

**STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS CARBURIZING PADAT
DENGAN ARANG TEMPURUNG KELAPA BERUKURAN
MESH 200 DAN HASIL SHAKER MILL**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh:
NESYA DERA
NIM : D200140175**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS CARBURIZING PADAT DENGAN
ARANG TEMPURUNG KELAPA
BERUKURAN MESH 200 DAN HASIL SHAKER MILL**

PUBLIKASI ILMIAH

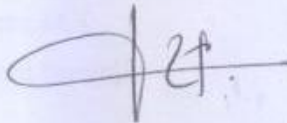
Oleh :

NESYA DERA

NIM : D200140175

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing



(Dr. Suprivono)

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS CARBURIZING PADAT DENGAN
ARANG TEMPURUNG KELAPA**

BERUKURAN MESH 200 DAN HASIL SHAKER MILL

Oleh :

NESYA DERA

NIM : D200140175

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari kamis, 14 november 2019

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Dr. Supriyono
(Ketua Dewan Penguji)
2. Patna Partono, S.T, M.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Agus Hariyanto, M.T
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



Dekan Fakultas Teknik

(Ir. Sri Sunarjono M.T., Ph.D)

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 serta tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas maka saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 21 November 2019

Penulis



NESYA DERA

NIM : D200140175

STUDI SIFAT FISIS DAN MEKANIS CARBURIZING PADAT DENGAN ARANG TEMPURUNG KELAPA BERUKURAN MESH 200 DAN HASIL SHAKER MILL

Abstrak

Proses pengarbonan (*carburizing*) merupakan proses *thermo-chemical* yang dilakukan dengan cara memanaskan spesimen pada suhu austenitnya dalam ruang yang mengandung karbon. Pengarbonan ini bertujuan untuk menaikkan kadar karbon pada lapisan permukaan baja sehingga diperoleh baja yang memiliki permukaan keras. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan untuk carburizing adalah baja karbon rendah, arang tempurung kelapa yang diayak mesh 200 dan arang tempurung kelapa yang sudah di nanopartikel. Alat yang digunakan untuk pembuatan nanopartikel adalah modifikasi shaker mills dengan kecepatan motor 900 Rpm, selama 3 juta siklus dengan ukuran penumbuk bola baja yaitu berukuran 5/32 inchi. Dari pengujian ini selanjutnya baja karbon di campurkan dengan arang tempurung kelapa nanopartikel kemudian di masukan ke dalam furnace untuk proses carburizing pada material dengan suhu 900° C dengan *holding time* 2 jam. Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui kumpulan fasa-fasa yang dimiliki baja karbon setelah proses carburizing. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui kekerasan material tersebut.

Kata kunci : *carburizing*, fotomikro dan kekerasan vikers.

Abstract

The carbonizing process (*carburizing*) is a thermochemical process carried out by heating the specimen at its austenitic temperature in a chamber containing carbon. This carbonization aims to increase the carbon content in the surface layer of steel so that the steel has a hard surface. In this research, the materials used for carburizing are low carbon steel, 200 mesh sifted coconut shell charcoal and nanoparticles which have been shelled. The tool used for making nanoparticles is a modification of the shaker mills with a motor speed of 900 Rpm, for 3 million cycles with the size of a steel ball pounder that is 5/32 inches in size. From this test the carbon steel is then mixed with nanoparticle coconut shell charcoal then put into the furnace for carburizing the material with a temperature of 900 ° C with a holding time of 2 hours. Microstructure testing aims to determine the collection of phases owned by carbon steel after the carburizing process. Hardness testing aims to determine the hardness of the material.

Keywords: *carburizing*, micro photo and vickers hardness.

1. PENDAHULUAN

Baja adalah material yang banyak digunakan dalam kontruksi mesin karena memiliki sifat ulet medah dibentuk, kuat maupun keras. Selain itu baja dengan

unsur utama Fe dan C bisa dipadukan dengan unsur lain seperti Cr, Mn, Ti, dan sebagainya, untuk mendapatkan sifat sifat mekanis 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.

Arang tempurung kelapa juga termasuk bahan utama pembuatan karbon aktif. Karbon aktif adalah suatu material yang memiliki pori pori karbon sangat banyak, berfungsi untuk menyerap apa saja yang dilaluinya dan memiliki luas permukaan yang sangat besar. Karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa dan mempunyai daya serap besar.

Karbon aktif mengalami perlakuan khusus berupa proses aktivasi baik secara fisika maupun secara kimia. Aktivasi tersebut menyebabkan pori-pori yang terdapat pada struktur molekulnya terbuka lebar sehingga daya serapnya akan semakin besar untuk menyerap bahan yang berfase cair maupun berfase gas.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Bahan

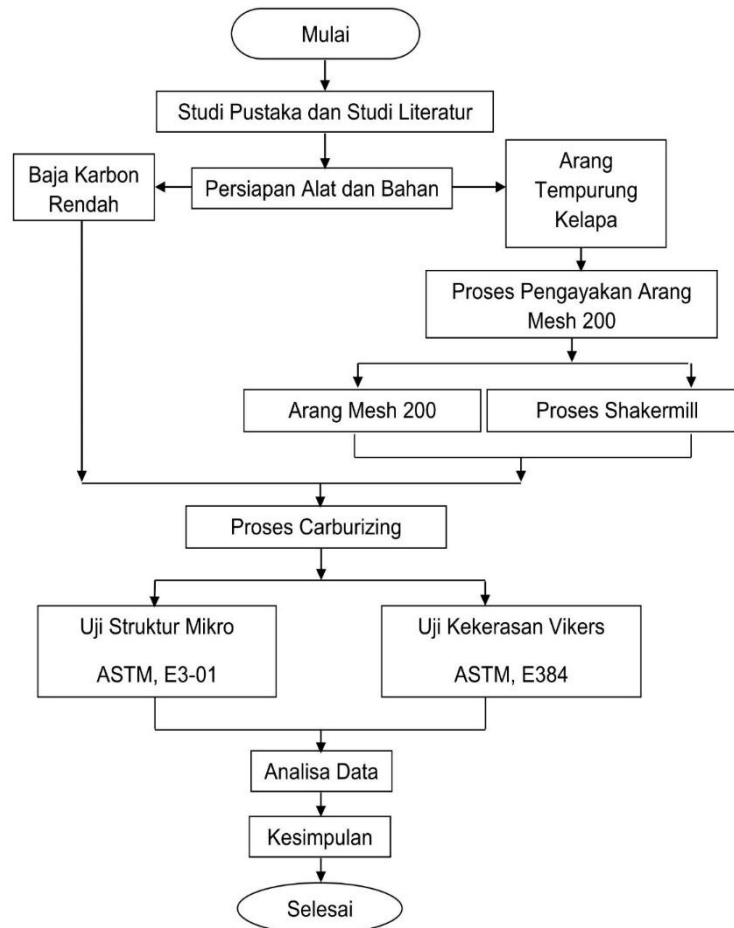
- a. Arang tempurung kelapa
- b. Bola Baja 5/32 inchi
- c. Baja karbon

2.1.2 Alat

- | | |
|-----------------------|------------|
| a. Penumbuk | g. Furnace |
| b. Ayakan | h. Resin |
| c. <i>Shaker mill</i> | i. Gerinda |
| d. Tabung uji | j. Amplas |
| e. Botol plastik | k. Autosol |
| f. Cawan | |

2.2 Diagram Alir

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan diagram alir di bawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.3 Proses Pembuatan Bahan Uji

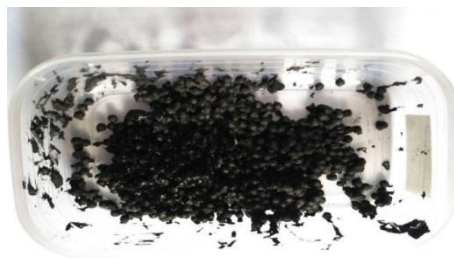
Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah arang tempurung kelapa. Proses pembuatan arang tempurung kelapa menggunakan cara tradisional sama seperti membuat arang kayu. Dalam pembuatan arang kali ini menggunakan drum atau tabung. Tempurung kelapa yang akan dibuat arang dimasukkan kedalam tabung lalu dibakar. Tabung harus ditutup dan hanya diberi sedikit lubang agar tempurung kelapa yang terbakar tidak hangus dan menjadi arang. Arang tempurung kelapa kemudian ditumbuk manual dan diayak dengan ukuran *mesh* 200.



Gambar 2. Arang Tempurung Kelapa

Alat yang digunakan untuk menumbuk adalah bola baja berdiameter 5/32 inchi yang kemudian dimasukkan kedalam tabung uji. Serbuk dan bola baja dimasukkan ke dalam tabung yang terpasang di alat *shaker mill* dengan takaran 1/3 bola baja, 1/3 serbuk arang tempurung kelapa dan 1/3 udara. Tabung yang sudah berisi bola baja dan serbuk arang tempurung kelapa di pasang pada *shaker mill*. Prinsip kerja *shaker mill* seperti ayunan sehingga membuat bola baja yang ada di dalam tabung saling bertumbukan dengan kecepatan motor sesuai yang diinginkan yaitu 900 rpm selama 3 juta siklus.

Potong baja karbon dengan ukuran 2 cm, masukan baja pada alat mangkok dan timbun dengan arang tempurung kelapa sampai baja karbon tertutup lalu masukan kedalam alat furnice dengan suhu 900°C dan pendinginan dengan waktu 1hari didalam alat furnice.



Gambar 3. Hasil Arang Tempurung Kelapa Setelah di *Shaker Mill*

2.4 Teknik Analisa

2.4.1 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur spesimen dengan arang tempurung kelapa mesh 200 dan arang tempurung kelapa dengan shaker mill. Pengamatan dilakukan dengan uji struktur yang menggunakan standart 100 kali pembesaran. Dari pengujian ini dapat diketahui struktur mikro masing-masing spesimen.



Gambar 4. Alat Uji Struktur Mikro.

2.4.2 Pengamatan Kekerasan Vickers

Pengamatan kekerasan vickers dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan baja karbon yang diperoleh setelah mengalami proses carburizing. Pengamatan dilakukan dengan uji kekerasan vickers dengan pembebanan 2.942N. Dari hasil pengujian dapat diperoleh tingkat kekerasan masing-masing spesimen.



Gambar 5. Alat Uji Kekerasan Vickers

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah

Dari pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa baja yang digunakan tergolong baja karbon rendah karena unsur karbon baja kurang dari 0.3%. Komposisi kimia yang terkandung dalam baja karbon tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1. Komposisi kimia baja karbon rendah.

Unsur	Komposisi	Unsur	Komposisi
Fe	97,3	Al	0,0428
C	0,0177	Co	0,0794
Si	0,637	Cu	0,310
Mn	0,322	Nb	0,0498
P	0,101	Ti	0,0165
S	0,0050	V	0,0282
Cr	0,581	W	0,153
Mo	0,0658	Pb	0,0148
Ni	0,217		

3.1.1 Pembahasan Pengujian Komposisi Kimia

Dari hasil pengujian komposisi kimia *raw material* termasuk golongan baja karbon rendah ($<0,3\%$) dengan penyusun utama Besi (Fe) sebesar 97,3% berpengaruh pada kekuatan dan kekerasan. Karbon (C) 0,0177 % Menambah kekerasan Baja. Sehingga *raw material* ini termasuk dalam baja paduan rendah.

3.2 Pembahasan Pengujian Struktur Mikro

3.2.1 Pengujian Struktur Mikro Raw Material

Dari pengujian dengan menggunakan *Olympus Metallurgical Microscopes* diperoleh gambar struktur mikro Raw Material, terlihat dibawah ini :

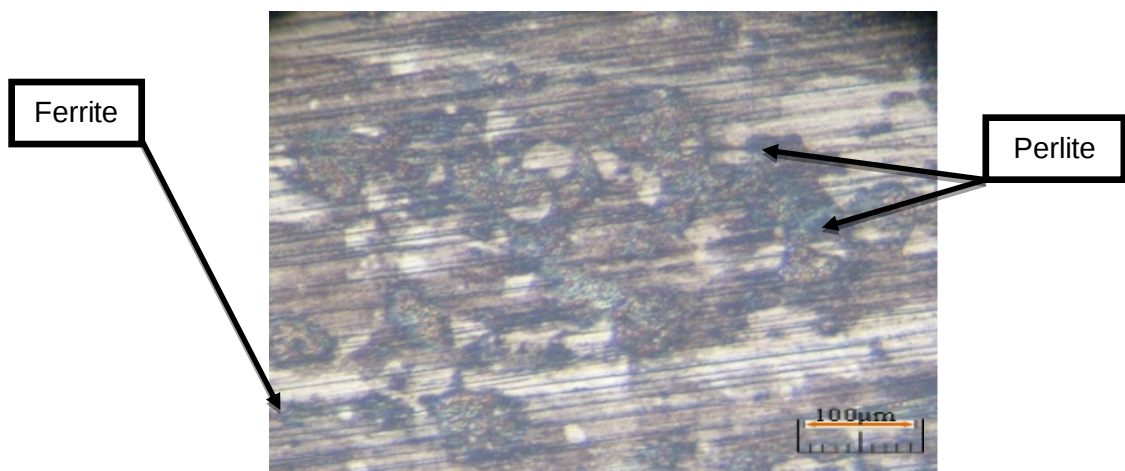


Gambar 6. Struktur Mikro Raw Material

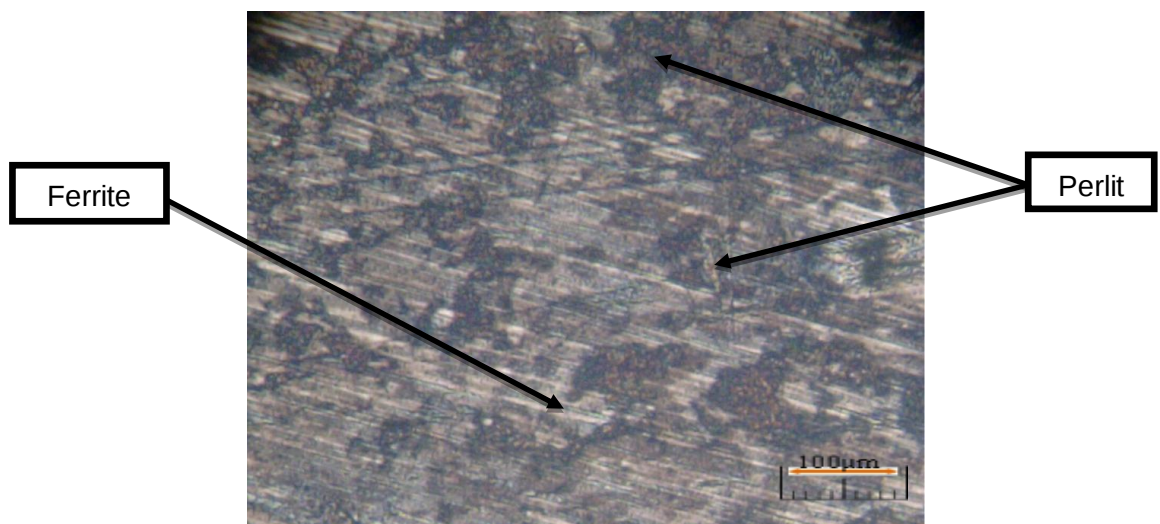
Nampak pada pengujian struktur mikro *raw material* lebih banyak kristal ferrite dibandingkan kristal perlite. Kristal ferrite yang mempunyai sifat lunak lebih banyak mendominasi struktur baja. Sementara kristal perlite berada diantara dengan jumlah yang lebih sedikit. Perlite yang mempunyai sifat lebih keras dibandingkan ferrit menempati posisi yang tidak teratur.

3.2.2 Pengujian Struktur Mikro Baja Karbon Mesh 200

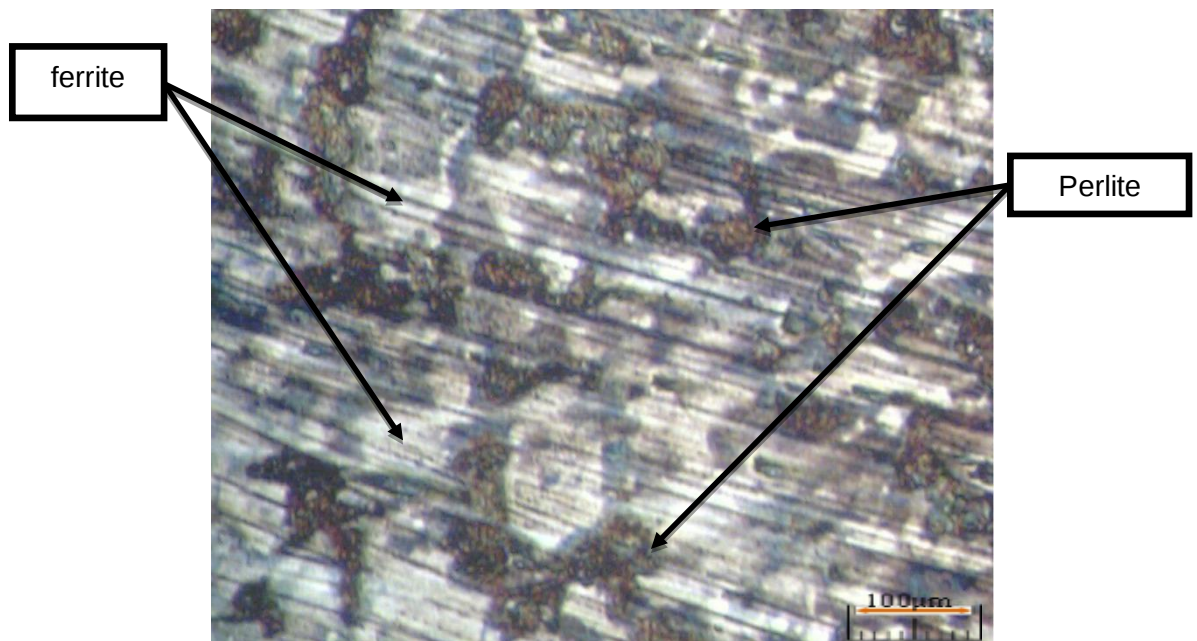
Dari pengujian dengan menggunakan *Olympus Metallurgical Microscopes* diperoleh gambar struktur mikro *Mesh 200*, terlihat dibawah ini :



Gambar 7. Struktur mikro baja karbon setelah di carburizing dengan pembesaran 100x pada bagian tepi hasil dari proses *Mesh 200*.



Gambar 8. Struktur mikro baja karbon setelah di carburizing dengan pembesaran 100x pada bagian transisi hasil dari proses *Mesh 200*.

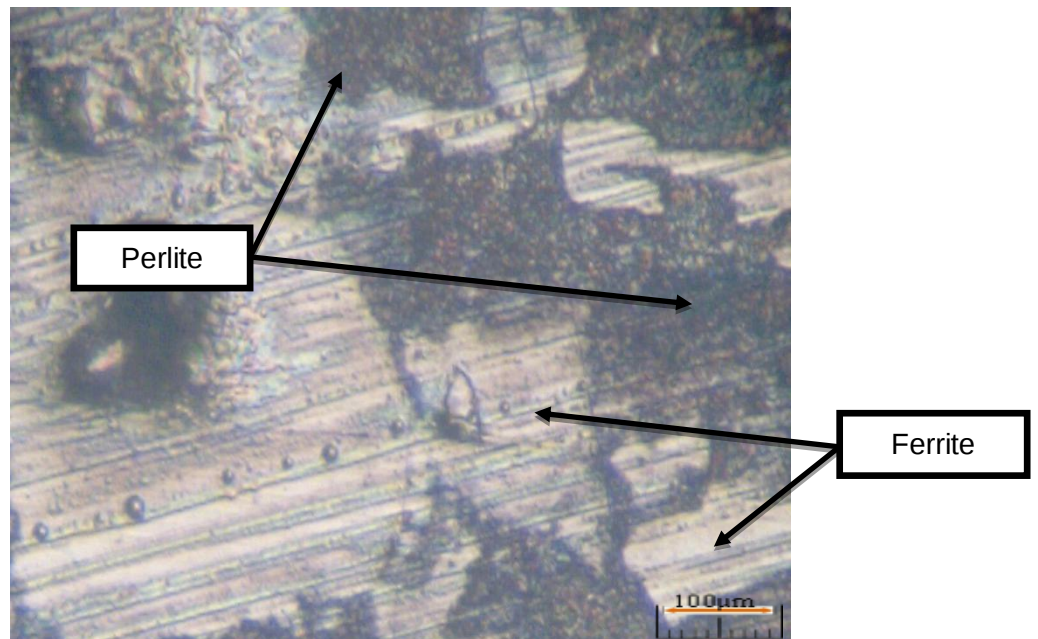


Gambar 9. Struktur mikro baja karbon setelah di carburizing dengan pembesaran 100x pada bagian tengah hasil dari proses *Mesh* 200.

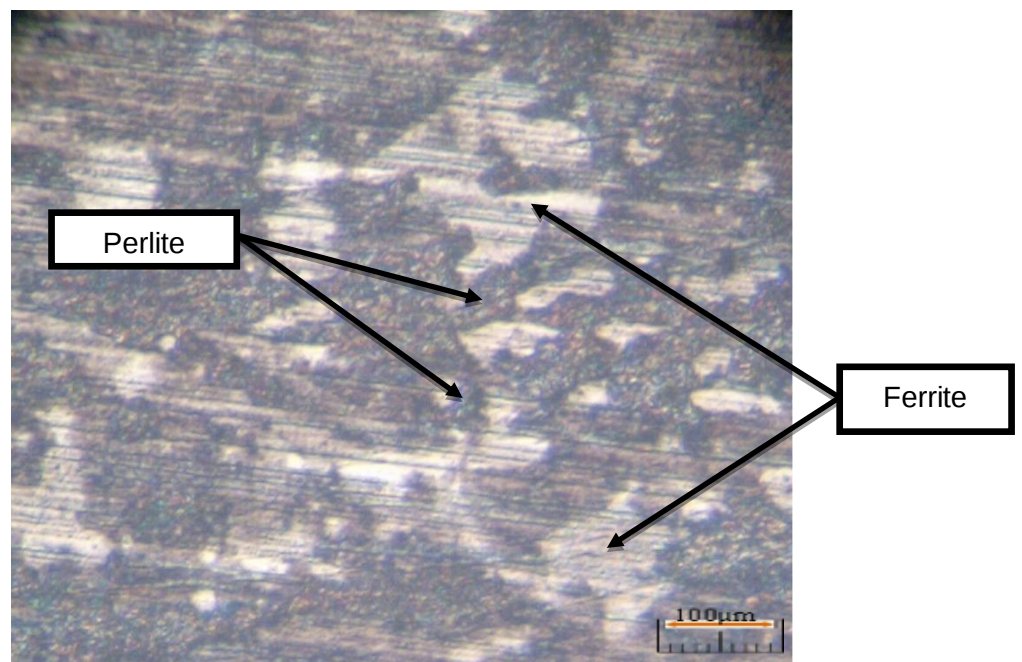
Dari pengujian struktur mikro pada baja karbon rendah setelah dilakukan proses carburizing dengan arang tempurung kelapa *Mesh* 200 dapat diketahui fasa apa saja yang terjadi pada baja karbon, yaitu : pada gambar 7 struktur mikro baja karbon bagian tepi terdapat ferrite dan perlite, ferrite ditunjukkan dengan warna cerah sedangkan perlite ditunjukkan gambar yang berwarna gelap. Pada gambar 8 struktur mikro baja karbon bagian transisi tidak jauh berbeda dengan bagian tepi yang mempunyai fasa perlite dan juga ferrite. Pada gambar 9 struktur mikro baja karbon bagian tengah terdapat struktur perlite dengan tingkat kerapatannya, namun terdapat struktur ferrite yang semakin berkurang.

3.2.3 Pengujian Struktur Mikro Dengan Proses Shaker Mill

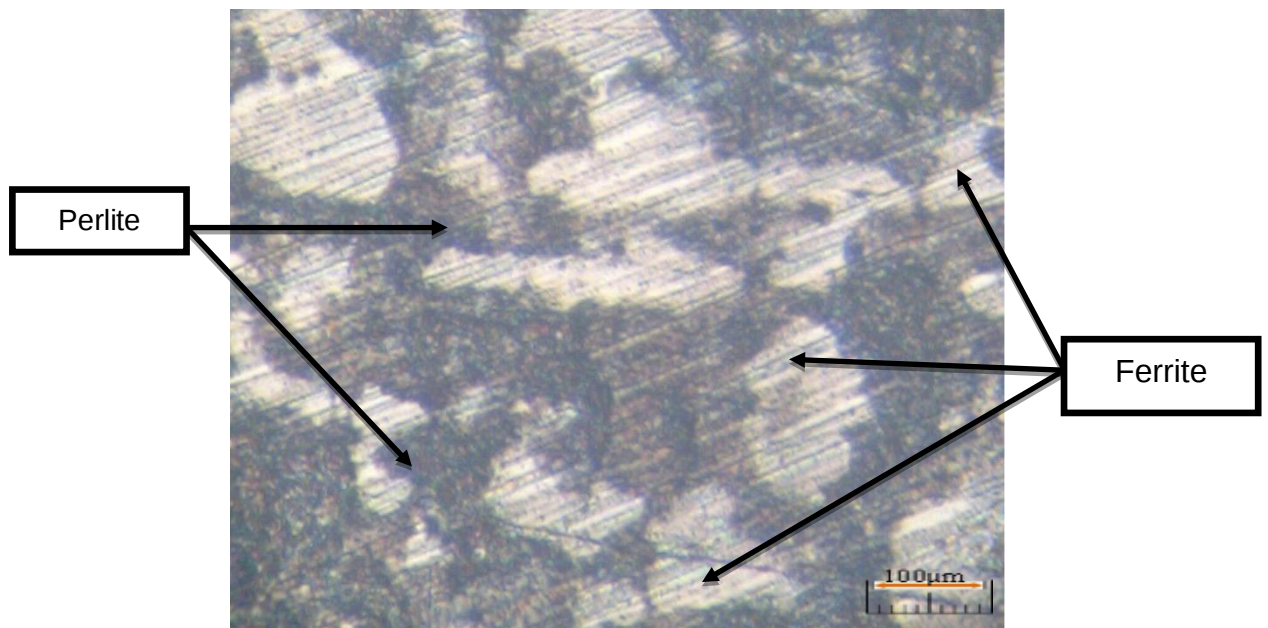
Dari pengujian dengan menggunakan *Olympus Metallurgical Microscopes* diperoleh gambar struktur mikro Shaker mill, terlihat dibawah ini :



Gambar 10. Struktur mikro baja karbon setelah di carburizing dengan pembesaran 100x pada bagian tepi hasil dari proses *Shaker Mill*.



Gambar 11. Struktur mikro baja karbon setelah di carburizing dengan pembesaran 100x pada bagian transisi hasil dari proses *Shaker Mill*.



Gambar 12. Struktur mikro baja karbon setelah di carburizing dengan pembesaran 100x pada bagian tengah hasil dari proses *Shaker Mill*.

Dari pengujian *struktur mikro* yang dilakukan pada baja karbon rendah setelah dilakukan proses *carburizing* dengan arang tempurung kelapa proses shakermill dapat diketahui fasa apa saja yang terjadi pada baja karbon, yaitu : pada gambar 10 struktur mikro baja karbon bagian tepi terdapat struktur perlitte dengan warna gelap sedangkan ferrite berwarna cerah yang mempunyai sifat lunak dan ulet. Pada gambar 11 struktur mikro baja karbon bagian transisi terdapat struktur perlitte, akan tetapi struktur perlitte tidak beraturan. Sedangkan struktur ferrite yang berwarna cerah mempunyai kerapatan yang padat. Pada gambar 12 struktur mikro baja karbon bagian tengah sama seperti bagian tepi dan transisi mempunyai struktur perlitte dan ferrite, akan tetapi kerapatannya didominasi oleh struktur ferrite yang berwarna cerah.

3.3 Pembahasan Pengujian Kekerasan

Dari pengujian menggunakan *Olympus Micro Harde-ness Tester*, Kekerasan permukaan material dapat diuji dengan menggunakan metode *Vickers*. Pada uji mikro *Vickers* menggunakan 5 titik sampel, dengan beban (P) sebesar 2,942 N dan waktu pembebanan selama 15 detik. Diperoleh nilai kekerasan sebagai berikut :

Tabel 2. Nilai Kekerasan Raw Material

No	Perlakuan	Jarak dari tepi (mm)	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN) Kg/mm ²
1	Raw Material	0,2	56,94	55,82	56,38	158,6
2		0,4	57,13	56,32	56,72	158,2
3		0,6	58,85	57,75	58,3	152,4
4		0,8	59,75	58,13	58,94	148,7
5		1	60,62	59,88	60,25	150,4

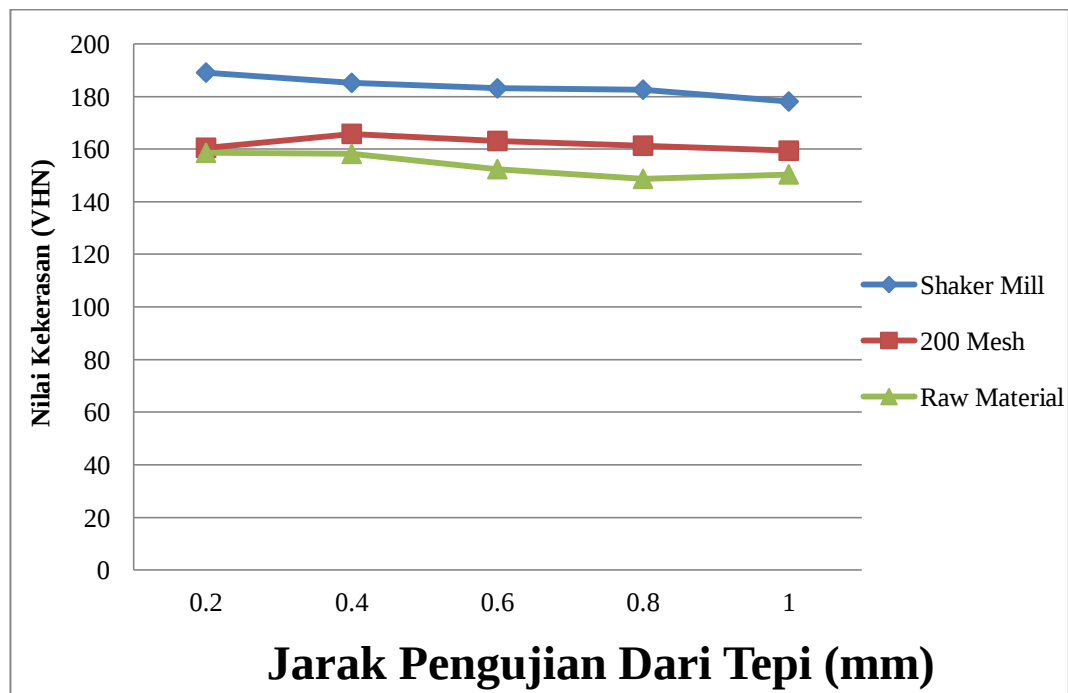
Tabel 3. Nilai Kekerasan Baja Karbon *Mesh* 200

No	Perlakuan	Jarak dari tepi (mm)	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN) Kg/mm ²
1	Mesh 200	0,2	60,82	56,94	58,88	160,5
2		0,4	58,13	57,82	57,97	165,8
3		0,6	57,75	58,32	58,03	163,1
4		0,8	57,37	58,64	58,01	161,3
5		1	57,86	58,76	58,31	159,4

Tabel 4. Nilai Kekerasan Baja Karbon Shaker Mill

No	Perlakuan	Jarak dari tepi (mm)	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN) Kg/mm ²
1	Shaker Mill	0,2	54,94	53,63	54,28	189,1
2		0,4	54,75	54,69	54,72	185,2
3		0,6	55,82	55,13	55,47	183,1
4		0,8	56,28	56,63	56,45	182,6
5		1	56,85	57,13	56,99	178,1

Dari tabel nilai kekerasan baja karbon *Raw Material* dengan pelapisan arang tempurung kelapa dengan, proses *Mesh* dan proses *Shaker Mill* maka diperoleh grafik pada gambar di bawah ini :



Gambar 17. Grafik perbandingan kekerasan vickers Raw Material, arang *Mesh 200* dan arang proses *Shaker Mill*.

Dari tabel 5. menunjukkan harga kekasaran raw material, terlihat adanya kenaikan dan penurunan pada setiap titik pengukuran. Hal ini terjadi karena beberapa faktor, diantaranya pada saat pengujian titik-titik yang diambil tidak seluruhnya pada permukaan ferite. Misalnya pada titik ke-1 kemungkinan titik tersebut berada pada campuran ferite dan perlite. Sedangkan titik ke-2 dberada pada perlite dan titik ke-3 pada ferite. Sehingga kekerasannya pada titik pertama sedang kemudian titik ke-2 turun dan titik ke-3 rendah. Sedangkan dari tabel 3 dan tabel 4 dapat dilihat hasil dari proses carburizing dengan media baja karbon rendah yang dilapisi dengan arang tempurung kelapa *Mesh 200* dan proses *Shaker Mill* dengan waktu penahanan 2 jam. Pada proses carburizing dengan pelapisan arang tempurung kelapa *Mesh 200* dengan penahanan waktu selama 2 jam nilai harga kekerasan tertinggi (167,3 HV). Apabila dibandingkan nilai kekerasan baja karbon rendah yang dilapisi oleh arang proses dari shaker mill tersebut nilai kekerasannya sebesar (189,1 HV), apabila dibandingkan dengan kekerasannya pada permukaan kedua proses tersebut nilai kekerasannya lebih tinggi pada arang tempurung kelapa proses shaker mill, dikarenakan pada struktur tepi terluar ke bagian dalam

akan diikuti oleh atom-atom karbon yang lain. Peristiwa ini berlangsung terus menerus selama proses 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 spesimen setelah carburizing mulai terjadi penurunan nilai kekerasan secara signifikan dititik ke 3, penurunan nilai kekerasan ini disebabkan karena pengaruh difusi karbon yang masuk kedalam material setelah dilakukan proses carburizing. Pendinginan secara menerus di dalam tungku juga mempengaruhi kekerasan pada material sesudah proses carburizing terlihat, nilai kekerasan shakermill lebih tinggi dibandingkan nilai kekerasan *Mesh* 200 mulai dari titik ke-1 dan titik ke-4,5 karena mulai titik-4 dan titik-5 tersebut struktur mikronya hampir sama dengan struktur mikro material dasar yaitu didominasi kristal ferit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama proses carburizing berlangsung semakin banyak pula atom karbon yang berdifusi ke dalam permukaan baja karbon tersebut.

4. PENUTUP

Dari hasil pengujian *Raw material* memiliki hasil pengujian komposisi kimia yang menunjukkan bahwa spesimen termasuk pada golongan baja karbon rendah ($<0,3\%$ C) dengan kadar Karbon (C) sebesar 0,0177%. Sedangkan hasil pengujian struktur mikro baja karbon dengan media arang tempurung kelapa proses *Mesh* 200 dari bagian tepi hingga ke tengah mengalami penurunan fasa ferrite, sedangkan pengujian struktur mikro baja karbon dengan arang shaker mill lebih didominasi oleh struktur ferrite dibandingkan struktur perlite. Hal ini disebabkan permukaan baja karbon lebih keras, semakin kedalam maka akan semakin berkurang kekerasannya.

Pengujian kekerasan Raw Material harga kekerasan sebesar 158,6 VHN. Sedangkan benda kerja dengan proses *carburizing* 2 jam penahanan dengan media arang tempurung kelapa nilai kekerasan *Mesh* 200 sebesar 167,3 HV dengan kedalaman 0,8 mm dan nilai rata-rata kekerasannya 164,42 HV setelah dilakukan *carburizing*. Sedangkan kekerasan pada arang shaker mill sebesar 189,1 HV dengan kedalaman 0,2 mm dan nilai rata-rata kekerasannya 185,8 HV. Jadi benda

kerja setelah proses *carburizing* mengalami peningkatan kekerasan dengan demikian waktu penahanan pada proses *carburizing* sangat mempengaruhi kekerasan dan kedalaman pengerasan material tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H., Ostwald, P.F., dan Begeman, M.L., 1995, *Teknologi Mekanik*, Jilid 1, Edisi Ketujuh, terj. Djaprie S., Erlangga, Jakarta.
- ASTM, E3-01, 2001, Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimen, American Society for Testing and Materials, Conshohocken, Philadelphia.
- ASTM, E384, 2001, Standar Test Method For Knop and Vickers Hardness of Material, Analisis of Arbon Low Alloy, American Society For Testing and Material, Conshohocken, Philadelphia, American.
- Astrom, P., Maddin, R, J. D. Muhly, J. D., dan Stech, T (1986) "Lightly tempered martensitic structure." *Opuscula Atheniensia XVI*.
- Ardi Dika Putra, 2017, “*Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbon Rendah Dengan Perlakuan Carburizing Arang Tempurung Kelapa*”. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Callister, W. D. 2001. “Fundamentals of Materials Science and Engineering”. Department of Metallurgical Engineering The University of Utah.
- Callister, W.D., 2003, *Material Science and Engineering An Introduction*, 6th Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Gordon England, 1999, “Material Teknik,” in *Hardness Testing*, pp.1–7.
- Iqbal, M., 2007 “*Analisis Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil Yang Mendapat Proses Pack Carburizing Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit*”. Universitas Tadulako Palu.
- Masyrukan, 2006, “Penelitian Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbon Rendah Akibat Pengaruh Proses Pengarbonan Dari Arang Kayu Jati”. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Netafim. 2016. Mesh vs micron comparison chart. <http://www.netafimusa.com>.
- 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.

- Rusmardi, 2009. Analisa Persentase Kandungan Karbon Pada Logam Baja. *Jurnal Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang*, (Online), (<http://ojs.polinpdg.ac.id>)
- Sembiring dkk, 2003. ” *Pengertian karbon aktif* ” (online), (<https://www.kajianpustaka.com/2017/09/karbon-aktif>)
- Setiyono, Yud. 2012. “*Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbonisasi dengan Bahan Arang Kayu Sengon*” Tugas Akhir S-1, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Suherman, W. 1998. Ilmu Logam 1. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sumiyanto. Saputra, R. 2012. Analisis Sifat Mekanis Baja Dua Fasa Akibat Variasi Temperatur Austenisasi. *Jurnal FT Institut Sains dan Teknologi Nasional*, (Online), (<http://www.library.upnvj.ac.id>),
- Tipler, P.A.1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid I*. Jakarta : Penebit Erlangga.