

**STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBONASI
PADAT DENGAN ARANG KAYU WARU BERUKURAN 200
MESH DAN HASIL SHAKER MILL**



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

**Oleh :
DIDIK NOVI SAPUTRO
NIM : D200140120**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBONASI PADAT
DENGAN ARANG KAYU WARU BERUKURAN 200 MESH DAN HASIL
SHAKER MILL**

PUBLIKASI ILMIAH

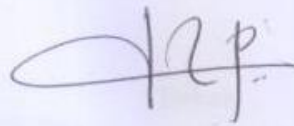
Oleh :

DIDIK NOVI SAPUTRO

D 200 140 120

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. H. Supriyono, M.T., Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBONASI PADAT
DENGAN ARANG KAYU WARU BERUKURAN 200 MESH DAN HASIL
SHAKER MILL**

OLEH

DIDIK NOVI SAPUTRO

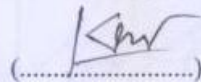
D 200 140 120

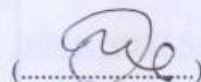
**Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 7 Nopember 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji :

1. **Ir. H. Supriyono, M.T., Ph.D**
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Ir. Masvrukan, M.T**
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **Joko Sedvono, ST ,Meng ,Ph.D**
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)


(.....)


(.....)

Dekan



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM

NIK/NIDN. 0630126302

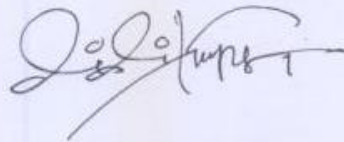
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu 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 di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 07 – November – 2019

Penulis



DIDIK NOVI SAPUTRO

D200140120

STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBONASI PADAT DENGAN ARANG KAYU WARU BERUKURAN 200 MESH DAN HASIL SHAKER MILL

Abstrak

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

Material yang digunakan adalah baja karbon rendah (mild steel) $< 0,3\%$ C. Variasi disini menggunakan arang kayu waru berukuran 200 mesh dan arang kayu waru hasil shaker mill. Proses karburisasi diawali dengan mencampur arang kayu waru 80% dan BaCO_3 20% kemudian dimasukkan ke dalam gerabah dengan posisi spesimen di tengah. Dilanjutkan pemanasan dalam oven pada temperature 900°C dengan waktu tahan 2 jam kemudian dikeluarkan dan didiamkan di udara terbuka selama ± 1 hari, kemudian diuji kekerasannya dengan metode mikro vikors menggunakan alat Micro Hardness Tester dan pengamatan struktur mikro menggunakan alat Inverted Metallurgical Microscope.

Kata kunci : baja karbon rendah, pack carburizing, arang kayu waru.

Abstract

Carburizing pack is the simplest carburizing method, which uses charcoal powder as an addition of Carbon. The purpose of this study is to determine changes in the properties of steel, both physical and mechanical properties.

The material used is low carbon steel (mild steel) $< 0.3\%$ C. Variations here are using 200 mesh waru wood charcoal and waru wood charcoal produced by shaker mill. The process of blurring begins with mixing 80% waru wood charcoal and 20% BaCO_3 then put into the pottery with the specimen position in the middle. Continued heating in the oven at a temperature of 900°C with a holding time of 2 hours then removed and left in the open air for ± 1 day, then tested its hardness by micro vikors method using a Micro Hardness Tester and observing the microstructure using the Inverted Metallurgical Microscope.

Key words : low carbon steel, carburizing pack, waru wood charcoal.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan sangat menuntut tersedianya suatu material yang memiliki kualitas tinggi. Salah satu material yang sangat berperan dalam dunia industri adalah material logam. Baja karbon rendah merupakan jenis logam yang banyak digunakan. Pemakaian logam *ferrous* baik baja maupun besi cor dengan

karakteristik dan sifat yang berbeda membutuhkan adanya suatu penanganan yang tepat sehingga implementasi dari penggunaan logam tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan yang ada. Penggunaan baja karbon rendah banyak digunakan karena baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi dan mudah dimesin namun kekerasannya rendah dan ketahanan ausnya rendah. Baja ini tidak dapat dikeraskan dengan cara konvensional karena kadar karbonnya yang rendah, sehingga perlu dilakukan proses *carburizing*. Proses *carburizing* sendiri didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan unsur karbon (C) pada permukaan baja. Proses *carburizing* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan sedang pada bagian dalam tetap ulet. Selain itu ada hal yang perlu diperhatikan sebelum memulai proses pengarbonan (*carburizing*), yaitu komposisi kimia khususnya

Perubahan unsur karbon (C) akan dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat mekanik baja tersebut. Proses karburasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu waktu penahanan atau lamanya proses karburasi, temperatur pemanasan, media karburasi dan lamanya proses pendinginan. Untuk media karburasi, penggunaan prosentase bahan karbon aktif dan bahan kimia yang berfungsi sebagai energizer akan menghasilkan kekerasan yang berbeda pada baja.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui pengaruh pengarbonan terhadap sifat fisis baja karbon rendah dengan perlakuan *carburizing* arang kayu waru.
- b. Untuk Mengetahui kedalaman kekerasan baja karbon rendah sebelum dan sesudah proses *carburizing* dengan media arang kayu waru.

1.3 Rumusan Masalah

Untuk mempermudah penelitian maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh proses *carburizing* dengan arang kayu waru berukuran 200 mesh dan arang hasil *shaker mill* terhadap baja karbon rendah.
- b. Bagaimana perbedaan hasil proses *carburizing* arang kayu ukuran 200 mesh dan hasil *shaker mill*.

1.4 Batasan Masalah

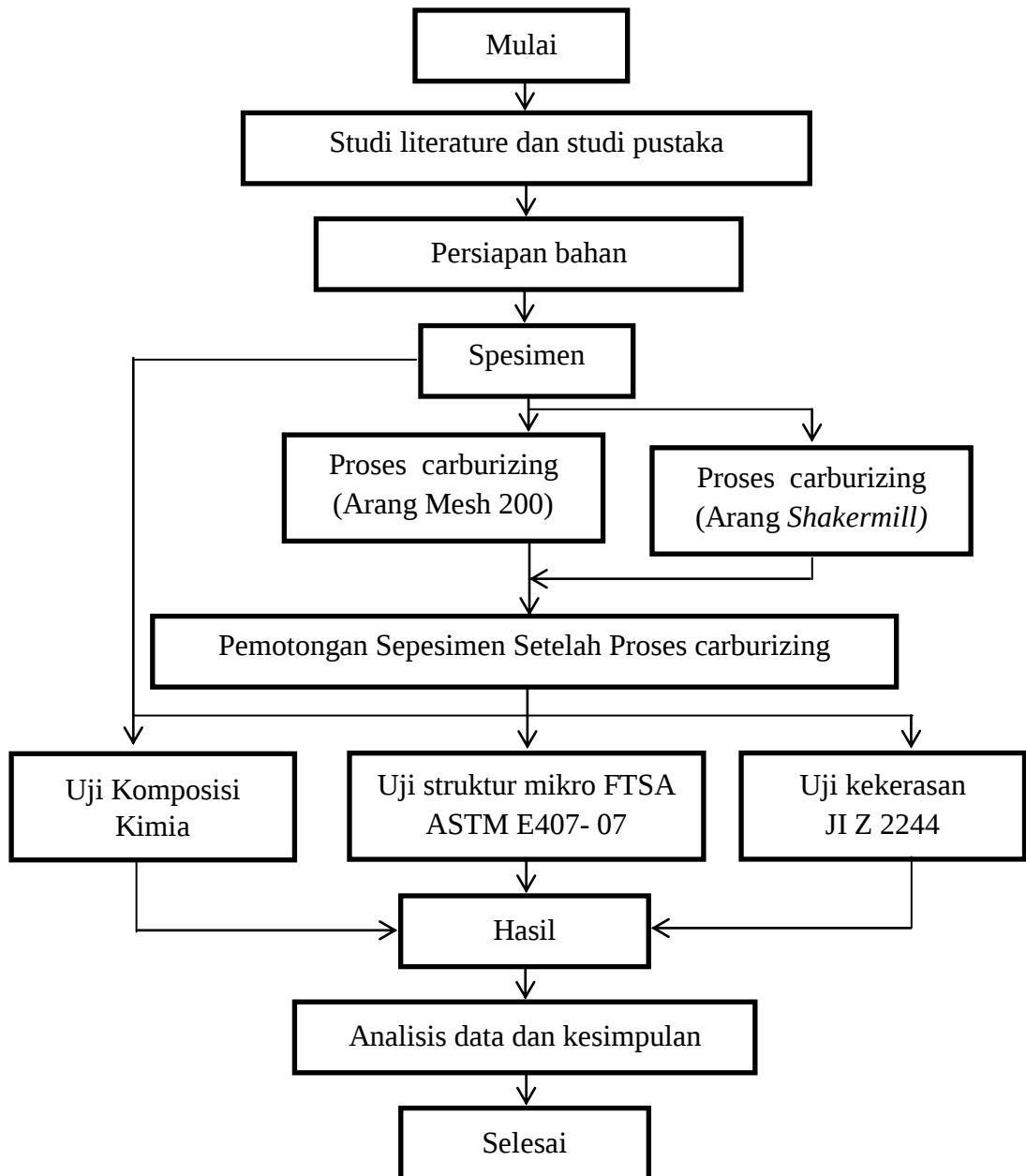
Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini berkonsentrasi pada:

- a. Arang yang dipakai terbuat dari arang kayu waru.
- b. Partikel karbon yang digunakan lolos ayakan 200 mesh.
- c. Ukuran bola baja yang digunakan adalah 1/4 inchi.
- d. Pembuatan partikel nano menggunakan alat *shaker mill*.
- e. Kecepatan putaran mesin pada *shaker mill* adalah 900 Rpm.
- f. Proses *Carburizing* selama 2 jam.
- g. Siklus tumbukan yang digunakan sebesar 3 juta siklus.
- h. Pengujian spesimen menggunakan uji Kekerasan Vickers (*Vickers Hardness testing*) dan uji struktur mikro

2. METODE

2.1 Diagram Alir

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan diagram alir dibawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Bahan

- a. Baja karbon rendah
- b. Arang kayu waru 200 mesh dan hasil shaker mill
- c. Barium Karbonat (BaCO_3)
- d. Autosol
- e. Resin dan katalis

2.2.2 Alat

- a. Gerinda
- b. Ayakan 200 Mesh
- c. Shaker mill
- d. Gerabah
- e. Timbangan
- f. Furnance

2.3 Cara Kerja

- a. Mencampurkan arang kayu waru dengan komposisi 7 gram dengan Barium Karbonat (BaCO_3) dengan komposisi 20%.
- b. Campuran arang kayu waru dan Barium karbonat (BaCO_3) dimasukkan ke dalam gerabah kira-kira sebanyak 20% dari volume gerabah.
- c. Specimen dimasukkan dalam gerabah dengan posisi di tengah bersama arang kayu waru yang sudah dicampur (BaCO_3).
- d. Setelah itu dimasukan 60% arang kayu waru yang sudah dicampur Barium Karbonat (BaCO_3).
- e. Semen tahan api digunakan untuk merekatkan tutup gerabah.
- f. Setting dapur pemanas (*furnace*) dengan suhu 900°C dan waktu tahan 2 jam.
- g. Setelah proses pack carburizing selesai gerabah dikeluarkan dari dapur pemanas .
- h. Dilakukan pendinginan di udara bebas dengan waktu ± 1 hari.
- i. Specimen hasil pack carburizing dikeluarkan dari gerabah lalu di bersihkan dari debu setelah itu dikeluarkan pengamplasan dengan nomor 100, 320, 600, 1000,8000.semakin besar amplas semakin halus.

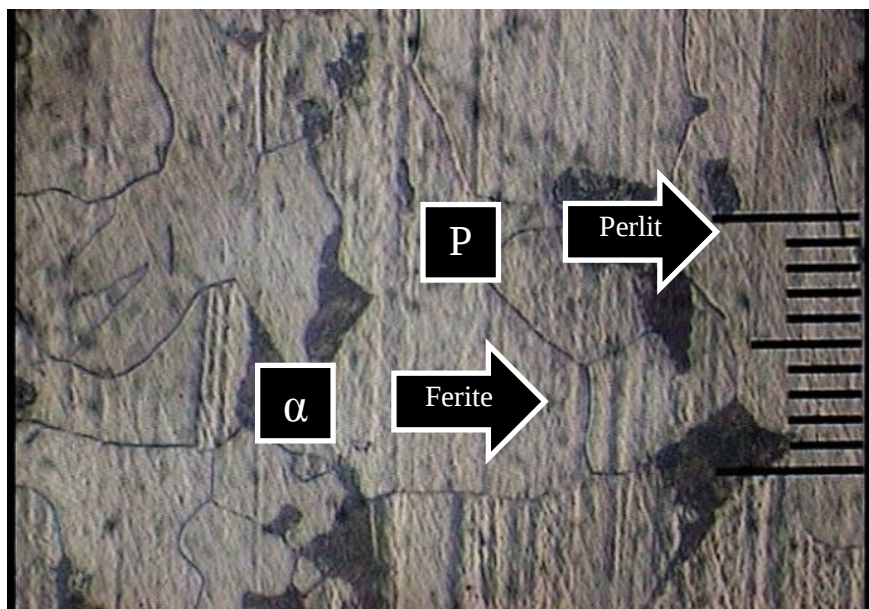
- j. Melakukan pengujian srtuktur mikro dan pengujian kekerasan data dari pengujian dijadikan hasil penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembahasan Pengujian Struktur Mikro

3.1.1 Pengujian Struktur Mikro Baja Karbon Rendah (Raw Material)

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh gambar struktur mikro baja karbon rendah (Raw Material), Terlihat dibawah ini:

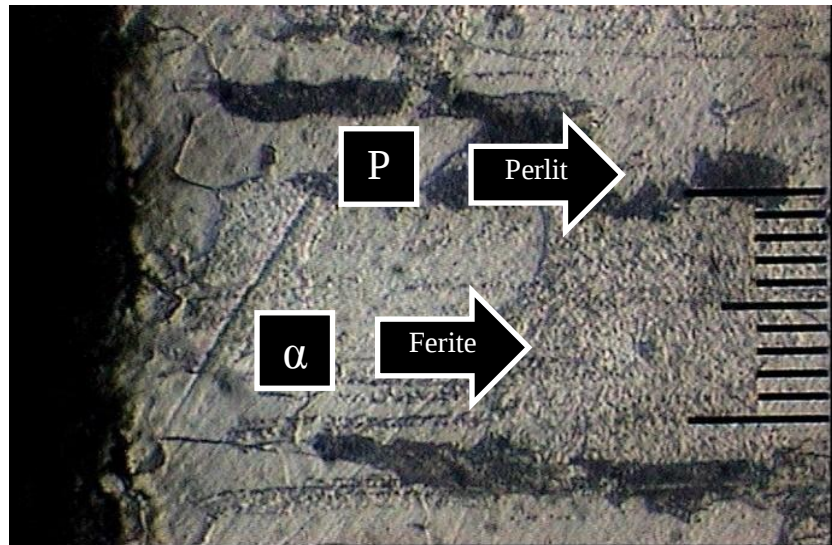


Gambar 2. Struktur mikro material dasar baja karbon rendah (*raw material*) dengan pembesaran 200x

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 dengan ferrit menempati pada posisi yang tidak teratur. Maka dapat disimpulkan bahwa raw material ini memiliki nilai kekerasan yang cukup rendah.

3.1.2 Pengujian Struktur Mikro Baja Karbon Dengan Arang 200 Mesh

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh gambar struktur mikro baja karbon dengan arang 200 mesh, Terlihat dibawah ini:

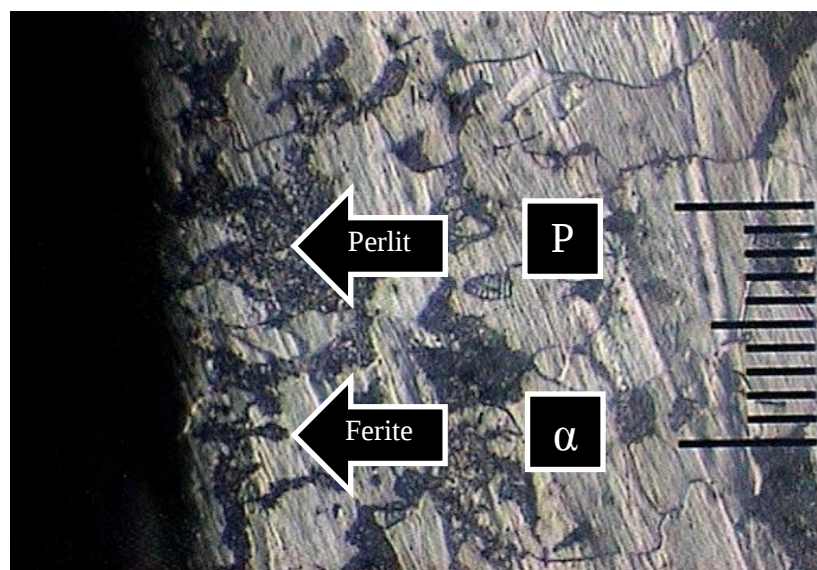


Gambar 3. Struktur mikro material dasar baja karbon rendah setelah proses *carburizing* waktu 2 jam dengan arang berukuran 200 mesh (pembesaran 200x)

Pada spesimen *pack carburizing* dengan waktu tahan 2 jam terdapat perlit lebih banyak daripada ferrit pada keseluruhan specimen karena telah dilakukan proses penambahan karbon 200 mesh menggunakan arang kayu waru.

3.1.3 Pengujian Struktur Mikro Baja Karbon Dengan Arang Hasil Shaker Mill

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh gambar struktur mikro baja karbon dengan arang hasil shaker mill, Terlihat dibawah ini:



Gambar 4. Struktur mikro material dasar baja karbon rendah setelah proses *carburizing* waktu 2 jam dengan arang hasil *shaker mill* (pembesaran 200x)

Dan untuk proses hasil shaker mill menunjukkan dimana kandungan ferrit lebih sedikit daripada perlit tetapi berbeda dengan pengujian 200 mesh karna pada pengujian ini menggunakan arang yang sudah di shaker mill. Hal tersebut terjadi karena ukuran partikel yang semakin kecil akan semakin mudah untuk *carburizing* baja tersebut.

3.2 Hasil Pengujian Kekerasan

Kekerasan permukaan material di uji dengan menggunakan menggunakan metode mikro *Vickers*. Pada uji mikro *Vickers* menggunakan 6 titik sampel, beban (P) sebesar 200 gf, jarak 150 μm dan waktu pembebanan 5 detik. Pengukuran ini dimulai dari sisi terluar dengan jarak 0,1 mm kemudian jarak titik 2 dan 3 sama jaraknya 0,1 mm kemudian untuk jarak 4 sampai 6 berjarak 1mm. Hasil kekerasan pada *normalizing* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Harga kekerasan specimen *raw material*

No	Jarak dari Tepi (mm)	D1 (μm)	D2 (μm)	Drata-rata (μm)	Kekerasan (VHN)
1	0,1	48	48	48	161
2	0,2	49	48	48,5	158
3	0,4	49	49	49	154
4	1,0	58	59	58,5	108
5	2,0	57	61	59	107
6	3,0	54	64	59	107

Hasil pengukuran pada tabel menunjukkan harga kekerasan *raw material*, terlihat adanya kenaikan dan penurunan pada setiap titik pengukuran. Hal ini terjadi karena beberapa faktor penyebab yang mungkin terjadi, diantaranya adalah pada saat pengujian titik-titik yang diambil tidak seluruhnya pada permukaan kristal ferrit. Misalnya pada titik ke-1, kemungkinan titik tersebut berada pada campuran kristal ferrit dan perlit, sedangkan pada titik ke-2 berada pada kristal ferrit dan titik ke-3 berada pada kristal perlit. Sehingga pada titik ke-1 harga kekerasannya sedang, pada titik ke-2 harga kekerasannya tinggi dan pada titik ke-3 kekerasannya rendah.

Tabel 2. Harga kekerasan specimen arang berukuran 200 mesh

No	Jarak dari Tepi (mm)	D1 (μm)	D2 (μm)	Drata-rata (μm)	Kekerasan (VHN)
1	0,1	45	45	45	183
2	0,2	45	45	45	183
3	0,4	49	49	49	154
4	1,0	56	56	56	118
5	2,0	56	56	56	118
6	3,0	56	56	56	118

Specimen ini mengalami *pack carburizing* selama 2 jam, dengan pendinginan secara menerus di udara. Pengujian kekerasan dengan metoda *micro Vickers* dilakukan dari tepi kearah bagian dalam material, karena atom karbon masuk dari bagian sisi terluar masuk kedalam struktur baja. Hasil dari pengujian material sesudah *pack carburizing* selama 2 jam ini dapat dilihat pada tabel. Dari tabel tersebut yang digambarkan terlihat adanya penurunan harga kekerasan, mulai dari titik ke-1 (satu) dengan harga kekerasan yang tinggi (183 VHN) dan kemudian berangsur-angsur menurun hingga titik ke-6 (118 VHN). Hal ini menunjukkan bahwa penurunan harga kekerasan adalah akibat atom karbon yang masuk kedalam struktur baja hanya sampai beberapa mikron saja (tepi material), selain itu pendinginan di udara pada *specimen* ini juga mempengaruhi harga kekerasan material tersebut, sehingga semakin kedalam material harga kekerasannya semakin menurun.

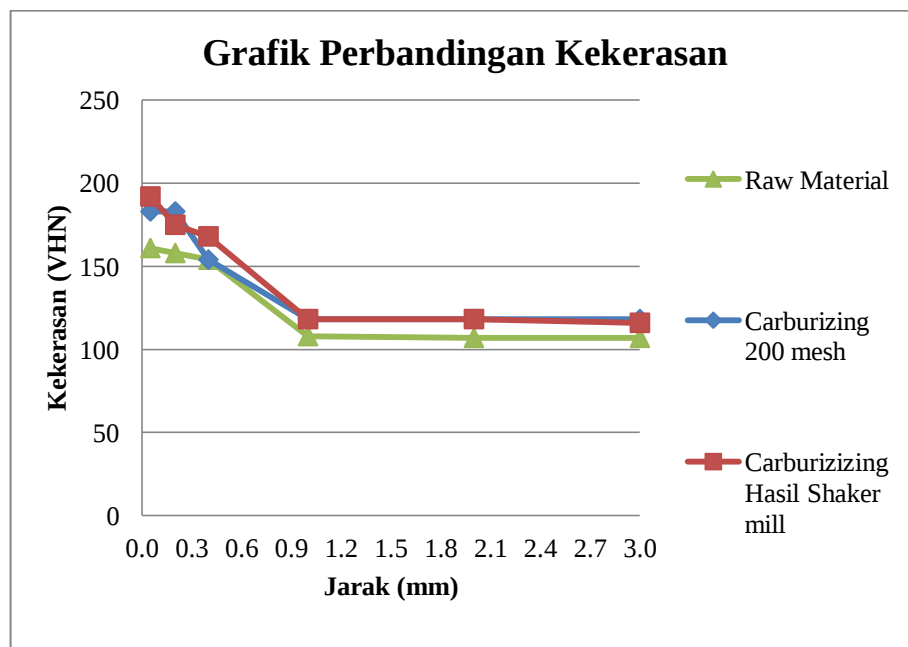
Tabel 3. Harga kekerasan *specimen* arang hasil shaker mill

No	Jarak dari Tepi (mm)	D1 (μm)	D2 (μm)	Drata-rata (μm)	Kekerasan (VHN)
1	0,1	44	44	44	192
2	0,2	46	46	46	175
3	0,4	47	47	47	168
4	1,0	56	56	56	118
5	2,0	56	56	56	118
6	3,0	57	56	56,5	116

Hasil dari pengujian material sesudah *pack carburizing* selama 2 jam ini dapat dilihat pada tabel. Dari tabel tersebut dapat dilihat penurunan harga kekerasan seperti pada hasil dari pengujian material *pack carburizing* selama 2 jam dengan

arang berukuran 200mesh, pada *specimen pack carburizing* 2 jam harga kekerasan pada bagian tepi (titik ke-1 = 192 VHN),turun (titik ke-2 = 175 VHN),turun (titik ke-3 = 168), lalu turun (titik ke-4 = 118) .

Dari tabel nilai kekerasan baja karbon rendah (raw material), arang kayu waru 200 mesh dan arang kayu waru hasil shaker mill maka diperoleh grafik pada gambar dibawah ini :



Gambar 5. perbandingan kekerasan antara baja karbon rendah (raw material), arang 200 mesh dan arang hasil shakermill

Dari tabel tersebut dapat diperoleh grafik perbandingan harga kekerasan antara harga kekerasan material dasar (raw material), material hasil *pack carburizing* 200 mesh dan *specimen pack carburizing* hasil shaker mill. Garis yang terbentuk pada gambar (garis merah dan garis biru) mempunyai kecenderungan dari atas ke bawah, atau dari harga kekerasan tinggi menuju ke kekerasan lebih rendah. Hasil ini berbeda dengan hasil yang diperoleh pada material dasar (garis hijau). Perbedaan ini disebabkan oleh masuknya atom karbon kedalam struktur baja. Atom karbon yang masuk dari tepi terluar ke bagian dalam akan diikuti oleh atom-atom karbon yang lain. Peristiwa ini berlangsung terus menerus selama proses *pack carburizing* sampai pada waktu *carburizing* dihentikan dan atom karbon terdepan akan berhenti. Kondisi ini akan berakibat lebih banyak atom

karbon yang berada dibagian tepi dari pada dibagian dalam struktur baja. Pada *specimen pack carburizing* ukuran 200 mesh terlihat mulai terjadi penurunan harga kekerasan secara signifikan di titik ke-4, sedangkan *specimen pack carburizing* hasil shaker mill di titik ke-4 sama mengalami penurunan, penurunan harga kekerasan ini disebabkan karena pengaruh difusi karbon yang masuk kedalam material setelah dilakukan proses *pack carburizing*. Pendinginan secara menerus di udara juga mempengaruhi kekerasan pada material.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Dari hasil pengujian komposisi *raw material* termasuk golongan baja karbon rendah ($<0,30\%C$). Baja tersebut memiliki kadar karbon (C) sebesar 0,162%. 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 pada *specimen pack carburizing* dengan waktu 2 jam menggunakan arang hasil *Shaker Mill* terdapat perlit lebih banyak dari pada *pack carburizing* arang 200 mesh. Hal ini disebabkan karena arang hasil *Shaker Mill* lebih kecil dari pada arang 200 mesh.
- b. Pengujian kekerasan pada *raw material* memiliki nilai kekerasan *Vickers* sebesar 164 VHN. *carburizing* 200 mesh dengan waktu 2 jam pada titik pertama mengalami kenaikan dengan nilai 183 VHN. Spesimen *carburizing shaker mill* dengan waktu 2 jam mengalami kenaikan dengan nilai kekerasan 192 VHN.

4.2 Saran

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

- a. Dari penelitian ini hasil carburizing baja karbon rendah yang belum sesuai dengan harapan yaitu distribusi karbon dari arang kayu waru belum menyeluruh dikarenakan kekurangan jumlah Barium Karbonat.
- b. Waktu penahanan saat proses *pack carburizing* sebaiknya divariasikan lebih lama agar mendapatkan hasil karbon yang lebih maksimal. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk dapat menghasilkan proses pack carburizing yang lebih baik.
- c. Melakukan persiapan yang matang dalam penelitian agar peneliti dapat mendapatkan hasil yang maksimal.

PERSANTUNAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu dan tanpa halangan berarti yakni dengan judul “Studi Sifat Fisis dan Mekanis Baja Karbonasi Padat dengan Arang Kayu Waru Berukuran 200 Mesh dan Hasil Shaker Mill”.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir penulis sadar bahwa banyak hambatan dan kesulitan yang dialami. Bantuan semangat dan dorongan serta bantuan baik materil maupun non materil tidak lepas dari jasa berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

- 1) Allah S.W.T yang senantiasa melimpahkan rahmat, nikmat, karunia dan kasih sayangNya.
- 2) Ibu dan Bapak atas segala perhatian, doa, dan dukungan baik moral maupun material yang telah diberikan.
- 3) Bapak Ir. Sri Sunarjono MT. Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 4) Bapak Ir. Subroto, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 5) Bapak Ir. Supriyono, MT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu, arahan dan bimbingan sehingga tugas akhir dan laporan ini

dapat terselesaikan.

- 6) Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang memberikan bekal ilmu kepada penulis selama menjalani studi.
- 7) Teman angkatan 2014 yang sudah banyak membantu dan mendukung dalam perkuliahan selama di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 8) Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitri dkk, 2013, Komposisi kimia, Struktur Mikro, Holding Time dan Sifat Ketangguhan Baja karbon Medium pada suhu 780⁰ C., Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Bahtiar dkk, 2017, Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja Komersial yang Mendapatkan Proses Pack Carburizing dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit.
- Nugroho, A., 2008, Pengaruh *carburizing* arang kayu jati dan arang cangkang kelapa dengan *austempering* pada *mild steel* (baja lunak) produk pengecoran terhadap sifat fisis dan mekanis, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Setyono Y, 2012, “Sifat fisis dan mekanis baja carburizing arang kayu sengon” Tugas Akhir, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rianggoro, D., 2008, 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.
- Yohrizal Hary Y, 2005, Dengan penelitian analisa pengerasan permukaan baja karbon rendah dengan metode carburizing dengan waktu tahan 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Dihasilkan nilai keausan dan kekerasan mengalami kenaikan.
- Amstead, B.H, Ostwald, P.F., dan Begemen, M.L., 1995, *Teknologi Mekanik*, Jilid 1, Edisi Ketujuh, terj. Djaprie S., Erlangga, Jakarta.

- Widiyanto,E., 2002, Penerapan Teknologi Tepat Guna Pelaratan dan Proses Pack Carburizing Untuk Peningkatan Kualitas Produk Alat-alat Pertanian, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Vlack, L. H. V., 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi Kelima, ter. Djaprie S., Erlangga, *Jakarta*.
- Akay, S.K., Yazici, M., Avinic , A., 2008.*The Effect of Heat Treatment on Phisical Properties of Low Carbon Stell*, Proceeding of Romanian Academy Series A, Vol 10.