PENGARUH PROSES *CARBURIZING* DENGAN VARIASI ARANG TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK DARI *BEARING AFTERMARKET* SEPEDA MOTOR

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama	**: Khalifah Pratama Izwar**
No. Mahasiswa	**: 16525031**
NIRM	**: 2016040541**

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Khalifah Pratama Izwar
NIM : 16525031

Tugas Akhir dengan judul :

Pengaruh Proses *Carburazing* dengan Variasi Arang Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik dari *Bearing Aftermarket* Sepeda Motor

Menyatakan bahwa karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali pada nukilan dan ringkasan yang sudah saya jelaskan sumbernya pada daftar pustaka, jika dikemudian hari ternyata pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 20 Agustus 2021



Khalifah Pratama Izwar
NIM : 16525031

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Pengaruh Proses *Carburazing* dengan Variasi Arang Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik dari *Bearing Aftermarket* Sepeda Motor

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

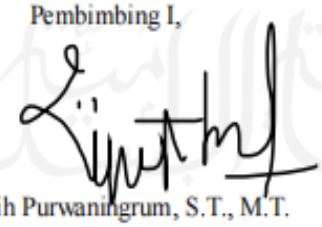
Nama : Khalifah Pratama Izwar

No. Mahasiswa : 16525031

NIRM : 2016040541

Yogyakarta, 20 Agustus 2021

Pembimbing I,



Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Pengaruh Proses *Carburazing* dengan Variasi Arang Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik dari *Bearing Aftermarket* Sepeda Motor

Tugas Akhir

Disusun Oleh :

Nama : Khalifah Pratama Izwar

No. Mahasiswa : 16525031

NIRM : 2016040541

Tim Penguji

Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T
Ketua
Tanggal:28 September 2021

Muhammad Ridwan, S.T., M.T
Anggota I
Tanggal:28 September 2021

Purtojo, S.T., M.Sc
Anggota II
Tanggal:28 September 2021

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Puji Syukur kehadirat Allah SWT senantiasa penulis panjatkan karena telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik tanpa adanya kendala berarti. Penulis ucapkan terimakasih untuk orang-orang yang terus mendukung dan membantu sampai saat ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.

Terimakasih kepada Allah SWT yang te;ah memberikan nikmat Kesehatan, ilmu, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan dengan baik.

Terimakasih kepada kedua orang tua penulis, Bapak Izwarmanto dan Ibu Marni yg selalu mendukung serta mendoakan yang terbaik untuk penulis dan selalu memotivasi agar selalu sabar dalam menghadapi setiap ujian dan kesulitan. Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua yang penulis hormati dan cintai.

Terimakasih kepada adik penulis Dwi putri desiyanti yang selalu mendukung dan membantu penulis.

Terimakasih kepada Bapak dan Ibu Dosen pengajar, pembimbing, dan penguji karena telah memberikan penulis ilmu dan pengalaman yang beharga ketika menjalani kegiatan perkuliahan di Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Terimakasih kepada teman-teman seperjuangan di Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Terimakasih kepada semua pihak yang selalu membantu dan mendukung penulis. Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk anda semua yang penulis penulisngi. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berguna untuk para pembaca. Aamiin.

HALAMAN MOTTO

Jangan sampai kita bodoh alias tidak tahu apa-apa karena tidak mau belajar, tapi merasa bodoh itu perlu agar kita lebih semangat lagi dalam mempelajari ilmu-ilmu yang baru.

(Sir John Lubbock)

Pendidikan Memiliki Akar yang Pahit, tapi Buahnya Manis.

(Aristoteles)

Pendidikan Merupakan Senjata Paling Ampuh yang Bisa Kamu Gunakan Untuk Merubah Dunia.

(Nelson Mandela)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil 'aalamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufiq dan hidayahnya sehingga tugas akhir dengan judul "**PENGARUH PROSES *CARBURIZING* DENGAN VARIASI ARANG TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK DARI *BEARING AFTERMARKET* SEPEDA MOTOR "** dapat diselesaikan. Sholawat dan salam senantiasa dipanjatkan pada junjungan nabi agung Muhammad SAW. Semoga kita mendapat syafaat dan pertolongan di hari kiamat nanti. Aamiin.

Tugas akhir ini selesai atas bimbingan, arahan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini ijinkan penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak **Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng**. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu **Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T.** selaku dosen pembimbing tugas akhir, yang memberikan arahan, saran, serta dukungan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Segenap Dosen dan Karyawan di Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu penulis selama masa studi atau kuliah dan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
4. Bapak **Lilik** selaku pembimbing dalam melakukan pengujian material di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.

5. Ayahanda tercinta bapak **Izwarmanto**, yang telah melimpahkan seluruh kasih sayang, motivasi, dukungan moral, tenaga, dan semangat di perkuliahan kedokteran ini yang senantiasa mengiringi langkah penulis.

6. Ibunda tercinta ibu **Marni**, yang telah melimpahkan seluruh kasih sayang, motivasi, dukungan moral, tenaga, dan semangat di perkuliahan ini yang senantiasa mengiringi langkah penulis.

7. Adik saya tercinta, **Dwi Putri Desiyanti** yang senantiasa membantu dalam proses penyusunan tugas akhir.

9. **Rifandi Dwi Styawan** sebagai teman kerja atau *partner* pada penelitian ini

10. Teman-teman Angkatan 2016 Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih jauh dari sempurna, maka penulis dengan senang hari menerima kritik dan saran yang diberikan. Semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 20 Agustus 2021



Khalifah Pratama Izwar

NIM : 16525031

ABSTRAK

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mingkatkan sifat mekanik material *bearing aftermarket* setelah dilakukan proses *carburazing* dengan menggunakan variasi arang dan membandingkan dengan *bearing* pabrikan . Pada penelitian ini menggunakan proses *carburazing* padat. Proses *carburazing* ini menggunakan 3 variasi arang yaitu : arang akasia, arang kelapa, arang sonokeling dan katalis barium karbonat ($BaCo_3$) dengan komposisi 90% arang dan 10% katalis. Temperatur pada proses *carburazing* ini yaitu 900°C dengan waktu penahanan 3 jam setelah itu dilakukan proses quenching dengan menggunakan media air. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, kekerasan *vickers*, keausan, struktur mikro dan laju korosi. Hasil pengujian kekerasan pada *bearing aftermarket* sebesar 709,48 VHN sedangkan pada *bearing* pabrikan 748,55 VHN. Nilai kekerasan pada *bearing* dengan perlakuan *carburazing* dengan menggunakan arang mengalami peningkatan. Peningkatan tertinggi yaitu pada arang akasia sebesar 1105,35 VHN. Untuk pengujian keausan pada *bearing* tanpa perlakuan sebesar 0,000202 mm^3/kg.m sedangkan pada *bearing* pabrikan 0,000156 mm^3/kg.m. ketahanan aus mengingkat setelah *bearing* dilakukan proses *carburazing* dengan menggunakan variasi arang. Variasi arang yang paling tahan aus yaitu pada arang akasia sebesar 0,000018 mm^3/kg.m. Hasil pengujian korosi pada *bearing* tanpa perlakuan dan *bearing* dengan perlakuan *carburazing* dengan variasi arang didapat hasil excellent. Hasil pengujian struktur mikro pada *bearing* yang dilakukan *carburazing* dengan menggunakan variasi arang bagian tepi terdapat *pearlite* dan *martensite* dan austenit sisa untuk bagian tengah terdapat peralite dan *ferrite*.

Kata kunci: Karburasi Padat, *Bearing*, Variasi Arang, Kekerasan, Keausan

ABSTRACT

The main objective of this research is to improve the mechanical properties of imitation bearing material after the carburazing process using charcoal variations and compare it with the pabrikan *bearing. In this study using a solid carburazing process. This carburizing process uses 3 variations of charcoal, namely: acacia charcoal, coconut charcoal, sonokeling charcoal and barium carbonate (BaCo3) catalyst with a composition of 90% charcoal and 10% catalyst. The temperature in this carburazing process is 900°C with a holding time of 3 hours after which the quenching process is carried out using water media. The tests carried out were testing the chemical composition, Vickers hardness, wear, microstructure and corrosion rate. The results of the hardness test on the imitation bearing are 709.48 VHN while the* pabrikan *bearing is 748.55 VHN. The value of hardness on bearings with carburazing treatment using charcoal has increased. The highest increase was in acacia charcoal of 1105.35 VHN. For testing the wear on the bearing without treatment is 0.000202 mm3/kg.m while the* pabrikan *bearing is 0.000156 mm3/kg.m. wear resistance increases after the bearing is carburized using a variety of charcoal. The most wear-resistant charcoal variation is acacia charcoal at 0.000018 mm3/kg.m. The results of corrosion testing on bearings without treatment and bearings with carburizing treatment with variations in charcoal obtained excellent results. The results of microstructure testing on bearings carried out by carburizing using variations of charcoal at the edges contained pearlite and martensite and the remaining austenite for the middle section contained peralite and ferrite.*

Keyword: Pack Carburizing, Bearing, Charcoal Variation, Hardness, Wear-tear

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Pernyataan Keaslian ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iv
Halaman Persembahan iv
Halaman Motto vi
Kata Pengantar vii
Abstark ix
Abstract x
Daftar Isi xi
Daftar Tabel xiii
Daftar Gambar xiv
Daftar Notasi xv
Bab 1 Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Sistematika Penulisan 3
Bab 2 Tinjauan Pustaka 4
2.1 Kajian Pustaka 4
2.2 Dasar Teori 6
2.2.1 Pengertian Baja 6
2.2.2 Baja Karbon *(Alloy Steel)* 6
2.2.3 *Carburazing* 7
2.2.4 Pendinginan Cepat (*Quennching*) 8
2.2.5 *Bearing* 10
2.3 Pengujian Material 10

2.3.1 Pengujian Keausan 10
2.3.2 Pengujian Kekerasan *Vickers Microhardness* 13
2.3.3 Pengujian Metalografi 14
2.3.4 Pengujian Korosi 16
Bab 3 Metode Penelitian 17
3.1 Alur Penelitian 17
3.2 Alat dan Bahan 18
3.3 Pembuatan Spesimen 18
3.3.1 Proses Pemotongan Spesimen 18
3.3.2 Proses *Carburazing* 19
3.4 Proses Pengujian 21
3.4.1 Pengujian Komposisi Kimia 21
3.4.2 Pengujian Keausan 21
3.4.3 Pengujian Kekerasan *Vickers Microhardneess* 23
3.4.4 Pengujian Struktur Mikro 24
3.4.5 Pengujian Korosi 24
Bab 4 25
Hasil dan Pembahasan 25
4.1 Hasil dan Analisis Pengujian 25
4.1.1 Hasil Proses *Carburizing* 25
4.1.2 Uji Komposisi Kimia 25
4.1.3 Uji Keausan 28
4.1.4 Uji Kekerasan *Vickers* Microhardness 31
4.1.5 Uji Korosi 34
4.1.6 Pengamatan Struktur Mikro 36
Bab 5 40
PENUTUP 40
5.1 Kesimpulan 40
5.2 Saran 40
DAFTAR PUSTAKA 42
LAMPIRAN 44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat Ketahanan Laju Korosi 16
Tabel 2.2 Konstanta Pada Satuan Laju Korosi 16
Tabel 3.1 Nama Alat 18
Tabel 3.2 Nama Bahan 18
Tabel 3.3 Jarak Titik Pengujian Kekerasan *Vickers* 23
Tabel 4.1 Parameter Proses *Carburazing* 25
Tabel 4.2 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Pabrikan Tanpa Perlakuan 25
Tabel 4.3 Hasil Uji Komposisi Kimia *Bearing Aftermarket* Tanpa Perlakuan 26
Tabel 4.4 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Proses Carburizing Arang Akasia 26
Tabel 4.5 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Proses Carburizing Arang Kelapa 27
Tabel 4.6 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Proses Carburizing Arang Sonokeling 27
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Korosi 34
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Laju Korosi 35
Tabel 4.9 Hasil Standar Ketahanan Korosi Spesimen Bearing 35
Tabel 4.10 Pengamatan Struktur Mikro Bearing dengan Proses Carburizing Menggunakan Variasi Arang 38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses *Carburazing* 8
Gambar 2. 2 Pengujian Keausan Metode *Ogoshi* 11
Gambar 2. 3 Keausan *Adhesive* 11
Gambar 2. 4 Keausan Abrasif 12
Gambar 2. 5 Keausan Lelah 13
Gambar 2. 6 Keausan Oksidasi/Korosif 13
Gambar 2. 7 Tipe-Tipe Lekukan Piramid Intan: (a) Lekukan Sempurna, (b) Lekukan Bantal Jarum, (c) Lekukan Tong 14
Gambar 2. 8 Alat Mikroskop Optik 15
Gambar 3. 1 Alur Penelitian 17
Gambar 3. 2 Proses Pemotongan 19
Gambar 3. 3 Bagian yang digunakan 19
Gambar 3. 4 Barium Karbonat 19
Gambar 3. 5 Furnace 19
Gambar 3. 6 Serbuk Arang 19
Gambar 3. 7 Kotak *Carburazing* 20
Gambar 3. 8 Proses *Quenching* 20
Gambar 3. 9 Hasil Proses *Carburazing* 20
Gambar 3. 10 Spesimen Uji Komposisi 21
Gambar 3. 11 Spesimen Uji Keausan 22
Gambar 3. 12 Spesimen Uji Kekerasan 23
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Nilai Keausan Rata-Rata 30
Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Bearing Proses Carburazing Berdasarkan Jarak dari Tepi 32
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Rata-Rata 33
Gambar 4. 4 Struktur Mikro *Bearing* Pabrikan 37
Gambar 4. 5 Struktur Mikro *Bearing Aftermarket* 37

DAFTAR NOTASI

W = Volume tergores

B = Tebal *disc*

b = Panjang/ lebar tergores

r = Jari-jari *disc*

W_s = Nilai laju keausan

P_0 = Beban Penekanan

l_0 = Jarak pengausan

HV = Nilai kekerasan *vickers*

F = Gaya

α = Sudut puncak (136°)

d = Diagonal tekan rata-rata

CR = *Corrosion Rate*

k = Konstanta ($8{,}76 \times 10^4$)

w = Massa yang hilang

D = Massa jenis benda uji

A = Luas permukaan / penampang

T = Lama waktu pengujian

Bab 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dengan jumlah pengguna motor sangat tinggi. Menurut data yang disampaikan oleh badan statistik nasional (BSN). Populasi motor di Indonesia pada tahun 2018 dengan jumlah unit sebanyak 106,65 juta unit. Dibandingkan dengan tahun 2015 lalu dengan jumlah unit sebanyak 88,65 juta unit. Dari data tersebut maka perkembangan industri kendaraan bermotor di indonesia berkembang sangat pesat.

Dengan semakin meningkatnya produksi jumlah pengendara motor maka di butuhkan *spare part* atau suku cadang yang juga meningkat produksinya. Kondisi ini akan memicu munculnya produk produk *aftermarket* untuk masuk dalam pasar industri kendaraan bermotor di segmen *spare part* atau suku cadang.

Suku cadang *aftermarket* ini di produksi oleh industri aftermarket (bukan pabrikan) yang menjadi alternatif bagi para pengguna kendaraan bermotor dikarenakan harga yang lebih murah di bandingan dengan pabrikan. Namun perlu di perhatikan suku cadang pabrikan dengan *aftermarket* itu memiliki karakteristik yang bereda. Contoh komponen *bearing*. Pada komponen ini mesti memiliki nilai ketahanan aus yang sangat tinggi karena pada *bearing* akan di kenakan gaya gesek. Maka dari itu *bearing* harus memiliki ketahanan aus yang sangat tinggi agar *bearing* dapat bekerja secara maksimal.

Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas komponen *aftermarket* yaitu dengan dilakukan proses *pack carburazing*. *Carburazing* ini biasa dilakukan untuk material baja carbon rendah yang memiliki sifat lunak dan keuletan yang tinggi. Dari proses *carburazing* ini dapat meningkatkan carbon pada *bearing* pada bagian permukaan, sehingga kekerasan pun akan meningkat pada bagian permukaan dan ketahanan aus pun akan meningkat setelah di lakukan proses *carburazing*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah Bagaimanakah Pengaruh Proses *Pack Carburazing* pada Material *Bearing aftermarket* dengan Menggunakan Variasi Arang terhadap sifat fisik dan mekanik material ?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, adapun batasan masalah agar permasalahan inti terarah dan tidak menyimpang terhadap apa yang di bahas antara lain sebagai berikut:

1. Proses *pack carburizing* dengan menggunakan *furnace* yang terdapat di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
2. *Bearing* yang digunakan adalah *bearing aftermarket*.
3. Proses *pack carburazing* menggunakan 3 jenis arang yaitu arang akasia, arang kelapa, arang sonokeling dan katalisator Barium Karbonat ($BaCO_3$) dengan perbandingan 90% arang dan 10% Barium Karbonat.
4. Penggunaan ketelitian timbangan pada laju korosi yaitu 0,01 gram.
5. *Temperatur* yang digunakan pada saat *pack carburazing* yaitu 900°C dengan *holding time* selama 3 jam dan Proses *quenching* menggunakan media air.
6. Pengujian yang dilakukan pada spesimen *bearing* adalah pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan *vickers*, pengujian keausan, pengujian metalografi struktur mikro.
7. Bearing pabrikan yang digunakan adalah merk astra honda dan bearing *aftermarket* yang digunakan adalah merk macho.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi arang terhadap proses *carburazing* pada sifat fisik dan mekanik pada bearing *aftermarket* .
2. Untuk membandingkan sifat fisik dan mekanik dari *bearing* pabrikan , *bearing aftermarket* sebelum dan sesudah proses *carburazing.*

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang ingin dicapai diharapkan memiliki manfaat dalam pengetahuan dan wawasan baik secara langsung maupun tidak langsung. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui sifat fisik dan mekanik dari *bearing* pabrikan dan *bearing aftermarket* sebelum dan sesudah proses *carburazing*.
2. Dapat mengetahui proses *pack carburazing*.
3. Dapat mengetahui hasil *pack carburazing* yang dari hasil penelitian diantara 3 jenis variasi arang yang digunakan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan penulis agar memudahkan pemahaman maka dibuat uraian dalam tiap bab, yaitu sebagai berikut:

1. Bab 1 – Pendahuluan

   Pada bab ini akan diuraikan dan dijelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab 2 – Tinjauan Pustaka

   Pada bab ini akan dijelaskan informasi dan teori pendukung dalam proses penyusunan yang menjadi dasar dalam penulisan pemelitian.

3. Bab 3 – Metode Penelitian

   Pada bab ini akan dijelaskan alur penelitian, alat dan bahan pada penelitian serta tahapan yang dilakukan selama berjalannya penelitian.

4. Bab 4 – Hasil dan Pembahasan

   Pada bab ini akan diuraikan hasil dari penelitian yang dilakukan dan dilanjutkan dengan pembahasan dari hasil penelitian tersebut.

5. Bab 5 – Penutup

   Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran yang didapatkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan penulis.

Bab 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

(Nurharyanto, 2009) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi arang *carburazing* terhadap kekerasan dan struktur mikro dari baja karbon rendah. Pada penelitian ini menggunakan media *carburazing* yaitu arang tempurung kelapa dengan berat 80% dan *energizer* barium karbonat($BaCO_3$) sebesar 20%. Dalam penelitian ini proses *carburazing* dilakukan pada suhu 980ºC dengan waktu penahan 1,2,3 jam untuk arang sekam padi dan waktu penahan 2 jam untuk media arang tempurung kelapa. Dari penelitian ini di dapat hasil yang lebih baik yaitu media arang tempurung kepala sebesar 601 HV dibandingkan dengan arang sekam padi 452 HV. Hal ini disebabkan semakin banyak potensial karbon pada arang maka atom atom karbon yang terdifusi ke dalam benda kerja lebih banyak semakin banyak potensial karbon pada arang maka karbon yang terdifusi kedalam benda kerja pada saat dilakukan proses *quenching* akan mudah terbentuk fasa martensit yang mengakitbatkan kekerasannya meningkat.

(Afriany et al., 2017) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi $BaCO_3$, $NaCO_3$ dan $CaCO_3$ pada proses karburasi. Pada penelitian ini digunakan baja karbon sedang dengan paduan rendah AISI 4340 berbentuk silinder berdiameter 20 mm yang di karburasi menggunakan media arang batok kelapa dengan variasi $BaCO_3$, $NaCO_3$ dan $CaCO_3$ sebagai katalistor sebanyak 30% pada temperatur 950ºC selama 5 jam dan dilakukan proses pendinginan menggunakan oli SAE 20. Seteleh proses karburasi di lakukan pengujian kekerasan. Hasil pengujian kekerasan rata-rata untuk *raw material* adalah 615,8 HV. Sedangkan nilai kekerasan rata-rata untuk spemien yang telah di lakukan karburasi dengan katalis $BaCO_3$ adalah 1018,7 HV, spesimen dengan katalis $NaCO_3$ adalah 972,9 HV dan dengan katalis $CaCO_3$ adalah 708,2 HV. Maka dapat disimpulkan bahwa pada kekerasan tertinggi didapat dari penggunaan katalis $BaCO_3$. Hal ini disebabkan katalis $BaCO_3$ tersebut pada temperatur austenit cepat terurai sehingga proses difusi dan penyerapan karbon ke dalam lapisan luar baja terjadi lebih cepat.

(Hidayat, 2021) meneliti tentang pengaruh variasi media pendinginan proses *carburizing* berupa air dan oli SAE 10-40 W terhadap kekerasan, struktur mikro, dan kekuatan tarik pada material baja karbon rendah (ST-41). Proses *carburizing* pada penelitian ini menggunakan arang batok kelapa 60% dengan katalis sodium karbonat (Na_2CO_3) 40%. Kemudian suhu pemanasan yang digunakan sebesar 850°C dan *holding time* atau lama penahanan selama 1 jam. Kemudian dilakukan *quenching* atau pendinginan menggunakan media air dan oli. Dari hasil penelitian didapatkan faktor yang bisa mempengaruhi besarnya nilai kekerasan rata-rata material adalah media pendinginan, dimana media pendinginan air memiliki nilai kekerasan yang lebih besar daripada media pendinginan oli, dikarenakan laju pendinginan yang sangat cepat dengan media pendinginan air.

(Utami, 2019) meneliti tentang pengaruh variasi komposisi katalis pada proses *carburizing* baja karbon rendah terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro. Material yang digunakan adalah baja ST-41. Proses *carburizing* pada penelitian ini karbon aktif (arang kayu) dicampur dengan katalis barium karbonat ($BaCO_3$) dengan variasi komposisi 10%, 20%, 30%, dan 40%. Kemudian untuk suhu pemanasan adalah 900°C dan *holding time* atau lama penahanan selama 30 menit. Untuk proses *quenching* atau pendinginan menggunakan air. Hasil penelitian didapatkan bahwa baja karbon ST-41 yang diberi proses *carburizing* dengan komposisi katalis sebesar 10% memiliki kenaikan nilai kekerasan paling tinggi dibandingkan dengan variasi komposisi yang lainnya, yaitu sebesar 250,7% dari nilai *raw* material. Pada struktur mikro variasi katalis 10%, terdapat fasa *pearlite* yang terbentuk dari campuran antara fasa *ferrite* dan *sementit.* Hal inilah yang menjadikan nilai kekerasan komposisi katalis 10% mengalami kenaikan yang signifikan.

(Panjaitan, 2015) meneliti tentang pengaruh bahan baku arang aktif pada proses *carburizing* terhadap kekerasan dan keausan baja Bohler EMS-45. Proses *pack carburizing* pada penelitian ini menggunakan serbuk arang batok kelapa, arang bambu, dan arang kayu yang dicampur dengan barium karbonat ($BaCO_3$). Dengan suhu pemanasan sebesar 900°C dan untuk *holding time* atau lama penahanan selama 2 jam. Kemudian dilakukan *quenching* atau pendinginan menggunakan air dengan suhu 28°C. Dari hasil penelitian yang didapat terjadi

difusi karbon hingga kedalaman 1250 µm atau 1,25mm dan kekerasan permukaan baja meningkat dari kekerasan semula. Kenaikan kekerasan untuk *carburizing* batok kelapa sebesar 268,76%, arang bambu sebesar 206,25%, dan arang kayu sebesar 134,47% serta material mengalami peningkatan ketahanan aus yang lebih baik dari *raw* material.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle)* serta menurunkan keuletannya (*ductility*). Pengaruh utama dari kandungan karbon dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan, dan sifat mudah dibentuk. Kandungan karbon yang besar dalam baja mengakibatkan meningkatnya kekerasan tetapi baja tersebut akan rapuh dan tidak mudah dibentuk (Manurung dkk, 2020).

2.2.2 Baja Karbon *(Alloy Steel)*

Sifat pada baja karbon ditentukan dari persentase jumlah karbon dan struktur mikronya. Dan dalam hal ini, baja karbon mengandung unsur lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan lainnya yang jumlahnya terbatas. Klasifikasi pada baja berdasarkan jumlah kandungan karbonnya dibagi dalam tiga jenis yaitu sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah *(Low Carbon Steel)*

Baja ini disebut baja ringan, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya kurang dari 0.3%. Baja karbon rendah mempunyai sifat mekanik tangguh dan liat selain itu baja karbon rendah juga mempunyai sifat mampu mesin dan mampu las yang baik. Baja ini dapat dijadikan mur, baut, sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat 5 presisi, batang tarik perkakas silinder dan lain sebagainya. Licin sehingga lebih baik sifatnya dan bagus untuk dibuat mesin perkakas (Prapaska, 2020).

2. Baja Karbon Sedang *(Medium Carbon Steel)*

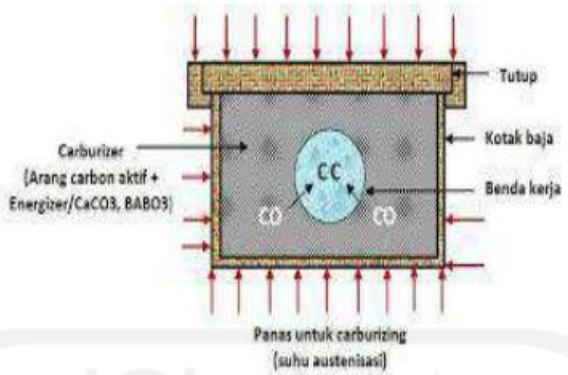
Baja karbon sedang mengandung karbon 0.3% - 0.6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang digunakan untuk peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros engkol, sekrup dan alat presisi (Prapaska, 2020).

3. Baja Karbon Tinggi *(High Carbon Steel)*

Baja karbon tinggi yang mengandung karbon 0.6% - 1.5%. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat tangan seperti obeng, palu, tang dan kunci mur, baja plat dan pegas kumparan (Prapaska, 2020).

2.2.3 *Carburazing*

Pengarbonan (*carburazing*) merupakan suatu proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya. Kondisi ini sangat diperlukan untuk komponen-komponen yang mensyaratkan tahan aus. Pada pengarbonan padat, dipakai arang yang dicampur dengan 10% - 20% / $BaCO_3$, baja dimasukan ke dalam campuran ini, dimasukkan pada suatu wadah dan ditutup rapat kemudian dipanaskan. Dengan demikian permukaan baja akan mempunyai kadar karbon yang lebih tinggi. Kandungan karbon akan bervariasi dalam arah menuju inti. Pada permukaan kandungan karbon tinggi, dan akan berkurang dalam arah menuju inti. Konsekuensinya struktur mikro akan berubah pula dari permukaan menuju inti. Prinsip dasar dari *carburizing* adalah difusi C dari suatu media yang kaya dengan karbon, seperti arang ke dalam besi melalui pemanasan diatas suhu kritisnya (austenit) beberapa lama sehingga terbentuk lapisan C sampai kedalaman tertentu. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah *pack carburazing* yang merupakan proses perlakuan panas secara kimia berupa penambahan karbon ke baja dalam bentuk padat (Nurharyanto, 2009).



Gambar 2. 1 Proses *Carburazing*

2.2.4 Pendinginan Cepat (*Quennching*)

Proses *quenching* dilakukan pendinginan secara cepat dengan menggunakan media udara, air, oli dan larutan garam. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin di sebabkan oleh temperatur , kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin. Semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logamnya. Karbon yang dihasilkan dari pendinginan cepat lebih banyak dari pendinginan lambat. Hal ini disebabkan karena pendinginan yang cepat pada fase austenit tidak sempat berubah menjadi *ferit* atau *perlit* karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam austenit untuk mengadakan pergerakan difusi dan bentuk *sementit* oleh karena itu terjadi fase *martensit*. Pada fase martensit ini nilai kekerasannya yang sangat keras dan bergantung pada kadar karbonnya (Prapaska, 2020).

Martensit terbentuk dengan menggunakan metode pendinginan yang cepat, hal ini disebabkan karena semua unsur padauan masih larut dalam keadaan padat. Pada proses pemanasan ini dilakukan secara bertahap pada proses pemananas agar memperkecil deformasi atau retak. Setelah temperatur mencapai *austenit* dilakukan *holding time* selang waktu tertentu dan didinginakan dengan cepat (Prapaska, 2020)

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain :

1. Air

Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat. Biasanya ke dalam air tersebut dilarutkan garam dapur sebagai usaha mempercepat turunnya temperatur benda kerja dan mengakibatkan bahan menjadi keras. Air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia yang lain. Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni 0ºC (32º F) – 100º C, air berwujud cair. Suhu 0º C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100ºC merupakan titik didih (*boiling point*) air. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Sifat ini memungkinkan air tidak menjadi panas atau dingin dalam seketika. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (evaporasi) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah yang besar. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan air dalam proses pendinginan setelah proses Heat Treatment karena dapat mendinginkan logam yang telah dipanaskan secara cepat (Handoyo, 2015).

2. Minyak atau Oli Minyak

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas benda kerja yang diolah terlebih dahulu. Selain minyak yang khusus digunakan sebagai bahan pendingin pada proses perlakuan panas, dapat juga digunakan oli,minyak bakar atau solar. Minyak mineral banyak dipilih karena kapasitas pendinginannya cukup baik. Pada umumnya minyak memiliki kapasitas pendinginan tertinggi sekitar temperatur 600ºC, dan agak rendah pada temperatur pembentukan martensit (Handoyo, 2015).

3. Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara. Adapun pendinginan pada udara terbuka akan memberikan oksidasi oksigen terhadap proses pendinginan (Handoyo, 2015).

2.2.5 *Bearing*

Bearing dalam Bahasa Indonesia berarti bantalan. Dalam ilmu mekanika *bearing* adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. *Bearing* menjaga poros (*shaft*) agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya. *Bearing* atau laher adalah komponen sebagai bantalan untuk membantu mengurangi gesekan peralatan berputar pada poros/as. *Bearing* atau laher ini biasanya berbentuk bulat. Tujuan dari bantalan untuk mengurangi gesekan rotasi (Sarifuddin dkk, 2018).

Beberapa bagian pada *bearing* sebagai berikut :

1. Lintasan luar (*Outer ring*)
2. Pengikat Bola (*Retainer*)
3. Elemen gelinding (*ball*)
4. Lintasan dalam (*inner ring*)

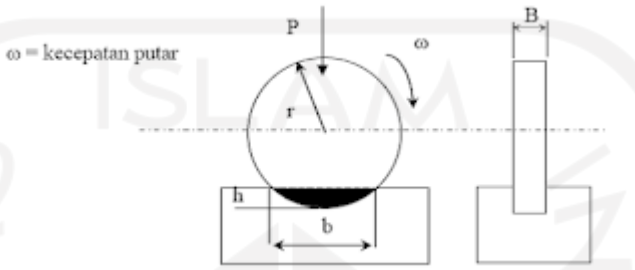
2.3 Pengujian Material

Pengujian material adalah metode untuk mengetahui kualitas suatu material yang berfungsi mengetahui sifat sifat mekanik dalam material tersebut. Adanya pengujian material perlu dilakukan secara tepat agar dalam penggunaan dan perancangan pada bahan yang di uji dapat dimanfaatkan sesuai masing masing keperluannya. Dalam pengujian material terdapat dua jenis pengujian berdasarkan metode yang dilakukan yaitu pengujian merusak *(destructive test)*, dengan memberikan pembebanan atau penekanan pada spesimen uji hingga mengalami kerusakan dan pengujian tidak merusak *(non destructive test)*, yaitu dengan memberikan perlakuan tertentu tanpa merusak spesimen uji.

2.3.1 Pengujian Keausan

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah dengan metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh

beban gesek dari cincin yang berputar (*Revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terlepas dari benda uji.



Gambar 2. 2 Pengujian Keausan Metode *Ogoshi*

Sumber : (Hutama, 2011)

Keterangan :

B : Tebal *revolving disc* (mm)

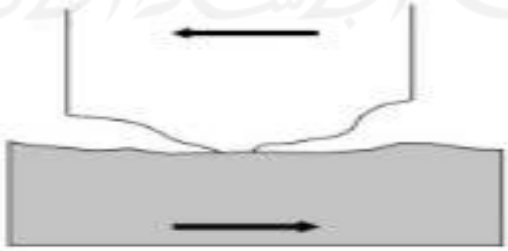
r : jari-jari dist (mm)

b : lebar celah material yang terabrasi (mm)

Material jenis apapun akan mengalami keausan dengan berbagai metode yaitu : keausan adhesif, abrasi, lelah, oksidasi. Berikut penjelasan dari masing masing jenis keausan tersbut :

1. Keausan *adhesive* :

Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lain dan pada akhirnya terjadi pelepasan/pengoyakan salah satu material, seperti pada gambar 2.3 (Hutama, 2011).

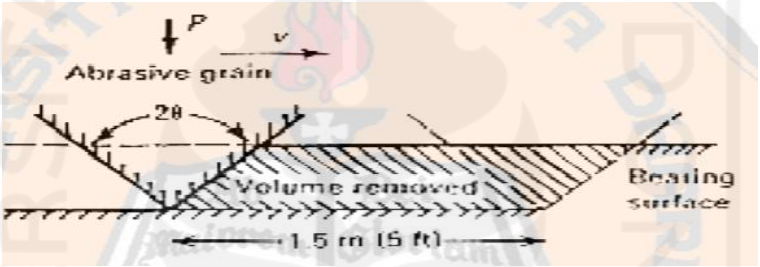


Gambar 2. 3 Keausan *Adhesive*

Sumber : https://pdfslide.tips/documents/uji-keausan.html

2. Keausan abrasif :

Terjadi bila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak, seperti pada Gambar 2.4. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau asperity tersebut. Sebagai contoh partikel pasir silica akan menghasilkan keausan yang lebih tinggi ketika diikat pada suatu permukaan seperti pada kertas amplas, dibandingkan bila pertikel tersebut berada di dalam sistem *slury*. Pada kasus pertama, partikel tersebut kemungkinan akan tertarik sepanjang permukaan dan mengakibatkan pengoyakan. Sementara pada kasus sistem *slury*, partikel tersebut mungkin hanya berputar (*rolling*) tanpa efek abrasi (Hutama, 2011).

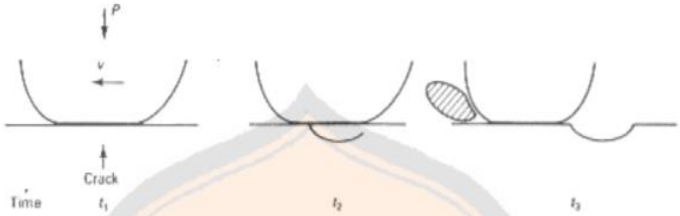


Gambar 2. 4 Keausan Abrasif

Sumber : (Hutama, 2011)

3. Keausan Lelah:

Keausan lelah atau keausan fatik merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dua mekanisme sebelumnya, keausan *abrasive* dan keausan *adhesive*, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan *adhesive* maupun abrasif melibatkan hanya satu interaksi sementara pada keausan lelah dibutuhkan interaksi multi. Keausan lelah terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang-ulang akan mengarah pada pembentukan retak mikro. Pada Gambar 2.5 memberikan skematis mekanisme keausan lelah. Permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro (t1). Retak-retak tersebut pada akhirnya menyatu (t2) dan menghasilkan pengelupasan material (t3). Tingkat keausan sangat tergantung pada tingkat pembebanan (Hutama, 2011).



Gambar 2.11 Ilustrasi keausan lelah

Gambar 2. 5 Keausan Lelah

Sumber : (Hutama, 2011)

4. Keausan Oksidasi :

Mekanisme keausan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di bagian permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini akan menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material pada lapisan permukaan akan mengalami keausan yang berbeda. Hal ini selanjutnya mengarah kepada perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut. Pada gambar 2.6 memperlihatkan skematis keausan oksidasi/korosi (Hutama, 2011).



Gambar 2.12 Ilustrasi skematis keausan oksidasi

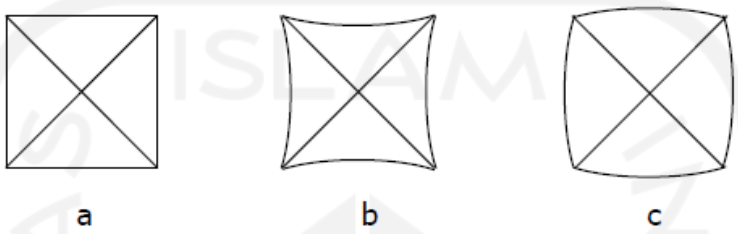
Gambar 2. 6 Keausan Oksidasi/Korosif

Sumber :(Hutama, 2011)

2.3.2 Pengujian Kekerasan *Vickers Microhardness*

Dalam pengujian kekerasan *vickers*, digunakan indentor berbentuk piramida. Besar sudut pada tiap permukaan piramida yang berhadapan yaitu 136^0. Nilai tersebut diambil dikarenakan paling mendekati dari sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan, yaitu antara diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell dan diameter lekukan. Nilai dari pengujian kekerasan *vickers* didefinisikan dalam beban dibagi luas pada permukaan lekukan. Dalam

prakteknya, luas dihitung dari pengukuran mikroskopik panjangnya diagonal jejak Pada pengujian kekerasan *vickers* tidak bergantung kepada beban karena jejak yang dibuat dengan menggunakan piramida secara geometrtis dan tidak mempersoalkan ukurannya kecuali pada beban yang sangat ringan. Pengujian *vickers* ini biasa digunakan beban antara 1-120 kg tergantung pada kekerasan logam yang akan diuji (Ponang, 2018).



Gambar 2. 7 Tipe-Tipe Lekukan Piramid Intan: (a) Lekukan Sempurna, (b) Lekukan Bantal Jarum, (c) Lekukan Tong

Sumber : (Ponang, 2018)

Lekukan sempurna yang dibuat oleh penekan piramida intan setelah dilakukan pengujian yaitu berbentuk persegi pada gambar 2.7 bagian a. Lekukan bantal jarum pada gambar 2.7 bagian b ini terjadi akibat penurunan logam pada bagian datar permukaan piramida. Keadaan tersebut terjadi pada logam setelah proses pelunakan yang mengakibatkan ukuran panjang diagonal yang berlebih. Lekukan berbentuk tong pada gambar 2.7 bagian c yaitu diakibatan adanya penimbunan ke atas pada logam daerah permukaan penekan yang tedapat pada logam yang setelah mengalami proses pengerjaan dingin.

2.3.3 Pengujian Metalografi

Metalografi adalah salah satu ilmu yang mempelajari struktur mikro suatu logam dan karakteristiknya.Tujuan metalografi yaitu untuk mengetahui ukuran butir, distribusi fasa, dan untuk mengetahui adanya inklusi (kotoran) pada logam. Pengujian metalografi ini diklasifikasikan menjadi 2 yaitu makrografi dan mikrografi.Makrografi sendiri mempelajari struktur logam dan paduan menggunakan penglihatan dengan mata telanjang menggunakan lensa yang perbesaran sangat kecil yaitu 15 kali. Hasil pengamatan makrografi ini disebut

makrostruktur. Pengujian makrografi ini bertujuan untuk mengetahui ukuran, bentuk, retak yang ada selama proses pabrikasi logam (Manurung dkk, 2020).

Mikrografi ini mempelajari struktur logam dan paduannya menggunakan mikroskop dengan perbesaran dari 20 kali-2000 kali. Hasil pengamatannya disebut mikrostruktur. Pengujian mikrografi ini bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur kima yang ada, menentukan ukuran dan bentuk kristal, menemukan cacat mikro (Manurung dkk, 2020).



Gambar 2. 8 Alat Mikroskop Optik

Sumber :(Manurung dkk, 2020)

2.3.4 Pengujian Korosi

Korosi adalah adalah kerusakan material seperti logam akibat adanya reaksi kimia di sekitar lingkungannya. Hal ini biasa diawali di bagian permukaanya yang disebabkan oleh kimia. Selain itu juga korosi ini dapat menurunkan kualis pada logam dengan lingkungan di sekitarnya.

Laju korosi adalah kecepatan penurunan kualitas material terhadap waktu. Pada perhitungan laju korosi ini biasa menggunakan satuan mm/y untuk konstantanya seperti pada tabel 2.2. Pada tingkat ketahanan korosi material dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tingkat Ketahanan Laju Korosi

Sumber : (Afandi dkk, 2015)

Relative Corrosion resistance	Approximate Metric Equivalent				
	mpy	mm/year	µm/yr	nm/yr	pm/sec
Outstanding	< 1	< 0.02	< 25	< 2	< 1
Excellent	1 – 5	0.02 – 0.1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
Good	5 – 20	0.1 – 0.5	100 – 500	10 – 50	5 – 20
Fair	20 – 50	0.5 - 1	500 - 1000	50 – 100	20 – 50
Poor	50 - 200	1 - 5	1000 - 5000	100 - 500	50 – 200
Unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

Tabel 2.2 Konstanta Pada Satuan Laju Korosi

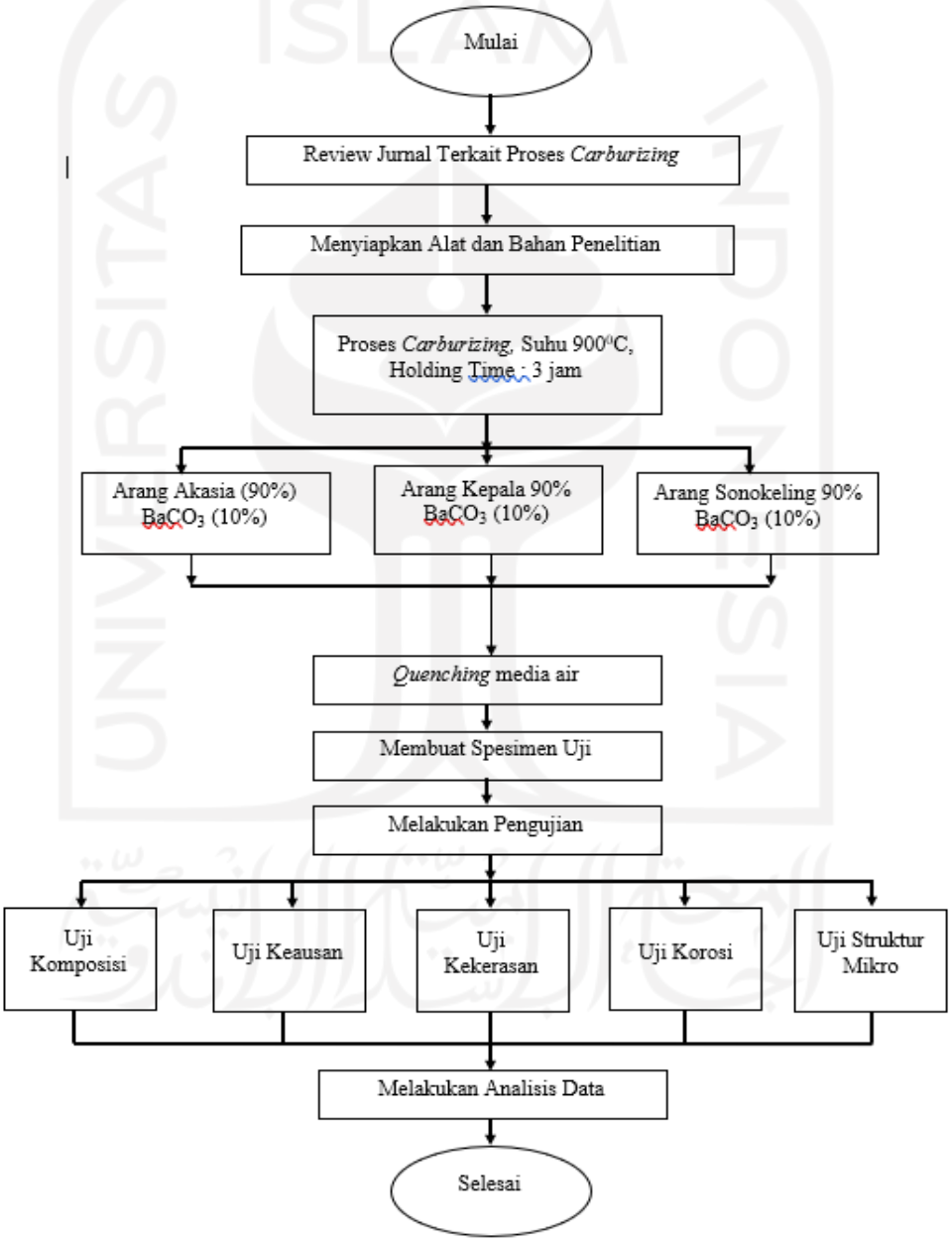
Sumber : (Ramadani, 2017)

Satuan Laju Korosi	Konstanta (K)
Mils per year (mpy)	$3{,}45 \times 10^{6}$
Inches per year (ipy)	$3{,}45 \times 10^{3}$
Inches per month (ipm)	$2{,}87 \times 10^{2}$
Milimeters per year (mm/y)	$8{,}76 \times 10^{4}$
Picometers per second (pm/s)	$8{,}76 \times 10^{7}$

Bab 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Dalam penelitian ini dibuat alur penelitian agar terarah dan teratata sesuai prosedur dan tujuan yang diingikan, yaitu sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada tabel 3.1 dan 3.2 yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.1 Nama Alat

No.	Alat	Fungsi
1	Gerinda	Melakukan pemotongan spesimen
2	Mesin *Furnace*	Untuk melakukan pemanasan pada benda kerja
3	Kotak *Carburazing*	Sebagai wadah arang dengan campuran $BaCO_3$ dan benda kerja dalam proses *carburazing* dalam mesin *furnace*
4	*Universal Friction Waer Tester*	melakukan pengujian keausan
5	Mesin Gripo 2M	Menghaluskan/mengamplas spesimen sebelum pengamatan struktur mikro
6	*Mikroskop SEM*	Melakukan pengamatan struktur mikro
7	*Universal Microhardness Tester*	Melakukan pengujian kekerasan
8	Laptop	Melakukan pengolahan data

Tabel 3.2 Nama Bahan

No.	Nama Bahan
1	*Bearing aftermarket*
2	*Bearing* pabrikan
3	Arang Akasia
4	Arang Sonokeling
5	Arang Kelapa
6	Resin
7	Air laut
8	Cairan Etsa HNO_3 50%
9	$BaCO_3$
10	Dempul

3.3 Pembuatan Spesimen

3.3.1 Proses Pemotongan Spesimen

Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah *bearing aftermarket*. *Bearing* ini memiliki diameter 12 mm x 32 mm x 10 mm (D Dalam x D Luar x T). Untuk memudahkan proses *carburazing* maka dilakukan proses pemotongan menjadi 2 bagian hingga membentuk setengah lingkaran menggunakan gerinda

tangan seperti pada gambar 3.2. setelah pemotongan selesai *bearing* yang kita gunakan yaitu ring bagian terluar dari *bearing* tersebut seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Proses Pemotongan



Gambar 3. 2 Bagian Yang digunakan

3.3.2 Proses *Carburazing*

Metode *carburazing* kami lakukan yaitu *pack carburazing* yang biasa disebut karburasi padat. Untuk mesin pemanasannya kami menggunakan mesin *furnace* *WiseThern* yang ada di laboratorium proses produksi teknik mesin Universitas Islam Indonesia seperti pada gambar 3.4. Sebelum dilakukan karburasi ini kita harus menghancurkan 3 variasi arang akasia , arang kelapa , arang sonokeling hingga menjadi serbuk seperti pada gambar 3.5 lalu dilakukan pengayakan agar tidak ada sisa sisa arang yang belum menjadi serbuk. setelah itu dilanjutkan arang akasia , arang kelapa , arang sonokeling dan juga katalis barium karbonat ($BaCO_3$) seperti pada gambar 3.6 dengan perbandingan 90% arang dan juga 10% baruim karbonat ($BaCO_3$) yang di masukan ke dalam kotak karburasi seperti pada gambar 3.7. Selanjutnya kotak karburasi itu di masukan ke dalam *furnace* hingga suhu mencapai 900°C jika suhu sudah mencapai 900°C dilakukan penahanan atau *holding time* selama 3 jam untuk semua variasi arang.



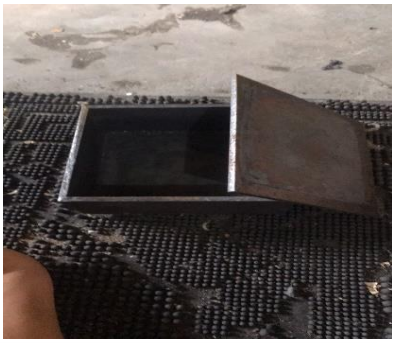
Gambar 3. 4 Barium Karbonat



Gambar 3. 5 Furnace



Gambar 3. 6 Serbuk Arang



Gambar 3. 7 Kotak *Carburazing*

Setelah itu dilakukan proses *quenching* atau pendinginan cepat dapat dilihat pada gambar 3.8. Media pendinginan yang digunakan yaitu air, dimana kotak baja itu akan dikeluarkan dari tempat *furnace* dan dibawa keluar dan spesimen di dalam kotak dikeluarkan dari kotak karburasi dan di masukan kedalam air yang bertujuan untuk menghasilkan sifat kekerasan yang tinggi. Pada proses karburasi ini menggunakan 3 buah spesimen untuk masing masing 3 arang akasia, 3 arang kelapa, dan 3 arang sonokeling sehingga total terdapat 9 spesimen. Hasil proses karburasi dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 8 Proses *Quenching*



Gambar 3. 9 Hasil Proses *Carburazing*

3.4 Proses Pengujian

3.4.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi pada penelitian ini dilakukan di PT. Itokoh Ceperindo dengan menggunakan alat *spectro meter*. Sebelum di lakukan pengujian kita melakukan pembuatan spesimen terlebih dahulu dengan menggunakan dempul seperti pada gambar 3.10. Karena spesimen yang kita gunakan dimensinya kecil. Untuk memudahkan proses pengujian kita menggunakan dempul untuk dudukan agar proses pengujain mudah. Untuk tahap pertama kita membuat terlebih dahulu cetakan dari akrilik bekas yang berukuran 40 mm x 30 mm. Setelah itu tahap kedua kita memasukan benda uji dan dempul kedalam cetakan. Tahap ke tiga tunggu hingga dempul mengering dan setelah mengering lepaskan cetakan dari dempul tersebut. Untuk tahap terakhir ini kita mengamplas bagian bagian permukaan yang tidak rata. Pada pengujian komposisi ini kita menggunakan 3 spesimen yang terdiri dari 1 arang akasia, 1 arang kelapa dan 1 arang sonokeling dan juga *bearing* pabrikan dan *bearing aftermarket*.



Gambar 3. 10 Spesimen Uji Komposisi

3.4.2 Pengujian Keausan

Pengujian keausan ini bertujuan untuk mengetahui angka keausan dari spesimen dari masing masing variasi arang. Pengujian keausan ini dilakukan dilaboratorium Teknik Mesin UGM dengan menggunakan alat *Universal Friction Wear Tester*. Spesimen uji komposisi ini dilakukan penghancuran pada dempul tanpa harus merusak *bearing*nya. Setalah didapat *bearing*nya kita melakukan pemotongan menjadi 2 bagian yang bertujuan untuk menjadi spesimen uji keausan dari masing masing variasi arang. Untuk memudahkan proses pengujian maka dilakukan pemberian resin yang berfungsi sebagai dudukan saat pengujian keausan

seperti pada di gambar 3.11. Pada pengujian keausan menggunakan jarak sepanjang 15 meter dengan pembebanan sebesar 6,36 kg. Pada uji keausan ini ada 3 spesimen dari masing masing variasi arang sehingga totalnya 9 spesimen dan 1 spesimen *bearing* pabrikan dan 1 spesimen *bearing aftermarket* .



Gambar 3. 11 Spesimen Uji Keausan

Pada perhitungan keausan ini kita menghitung volume tergores pada spesimen dengan menggunakan persamaan berikut :

Diketahui :

$$W = \frac{B \times b^3}{12 \times r} \tag{3.1}$$

Diketahui :

1. W = volume tergores (mm^3)
2. B = tebal disc (mm)
3. b = panjang permukaan tergores (mm)
4. r = jari jari disc (mm)

Setelah didapat hasil dari perhitungan volume tergores dilanjutkan dengan mencari nilai laju keausan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$W_s = \frac{B \times b^3}{8 \times r \times P_0 \times l_0} \tag{3.2}$$

Diketahui :

1. W_s = laju keausan (mm^3)
2. B = tebal disc (mm)
3. b = panjang permukaan tergores (mm)
4. r = jari jari disc (mm)
5. P_0 = beban penekan (kg)
6. l_0 = jarak pengausan (m)

3.4.3 Pengujian Kekerasan *Vickers Microhardneess*

Pengujian kekerasan ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari spesimen yang kita karburasi atau sebelum di lakukan karburasi. Uji kekerasan *vickers microhardness* dilakukan dengan menggunakan alat *universal Microhardness Tester*. Untuk spesimen uji kekerasan kita menggunakan 3 spesimen untuk masing masing variasi arang yaitu 3 arang akasia 3 arang kelapa 3 arang sonokeling dan 1 *bearing* pabrikan dan 1 *bearing aftermarket*. Untuk spesimennya seperti pada gambar 3.12. pengujian kekerasan ini dilakukan dengan menggunakan 6 titik seperti pada tabel 3.3. Dari tepi menuju ke bagian dalam spesimen uji . Kemudian untuk pembebanan sebesar 200 gf.



Gambar 3. 12 Spesimen Uji Kekerasan

Tabel 3.3 Jarak Titik Pengujian Kekerasan *Vickers*

Titik Uji	Jarak dari Tepi (mm)
1	0,05
2	0,15
3	0,25
4	0,35
5	0,45
6	0,55

Pada pengujian ini untuk mencari nilai kekerasannya itu menggunakan persamaan barikut :

$$\mathrm{HV} = \frac{\left[2\ \mathrm{F}\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]}{\mathrm{d}^2} = \frac{1854.\mathrm{F}}{\mathrm{d}^2} \qquad (3.3)$$

Diketahui :

1. HV = nilai kekersan *vickers* (VHN)
2. F = gaya (gram)
3. α = sudut puncak yaitu 136°
4. d = diagonal tekan rata-rata (µm)

3.4.4 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui bentuk, susunan, dan ukuran butir pada spesimen uji. Pada pengujian struktur mikro ini kita menggunakan spesimen dari uji kekerasan yang dibagi menjadi 2 bagian. Sebelum dilakukan uji struktur mikro kita melakukan dilakukan pemberian resin yang bertujuan untuk memberikan dudukan pada spesimen agar proses pengujian dapat diamati dengan mudah. Selanjutnya dilakukan pengamplasan hingga permukaan halus menggunakan mesin Gripo 2M. Setelah dilakukan *polishing* dengan menggunakan autosol. Setelah dilakukan polishing benda kerja di berikan etsa berupa HNO_3 dan dikeringkan menggunakan *hair drayer*. Setelah spesimen kering dilakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop SEM dengan perbesaran 200x dilakukan pada bagian tepi dan tengah.

3.4.5 Pengujian Korosi

Pengujian korosi bertujuan untuk mengetahui ketahan material logam ketika terkena reaksi kimia dari lingkungan. Pada pengujian korosi ini kita menggunakan *bearing* baja karbon tinggi. Pengujian korosi ini dilakukan selama 40 hari. Setiap 10 harinya akan dilakukan pengecekan berat apakah ada kehilangan berat dari spesimen tersebut. Air laut yang digunakan pengujian diambil dari pantai Wedi Ombo, Gunungkidul, Yogyakarta. Kemudian data yang diperoleh dari penurunan atau perubahan berat spesimen dihitung laju korosinya dengan satuan *millimeter per year* (*mmpy*) menggunakan persamaan laju korosi.

Nilai laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$\mathrm{CR\ (mmpy)} = \frac{\mathrm{k \times w}}{\mathrm{D \times A \times T}} \tag{3.4}$$

Dengan CR adalah nilai laju korosi dalam mmpy, k adalah konstanta ($8{,}76\times10^4$), w adalah massa yang hilang dalam gram, D adalah massa jenis sampel uji dalam g/cm^3, A adalah luas penampang dalam cm^2, dan T adalah lama waktu pengujian dalam jam.

Bab 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis Pengujian

Penelitian ini dilakukan menggunakan beberapa jenis pengujian. Pengujian bertujuan untuk mengatahui serta mengamati sifat fisik dan sifat mekanik dari material hasil proses *carburizing* dengan variasi arang. Berikut hasil serta analisis pengujian pada penelitian ini :

4.1.1 Hasil Proses *Carburizing*

Bearing yang telah dilakukan porses *carburazing* seperti pada gambar pada 4.1 berikut ini :

Parameter yang digunakan pada proses *carburazing* ini dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1 Parameter Proses *Carburazing*

No	Parameter	Parameter yang digunakan
1	Media *Carburizing*	Arang kayu akasia, arang kelapa, arang kayu sonokeling
2	Katalis	Barium karbonat ($BaCO_3$) 10%
3	Lama penahanan (*holding time*)	3 jam
4	Media pendinginan (*quenching*)	Air
5	Suhu Pemanasan	900°C

4.1.2 Uji Komposisi Kimia

1. *Bearing* Pabrikan

Hasil pengujian komposisi kimia pada *bearing* Pabrikan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Pabrikan Tanpa Perlakuan

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	96.4210	P	0.0071
S	0.0002	Cu	0.0441
Al	0.0148	Ti	0.0035
C	1.2258	N	0.0001
Ni	0.0170	B	0.0003
Nb	0.0038	Pb	0.0101
Si	0.2897	Sb	0.0001
Cr	1.5464	Ca	0.0131
V	0.0064	Mg	0.0271
Mn	0.3803	Zn	0.0004
Mo	0.0035	Co	0.0057
W	0.0001		

2. *Bearing Aftermarket*

Hasil pengujian komposisi kimia pada *bearing aftermarket* tanpa perlakuan proses *carburazing* dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Uji Komposisi Kimia *Bearing Aftermarket* Tanpa Perlakuan

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	96.4846	P	0.0171
S	0.0080	Cu	0.0885
Al	0.0228	Ti	0.0011
C	1.1000	N	0.0001
Ni	0.0294	B	0.0003
Nb	0.0013	Pb	0.0024
Si	0.3001	Sb	0.0001
Cr	1.4667	Ca	0.0020
V	0.0086	Mg	0.0050
Mn	0.4155	Zn	0.0003
Mo	0.0371	Co	0.0073
W	0.0001		

Pada hasil pengujian komposisi kimia pada tabel 4.2 dan 4.3 kandungan karbon pada *bearing* pabrikan 1,2%C dan pada *bearing aftermarket* 1,1%C. Sehingga pada *bearing* pabrikan dan *bearing aftermarket* ini termasuk pada baja karbon tinggi yang dimana baja karbon tinggi memiliki kadar karbon lebih dari 0,6%C. Dikarenakan *bearing* berfungsi untuk menumpu sebuah poros agar dapat berputar tanpa terjadi gaya gesekan yang berlebih. Maka dari itu *bearing* dibutuhkan nilai kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi.

3. *Bearing aftermarket* dengan Proses *Carburrazing* Variasi Arang

Hasil dari proses pengujian *carburazing bearing* dengan menggunakan variasi arang akasia dapat di lihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Proses Carburizing Arang Akasia

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	96.8174	P	0.0172
S	0.0077	Cu	0.0369
Al	0.0090	Ti	0.0020
C	1.1088	N	0.0199
Ni	0.0218	B	0.0003
Nb	0.0008	Pb	0.0027
Si	0.2267	Sb	0.0006
Cr	1.3525	Ca	0.0008
V	0.0040	Mg	0.0031
Mn	0.3469	Zn	0.0001
Mo	0.0036	Co	0.0053
W	0.0001		

Hasil dari proses pengujian *carburazing bearing* dengan menggunakan variasi arang kelapa dapat di lihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Proses Carburizing Arang Kelapa

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	96.7800	P	0.0147
S	0.0072	Cu	0.0365
Al	0.0071	Ti	0.0021
C	1.1054	N	0.0226
Ni	0.0182	B	0.0002
Nb	0.0013	Pb	0.0029
Si	0.2392	Sb	0.0002
Cr	1.3640	Ca	0.0063
V	0.0045	Mg	0.0145
Mn	0.3559	Zn	0.0002
Mo	0.0014	Co	0.0062
W	0.0001		

Hasil dari proses pengujian *carburazing bearing* dengan menggunakan variasi arang sonokeling dapat di lihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Proses Carburizing Arang Sonokeling

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	96.9283	P	0.0145
S	0.0100	Cu	0.0695
Al	0.0159	Ti	0.0015
C	1.0809	N	0.0330
Ni	0.0181	B	0.0003
Nb	0.0009	Pb	0.0012
Si	0.2015	Sb	0.0018
Cr	1.2655	Ca	0.0018
V	0.0031	Mg	0.0062
Mn	0.3334	Zn	0.0001
Mo	0.0010	Co	0.0043
W	0.0001		

Berdasarkan hasil pengujian komposisi kima pada benda uji *bearing aftermarket* tanpa perlakuan kadar karbon yang didapat sebesar 1,1%C terdapat pada tabel 4.3. Sedangkan jika dilakukan proses *carburazing* dengan variasi arang akasia, kelapa dan sonokeling. Pada prsoses *carburazing* ini nilai karbon pada *bearing* meningkat seperti pada variasi arang akasia sebesar 1,1088%C terdapat pada tabel 4.4 dan arang kelapa sebesar 1,1054%C terdapat pada tabel 4.5. Hal ini membuktikan dengan dilakukannya *carburazing* menggunakan variasi arang dan katalisator Barium Karbonat ($BaCO_3$) dapat meningkatkan karbon pada *bearing aftermarket* dimana karbon berfungsi sebagai unsur pengeras pada strutur baja.

Karbon ini masuk kedalam *bearing aftermarket* pada saat *bearing* dimasukan ke dalam kotak dan dipanaskan didalam *furnace* pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan 3 jam sehingga karbon ini berdifusi masuk kedalam permukaan *bearing* dan meningkatkan karbonnya. Banyaknya kadar karbon yang terdifusi kedalam permukaan bearing dapat di pengaruhi oleh kadar karbon yang terkandung pada masing masing arang dimana arang akasia kadar karbonnya yaitu 96.55%C (Yosinta, 2019), arang kelapa yaitu 93,19%C (Taer, E., Aiman, S., Sugianto, Taslim, 2015), arang sonokeling yaitu 91,69%C (Veronika Yuli, 2005). Sedangkan pada arang sonokeling ini kadar karbon sebesar 1,0809%C terdapat pada tabel 4.6 mengalami penurunan pada karbon yang dimana *bearing aftermarket* tanpa perlakuan ini memiliki jumlah karbon sebesar 1,1%C. Hal ini disebabkan pada *bearing* yang dilakukan *carburazing* variasi arang sonokeling terlalu dalam pada proses pengamplasannya sehingga kadar karbon pada *bearing* dengan variasi arang sonokeling ini berkurang. Semakin dalam proses pengamplasan maka pada saat pengujian komposisi kimia hasil yang didapat tidak maksimal dan juga jika di bandingkan dengan *bearing* pabrikan kadar karbon yang dimiliki yaitu 1,22%C dimana pada *bearing aftermarket* dengan perlakuan *carburazing* kadar karbonnya tidak mencapai 1,22%C masalah ini sama seperti pada *bearing aftermarket* dengan perlakuan *carburazing* dengan menggunakan variasi arang sonokeling.

4.1.3 Uji Keausan

Pengujian keausan benda kerja *bearing aftermarket* tanpa perlakukan dan *bearing aftermarket* dengan perlakuan *carburazing* variasi arang akasia, kelapa dan sonokeling menggunakan *Universal Friction Wear Tester*. pada pengujian keausan ini bagian yang diuji yaitu bagain permukaan pada spesimen. Pengujian keausa ini menggunakan 3 sampel untuk baering dengan proses *carburazing* tiap variasi arang sedangkan *bearing* tanpa perlakuan *carburazing* menggunakan 1 sample. Untuk masing masing sample digunakan 3 titik untuk dijadikan rata-rata dari uji keausan dengan jarak pengausan yaitu 15 meter dan diberikan pembebanan sebesar 6,36 kg. Setelah itu dilakukan pengukuran pada panjang dari area yang tergores untuk dilakukan perhitungan untuk mencari volume tergores dengan menggunakan persamaan (3.1). Setelah itu dilakukan perhitungan untuk mencari nilai laju keausan dengan menggunakan persamaan (3.2). sebagai salah satu contoh

perhitungan untuk mencari volume tergores dan nilai laju keausan pada dibawah ini.

Bearing aftermarket dengan proses *carburazing* variasi arang akasia sampel 1 :

Diketahui tebal disk (B) dari *bearing* tersebut 3,45 mm dan jari jari disk (r) tersebut 13,6 mm. Berikut perhitungan untuk mencari volume tergores menggunakan persamaan (3.1).

Pada titik 1

$$W = \frac{3{,}45 \times (0{,}37)^3}{12 \times 13{,}6} = 0{,}00103 \text{ mm}^3$$

Selanjutnya dilakukan pencarian nilai laju keausan pada *bearing* dengan menggunakan persamaaan (3.2).

Pada titik 1

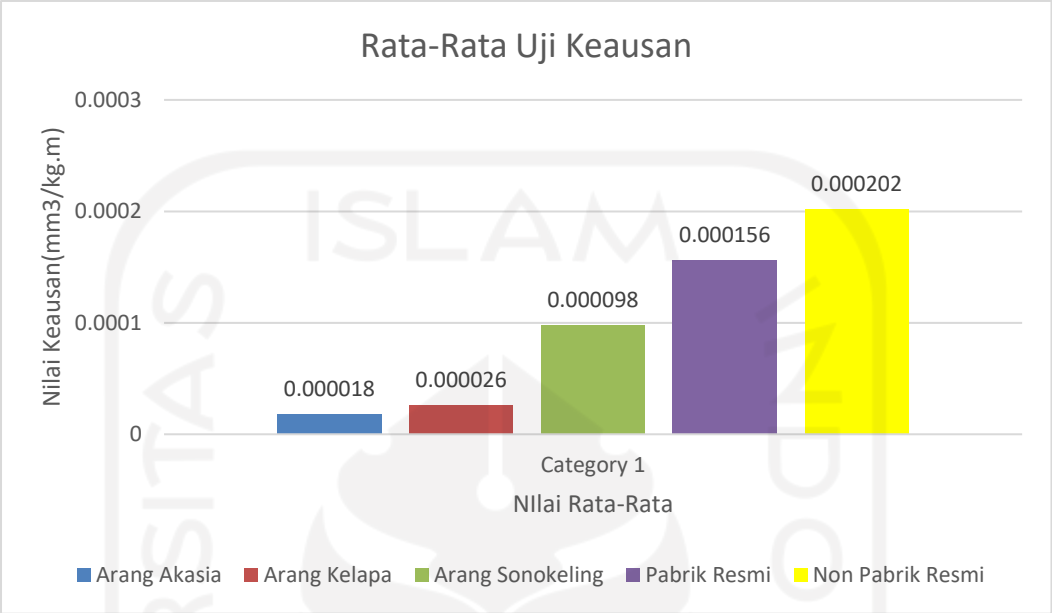
$$W_s = \frac{3{,}45 \times (0{,}37)^3}{8 \times 13{,}6 \times 6{,}36 \times 15} = 0{,}000017 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$$

Setelah didapat hasil laju keausan baering selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari rata-rata dari laju keausan *bearing* tersebut.

$$\overline{W_s} = \frac{0{,}000017 + 0{,}000017 + 0{,}000020}{3} = 0{,}000018 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$$

Untuk nilai laju keausan *bearing* pabrikan dan *bearing aftermarket* tanpa perlakukan *carburazing* dan *bearing* yang diberikan perlakuan *carburazing* variasi arang dapat dilihat pada lampiran. Berdasarkan pada hasil pengujian keausan *bearing aftermarket* tanpa perlakuan *carburazing* memiliki nilai keausan rata-rata sebesar 0,000202 mm^3/kg.m sedangkan nilai keausan rata-rata pada *bearing* pabrikan tanpa perlakuan 0,000156 mm^3/kg.m. Hasil pengujian keausan yang dilakukan proses *carburazing* pada *bearing* untuk 3 spesimen dengan menggunakan arang akasia yaitu sebesar 0,000018 mm^3/kg.m, 0,000014 mm^3/kg.m, 0,000022 mm^3/kg.m. untuk 3 spesimen *bearing* menggunakan arang brikep kelapa nilai keausan rata-rata yaitu sebesar 0,000009 mm^3/kg.m, 0,000010 mm^3/kg.m, 0,000059 mm^3/kg.m. dan untuk 3 spesmien *bearing* menggunakan arang sonokeling nilai rata-rata keausan yaitu sebesar 0,000128 mm^3/kg.m, 0,000077 mm^3/kg.m, 0,000088 mm^3/kg.m.

Pada gambar 4.1 yang menunjukan nilai rata-rata keausan dari *bearing* tanpa perlakuan dan *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* dengan menggunakan variasi arang yaitu ; arang akasia, arang kelapa, arang sonokeling dari 3 spesimen uji yang dirata-rata.



Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Nilai Keausan Rata-Rata

Dari gambar 4.1 dapat kita lihat bahwa nilai keausan rata-rata *bearing* dengan proses *carburazing* variasi arang mengalami peningkatan ketahanan aus jika dibandingkan dengan *bearing* pabrikan dan *bearing aftermarket*. Dapat disimpulkan pada hasil proses *carburazing* dengan menggunakan variasi arang memiliki ketahanan aus yang lebih baik dibandingkan dengan *bearing* tanpa perlakuan *carburazing*.Tetapi ketahanan aus yang paling baik yaitu pada *bearing* yang diberikan perlakuan *carburazing* dengan menggunakan arang akasia dikarenakan kadar karbonnya lebih tinggi yaitu 1.1088%C dibandingkan dengan *bearing* yang di *carburazing* dengan menggunakan arang kelapa yaitu 1.1054%C dan arang sonokeling yaitu 1.0809%C hal ini dikarena arang akasia memiliki kadar karbon yang lebih tinggi yaitu 96.55% dibandingkan dengan arang kelapa 93.19% dan arang sonokeling 91% sehingga dari persentase tiap arang tersebut dapat mempengaruhi kadar karbon yang berdifusi pada *bearing* yang dilakukan proses *carburazing*. Maka dari itu semakin tinggi kadar karbon pada *bearing* maka *bearing* tersebut akan memiliki ketahanan aus yang tinggi.

4.1.4 Uji Kekerasan *Vickers* Microhardness

Pengujian kekerasan *vickers microhardness* menggunakan *Universal Microhardness Tester MHV M3 Japan*. Melakukan pengujain kekerasan terhadap benda uji *bearing* tanpa perlakuan dan *bearing* yang diberikan perlakuan proses *carburazing.* Pada benda kerja *bearing* tanpa perlakuan proses pengujian dilakukan dengan 3 titik pada bagian permukaan *bearing* daengan pembebanan sebesar 200 gf. Sedangkan *bearing* dengan perlakuan *carburazing* menggunakan variasi arang dilakukan dengan 6 titik dari bagian tepi hingga ke inti material. Untuk masing masing titik memiliki jarak seperti pada tabel 3.3, serta pembebanan yang diberikan sebesar 200 gf. Berikut perhitungan untuk mencari nilai kekerasan *vickers* menggunakan persamaan (3.3). sebagai salah satu contoh perhitungannya seperti berikut ini.Pada *bearing* proses *carburizing* menggunakan variasi arang akasia sampel 1 :

Pada titik 1

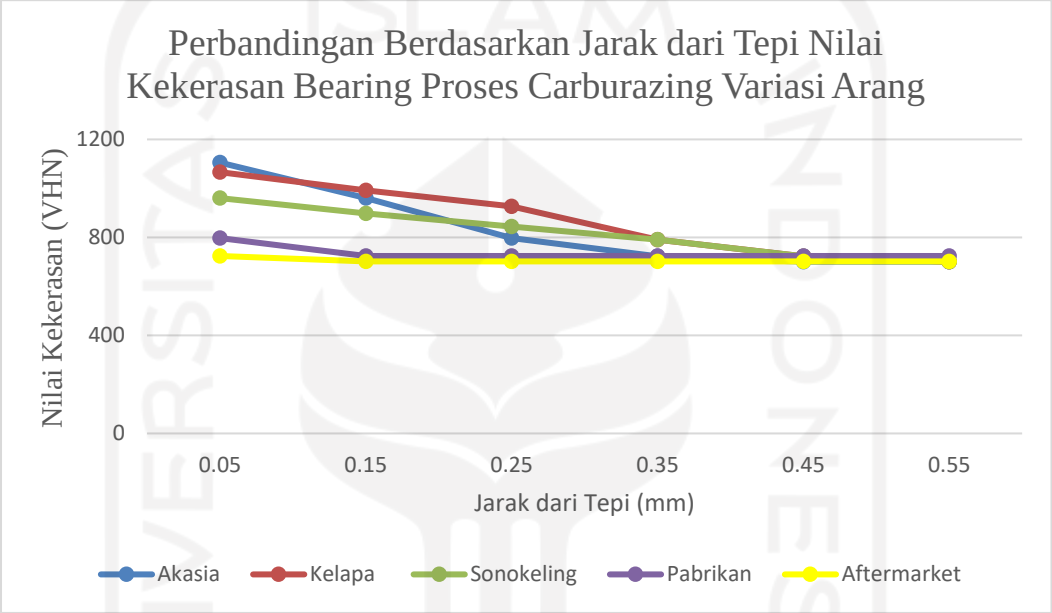
$$\frac{1854 \times 200}{18^2} = 1144{,}44 \text{ VHN}$$

Hasil pengujian kekerasan pada *bearing aftermarket* dan *bearing* pabrikan tanpa perlakuan proses *carburazing* dan *bearing* yang diberikan perlakuan *carburazing* variasi arang dapat dilihat pada lampiran.

Berdasarkan lampiran, *bearing aftermarket* tanpa proses *carburizing* memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 709,48 VHN sedangkan *bearing* pabrikan nilai kekerasan rata-rata sebesar 748,55VHN pada bagian tepi atau permukaannya. Kemudian untuk nilai kekerasan rata-rata *bearing* dengan proses *carburizing* menggunakan variasi arang didapatkan hasil dari pengujian kekerasan *vickers* pada 3 spesimen *bearing* untuk masing masing variasi arang pada pengujian titik pertama saja. yang pertama yaitu *bearing carburazing* menggunakan arang akasia yaitu spesimen pertama 1144,44 VHN, spesimen kedua 1027,15 VHN, spesimen ketiga 1144,44 VHN. Yang kedua yaitu *bearing carburazing* menggunakan arang kelapa yaitu spesimen pertama 1027,15 VHN, spesimen yang kedua 1144,44 VHN, spesimen yang ketiga 1027,15 VHN. Yang ketiga yaitu *bearing carburazing* menggunakan arang sonokeling yaitu spesimen

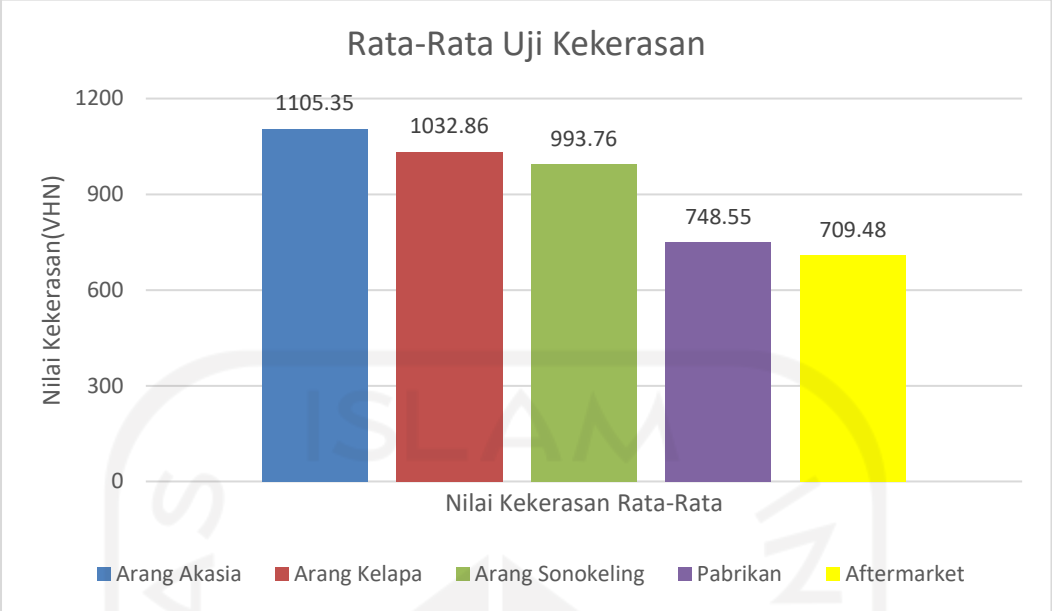
pertama 927,00 VHN, spesimen kedua 927,00 VHN, spesimen ketiga 1027,15 VHN.

Sedangan untuk grafik perbandingan nilai kekerasan berdasarkan jarak kedalaman *bearing* pabrikan , *bearing aftermarket*, dan *bearing* proses *carburizing* dengan variasi arang dapat dilihat pada gambar 4.2, dari masing-masing variasi arang diambil satu data spesimen dengan nilai kekerasan terbaik untuk mewakili tiap variasi arang



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Bearing Proses Carburazing Berdasarkan Jarak dari Tepi

Pada grafik 4.2 perbandingan *bearing* dengan proses *carburazing* dengan menggunakan variasi arang dari tepi menuju inti nilai kekerasannya akan semakin menurun. Hal ini dikarenakan proses *carburazing* itu sendiri pengerasan pada bagian permukaan. Maka dari itu proses *carburazing* itu sendiri tidak mencapai inti pada bagian *bearing* hanya pada bagian tepi saja yaitu pada jarak 0,05 mm, 0,15 mm, 0,25 mm, 0,35 mm , 0,45 mm saja. Pada saat mencapai jarak 0,55 mm nilai kekerasannya itu seragam yang dapat diartikan pada saat proses *carburazing* tersebut hanya bisa masuk sampai jarak 0,45 mm.



Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Rata-Rata

Berdasarkan gambar pada 4.3 hasil dari nilai kekerasan rata-rata untuk *bearing* tanpa perlakuan memiliki nilai kekerasan yang paling kecil sedangan *bearing* yang diberikan perlakuan *carburazing* dengan menggunakan arang sonokeling nilai kekerasannya meningkat 40% atau sebesar 993,76 VHN dari *bearing* tanpa diberikan perlakuan *carburazing*. Sedangkan untuk *bearing* yang diberikan perlakuan *carburazing* arang kelapa juga meningkat sebesar 45% atau sebesar 1032,86 VHN dari *bearing* tanpa diberikan perlakuan *carburazing*. Untuk nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu *bearing* yang diberikan perlakuan *carburazing* dengan menggunakan arang akasia meningkat sebesar 56% atau sebesar 1105,35 VHN. Pada pengujian kekerasan ini jumlah kandungan karbon pada baering ini sangat mempengaruhi nilai kekerasan pada baering maka dari itu kandungan karbon yang dimiliki arang akasia lebih tinggi dibandingkan dengan arang kelapa dan sonokeling dan juga kandungan karbon yang ada didalam arang juga dapat mempengaruhi. Semakin banyak kandungan karbon pada arang maka pada saat proses difusi berlangsung akan banyak karbon yang masuk kedalam *bearing* pada suhu austenitnya yaitu 900°C.

4.1.5 Uji Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan untuk mengetahui ketahanan korosi suatu material pada *bearing*. Pada pengujian laju korosi dilakukan dengan mengukur berat *bearing* secara berkala setiap 10 hari sebanyak 4 kali yang berlangsung selama 40 hari. hasil dari pengukuran untuk selama 40 hari setiap 10 hari sebanyak 4 kali ini didapat berat penyusutannya atau tidak terjadi penyusutan berat yang dialami oleh masing masing *bearing* tanpa perlakuan dan *bearing* yang diberikakan perlakuan variasi arang. Pada tabel 4.7 menunjukan hasil dari pengukuran berat pada benda kerja *bearing* tanpa perlakuan dan *bearing* yang diberikan perlakuan variasi arang. Satuan yang digunakan yaitu mmpy (*millimeter per year*) pada pengujian laju korosi.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Korosi

Variasi	Berat Awal (gram)	Berat Material 10 Hari ke- (gram)			
		1	2	3	4
Pabrikan	6	5,99	5,99	5,98	5,98
Aftermarket	6	5,98	5,97	5,97	5,97
Akasia	4,61	4,61	4,60	4,60	4,59
Kelapa	4,61	4,60	4,60	4,59	4,59
Sonokeling	4,61	4,60	4,60	4,59	4,59

Pada tabel 4.7 menunjukan hasil penimbangan untuk setiap 10 harinya dapat dilihat untuk baering pabrikan , *bearing aftermarket* dan *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* dengan variasi arang mengalami penurunan berat yang tidak begitu jauh. Karena *bearing* itu sendiri termasuk kedalam baja karbon tinggi yang memiliki ketahanan korosi yang baik. Dapat kita lihat pada tabel 4.7 *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* penyustan berat yang dialami lebih sedikit dibandingkan dengan *bearing aftermarket*. Sehingga pada *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* variasi arang ini dapat meningkatkan ketahan korosi pada *bearing*. Untuk memastikan peningkatan ketahan korosi harus dilakukan perhitungan laju korosi pada tabel 4.8.

Pada perhitungan laju korosi ini menggunakan data pada tabel 47 dengan menggunakan persamaan (3.4) berikut salah satu contoh perhitungan laju korosi. Perhitungan nilai laju korosi *bearing aftermarket* pada 10 hari ke-1:

Untuk diketahui : W = 0,02 gram

D = 7,90 g/cm^3

T = 24 jam × 10 hari = 240 jam

$$\text{CR (mmpy)} = \frac{\text{k} \times \text{w}}{\text{D} \times \text{A} \times \text{T}} = \frac{8{,}76 \times 10^4 \times 0{,}02}{7{,}90 \times 9{,}12 \times 240} = 0{,}101 \text{ mmpy}$$

Untuk hasil perhitungan laju korosi *bearing* pabrikan *, bearing aftermarket* dan *bearing* dengan proses *carburizing* variasi variasi arang dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Laju Korosi

Variasi	Laju Korosi 10 Hari ke- (mmpy)			
	1	2	3	4
Pabrikan	0,050	0	0,050	0
Aftermarket	0,101	0,050	0	0
Akasia	0	0,065	0	0,065
Kelapa	0,065	0	0,065	0
Sonokeling	0,065	0	0,065	0

Dari hasil perhitungan yang didapat pada tabel 4.8, kemudian hasil dari laju korosi dilakukan perbandingan dengan standar ketahanan korosi material pada tabel 2.1 untuk mengetahui kualitas ketahanan korosi spesimen uji. Untuk standar ketahanan korosi spesimen dapat dilihat pada tabel 4.9.

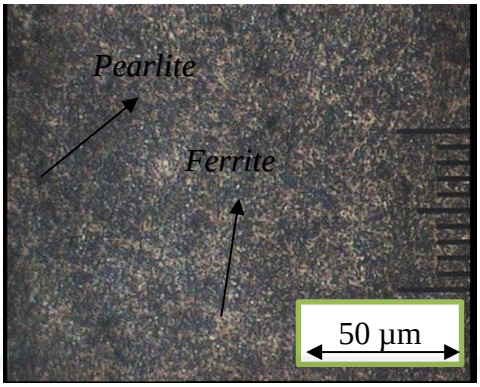
Tabel 4.9 Hasil Standar Ketahanan Korosi Spesimen Bearing

Ketahanan Korosi	Standar (mm/year)	Laju Korosi (mmpy)					Keterangan
		Pabrikan	aftermarket	Akasia	Kelapa	Sonokeling	
Outstanding	< 0.02						
Excellent	0.02-0.1	0,050	0,075	0,065	0,065	0,065	Excellent
Good	0.1-0.5						
Fair	0.5-1						
Poor	1-5						
Unacceptable	5+						

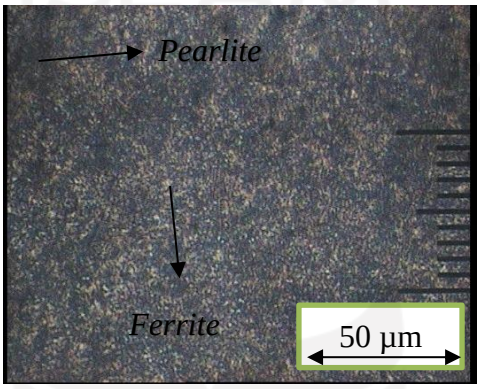
Pada tabel 4.9 hasil dari standar ketahanan korosi spesimen *bearing* pabrikan dan *bearing aftermarket* dan spesimen *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* dengan variasi arang. Pada masing masing *bearing* mendapatkan hasil excellent atau sangat baik. Tetapi dapat kita lihat pada nilai ketahanan korosi yang didapat pada *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* ini mengalami sedikit peningkatan ketahanan korosi dari *bearing aftermarket*. Hal ini terjadi pada *bearing aftermarket* biasanya yang diserang karat adalah logam besi Fe, sampai butir-butir besi Fe nya terkikis sedikit demi sedikit yang pada akhirnya unsur lain pun ikut lepas dari ikatan antar atomnya, sehingga menimbulkan rongga-rongga besar dan merata sepanjang permukaan. Sedangkan pada *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* variasi arang memiliki jarak antar atom Fe yang saling mengikat yang selalu di isi oleh atom karbon pada setiap ruang kosong antar atom Fe itu sendiri, dengan kata lain bahwa atom besi Fe selalu dikelilingi oleh atom karbon, sehingga semakin banyak atom karbon yang mengikat atom besi Fe, maka semakin sulit terkorosi oleh air laut.

4.1.6 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur yang terbentuk pada suatu logam. Pada pengamatan ini dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 200 kali. Spesimen yang diamati terdiri dari satu sampel dari masing-masing variasi arang. Kemudian bagian yang diamati, yaitu bagian tepi dan bagian tengah spesimen. Pada gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro dari *bearing* tanpa proses *carburizing*.



Gambar 4. 4 Struktur Mikro *Bearing* Pabrikan

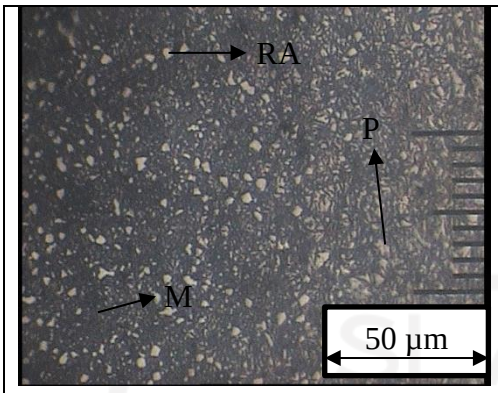
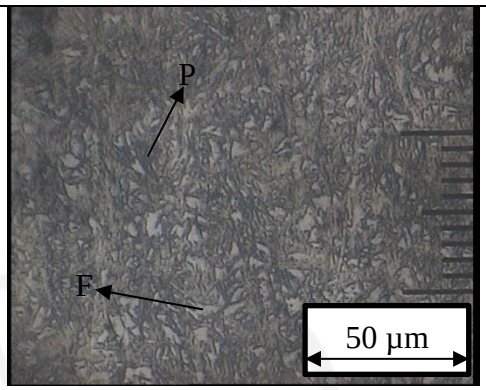
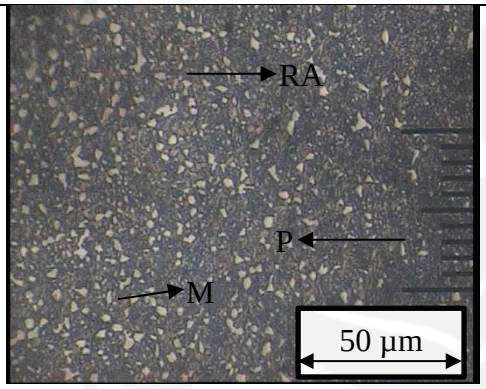
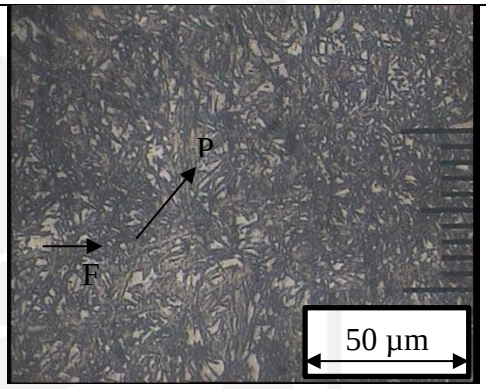
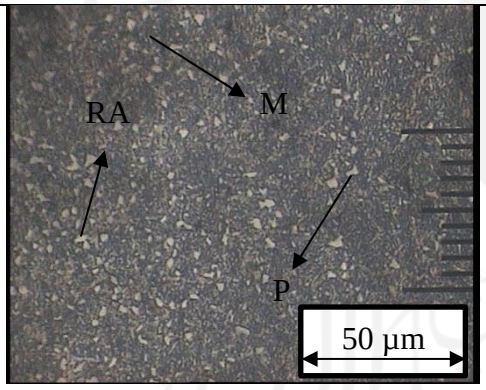
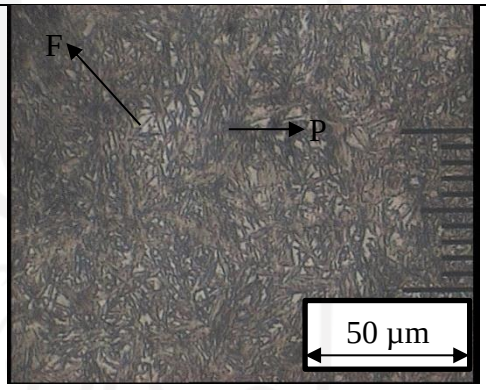


Gambar 4. 5 Struktur Mikro *Bearing Aftermarket*

Pada gambar 4.4 yaitu hasil struktur mikro *bearing* pabrikan dan *bearing aftermarket* terlihat bahwa struktur pada spesimen terdiri dari *ferrite* yang berwarna putih dan *pearlite* yang berwarna hitam atau gelap. Pada struktur spesimen *bearing* tanpa perlakuan ini di dominasi dengan *ferrite* dan *Pearlite.* Karena *bearing* sendiri termasuk pada baja karbon tinggi dimana *bearing* itu sendiri memiliki kadar karbon diatas 0,6%C.

Pada tabel 4.10 menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro dari *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi arang.

Tabel 4.10 Pengamatan Struktur Mikro Bearing dengan Proses Carburizing Menggunakan Variasi Arang

	
Arang Akasia Tepi	Arang Akasia Tengah
	
Arang Kelapa Tepi	Arang kelapa Tengah
	
Arang Sonokeling Tepi	Arang Sonokeling Tengah

Pada tabel 4.10 di dapat hasil pengamatan struktur mikro *bearing* dengan dilakukan proses *carburazing* menggunakan variasi arang akasia, arang kelapa, arang sonokeling pada 2 bagian yaitu bagian tepi dan bagian tengah. Pada arang akasia bagian tepi memiliki struktur *pearlite* dan *martensite*. Struktur *martensite* ini dapat meningkatkan nilai kekerasan dan ketahanan aus pada *bearing*. Sehingga

dibagian tepi tersebut menjadi keras. Pada bagian tengah *bearing* arang akasia ini memiliki struktur *ferrite* dan *pearlite* berbeda dengan bagian tepi yang memiliki *martensite* sehingga pada bagian tengah tidak lebih keras dibandingkan di bagian tepi. Pembentukan *martensite* disebabkan oleh proses pendinginan yang cepat pada proses *carburazing*.

Pada *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* menggunakan arang kelapa pada bagian tepi memiliki struktur pearlit dan *martensite*. Pada *bearing* dengan dilakukan proses *carburazing* menggunakan arang kelapa struktur *martensite*nya lebih sedikit dibandingkan dengan arang akasia sehingga pada arang akasia memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *bearing* dengan perlakuan *carburazing* menggunakan kelapa. sedangkan pada bagian tengah memiliki struktur pearlit dan *ferrite*.

Pada *bearing* yang diberikan proses *carburazing* menggunakan arang sonokeling pada bagian tepi struktur yang didapat yaitu *pearlite* dan *martensite*. tetapi *martensite* pada baering dengan dilakukan proses *carburazing* menggunakan media arang akasia dan kelapa lebih banyak dibandingkan dengan *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* dengan menggunakan arang sonokeling. Sehingga nilai kekerasan yang didapat pada *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* dengan menggunakan arang sonokeling paling rendah dibandingkan dengan *bearing* yang dilakukan proses *carburazing* dengan menggunakan arang akasia dan arang kelapa. pada bagian tengah struktur yang ada yaitu pearlit dan ferrit.

Pada hasil struktur mikro *bearing* dengan proses *carburazing* dengan menggunakan arang akasia, arang kelapa dan arang sonokeling terdapat austenit sisa. Austenit sisa ini terjadi karena pada saat austenite yang mengalami transformasi menjadi struktur *martensite* jika dilakukan proses pendinginan ke temperatur ruang, masih terdapat austenit yang tidak mengalami transformasi yang biasa disebut austenit sisa. Hal ini menyebabkan pengerasan baja tidak optimal. Austenit sisa akan semakin meningkat dengan meningkatnya kadar karbon pada suatu material logam. Untuk memaksimalkan pembentukan martensit perlu dilakukan proses pendinginan *subzero treatment*.

Bab 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses *carburazing* pada bearing *aftermarket*, jenis arang akasia menghasilkan nilai kekerasan dan ketahanan aus yang paling tinggi yaitu 1105,35 VHN dan 0,000018 mm^3/kg.m, kemudian diikuti jenis arang kelapa dengan nilai 1032,86 VHN dan 0,000026 mm^3/kg.m, dan yang paling rendah adalah jenis arang sonokeling dengan nilai 993,76 VHN dan 0,000098 mm^3/kg.m. Dari ketiga jenis arang tersebut, pada bagian tepi menghasilkan *pearlite* dan *martensite* serta terdapat austenit sisa. Pada tengah hanya terdapat *pearlite* dan *ferrite*. Proses carburazing dengan variasi arang ketiganya mendapatkan hasil *excellent* pada standar laju korosi.
2. Bearing *aftermarket* yang dilakukan proses carburazing dengan menggunakan arang akasia memiliki nilai ketahanan aus 0,000018 mm^3/kg.m dan kekerasan 1105,35 VHN, sedangkan bearing *aftermarket* tanpa proses carburazing memiliki nilai ketahanan aus 0,000202 mm^3/kg.m dan kekerasan 709,48 VHN dan bearing pabrikan memiliki nilai ketahanan aus 0,000156 mm^3/kg.m dan kekerasan 748,55 VHN. Sehingga pada bearing yang dilakukan carburazing dengan jenis arang akasia menghasilkan nilai ketahanan aus dan kekerasan yang paling tinggi.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaruh proses *carburizing* variasi arang terhadap sifat fisik dan mekanik dengan menggunakan material yang berbeda.
2. Dalam pembuatan kotak karburasi perlu diperhatikan kekuatan tahan panas material kotak karburasinya.

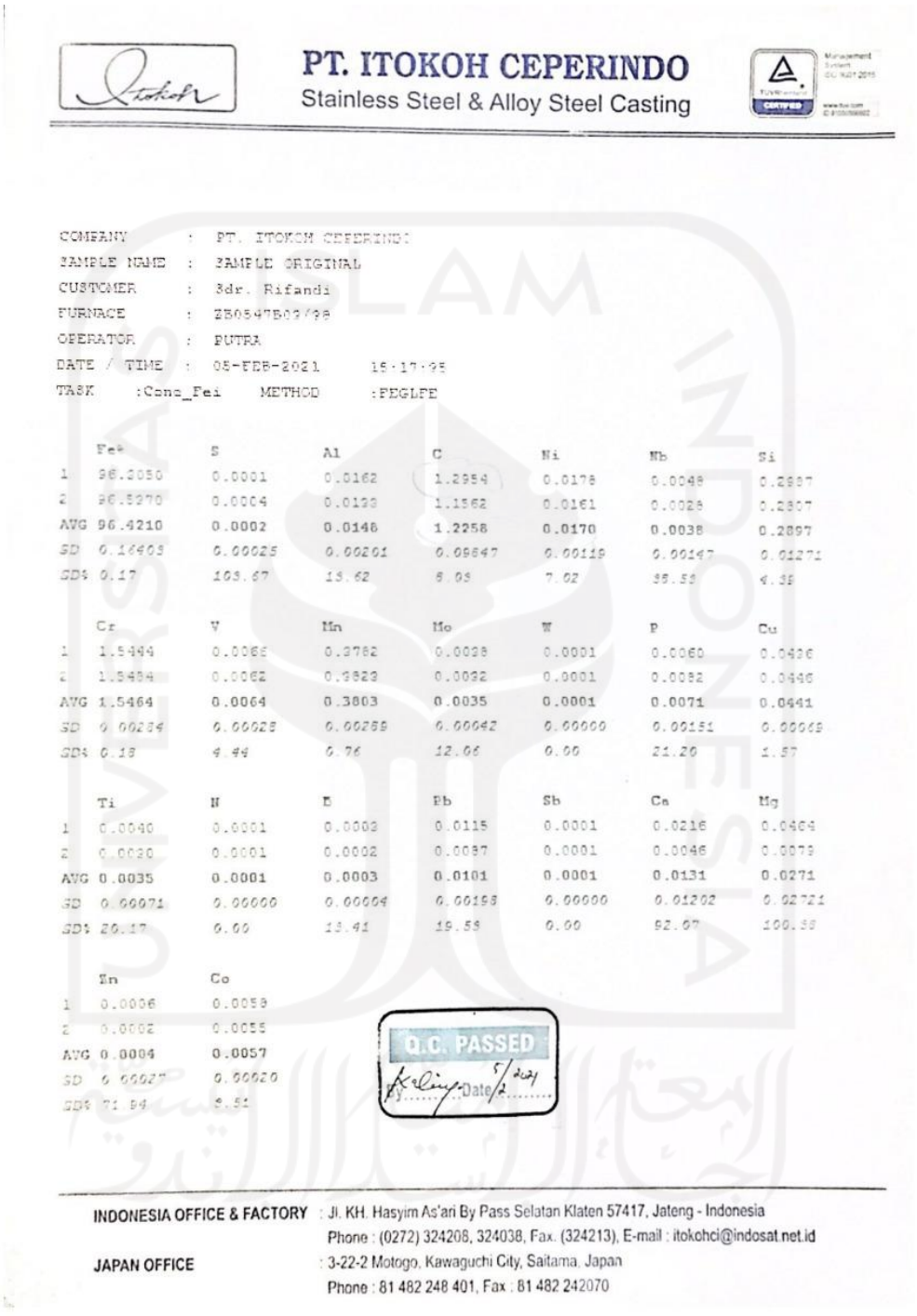
3. Sebelum dilakukan *carburazing* pada material yang tidak rata permukaannya perlu dilakukan pengamplasan terlebih dahulu agar pada saat pembuatan spesimen uji tidak perlu dilakukan pengamplasan sehingga karbon pada baja tersebut tidak berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Manurung, V., Wibowo, Y., Baskoro, S. (2020). Panduan Metalografi. Jakarta : LP2M Politeknik Manufaktur Astra.
2. Prapaska, B. P. (2020) Pengaruh Karburisasi Padat dan Quenching Pada Suhu 800^0 C Dengan Waktu Penahanan 4,6,8 Jam Menggunakan Media Arang Batok Kelapa dan Kulit Telur Sebagai Katalisator Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.
3. Nurharyanto, A. (2009). Pengaruh Media *Carburazing* Arang Sekam Padi Dan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
4. Handoyo, Y. (2015). Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Crankshaft. Bekasi : Universitas Islam 45 Bekasi.
5. Hutama, A. S. (2011) Peningkatan ketahanan Aus Baja Karbon Rendah 0, 0722% C Dengan Metode Pelapisan Hard Chrome. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.
6. Ramadani, A. (2017). Analisis Perbedaan Laju Korosi Material Jari-jari Sepeda Motor (Spokes) pada Berbagai Media Air yang Berkonsentrasi Asam di Daerah Perindustrian. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
7. Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji, A. (2015). Analisa Laju Korosi pada pelat baja Karbon dengan Variasi ketebalan coating. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
8. Iqbal, M. (2008). Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Pengkarbonan Padat Baja Karbon Rendah. Palu : Universitas Tadulako.
9. Afriany, R., Asmadi, A., & Nuryanti, S. Z. (2017). Analisa Pengaruh Variasi Katalis BaCO3, NaCO3 dan CaCO3 Pada Proses Karburasi Baja Karbon Sedang Dengan Pendinginan Tunggal. Palembang : Universitas IBA.

10. Sundari, E., Taufikurrahman, T., & Fahlevi, R. (2018). Analisa Pengaruh Pack Carburizing Terhadap Sifat Mekanis Sprocket *imitasi* Sepeda Motor Menggunakan Arang Kayu Gelam Dan Serbuk Cangkang Remis Sebagai Katalisator. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.
11. Sarifuddin, H.Subardi, A., Sari, D.K., Subiyanto, F. (2018). Pengaruh Kerusakan *Ball Bearing* Terhadap Kinerja. Semarang : Ilmu Pelayaran Semarang.
12. Ponang, A.P. (2018). Peningkatan Kekerasan *Sprocket imitasi* Melalui Proses Karburisasi Cair. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.
13. Veronika, Y.K. (2005). Studi Pembuatan Arang Aktif Dari Tiga Jenis Arang Produk Agroforestry. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
14. Taer, E., Aiman, S., Sugianto, Taslim, R. (2015). Variasi Ukuran Karbon Tempurung Kelapa Sebagai Alat Kontrol Kelembaban. Jakarta : Universitas Negeri Jakarta.
15. Yosinta. (2019). Kajian Produksi Nanopartikel Dari Arang Akasia Dengan Tumbukan Bola Baja Diameter ¼ Inchi Dengan Perlakuan Naoh. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
16. Hidayat, M.T. 2021. Pengaruh Variasi Media Pendinginan Pada Proses Carburizing Berupa Air, Oli SAE 10-40 W Terhadap Kekerasan Struktur Mikro dan Uji Tarik Pada Material Baja Karbon Rendah(ST-41). Skripsi. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
17. Panjaitan, A. 2015. Pengaruh Bahan Baku Arang Aktif Pada Proses Carburizing Terhadap Sifat Mekanis Baja Bohler EMS-45 Untuk Center Dead Mesin Bubut Konvensional. Jurnal Ilmiah "MEKANIK" Teknik Mesin ITM. Vol.1, No.2. Politeknik Tanjungbalai. Sumatera Utara.
18. Utami L.P., dkk. 2019. Analisis Pengaruh Variasi Komposisi Katalis Pada Proses Pack Carburizing Baja Karbon Rendah Terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro. SURYA TEKNIKA. Vol.6, No.1. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Riau. Pekanbaru.

LAMPIRAN



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting

COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
SAMPLE NAME : SAMPLE ORIGINAL
CUSTOMER : Bdr. Rifandi
FURNACE : ZS0547B03/98
OPERATOR : PUTRA
DATE / TIME : 05-FEB-2021 16:17:05
TASK :Cons_Fei METHOD :FEGLFE

	Fe*	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	96.2050	0.0001	0.0162	1.2954	0.0178	0.0048	0.2987
2	96.5370	0.0004	0.0130	1.1562	0.0161	0.0028	0.2807
AVG	96.4210	0.0002	0.0146	1.2258	0.0170	0.0038	0.2897
SD	0.16603	0.00025	0.00201	0.09647	0.00119	0.00147	0.01271
SD%	0.17	103.67	13.62	8.03	7.02	38.58	4.39

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	1.5444	0.0066	0.3782	0.0038	0.0001	0.0060	0.0436
2	1.5484	0.0062	0.3823	0.0032	0.0001	0.0082	0.0446
AVG	1.5464	0.0064	0.3803	0.0035	0.0001	0.0071	0.0441
SD	0.00283	0.00028	0.00289	0.00042	0.00000	0.00151	0.00069
SD%	0.18	4.44	0.76	12.06	0.00	21.20	1.57

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0040	0.0001	0.0003	0.0115	0.0001	0.0216	0.0404
2	0.0030	0.0001	0.0002	0.0087	0.0001	0.0046	0.0079
AVG	0.0035	0.0001	0.0003	0.0101	0.0001	0.0131	0.0271
SD	0.00071	0.00000	0.00004	0.00198	0.00000	0.01202	0.02721
SD%	20.17	0.00	13.41	19.58	0.00	92.07	100.38

	Zn	Co
1	0.0006	0.0059
2	0.0002	0.0055
AVG	0.0004	0.0057
SD	0.00027	0.00020
SD%	71.94	3.51

Q.C. PASSED
By..... Date 5/2 2021

INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57417, Jateng - Indonesia
Phone : (0272) 324208, 324038, Fax. (324213), E-mail : itokohci@indosat.net.id
JAPAN OFFICE : 3-22-2 Motogo, Kawaguchi City, Saitama, Japan
Phone : 81 482 248 401, Fax : 81 482 242070

Dipindai dengan CamScanner

PT. ITOKOH CEPERINDO

Stainless Steel & Alloy Steel Casting

COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
SAMPLE NAME : SAMPLE EKSTRA
CUSTOMER : Sdr. Rifandi
FURNACE : ZE0547B03/36
OPERATOR : PUTRA
DATE / TIME : 05-FEB-2021 15:17:47
TASK :Conc_Fei METHOD :FEGLEE

	Fe*	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	96.4828	0.0100	0.0227	1.0976	0.0206	0.0009	0.3004
2	96.4863	0.0059	0.0229	1.1023	0.0281	0.0017	0.2997
AVG	96.4846	0.0080	0.0228	1.1000	0.0294	0.0013	0.3001
SD	0.00250	0.00292	0.00015	0.00330	0.00181	0.00057	0.00049
SD%	0.00	36.66	0.65	0.30	6.15	44.96	0.16

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	1.4679	0.0085	0.4121	0.0379	0.0001	0.0199	0.0879
2	1.4654	0.0086	0.4189	0.0363	0.0001	0.0144	0.0892
AVG	1.4667	0.0086	0.4155	0.0371	0.0001	0.0171	0.0885
SD	0.00176	0.00002	0.00480	0.00112	0.00000	0.00389	0.00095
SD%	0.12	0.26	1.16	3.02	0.00	22.78	1.11

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0011	0.0001	0.0003	0.0022	0.0001	0.0020	0.0048
2	0.0010	0.0001	0.0003	0.0027	0.0001	0.0020	0.0052
AVG	0.0011	0.0001	0.0003	0.0024	0.0001	0.0020	0.0050
SD	0.00008	0.00000	0.00001	0.00036	0.00000	0.00003	0.00031
SD%	7.01	0.00	4.58	14.56	0.00	1.74	6.13

	Zn	Co
1	0.0002	0.0073
2	0.0005	0.0073
AVG	0.0003	0.0073
SD	0.00020	0.00000
SD%	69.94	0.02

Q.C. PASSED
By..... Date 5/2 2021

INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57417, Jateng - Indonesia
Phone : (0272) 324208, 324038, Fax. (324213), E-mail : itokohci@indosat.net.id
JAPAN OFFICE : 3-22-2 Motogo, Kawaguchi City, Saitama, Japan
Phone : 81 482 248 401, Fax : 81 482 242070

PT. ITOKOH CEPERINDO

Stainless Steel & Alloy Steel Casting

COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
SAMPLE NAME : SONOKELING
CUSTOMER : Sdr. Kholifah P. I
FURNACE : ZC0245F01/66
OPERATOR : PUTRA
DATE / TIME : 02-MAR-2021 15:51:03
TASK :Cons_Fei METHOD :FEGLFE

	Fe*	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	96.9031	0.0103	0.0168	1.1001	0.0181	0.0007	0.2046
2	96.9535	0.0098	0.0150	1.0616	0.0182	0.0011	0.1984
AVG	96.9283	0.0100	0.0159	1.0809	0.0181	0.0009	0.2015
SD	0.03567	0.00056	0.00125	0.02722	0.00006	0.00028	0.00459
SD%	0.04	5.55	7.85	2.52	0.31	37.47	2.16

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	1.2662	0.0031	0.3311	0.0011	0.0001	0.0147	0.0689
2	1.2648	0.0032	0.3357	0.0009	0.0001	0.0142	0.0700
AVG	1.2655	0.0031	0.3334	0.0010	0.0001	0.0145	0.0695
SD	0.00095	0.00003	0.00326	0.00011	0.00000	0.00039	0.00082
SD%	0.08	1.10	0.98	10.99	0.00	2.68	1.18

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0016	0.0339	0.0002	0.0010	0.0016	0.0030	0.0069
2	0.0014	0.0321	0.0003	0.0015	0.0019	0.0006	0.0054
AVG	0.0015	0.0330	0.0003	0.0012	0.0018	0.0018	0.0062
SD	0.00010	0.00125	0.00001	0.00036	0.00028	0.00171	0.00056
SD%	6.74	3.80	5.55	28.89	15.16	94.17	62.57

	Zn	Co
1	0.0001	0.0043
2	0.0001	0.0044
AVG	0.0001	0.0043
SD	0.00001	0.00004
SD%	4.42	0.56

Q.C. PASSED
By. Date 2/3

INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57417, Jateng - Indonesia
Phone : (0272) 324208, 324038, Fax. (324213), E-mail : itokohci@indosat.net.id
JAPAN OFFICE : 3-22-2 Mologo, Kawaguchi City, Saitama, Japan
Phone : 81 482 248 401, Fax : 81 482 242070

PT. ITOKOH CEPERINDO

Stainless Steel & Alloy Steel Casting

COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
SAMPLE NAME : AKA3IA
CUSTOMER : Bdr. Khalifah P. I
FURNACE : ZC0245F01/65
OPERATOR : PUTRA
DATE / TIME : 02-MAR-2021 15:48:41
TASK :Conc_Fei METHOD :FEGLFE

	Fe%	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	96.7984	0.0079	0.0090	1.1241	0.0219	0.0009	0.2297
2	96.8363	0.0075	0.0089	1.0935	0.0217	0.0007	0.2238
AVG	**96.8174**	**0.0077**	**0.0090**	**1.1088**	**0.0218**	**0.0008**	0.2267
SD	0.02679	0.00026	0.00011	0.02162	0.00014	0.00012	0.00412
SD%	0.03	3.64	1.25	1.95	0.65	15.55	1.82

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	1.3527	0.0040	0.3450	0.0035	0.0001	0.0177	0.0360
2	1.3524	0.0040	0.3488	0.0036	0.0001	0.0167	0.0372
AVG	**1.3525**	**0.0040**	**0.3469**	**0.0036**	**0.0001**	**0.0172**	0.0369
SD	0.00024	0.00003	0.00275	0.00005	0.00000	0.00070	0.00039
SD%	0.02	0.69	0.79	1.47	0.00	4.08	1.06

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0020	0.0200	0.0003	0.0027	0.0006	0.0013	0.0041
2	0.0021	0.0199	0.0003	0.0026	0.0004	0.0004	0.0021
AVG	**0.0020**	**0.0199**	**0.0003**	**0.0027**	**0.0006**	0.0008	0.0031
SD	0.00003	0.00002	0.00000	0.00009	0.00029	0.00064	0.00145
SD%	1.27	0.09	1.68	3.45	49.69	78.35	46.92

	En	Co
1	0.0001	0.0052
2	0.0001	0.0053
AVG	**0.0001**	**0.0053**
SD	0.00001	0.00004
SD%	11.40	0.80

Q.C. PASSED
by.....Date 2/2/3

INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57417, Jateng - Indonesia
Phone : (0272) 324208, 324038, Fax. (324213), E-mail : itokohci@indosat.net.id

JAPAN OFFICE : 3-22-2 Mologo, Kawaguchi City, Saitama, Japan
Phone : 81 482 248 401, Fax : 81 482 242070

PT. ITOKOH CEPERINDO

Stainless Steel & Alloy Steel Casting

COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
SAMPLE NAME : BRIKET KELAPA
CUSTOMER : Bdr. Kholifah P. I
FURNACE : ZC0245F01/67
OPERATOR : PUTRA
DATE / TIME : 02-MAR-2021 15:52:43
TASK :Conc_Fei METHOD :FEGLFE

	Fe%	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	96.7253	0.0081	0.0077	1.1369	0.0182	0.0010	0.2468
2	96.8348	0.0063	0.0065	1.0740	0.0182	0.0016	0.2322
AVG	**96.7800**	**0.0072**	**0.0071**	**1.1054**	**0.0182**	**0.0013**	**0.2392**
SD	*0.07744*	*0.00134*	*0.00059*	*0.04449*	*0.00005*	*0.00047*	*0.00991*
SD%	*0.08*	*18.59*	*12.56*	*4.03*	*0.28*	*36.37*	*4.14*

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	1.3634	0.0045	0.3534	0.0014	0.0001	0.0154	0.0369
2	1.3646	0.0045	0.3583	0.0014	0.0001	0.0139	0.0366
AVG	**1.3640**	**0.0045**	**0.3559**	**0.0014**	**0.0001**	**0.0147**	**0.0365**
SD	*0.00051*	*0.00002*	*0.00345*	*0.00001*	*0.00000*	*0.00106*	*0.00024*
SD%	*0.06*	*0.54*	*0.97*	*0.53*	*0.00*	*7.20*	*0.65*

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0023	0.0252	0.0002	0.0027	0.0001	0.0106	0.0249
2	0.0019	0.0190	0.0002	0.0032	0.0002	0.0019	0.0047
AVG	**0.0021**	**0.0226**	**0.0002**	**0.0029**	**0.0002**	**0.0063**	**0.0145**
SD	*0.00029*	*0.00508*	*0.00000*	*0.00033*	*0.00004*	*0.00612*	*0.01352*
SD%	*13.99*	*22.51*	*1.77*	*11.38*	*24.74*	*97.88*	*93.94*

	Zn	Co
1	0.0002	0.0062
2	0.0001	0.0062
AVG	**0.0002**	**0.0062**
SD	*0.00007*	*0.00001*
SD%	*39.29*	*0.17*

Q.C. PASSED
By..... Date 2/3/21

INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57417, Jateng - Indonesia
Phone : (0272) 324208, 324038, Fax. (324213), E-mail : itokohci@indosat.net.id

JAPAN OFFICE : 3-22-2 Motogo, Kawaguchi City, Saitama, Japan
Phone : 81 482 248 401, Fax : 81 482 242070

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN

Variasi Spesimen	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm³)	Keausan (Ws; mm³/kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm³/kg.m)
Original	1	3,45	13,6	0,87	0,01401	0,00022	0,000156
	2	3,45	13,6	0,68	0,00650	0,00010	
	3	3,45	13,6	0,76	0,00926	0,00015	
Imitasi	1	3,45	13,6	0,84	0,01270	0,00020	0,000202
	2	3,45	13,6	0,98	0,02016	0,00032	
	3	3,45	13,6	0,65	0,00572	0,00009	

Keterangan:
1. Pengujian dilakukan tanggal 13 Maret 2021
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 6,36 kg

Pengujian & Analisa Material
Lab. Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN

Variasi Spesimen	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm³)	Keausan (Ws; mm³/kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm³/kg.m)
Arang Akasia_1	1	3,45	13,6	0,37	0,00103	0,00002	0,000018
	2	3,45	13,6	0,37	0,00103	0,00002	
	3	3,45	13,6	0,39	0,00129	0,00002	
Arang Akasia_2	1	3,45	13,6	0,34	0,00081	0,00001	0,000014
	2	3,45	13,6	0,39	0,00129	0,00002	
	3	3,45	13,6	0,31	0,00063	0,00001	
Arang Akasia_3	1	3,45	13,6	0,34	0,00081	0,00001	0,000022
	2	3,45	13,6	0,51	0,00274	0,00004	
	3	3,45	13,6	0,31	0,00063	0,00001	
Arang Kelapa_1	1	3,45	13,6	0,37	0,00103	0,00002	0,000009
	2	3,45	13,6	0,28	0,00047	0,00001	
	3	3,45	13,6	0,23	0,00024	0,00000	
Arang Kelapa_2	1	3,45	13,6	0,37	0,00103	0,00002	0,000010
	2	3,45	13,6	0,25	0,00034	0,00001	
	3	3,45	13,6	0,28	0,00047	0,00001	
Arang Kelapa_3	1	3,45	13,6	0,51	0,00274	0,00004	0,000059
	2	3,45	13,6	0,65	0,00572	0,00009	
	3	3,45	13,6	0,51	0,00274	0,00004	
Arang Sonokeling_1	1	3,45	13,6	0,59	0,00436	0,00007	0,000128
	2	3,45	13,6	0,84	0,01270	0,00020	
	3	3,45	13,6	0,70	0,00735	0,00012	
Arang Sonokeling_2	1	3,45	13,6	0,65	0,00572	0,00009	0,000077
	2	3,45	13,6	0,65	0,00572	0,00009	
	3	3,45	13,6	0,53	0,00323	0,00005	
Arang Sonokeling_3	1	3,45	13,6	0,68	0,00650	0,00010	0,000088
	2	3,45	13,6	0,68	0,00650	0,00010	
	3	3,45	13,6	0,56	0,00376	0,00006	

Keterangan:
1. Pengujian dilakukan tanggal 13 Maret 2021
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 6,36 kg

Pengujian & Analisa Material
Lab. Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

Lembar asli, tidak untuk digandakan

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

PENGUJIAN KEKERASAN VICKERS

Variasi Spesimen	Titik Uji	D1 (mm)	D2 (mm)	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)
Ori	1	0,32	0,32	0,32	724,22
	2	0,32	0,32	0,32	724,22
	3	0,31	0,30	0,31	797,21
Imitasi	1	0,33	0,31	0,32	724,22
	2	0,32	0,33	0,33	702,11
	3	0,32	0,33	0,33	702,11

Keterangan:
1. Pengujian dilakukan tanggal 6 Februari 2021
2. Pengujian menggunakan universal hardness tester
3. Pembebanan menggunakan 40 kgf

Pengujian & Analisa Material
Lab. Bahan Teknik
Departemen Teknik Mesin
Sekolah Vokasi UGM

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

PENGUJIAN KEKERASAN VICKERS

Variasi Spesimen	Titik Uji	Jarak dari Tepi (mm)	D1 (µm)	D2 (µm)	D rata-rata (µm)	Kekerasan (VHN)
Arang Akasia_1	1	0,05	18,00	18,00	18,00	1144,44
	2	0,15	20,00	20,00	20,00	927,00
	3	0,25	23,00	23,00	23,00	700,95
	4	0,35	23,00	23,00	23,00	700,95
	5	0,45	23,00	23,00	23,00	700,95
	6	0,55	23,00	23,00	23,00	700,95
Arang Akasia_2	1	0,05	19,00	19,00	19,00	1027,15
	2	0,15	20,00	20,00	20,00	927,00
	3	0,25	22,00	22,00	22,00	766,12
	4	0,35	23,00	23,00	23,00	700,95
	5	0,45	23,00	23,00	23,00	700,95
	6	0,55	23,00	23,00	23,00	700,95
Arang Akasia_3	1	0,05	18,00	18,00	18,00	1144,44
	2	0,15	19,00	19,00	19,00	1027,15
	3	0,25	20,00	20,00	20,00	927,00
	4	0,35	22,00	22,00	22,00	766,12
	5	0,45	23,00	23,00	23,00	700,95
	6	0,55	23,00	23,00	23,00	700,95
Arang Kelapa_1	1	0,05	19,00	19,00	19,00	1027,15
	2	0,15	19,50	19,50	19,50	975,15
	3	0,25	20,00	20,00	20,00	927,00
	4	0,35	21,00	21,00	21,00	840,82
	5	0,45	22,00	22,00	22,00	766,12
	6	0,55	23,00	23,00	23,00	700,95
Arang Kelapa_2	1	0,05	18,00	18,00	18,00	1144,44
	2	0,15	19,00	19,00	19,00	1027,15
	3	0,25	20,00	20,00	20,00	927,00
	4	0,35	22,00	22,00	22,00	766,12
	5	0,45	23,00	23,00	23,00	700,95
	6	0,55	23,00	23,00	23,00	700,95

Pengujian & Analisa Material
Lab. Bahan Teknik
Departemen Teknik Mesin
Sekolah Vokasi UGM

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

Lembar asli, tidak untuk digandakan

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS GADJAH MADA

PENGUJIAN KEKERASAN VICKERS

Variasi Spesimen	Titik Uji	Jarak dari Tepi (mm)	D1 (µm)	D2 (µm)	D rata-rata (µm)	Kekerasan (VHN)
Arang Kelapa_3	1	0,05	19,00	19,00	19,00	1027,15
	2	0,15	19,50	19,50	19,50	975,15
	3	0,25	20,00	20,00	20,00	927,00
	4	0,35	22,00	22,00	22,00	766,12
	5	0,45	23,00	23,00	23,00	700,95
	6	0,55	23,00	23,00	23,00	700,95
Arang Sonokeling_1	1	0,05	20,00	20,00	20,00	927,00
	2	0,15	21,00	21,00	21,00	840,82
	3	0,25	22,00	22,00	22,00	766,12
	4	0,35	22,00	22,00	22,00	766,12
	5	0,45	23,00	23,00	23,00	700,95
	6	0,55	23,00	23,00	23,00	700,95
Arang Sonokeling_2	1	0,05	20,00	20,00	20,00	927,00
	2	0,15	20,00	20,00	20,00	927,00
	3	0,25	21,00	21,00	21,00	840,82
	4	0,35	22,00	22,00	22,00	766,12
	5	0,45	23,00	23,00	23,00	700,95
	6	0,55	23,00	23,00	23,00	700,95
Arang Sonokeling_3	1	0,05	19,00	19,00	19,00	1027,15
	2	0,15	20,00	20,00	20,00	927,00
	3	0,25	20,00	20,00	20,00	927,00
	4	0,35	21,00	21,00	21,00	840,82
	5	0,45	22,00	22,00	22,00	766,12
	6	0,55	23,00	23,00	23,00	700,95

Keterangan:
1. Pengujian dilakukan tanggal 13 Maret 2021
2. Pengujian menggunakan universal hardness tester
3. Pembebanan menggunakan 200 gf

Pengujian & Analisa Material
Lab. Bahan Teknik
Departemen Teknik Mesin
Sekolah Vokasi UGM

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281