

**KARAKTERISTIK BOLA BAJA PENUMBUK ARANG
DALAM PROSES *HIGH ENERGY BALL MILLING* STUDY
KASUS BOLA BAJA BERUKURAN ¼ INCHI**



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

Oleh:

MOHAMAD LAZUARDI IMANI

D200140157

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

2019

HALAMAN PERSETUJUAN

**KARAKTERISTIK BOLA BAJA PENUMBUK ARANG
DALAM PROSES *HIGH ENERGY BALL MILLING* STUDY
KASUS BOLA BAJA BERUKURAN ¼ INCHI**

PUBLIKASI ILMIAH

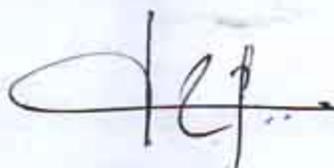
oleh :

MOHAMAD LAZUARDI IMANI

D200140157

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



(Supriyono, S.T, M.T, Ph.D)

HALAMAN PENGESAHAN

**KARAKTERISTIK BOLA BAJA PENUMBUK ARANG
DALAM PROSES *HIGH ENERGY BALL MILLING* STUDY
KASUS BOLA BAJA BERUKURAN ¼ INCHI**

Oleh :

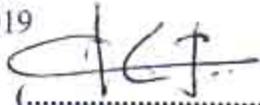
MOHAMAD LAZUARDI IMANI

D200140157

Telah diterima dan disahkan oleh Dewan Penguji Fakultas Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari kamis, tanggal 3 Januari 2019

1. Supriyono, S.T, M.T, Ph.D

(Ketua Dewan Penguji)


(.....)

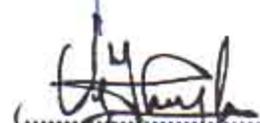
2. Amin Sulistyanto, S.T, M.T

(Anggota 1 Dewan Penguji)


(.....)

3. Ir. Agus Hariyanto, M.T

(Anggota 2 Dewan Penguji)


(.....)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik :



Ir. Sri Sunarjono, M.T.,PhD.
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak pernah 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 mempertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 20 Desember 2018

Penulis



MOHAMAD LAZUARDI IMANI

D200140157

KARAKTERISTIK BOLA BAJA PENUMBUK ARANG DALAM PROSES HIGH ENERGY BALL MILLING STUDY KASUS BOLA BAJA BERUKURAN ¼ INCHI

Abstrak

Carburizing didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan untuk pembuatan arang berasal dari tanaman akasia. Arang adalah suatu produk kayu yang diperoleh dari proses karbonisasi, arang adalah residu yang sebagian besar komponennya adalah karbon dan terjadi karena penguraian kayu akibat perlakuan panas. Penelitian ini menggunakan Shaker Mills dalam pembuatan partikel. Shaker Mills adalah alat yang dimodifikasi sehingga bola baja saling bertumbukan dengan arang, dengan kecepatan motor 1000 Rpm, selama 2,5 juta siklus dengan ukuran penumbuk bola baja yaitu berukuran ¼ inchi. Dari pengujian ini selanjutnya bola baja diuji dalam pengujian Strukturmikro dan Uji Kekerasan. Pengujian Strukturmikro bertujuan untuk mengetahui fasa yang terdapat pada permukaan bola baja sebelum dan sesudah perlakuan Carburizing. Pada Uji Kekerasan yang dilakukan pada bola baja bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari sebelum dan sesudah perlakuan Carburizing.

Kata kunci : Carburizing, Strukturmikro dan Uji Kekerasan

Abstract

Carburizing is defined as a process of adding carbon content to the steel surface to get a harder steel property on its surface. In this study the material used for making charcoal comes from acacia plants. Charcoal is a wood product that is obtained from the carbonization process, charcoal is residu which most of its components are carbon and occurs due to decomposition of wood due to heat treatment. This research uses Shaker Mills in making particles. Shaker Mills are modified devices so that steel balls collide with each other with charcoal, with a motor speed of 1000 Rpm, for 2.5 million cycles with steel ball crushers that are ¼ inch in size. From this test the steel balls are then tested in the Microstructure test and Hardness Test. Microstructure testing aims to determine the phase found on the surface of steel balls before and after Carburizing treatment. The Hardness Test performed on steel balls aims to determine the value of hardness before and after Carburizing treatment.

Keywords: Carburizing, Micro Structure and Hardness Test

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada era industri seperti saat ini mendorong peneliti untuk melakukan penelitian, salah satunya bidang material. Material yang banyak dikembangkan adalah logam. Baja karbon merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Untuk mendapatkan sifat yang sesuai kebutuhan maka perlu mengetahui sifat-sifat dasar pada material antara lain sifat fisis (*struktur mikro*) dan mekanis (uji kekerasan). Jika sifat dasar suatu material belum sesuai dengan yang diinginkan maka perlu dilakukan rekasa material salah satunya dengan cara *carburizing*.

Wattimena, W. M. E., dan Louhenapessy, Jandri (2014) Proses *carburizing* didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya. Suhu untuk proses *carburizing* sekitar 900-950 °C dalam media *carburizing*. Ini akan menghasilkan lapisan permukaan yang keras dengan inti tetap liat/ulet. Media *carburizing* dapat berupa fase padat, fase cair atau fase gas. Penelitian ini menggunakan media pengkarbonan padat atau seperti *pack carburizing* yaitu suatu proses *carburizing* dengan memasukan sumber karbon dari bahan padat dan aktifator dalam tabung yang ditutup rapat. Dalam penelitian ini memanfaatkan pohon akasia yang diarrangkan sebagai sumber karbon.

Azhary H. Surest dkk (2013) Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki hutan yang sangat luas. Hutan-hutan ini tersebar di seluruh wilayah Indonesia dan menghasilkan kayu yang memiliki banyak manfaat. Salah satu kayu yang jumlahnya melimpah di Indonesia adalah kayu akasia. Yustinah, Hartini (2011) Arang adalah suatu produk kayu yang diperoleh dari proses karbonisasi, arang adalah residu yang

sebagian besar komponennya adalah karbon dan terjadi karena penguraian kayu akibat perlakuan panas. Karbon aktif adalah arang yang diolah lebih lanjut pada suhu tinggi dengan menggunakan gas CO₂, uap air atau bahan-bahan kimia, sehingga pori-porinya terbuka dan dapat digunakan sebagai adsorben. Daya serap karbon aktif disebabkan adanya pori-pori mikro yang sangat besar jumlahnya, sehingga menimbulkan gejala kapiler yang mengakibatkan adanya daya serap.

Supriyono, dkk. (2018) Melakukan penelitian untuk membuat partikel karbon nano dari arang menggunakan metoda tumbukan. Penumbuk yang digunakan adalah bola baja berukuran $\frac{1}{4}$ inchi. Tumbukan terjadi antara bola dan arang seperti proses *carburizing*. Pada penelitian ini akan mempelajari perubahan sifat fisis dan mekanis bola penumbuk sebelum dan sesudah penumbukan. Sifat fisis dengan struktur mikro sedangkan sifat mekanis dengan uji kekerasan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui perbedaan strukturmikro bola baja sebelum dan sesudah dilakukan tumbukan.
- b. Mengetahui perbedaan nilai kekerasan bola baja sebelum dan sesudah tumbukan.

1.3 Perumusan Masalah

Untuk mempermudah penelitian maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Bagaimana perbedaan struktur mikro bola baja sebelum dan sesudah dilakukan tumbukan?
- b. Bagaimana perbedaan nilai kekerasan bola baja sebelum dan sesudah dilakukan tumbukan?

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini berkonsentrasi pada:

- a. Jenis arang yang digunakan terbuat dari pohon akasia..
- b. Partikel arang yang digunakan adalah partikel yang lolos ayakan *mesh* 200
- c. Proses tumbukan menggunakan modifikasi alat *shaker mils*.
- d. Ukuran bola baja yang digunakan adalah $\frac{1}{4}$ inchi.
- e. Siklus tumbukan yang digunakan sebesar 2,5 juta siklus.
- f. Kecepatan putaran mesin yang digunakan pada alat shaker mils yaitu 1000 rpm.
- g. Uji Sturuktur Mikro dengan standar ASTM E 3 dan Uji Kekerasan dengan standar ASTM E 384.

1.5 Tinjauan Pustaka

Rudi, Muh Iskandar (2012), melakukan penelitian tentang “ sifat fisis dan mekanis karbonisasi arang kayu jati” menyimpulkan bahwa Pengujian struktur mikro raw material lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Sedangkan struktur mikro *pack carburizing* waktu tahan 2 jam dengan menggunakan media arang kayu jati lebih banyak kristal perlit dibandingkan ferrit dan struktur mikro *pack carburizing* waktu tahan 4 jam terdapat perlit lebih banyak dari 2 jam dan ferrit sedikit. Pengujian kekerasan pada benda kerja yang tidak dilakukan carburizing nilai kekerasan tertinggi terdapat pada titik pertama sebesar 247.0 VHN sedangkan dari proses carburing dengan media arang kayu jati dengan waktu penahanan 2 jam dan 4 jam nilai kekerasan tertinggi pada titik pertama sebesar 263,7 VHN dan 286,2 VHN setelah itu mengalami penurunan karena Atom karbon yang masuk dari tepi terluar ke bagian dalam akan diikuti oleh atom-atom karbon yang lain sehingga akan berakibat lebih banyak atom karbon yang berada dibagian tepi dari pada

dibagian dalam struktur baja.

Setiyono, Yud (2012), melakukan penelitian tentang “sifat fisis dan mekanis karbonisasi arang kayu sengon” menyimpulkan bahwa Pengujian struktur mikro raw material lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Sedangkan struktur mikro *pack carburizing* waktu tahan 2 jam dengan menggunakan media arang kayu sengon lebih banyak kristal perlit dibandingkan ferrit dan struktur mikro *pack carburizing* waktu tahan 4 jam terdapat perlit lebih banyak dari 2 jam dan ferrit sedikit. Pengujian kekerasan pada benda kerja yang tidak dilakukan carburizing nilai kekerasan tertinggi terdapat pada titik pertama sebesar 247.0 VHN sedangkan dari proses carburing dengan media arang kayu sengon dengan waktu penahanan 2 jam dan 4 jam nilai kekerasan tertinggi pada titik pertama sebesar 250,2 VHN dan 260,3 VHN setelah itu mengalami penurunan karena Atom karbon yang masuk dari tepi terluar ke bagian dalam akan diikuti oleh atom-atom karbon yang lain sehingga akan berakibat lebih banyak atom karbon yang berada dibagian tepi dari pada dibagian dalam struktur baja.

Ardi, Dika Putra (2017), melakukan penelitian tentang “sifat fisis dan mekanis baja karbon rendah dengan perlakuan *carburizing* arang tempurung kelapa” menyimpulkan bahwa 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. Pengujian kekerasan pada benda kerja yang tidak dilakukan carburizing nilai kekerasan tertinggi terdapat pada titik pertama sebesar 200.541 VHN sedangkan proses carburing dengan media arang bambu dengan waktu penahanan 2 jam nilai tertinggi kekerasan permukaannya pada titik pertama sebesar 481.512 VHN. Apabila di bandingkan nilai kekerasan kedua benda kerja tersebut nilai kekerasan yang lebih tinggi terdapat pada

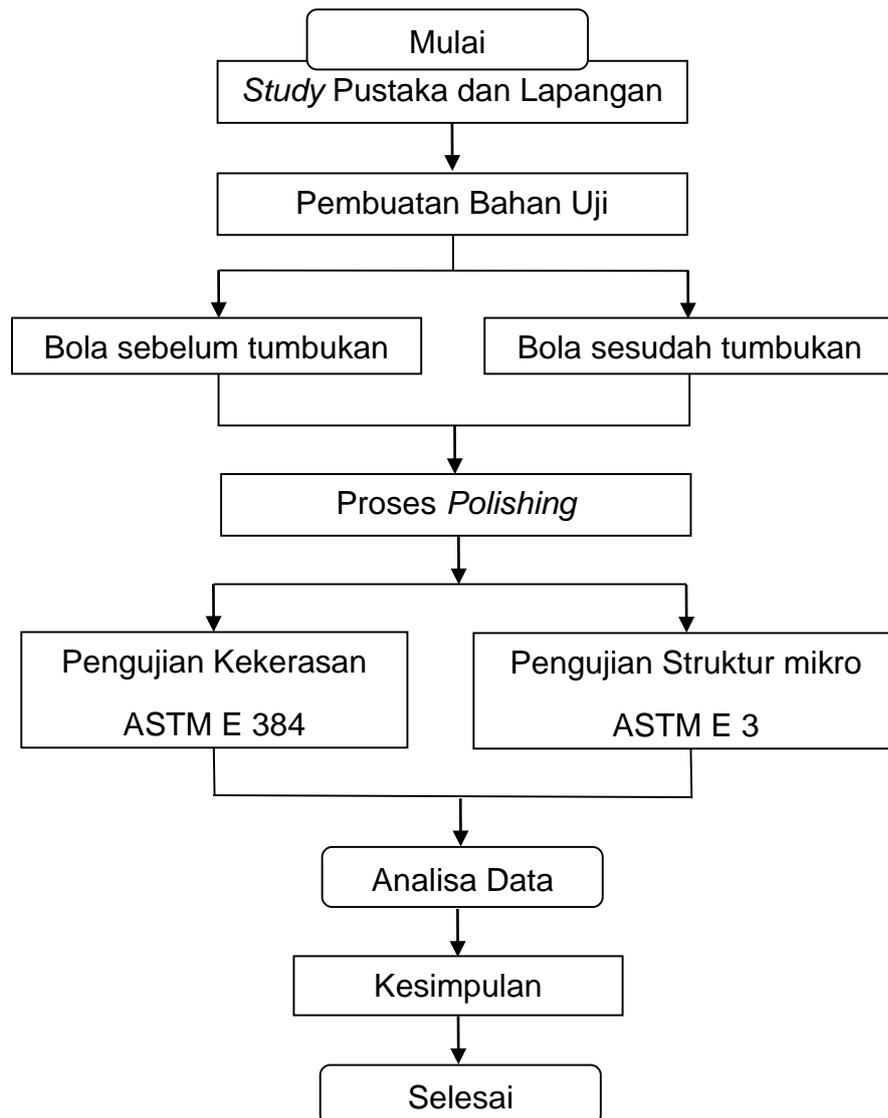
benda kerja yang dicarburizing dengan arang tempurung kelapa.

Rizqi, Muhammad Karim (2017), melakukan penelitian tentang “sifat fisis dan mekanis baja karbon rendah dengan perlakuan *carburizing* arang bambu” menyimpulkan bahwa Pengujian struktur mikro raw material lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Sedangkan struktur mikro *pack carburizing* 2 jam dengan menggunakan media arang bambu lebih banyak kristal perlit dibandingkan ferrit. Pengujian kekerasan pada benda kerja yang tidak dilakukan carburizing nilai kekerasan tertinggi terdapat pada titik pertama sebesar 200.541 VHN sedangkan proses carburing dengan media arang bambu dengan waktu penahanan 2 jam nilai tertinggi kekerasan permukaannya pada titik pertama sebesar 351.050 VHN. Apabila di bandingkan nilai kekerasan kedua benda kerja tersebut nilai kekerasan yang lebih tinggi terdapat pada benda kerja yang dicarburizing dengan arang bambu.

2. METODE

2.1 Diagram Alir

Tahap-tahap dalam melakukan penelitian ini, dilakukan sesuai dengan diagram berikut. Diagram dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah.



Gambar 1. Diagram Alir penelitian

2.2 Alat dan Bahan

- 1) Alat
 - a. Bola baja
 - b. *Polishing*
 - c. Amplas
- 2) Bahan
 - a. Arang Akasia
 - b. Cairan HNO₃
 - c. *Poliester*
 - d. *Resin*
 - e. *Autosol*

2.3 Langkah-langkah penelitian

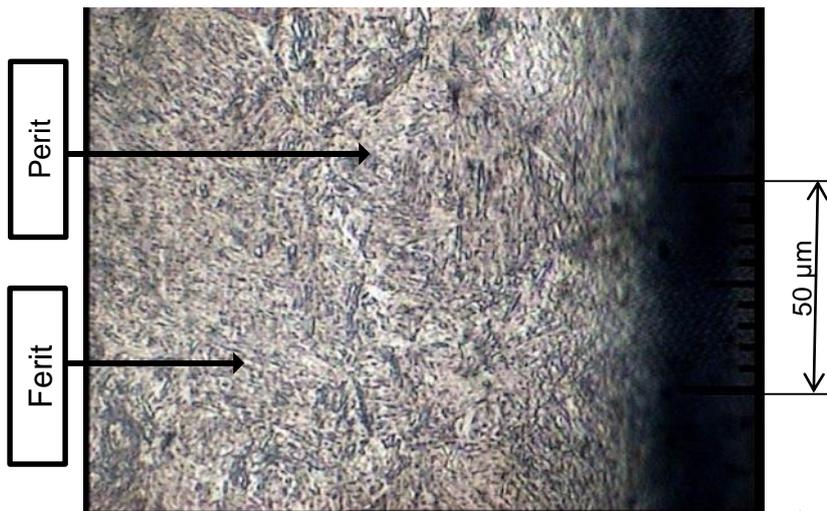
Langkah- langkah Penelitian :

- a. Mempersiapkan alat dan bahan penelitian.
- b. Melakukan penumbukan dengan *shaker mils* dengan ukuran bola baja 1/4 inchi.
- c. Masukkan bola baja ke dalam cetakan yang sebelumnya sudah terisi *Polyester* dan Resin.
- d. Melakukan proses Polishing pada bola baja.
- e. Melakukan proses pemolesan menggunakan autosol dan kain halus.
- f. Melakukan proses Etsa.
- g. Melakukan pengujian Struktur mikro standar ASTM E 3
- h. Melakukan pengujian Kekerasan mikro *vickers* standar ASTM E 384.
- i. Selesai Pengujian

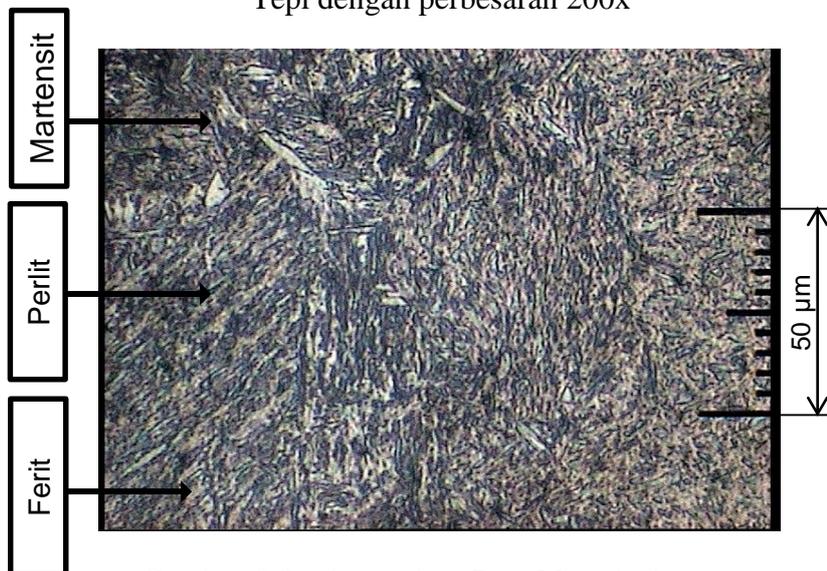
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Strukturmikro *Raw Material*

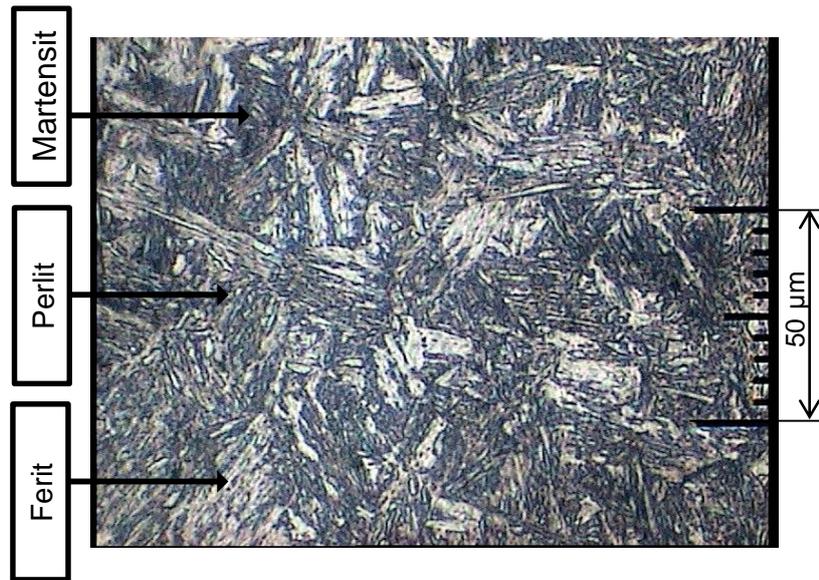
Dari pengujian dengan menggunakan *Olympus Metallurgical Microscopes* diperoleh gambar struktur mikro *raw material*, Terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2 Strukturmikro *Raw Material* bagian Tepi dengan perbesaran 200x



Gambar 3 Strukturmikro *Raw Material* bagian Transisi dengan perbesaran 200x



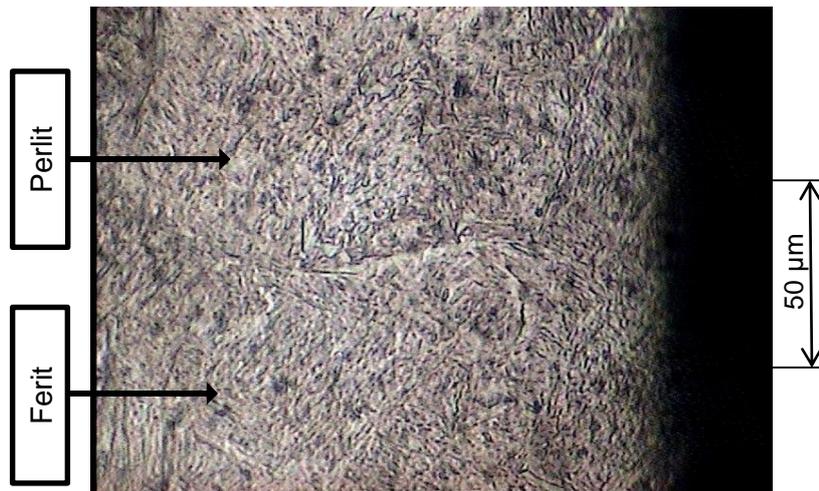
Gambar 4 Strukturmikro *Raw Material* bagian Tengah dengan perbesaran 200x

Pembahasan Pengujian Struktur Mikro :

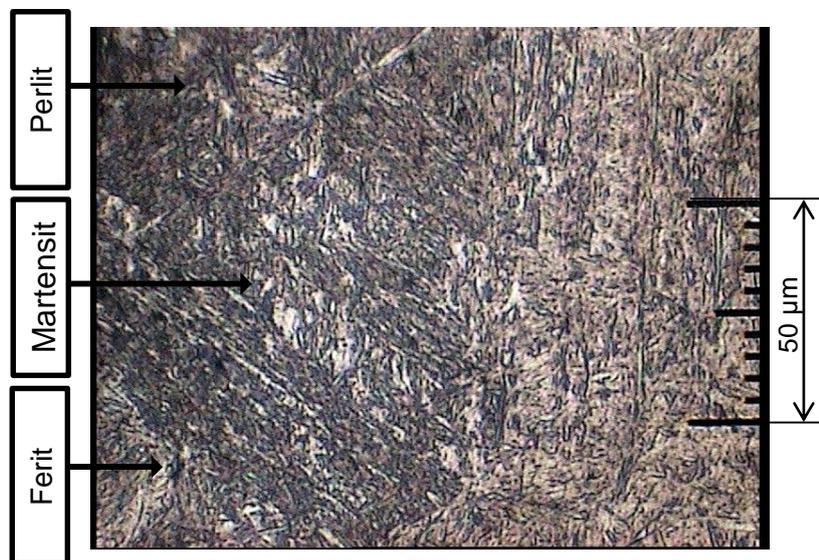
Dari pengujian strukturmikro yang dilakukan pada bola baja tanpa tumbukan dapat diketahui fasa apa saja yang terjadi pada bola baja yang dibagi menjadi tiga bagian, yaitu : bagian tepi, transisi dan tengah. Pada gambar 2 spesimen *raw material* bagian tepi yang tidak mengalami proses tumbukan. Pada spesimen ini terdapat *Perlit* yang lebih dominan, *Perlit* terlihat agak gelap dan kerapatan yang padat dibandingkan dengan *Ferit*. Hal ini menyebabkan nilai kekerasan yang tinggi. Pada gambar 3 spesimen *raw material* bagian transisi yang tidak mengalami proses tumbukan. Pada spesimen ini terdapat *Perlit* yang lebih dominan, namun kerapatannya berkurang dibandingkan bagian tepi dan terdapat *Martensit* yang menyebabkan menurunnya nilai kekerasan pada bagian transisi. Pada gambar 4 spesimen *raw material* bagian tengah yang tidak mengalami proses tumbukan. Pada spesimen ini terdapat *Perlit* dan *Ferit* yang lebih dominan, namun kerapatannya berkurang dibandingkan bagian transisi dan terdapat *Martensit* yang menyebabkan menurunnya nilai kekerasan pada bagian tengah.

3.2 Pengujian Strukturmikro dengan Tumbukan

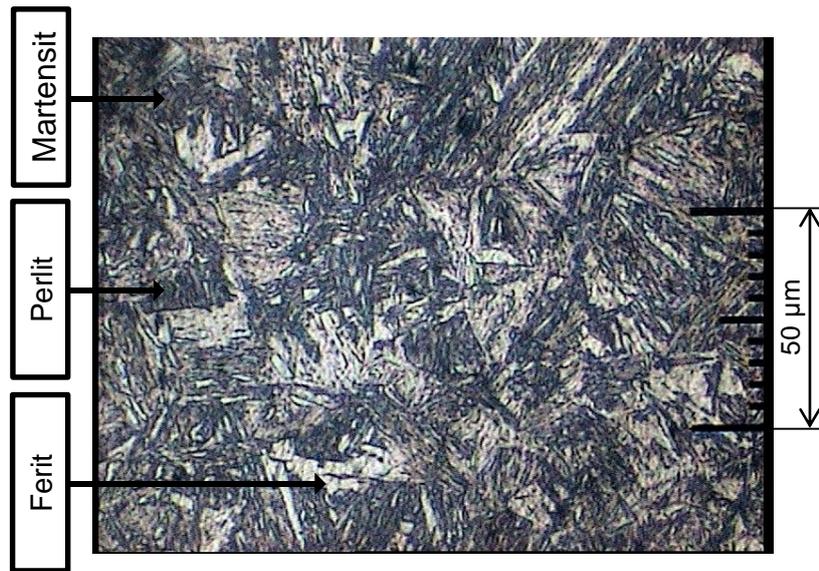
Dari pengujian dengan menggunakan *Olympus Metallurgical Microscopes* diperoleh gambar struktur mikro dengan Tumbukan, Terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5 Strukturmikro dengan Tumbukan bagian Tepi dengan perbesaran 200x



Gambar 6 Strukturmikro dengan Tumbukan bagian Transisi dengan perbesaran 200x



Gambar 7 Strukturmikro dengan Tumbukan bagian Tengah dengan perbesaran 200x

Pembahasan Pengujian Struktur Mikro :

Dari pengujian strukturmikro yang dilakukan pada bola baja dengan tumbukan dapat diketahui fasa apa saja yang terjadi pada bola baja yang dibagi menjadi tiga bagian, yaitu : bagian tepi, transisi dan tengah. Pada gambar 5 spesimen bagian tepi yang mengalami proses tumbukan. Pada spesimen ini terdapat *Perlit* yang lebih dominan, *Perlit* terlihat agak gelap dan kerapatan yang padat dibandingkan dengan *Ferit*. Hal ini menyebabkan nilai kekerasan yang tinggi. Pada gambar 6 spesimen bagian transisi yang mengalami proses tumbukan. Pada spesimen ini terdapat *Perlit* yang lebih dominan, namun kerapatannya berkurang dibandingkan bagian tepi dan terdapat *Martensit* yang menyebabkan menurunnya nilai kekerasan pada bagian transisi. Pada gambar 7 spesimen bagian tengah yang mengalami proses tumbukan. Pada spesimen ini terdapat *Perlit* dan *Ferit* yang lebih dominan, namun kerapatannya berkurang dibandingkan bagian transisi dan terdapat *Martensit* yang menyebabkan menurunnya nilai kekerasan pada bagian tengah.

3.3 Pembahasan Pengujian Kekerasan

Kekerasan permukaan material dapat diuji dengan menggunakan metode mikro *Vickers*. Pada uji mikro *Vickers* menggunakan 6 titik sampel, beban (P) sebesar 200 gf dan waktu pembebanan 15 detik. Diperoleh nilai kekerasan sebagai berikut :

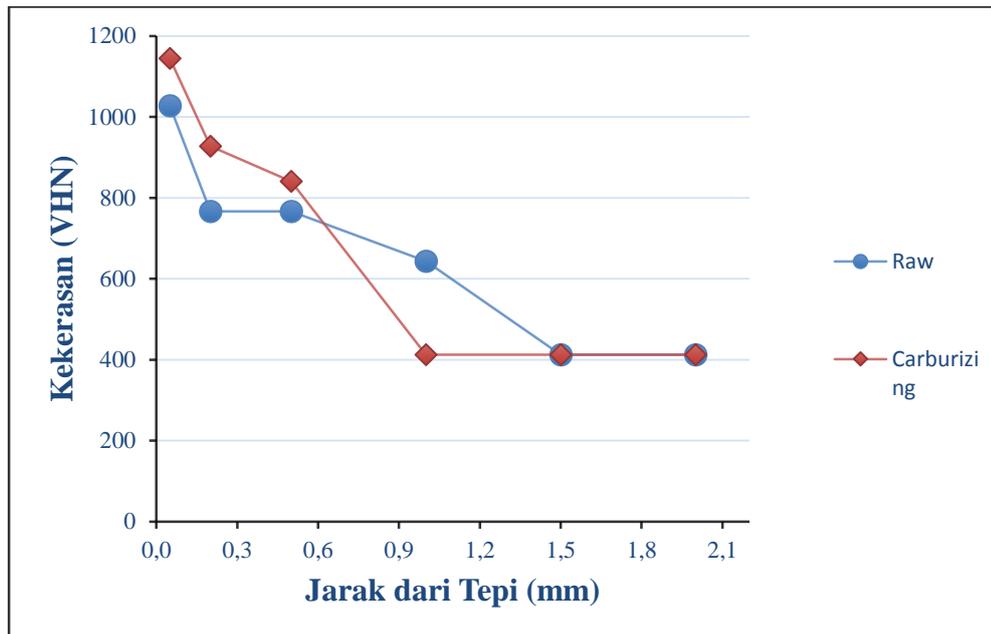
Tabel 1 Nilai Kekerasan *Raw Material*

No	Perlakuan	Jarak dari Tepi (mm)	d ₁	d ₂	d rata-rata	Kekerasan (VHN)
1	<i>Raw Material</i>	0,05	19,0	19,0	19,0	1027,4
2		0,20	22,0	22,0	22,0	766,3
3		0,50	22,0	22,0	22,0	766,3
4		1,00	24,0	24,0	24,0	643,9
5		1,50	30,0	30,0	30,0	412,1
6		2,00	30,0	30,0	30,0	412,1

Tabel 2 Nilai Kekerasan dengan Tumbukan

No	Perlakuan	Jarak dari Tepi (mm)	d ₁	d ₂	d rata-rata	Kekerasan (VHN)
1	Dengan Tumbukan	0,05	18,0	18,0	18,0	1144,7
2		0,20	20,0	20,0	20,0	927,2
3		0,50	21,0	21,0	21,0	841,0
4		1,00	30,0	30,0	30,0	412,1
5		1,50	30,0	30,0	30,0	412,1
6		2,00	30,0	30,0	30,0	412,1

dari Tabel Nilai kekerasan bola baja sebelum Tumbukan (*Raw Material*) dan sesudah Tumbukan maka diperoleh Grafik pada Gambar 8 di bawah ini :



Grafik 1 Nilai Kekerasan Bola Baja Sebelum (*Raw Material*) dan Sesudah Tumbukan

Pembahasan Nilai kekerasan

Dari pengujian kekerasan dapat diketahui bahwa nilai kekerasan dengan tumbukan maupun tanpa tumbukan cenderung mengalami penurunan yang disebabkan fasa yang terdapat pada bagian permukaan material. Pada titik pertama dan kedua mendapatkan nilai kekerasan tertinggi hal ini disebabkan oleh fasa *Perlit* yang dominan dibandingkan fasa *Ferit*. Sedangkan pada titik ketiga dan keempat mengalami penurunan nilai kekerasan hal ini disebabkan oleh fasa *Ferit* yang meningkat ditambah lagi dengan adanya fasa *Martensit*. Dan pada titik kelima dan keenam cenderung stabil hal ini disebabkan oleh perpindahan materi yang cenderung tetap.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan diperoleh kesimpulan seperti berikut:

- a. Dari pengujian struktur mikro yang dilakukan pada bola baja sebelum dan dengan tumbukan dapat diketahui fasa apa saja yang terjadi pada bola baja yang dibagi menjadi tiga bagian, yaitu : bagian tepi, transisi dan tengah. Tidak terjadi perubahan yang signifikan pada struktur mikro bola baja sebelum dan sesudah tumbukan. Hal ini terjadi karena pada proses tumbukan terjadi tidak sampai temperature 900-950°C yang mana temperature tersebut merupakan temperature untuk proses *carburizing*.
- b. Nilai kekerasan bola baja sebelum dan dengan tumbukan mengalami peningkatan nilai kekerasan. Meningkatnya nilai kekerasan disebabkan oleh proses tumbukan bola baja yang terjadi di dalam tabung uji.

4.2 Saran

- a. Pada tabung di lakukan visualisasi untuk memastikan tidak ada retakan yang akan membuat spesimen *pack carburizing* menjadi dekarburasi atau proses oksidasi yang berlebihan dengan udara luar.
- b. 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.
- c. Dalam penelitian selanjutnya partikel yang digunakan bisa terbuat dari arang batok kelapa, arang kayu jati dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardi, Dika Putra. 2017. “ Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbon Rendah dengan Perlakuan Carburizing Arang Tempurung Kelapa” Tugas Akhir S-1, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Hartini, Yustinah. 2011. “Adsorpsi Minyak Goreng Bekas Menggunakan Arang Aktif dari Sabut Kelapa” Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia (Kejuangan) : Jakarta. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta.

Nur, Fahlefi Diana. 2010. "Simulasi dengan Metode Monte Carlo Untuk Proses Pembuatan Nanomaterial Menggunakan Ball-Mill" Tugas Akhir S-1, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Depok.

Rahman, Arief Hakim. 2018. "Kajian Produksi Nanopartikel dari Arang Akasia dengan Tumbukan Bola Baja Diameter $\frac{5}{16}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{16}$ dan $\frac{5}{32}$ Inchi " Tugas Akhir S-1, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Rizqi, Muhammad Karim. 2017. "Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbon Rendah dengan Perlakuan Carburizing Arang Bambu" Tugas Akhir S-1, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Rudi, Muh Iskandar. 2012. "Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbonisasi dengan Bahan Arang Kayu Jati" Tugas Akhir S-1, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

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, Surakarta.

Supriyono. 2017. *Material Teknik (Engineering Materials)*. Surakarta : Muhammadiyah University Press.

Surest Azhary H, dkk. 2013. "Pembuatan Asap Cair Dari Kayu Akasia Dan Uji Awal Kemampuannya Sebagai Bahan Bakar Cair" Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 19, : Palembang. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Wattimena, W. M. E., dan Louhenapessy, Jandri. 2014. "Pengaruh Holding Time Dan Quenching Terhadap Kekerasan Baja Karbon St 37 Pada Proses *Pack Carburizing* Menggunakan Arang Batok Biji Pala (*Myristica fragrans*)". Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 11, :

Ambon. Fakultas Teknik Universitas Pattimura.

Yanti, Eka Fitri dan Taufikurohmah, Titik. 2013. “Sintesis Nanogold Dan Karakterisasi Menggunakan Matrik Cetostearyl Alcohol Sebagai Peredam Radikal Bebasdalam Kosmetik” Journal of Chemistry Vol. 2, No. 1 : Surabaya. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya.