizing dengan suhu 850°C**

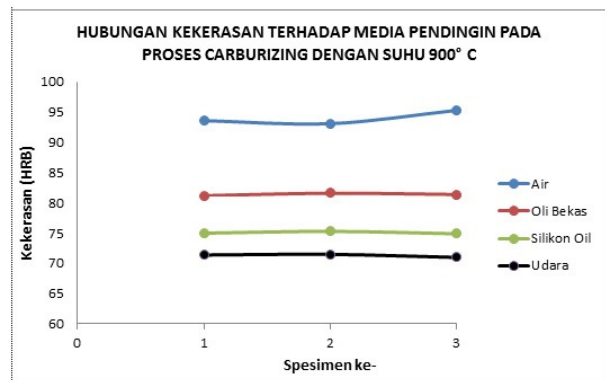


**Gambar 7.** Grafik hubungan kekerasan terhadap media pendingin pada proses *carburizing* dengan suhu 850° C

Dari **Gambar 7** grafik hubungan kekerasan terhadap media pendingin pada *sprocket* imitasi dengan perlakuan *carburizing* pada suhu 850 °C didapatkan nilai kekerasan yang paling tinggi pada *sprocket* imitasi yang *dicarburizing* dengan media pendingin air dengan rata-rata nilai kekerasannya sebesar 90,6 HRB. Sedangkan untuk nilai

kekerasan yang lebih kecil lagi adalah dengan media pendingin oli bekas dengan rata-rata nilai kekerasannya sebesar 76,9 HRB, untuk pendinginan silikon oil didapatkan rata-rata nilai kekerasannya sebesar 71,6 HRB, sedangkan media pendingin udara didapatkan rata-rata nilai kekerasannya sebesar 67,8 HRB. Pada proses *carburizing* dengan suhu 850 °C dengan variasi media pendingin didapatkan media pendingin air mempunyai rata-rata nilai kekerasan yang paling tinggi dibandingkan dengan media pendingin oli bekas, silikon oil, maupun udara.

**Hubungan kekerasan terhadap media pendingin pada sprocket imitasi yang dicarburizing dengan suhu 900°C**



**Gambar 8.** Grafik hubungan kekerasan terhadap media pendingin pada proses *carburizing* dengan suhu 900° C

Dari **Gambar 8** grafik hubungan kekerasan terhadap media pendingin pada *sprocket* imitasi dengan perlakuan *carburizing* pada suhu 900 °C didapatkan nilai kekerasan yang paling tinggi pada *sprocket* imitasi yang *dicarburizing* dengan media pendingin air dengan rata-rata nilai kekerasannya sebesar 94 HRB. Sedangkan untuk nilai kekerasan yang lebih kecil lagi adalah dengan media pendingin oli bekas dengan rata-rata nilai kekerasannya sebesar 81,4 HRB, untuk pendinginan silikon oil didapatkan rata-rata nilai kekerasannya sebesar 75 HRB, sedangkan media pendingin udara didapatkan rata-rata nilai kekerasannya sebesar 71,3 HRB. Pada proses *carburizing* dengan suhu 900 °C dengan variasi media pendingin didapatkan media pendingin air mempunyai rata-rata nilai kekerasan yang paling tinggi dibandingkan dengan media pendingin oli bekas, silikon oil, maupun udara.

Dari kedua grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwasanya nilai kekerasan tertinggi terdapat pada *sprocket* imitasi yang mengalami perlakuan *carburizing* dengan suhu 900°C dengan media pendingin menggunakan air, yang memiliki nilai kekerasan yang paling optimal bila dibandingkan dengan media pendingin yang lainnya (oli, silikon oil, ataupun udara) yang mana kekerasannya meningkat sebesar 43,07 %

dibanding dengan *sprocket* imitasi tanpa *carburizing*, dan lebih tinggi 13,94 % diatas nilai kekerasan *sprocket* original tanpa perlakuan. Hal ini terjadi karena dengan menggunakan media pendingin air *specimen* yang telah mengalami perlakuan panas akan mengalami penurunan temperatur dengan cepat dengan cara proses *quenching*. Hasil yang diharapkan dari perlakuan panas (*carburizing*) pada *specimen* berupa meningkatnya kekerasan material bukan hanya mengandalkan difusi karbon pada saat proses karburisasi tetapi juga dapat dipengaruhi oleh kecepatan pendinginannya. Kecepatan pendinginan dari suatu temperatur tertentu menjadi temperatur yang lebih rendah akan berakibat pada perubahan wujud struktur, dengan kecepatan pendinginan maka akan terbentuk wujud struktur martensit.

#### 4. KESIMPULAN

Pembahasan dari analisa data yang diperoleh selama percobaan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 4.1 *Sprocket* imitasi dengan perlakuan *carburizing* pada suhu 900°C waktu tahan 1 jam menggunakan media *quenching* air memiliki nilai kekerasan yang paling optimal bila dibandingkan dengan media *quenching* yang lainnya (oli, *silicon oil*, ataupun udara) yang mana kekerasannya meningkat sebesar 43,07% dibanding dengan *sprocket* imitasi tanpa *carburizing*, dan lebih tinggi 13,94% diatas nilai kekerasan *sprocket* original, dikarenakan pada *sprocket* imitasi terdapat kandungan kadar karbon dan silikonnya lebih besar setelah dilakukan *carburizing* dibanding *sprocket* original. Kadar karbon yang tinggi pada baja dapat menaikkan kekerasan dan kekuatan material.
- 4.2 Pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa unsur yang paling signifikan mengalami kenaikan yaitu unsur karbon (C) dan silikon (Si) Sebesar 82,39% dan 404,4%. Kadar karbon yang tinggi dapat menaikkan nilai kekerasan suatu material.
- 4.3 Dari percobaan yang dilakukan, Media *quenching* dapat sangat berpengaruh terhadap kekerasan suatu *specimen* yang dicarburizing.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Adinata. 2017. *Sifat Fisik dan Mekanik Baja Karbon Rendah dengan Perlakuan Carburizing Arang Kayu Jati*. Skripsi tidak diterbitkan. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

2. Amstead B. H., et al. 1992. *Teknologi Mekanik*. Jilid 2. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. Penerbit Erlangga.
3. Beumer, B.J.M. 1980. *Pengetahuan Bahan*. Jilid 3. Diterjemahkan oleh B.S. Anwir. Penerbit Bhratara Karya Aksara.
4. Budinski, K.G, and Budinski, M.K. 1999. *Engineering Materials (6<sup>th</sup> Ed.)*. New Jersey: Prentice – Hall Inc.
5. Darmanto. 2006. *Pengaruh Holding Time Terhadap Sifat Kekerasan Dengan Refining The Core Pada Proses Carburizing Material Baja Karbon Rendah*. Jurnal Traksi Vol 4 No.2 Desember 2006. Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim.
6. Gapur. 2014. *Pemanfaatan Cangkang Kerang Hijau, Kerang Darah, dan Remis sebagai Katalis Heterogen untuk Produksi Biodiesel*. Skripsi belum diterbitkan. Teknik Kimia Universitas Riau Pekanbaru.
7. Jamil, dan Abdullah. 2013. *Pengaruh Karburisasi Padat dengan Katalisator Cangkang Kerang Darah (CaCO<sub>3</sub>) Terhadap Sifat Mekanik dan Keasuhan Baja St 37*. Jurnal Prosiding Vol 7 Desember 2013. Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.
8. Karmin, Sairul. E, Firdaus, dan Romli. 2018. *Analisa Perubahan Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Multi Quenching Terhadap Hasil Pack Carburizing Baja Karbon Rendah*. Jurnal Austenit Vol 10 No.1 April 2018. Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
9. Kuswanto. 2010. *Pengaruh Perbedaan Ukuran Butir Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Material Baja St 37 dengan Proses Pack Carburizing*. Tesis belum diterbitkan. Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
10. Mas'ad, Muh. Amin, dan Solechan. 2008. *Analisa Pengaruh Pack Carburizing Menggunakan Arang Mlanding untuk Meningkatkan Sifat Mekanis Sprocket Sepeda Motor Suzuki*. Jurnal Prosiding Vol 4 2013. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang.
11. Nanulaitta, dan Patty. 2011. *Analisa Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah (S35C) dengan Pengaruh Waktu Penahanan (Holding Time) Melalui Proses Pengarbonan Padat (Pack Carburizing) dengan Pemanfaatan Cangkang Kerang sebagai Katalisator*. Jurnal Teknologi Vol 8 No.2 2011.
12. Pollack, Herman W. 1981. *Material Science and Metallurgy (3<sup>rd</sup> Ed.)*. Reston Publishing Company.
13. PT FSCM Manufacturing Indonesia Engineering Department. 2012. *Baja Karbon*.
14. Schonmetz, Alois, dan Karl Gruber. 1985. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*. Bandung: Angkasa.

15. Sujita. 2016. *Proses Pack Carburizing dengan Media Carburizer Alternatif Serbuk Arang Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara*. Jurnal Mechanical Vol 7 No.2 September 2016. Teknik Mesin Universitas Mataram.
16. Totten, G.E, Bates, C.E, dan Clinson, N.A. 1993. *Handbook of Quenchants and Quenching Technology*. USA: ASM Internasional
17. Vander Voort, G.F. 1999. *Metallography: Principles and Practice*. ASM International, Material Park, OH.
18. Vlack, L. H. Van. 2004. *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Jilid 6. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. Penerbit Erlangga.
19. Wisnujati. 2017. *Analisa Perlakuan Carburizing Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik pada Bahan Spocket Imitasi Sepeda Motor*. Jurnal Simetris Vol 8 No.1 April 2017. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.