

**SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBON RENDAH DENGAN
PERLAKUAN *CARBURIZING* ARANG TEMPURUNG KELAPA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

DIKA ARDI PUTRA

NIM : D 200 12 0091

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBON RENDAH DENGAN
PERLAKUAN *CARBURIZING* ARANG TEMPURUNG KELAPA**

PUBLIKASI ILMIAH

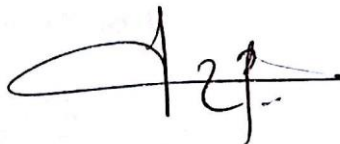
Oleh:

DIKA ARDI PUTRA

D 200 12 0091

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'H. Supriyono', written over a horizontal line.

Ir. H. Supriyono, MT, Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN
SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBON RENDAH DENGAN
PERLAKUAN CARBURIZING ARANG TEMPURUNG KELAPA

Oleh:

DIKA ARDI PUTRA

D 200 12 0091

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Selasa, 11 April 2017

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. H. Supriyono, MT, Ph.D
(Ketua Dewan Penguji)
2. Wijianto, ST, M.EngSc
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Ngafwan, MT
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)



Dekan,

Ir. H. Sri Sunarjono, MT., Ph.D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 18 April 2017

Penulis



Dika Ardi Putra

D 200 12 0091

SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBON RENDAH DENGAN PERLAKUAN *CARBURIZING* ARANG TEMPURUNG KELAPA

Abstraksi

Pack carburizing merupakan metode karburisasi yang paling sederhana, yaitu menggunakan serbuk arang sebagai penambahan unsur Karbon. Tujuan penelitian carburizing ini adalah untuk mengetahui perubahan sifat dari baja, baik sifat fisis maupun mekanis.

Material yang digunakan adalah baja karbon rendah (*mild steel*) < 0,3 % C. Proses karburisasi diawali dengan mencampur arang tempurung kelapa 80% dan NaCO₃ 20%, kemudian dimasukkan kedalam gerabah dengan posisi specimen di tengah. Dilanjutkan pemanasan didalam furnace pada temperature 980 °C dengan waktu tahan 2 jam kemudian didiamkan di dalam furnace sampai dingin, kemudian di uji kekerasannya dengan metode mikro vickers menggunakan alat *Micro Hardnes Teste* dan pengamatan struktur mikro menggunakan alat *Inverted Metallurgical Microscope*

Hasil pengujian kekerasan pada raw materials memiliki nilai kekerasan Vickers rata-rata sebesar 183.817 VHN. Sedangkan kekerasan rata-rata benda setelah mengalami proses carburizing dengan media arang tempurung kelapa sebesar 309.614 VHN. Jadi raw material setelah di carburizing mengalami peningkatan kekerasan yang cukup tinggi sebesar 68,43%

Kata kunci : Baja karbon rendah, *Pack Carburizing*, Arang tempurung kelapa

SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBON RENDAH DENGAN PERLAKUAN *CARBURIZING* ARANG TEMPURUNG KELAPA

Abstracts

Pack carburizing is the simple carburizing method, which it uses powder charcoal as addition of the carbon element. The purpose or carburizing research is to know the change of steel properties either physical or mechanical.

The material that used is low carbon steel (*mild steel*) < 0.3%C. The carburizing process begins with mixing from coconut steel charcoal of 80% and NaCO₃ of 20%, and then entered into the property with a specimen in the middle position. The continued, heating in the furnace with 980 C temperatures around two hours and then allowed to stand in the furnace until cold, the next in the test with Vickers method that uses micro hardness tested and observation of micro structure that uses inverted metallurgical microscope.

The result of the hardness testing on the raw material has Vickers hardness with 183.817 VHN. Meanwhile, the hardness of the average objects after carburizing process with coconut shell charcoal is 309.614 VHN. So, the raw material after carburizing has been increased with quite high until 68,43%.

Keyword : Pack Carburizing, Mild Steel, Coconut shell charcoal

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya perkembangan hidup manusia maka zaman pun ikut berkembang dengan pesat. Karena perkembangan manusia yang bertambah maju maka pada bidang teknologi pun ikut berkembang pesat dengan harapan segala kebutuhan manusia dapat terpenuhi dengan baik. Jika diperhatikan, segala kebutuhan manusia tidak lepas dari unsur logam. Karena hampir semua alat yang digunakan manusia terbuat dari unsur logam. Sehingga logam mempunyai peranan aktif dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi di zaman sekarang. Oleh karena itu timbul usaha – usaha manusia untuk memperbaiki sifat – sifat dari logam tersebut. Yaitu dengan merubah sifat mekanis dan sifat fisiknya. Adapun sifat mekanis dari logam antara lain : kekerasan, kekuatan, keuletan, kelelahan dan lain – lain. Sedangkan dari sifat fisis dari logam yaitu dimensi, konduktivitas listrik, struktur mikro, dan lain – lain. Karena banyaknya permintaan yang bermacam – macam maka diadakan pemilihan bahan. Pemilihan bahan tersebut dapat dipersempit sesuai dengan kegunaannya. Seperti misalnya pada baja.

Baja adalah material yang banyak digunakan dalam konstruksi mesin, karena memiliki sifat ulet mudah dibentuk, kuat maupun mampu keras. Selain itu baja dengan unsur utama Fe dan C bisa dipadukan dengan unsur lain seperti Cr, Mn, Ti dan sebagainya, untuk mendapatkan sifat mekanik seperti yang diinginkan. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan baja.

Proses penambahan karbon (carburizing) merupakan pengerasan permukaan pada baja karbon rendah, yang bertujuan untuk menambah kandungan karbon agar bisa ditingkatkan kekerasannya. Pack carburizing adalah salah satu metode yang digunakan untuk menambah kandungan karbon pada permukaan baja

dengan menggunakan media padat. Bahan dimasukkan dalam kotak tertutup dan ruangan diisi dengan arang . Prosesnya memakan waktu cukup lama dan banyak diterapkan untuk memperoleh lapisan yang tebal (Amstead :1995).

1.2 Tujuan

1. Mengetahui komposisi kimia yang ada pada spesimen uji .
2. Mengetahui sifat fisis baja sebelum dan setelah proses *carburizing*.
3. Mengetahui sifat mekanis baja sebelum dan setelah proses *carburizing*.

1.3 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian sifat fisis dan mekanis baja karbonisasi dengan bahan arang tempurung kelapa ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Bidang Akademik
 - a. Mengetahui kualitas dari baja karbon rendah setelah dilakukan proses *pack carburizing*.
 - b. Menambah wawasan tentang ilmu *metalurgi* sehingga menumbuhkan semangat untuk melakukan pengembangan khususnya rekayasa bahan.
2. Bidang Pengembangan Industri.
 - a. Memberikan pertimbangan teknis kepada dunia industri.
 - b. Memberikan petunjuk teknik cara pemilihan bahan yang baik.

1.4 Tinjauan Pustaka

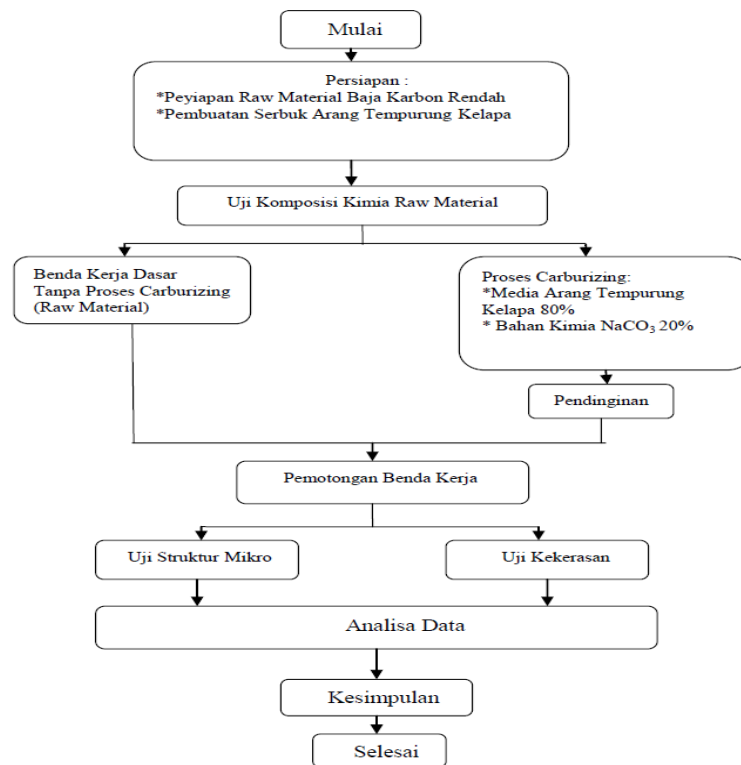
Arif Nugroho (2002) dengan penelitian “Pengaruh carburizing arang kayu jati dan arang cangkang kelapa dengan austempering pada mild steel (baja lunak) produk pengecoran terhadap sifat fisis dan mekanis” menyimpulkan bahwa setelah proses carburizing suhu 925 C.Hasil pengujian kekerasan pada spesimen arang kayu jati memiliki harga kekerasan yang paling tinggi bila dibandingkan spesimen arang tempurung kelapa dan raw material.

Deny Rianggoro (2002) dengan penelitian “Pengaruh carburizing pada mild steel (baja lunak) produk pengrecoran dengan menggunakan arang kayu jati dengan waktu tahan 3 jam, 4 jam, dan 7 jam dengan austempering terhadap sifat fisis dan mekanis” menyimpulkan bahwa setelah mengalami proses carburizing harga rata-rata kekerasan mengalami kenaikan dan pada pengujian kedalaman atau ketebalan difusi menunjukkan bahwa semakin lama waktu penahanan suhu carburizing (925°C), maka ketebalan difusi karbon akan semakin besar. Namun ketebalan difusi ini tidak sertamerta berbanding lurus dengan waktu penahanannya, melainkan akan sedikit melambat.

Bambang Kuswanto (2010) “Pengaruh perbedaan ukuran butir Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat terhadap peningkatan kekerasan permukaan material Baja ST 37 dengan proses Pack Carburizing”. Menyimpulkan bahwa tidak ditemukan pengaruh yang signifikan antara ukuran butir arang tempurung kelapa dengan kekerasan permukaan baja St 37 yang dihasilkan. Tetapi penggunaan butir arang tempurung kelapa dengan ukuran sebesar 0,15 mm, diperoleh harga kekerasan permukaan yang tertinggi dibandingkan lainnya

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2.1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

1. Bahan :

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

- a. Material dasar (*raw material*)
- b. Arang tempurung kelapa
- c. Natrium karbonat (NaCO_3)
- d. Tanah liat

2. Alat penelitian :

- a. Alat Pemanas (Furnace)
- b. Gerabah
- c. Alat potong : Gergaji mesin, *Electrical Discharger Machine* (EDM)

- d. Timbangan
- e. Alat ukur : Jangka sorong ,stopwatch
- f. Alat pembersih : Amplas, autosol

2.3. Alat Pengujian

1. Pengujian komposisi kimia

pengujian komposisi kimia dengan Alat *Optical Emission Spectrometer* (Standar ASTM E 415), Pengujian dilakukan dengan cara menembakkan gas argon terhadap permukaan *specimen* yang telah dihaluskan.

2. Pengujian struktur mikro

Pengambilan gambar struktur mikro baja dilakukan menggunakan alat *inverted metallurgical microscope* (Standar ASTM E 3). Alat ini dapat memperbesar gambarstruktur mikro material *specimen* sehingga dapat dilihat dengan jelas.

3. Pengujian kekerasan vickers

Alat uji kekerasan mikro menggunakan *micro hardness tester* dengan Metoda *micro Vickers* (Standar ASTM E 384). Pada metoda mikro vickers digunakan penekan intan berbentuk piramida yang diberi beban 25-1000 gf, dengan waktu penekanan 15 s. Nilai kekerasan VHN dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{VHN} = \frac{1854 \times P}{d^2}$$

Dimana: P = Beban penekan (gf)

d^2 = Rata-rata diagonal jejak (mm)

2.4. Lokasi Penelitian

Penelitian dan pengujian dilaksanakan di 2 tempat yang berbeda yaitu:

1. Laboratorium Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten sebagai tempat uji komposisi kimia.
2. Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada, Yogyakarta sebagai tempat penelitian dan uji struktur mikro serta uji kekerasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian komposisi kimia

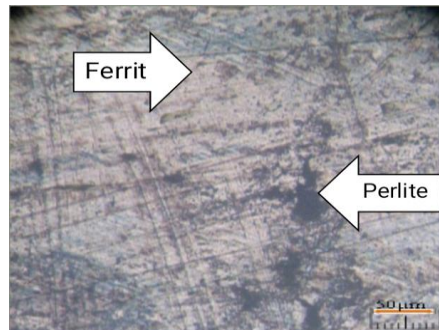
UNSUR	Komposisi	UNSUR	Komposisi
Fe	98.83	Mo	0.022
C	0.170	Cu	0.071
Si	0.235	Pb	0.0029
Mn	0.264	V	0.089
P	0.008	Ti	0.003
S	0.012	Nb	0.016
Ni	0.000	Al	0.026
Cr	0.040	W	0.000

Tabel 3.1. Uji Komposisi kimia spesimen dasar

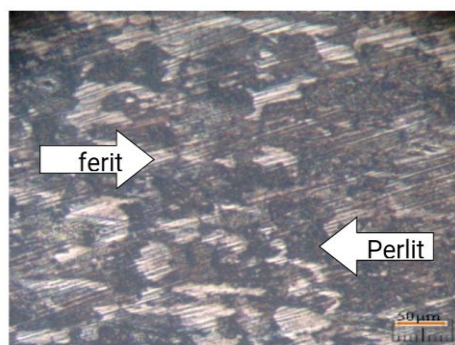
Pembahasan Pengujian Komposisi Kimia

Dari Hasil pengujian komposisi kimia raw material terlihat bahwa jumlah besi (Fe) adalah yg terbanyak dibandingkan unsur yang lain dan nilai *Carbon* (C) kurang dari 0,3% . Maka dapat disimpulkan bahwa raw material ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah.

3.2. Pengujian Struktur Mikro



Gambar 3.2.1. Struktur mikro material dasar baja karbon rendah



Gambar 3.2.2. Struktur mikro baja lunak setelah mengalami proses *pack*

Carburizing dengan waktu tahan 2 jam

Pembahasan Pengujian Struktur Mikro

Nampak pada pengujian struktur mikro pada *raw material* lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Kristal ferrit yang mempunyai sifat lunak lebih banyak mendominasi struktur baja. Sementara kristal perlit berada diantaranya dengan jumlah yang lebih sedikit. Perlit yang mempunyai sifat lebih keras dibandingkan ferrit menempati posisi yang tidak teratur. Maka dapat disimpulkan bahwa *raw material* ini memiliki nilai kekerasan yang cukup rendah. Pada spesimen *pack carburizing* dengan waktu

tahan 2 jam terdapat perlit lebih banyak daripada ferrit karena pada spesimen ini telah dilakukan proses penambahan karbon sehingga kekerasan baja bertambah tinggi.

3.3. Hasil Pengujian Kekerasan

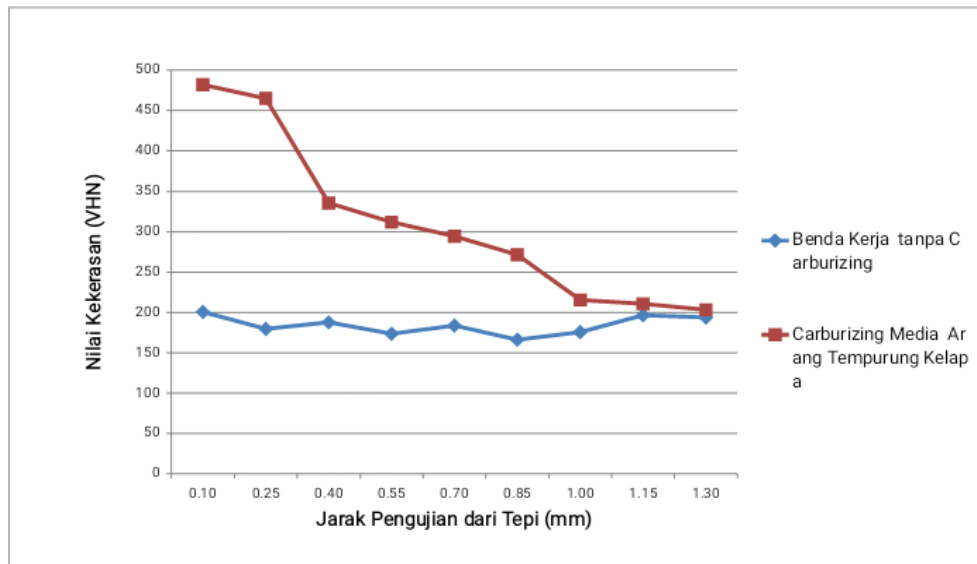
Kekerasan permukaan material di uji dengan menggunakan metode mikro *Vickers*. Pada uji mikro *Vickers* menggunakan 9 titik sampel, beban (P) sebesar 200 gf, jarak 150 μm dan waktu pembebanan 15 detik. Diperoleh nilai kekerasan sebagai berikut :

No	Jarak dari tepi	d1	d2	drata-rata	Kekerasan
	(mm)	(μm)	(μm)	(μm)	(VHN)
1	0.10	43.0	43.0	43.00	200.541
2	0.25	46.0	45.0	45.50	179.109
3	0.40	45.0	44.0	44.50	187.249
4	0.55	47.0	45.5	46.25	173.347
5	0.70	45.5	44.0	45.00	183.111
6	0.85	47.5	47.0	47.25	166.087
7	1.00	46.5	45.5	46.00	175.236
8	1.15	44.0	43.0	43.50	195.957
9	1.30	44.0	43.5	43.75	193.724

Tabel 3.3.1. Harga kekerasan spesimen *Raw Material*

No	Jarak dari tepi	d1	d2	drata-rata	Kekerasan
	(mm)	(μm)	(μm)	(μm)	(VHN)
1	0.10	27.5	28.0	27.75	481.512
2	0.25	28.5	28.0	28.25	464.623
3	0.40	33.0	33.5	33.25	335.394
4	0.55	34.5	34.5	34.50	311.532
5	0.70	35.5	35.5	35.50	294.225
6	0.85	37.0	37.0	37.00	270.854
7	1.00	41.5	41.5	41.50	215.293
8	1.15	42.0	42.0	42.00	210.203
9	1.30	42.5	43.0	43.00	202.894

Tabel 3.3.2. Harga Kekerasan spesimen pack carburizing 2 jam dengan arang Tempurung Kelapa



Grafik 3.3. Kekerasan pada spesimen *raw material* dan *pack carburizing* 2 jam.

Pembahasan Pengujian Kekerasan.

Dari hasil pengujian diatas dapat dilihat pada Grafik 4.3. Bahwa kekerasan benda pada titik pertama setelah mengalami proses *carburizing* dengan media arang tempurung kelapa dengan waktu 2 jam didalam suhu 980°C mengalami peningkatan yang cukup signifikan dibandingkan kekerasan pada raw material . Namun pada titik-titik berikutnya dari titik luar ke titik inti nilai kekerasan mengalami penurunan dan puncaknya pada titik 9 nilai kekerasan benda setelah di *carburizing* hampir mendekati dengan raw material akan tetapi benda yang di *carburizing* pada titik 9 masih lebih keras 4,733% dibanding raw material pada titik 9. Nilai kekerasan yang mengalami penurunan ini menunjukkan bahwa proses carburizing membuat raw material menjadi keras di permukaan tetapi tetap ulet di dalam.

Dan dapat dilihat pada tabel 4.3.1.bahwa hasil pengujian pada raw materials memiliki nilai rata-rata *Vickers* dari titik terluar sampai pada titik inti

yaitu sebesar 183.817 VHN. Sedangkan pada tabel 4.3.2.dapat dilihat bahwa hasil pengujian pada specimen yang sudah mengalami proses *carburizing* dengan media arang tempurung kelapa dengan waktu 2 jam didalam suhu 980°C pada titik pertama mengalami peningkatan kekerasan yang sangat tinggi dibandingkan raw material. Hasil dari tabel 4.3.2 memiliki nilai rata-rata sebesar 309.614 VHN.

Jadi setelah di rata-rata dapat diketahui bahwa nilai kekerasan baja setelah mengalami proses *carburizing* dengan media arang tempurung kelapa dengan waktu 2 jam didalam suhu 980°C mengalami peningkatan kekerasan sebesar 68,43%

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

1. Dari Hasil pengujian komposisi kimia *raw material* terlihat bahwa jumlah unsur besi (Fe) adalah yg terbanyak dibandingkan unsur yang lain dan nilai Carbon (C) kurang dari 0,30% . Maka dapat disimpulkan bahwa *raw material* ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah.
2. Pengujian struktur mikro *raw material* lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Sedangkan struktur mikro *pack carburizing* 2 jam dengan menggunakan media arang tempurung kelapa lebih banyak kristal perlit dibandingkan ferrit. Hal ini menunjukkan bahwa benda kerja baja mengalami peningkatan nilai kekerasan setelah mengalami proses *carburizing*.
3. Pengujian kekerasan benda pada titik pertama setelah mengalami proses *carburizing* dengan media arang tempurung kelapa dengan waktu 2 jam didalam suhu 980°C mengalami peningkatan yang cukup signifikan dibandingkan kekerasan pada raw material .

Namun pada titik-titik berikutnya dari titik luar ke titik inti nilai kekerasan mengalami penurunan dan puncaknya pada titik 9 nilai kekerasan benda setelah di *carburizing* hampir mendekati dengan nilai raw material akan tetapi benda yang di *carburizing* pada titik 9 masih lebih keras 4,733% dibanding raw material pada titik 9.

Nilai kekerasan yang mengalami penurunan ini menunjukkan bahwa proses carburizing membuat raw material menjadi keras di permukaan tetapi tetap ulet di dalam.

Setelah di rata-rata pengujian kekerasan pada raw materials memiliki nilai kekerasan *Vickers* rata-rata sebesar 183.817 VHN. Sedangkan kekerasan rata-rata benda setelah mengalami proses *carburizing* dengan media arang tempurung kelapa sebesar 309.614 VHN. Jadi benda kerja setelah di *carburizing* mengalami peningkatan kekerasan yang cukup tinggi sebesar 68,43%

4.2 SARAN

Setelah melakukan penelitian penulis memberikan saran yang bisa dijadikan pertimbangan, yaitu:

1. Dalam pemilihan bahan agar lebih diperhatikan dengan kondisi di pasaran sehingga bahan pengujian mudah untuk didapat.
2. Pada gerabah di lakukan visualisasi untuk memastikan tidak ada retakan yang akan membuat spesimen *pack carburizing* menjadi dekarburasi atau proses oksidasi yang berlebihan dengan udara luar.
3. Dalam melakukan persiapan untuk pengujian struktur mikro dan kekerasan sebaiknya benda uji benar-benar diperhatikan kerataannya dan kehalusannya agar tidak menjadi penghambat dalam melakukan pengujianya.
4. Diharapkan untuk keperluan mahasiswa teknik mesin UMS, lab. Teknik Mesin lebih dilengkapi fasilitasnya guna kemajuan pengetahuan mahasiswa dari segi praktikum.

PERSANTUNAN

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir berjudul “Sifat Fisis dan Mekanis Baja Karbon Rendah dengan Perlakuan *Carburizing* Arang Tempurung Kelapa”, dapat terselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D.**, Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. **Tri Widodo Besar Riyadi, ST., MSc., Ph.D.**, Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. **Ir. Supriyono, MT, Ph.D** , selaku pembimbing akademik dan tugas akhir yang banyak memberikan ilmu, waktu, dan dorongan serta arahan dalam proses bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
4. Prio, Eko Widodo ,dan Risqi Kharim selaku teman satu kelompok yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Teman-teman mahasiswa teknik mesin angkatan 2012.
6. Semua pihak yang telah membantu semoga Allah SWT membalas kebaikan kita semua.

DAFTAR PUSTAKA

Amstead, B.H., Ostwald, P.F., dan Begeman, M.L., 1995, Teknologi Mekanik, Jilid 1, Edisi Ketujuh, terj. Djaprie S., Erlangga, Jakarta.

DeGarmo, E. P., 1969, *Material and Processes in Manufacturing*, Mac Millan Company, New York.

Clark & Varney, 1962, *Physical Metallurgy for Engineers*

Budinski, Kennet G, 1999, *Engineering Material*

Niemann, G., 1994, *Elemen Mesin*, Jilid 1, Edisi ke-2, PT. Erlangga, Jakarta.

Iskandar, Muh Rudi., 2008, “Sifat Fisis dan Mekanik Baja Karbonisasi dengan Bahan Arang Kayu Jati”, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Rianggoro, D., 2002, “Pengaruh *Carburizing* pada *Mild Steel* (Baja Lunak) Produk Pengecoran Menggunakan Arang Kayu Jati dengan Waktu Tahan 3 Jam, 4 Jam, dan 7 Jam dengan Austempering Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis”, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Rofani, 2009, “pengaruh suhu *carburizing* menggunakan media arangbatok kelapa terhadap kekerasan dan ketahanan aus gigi baja AISI 40”.Tugas Akhir S-1, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.

Arif Nugroho (2002) “Pengaruh *carburizing* arang kayu jati dan arang cangkang kelapa dengan *austempering* pada *mild steel* (baja lunak) produk pengecoran terhadap sifat fisis dan mekanis”

Bambang Kuswanto (2010) “Pengaruh perbedaan ukuran butir Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat terhadap peningkatan kekerasan permukaan material Baja ST 37 dengan proses *Pack Carburizing*”

Mashuri, 2006, “Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa dan Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Karakteristik Campuran Beton”