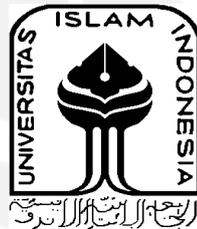


**Pengaruh Proses *Carburizing* dengan Variasi  *Holding Time*  
Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik dari *Bearing* Non-Pabrikan  
Resmi Sepeda Motor**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Rifandi Dwi Styawan**  
**No. Mahasiswa : 16525086**  
**NIRM : 2016080679**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2021**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rifandi Dwi Styawan

NIM : 16525086

Tugas Akhir dengan judul :

### **Pengaruh Proses *Carburizing* dengan Variasi *Holding Time* Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik dari *Bearing Non-Pabrikan* Resmi 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, 28 September 2021



Rifandi Dwi Styawan

NIM : 16525086

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**Pengaruh Proses *Carburizing* dengan Variasi  *Holding Time*  
Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik dari *Bearing* Non-Pabrikan  
Resmi Sepeda Motor**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

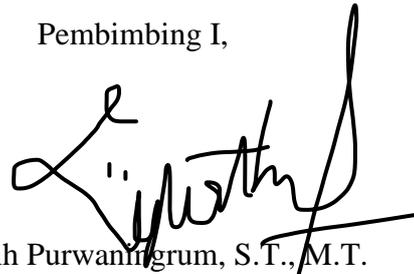
**Nama : Rifandi Dwi Styawan**

**No. Mahasiswa : 16525086**

**NIRM : 2016080679**

Yogyakarta, 20 Agustus 2021

Pembimbing I,



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

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

### Pengaruh Proses *Carburizing* dengan Variasi *Holding Time* Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik dari *Bearing* Non-Pabrikan Resmi Sepeda Motor

#### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Rifandi Dwi Styawan

No. Mahasiswa : 16525086

NIRM : 2016080679

Tim Penguji

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

Ketua

Tanggal : 28 September 2021

Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.

Anggota I

Tanggal : 28 September 2021

Muhammad Khafidh, S.T., M.T., Ph.D.

Anggota II

Tanggal : 28 September 2021

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis selalu diberikan kesehatan dan penulis ucapkan terimakasih untuk orang-orang yang terus mendukung sampai saat ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.

Terimakasih kepada Allah SWT yang memberikan nikmat ilmu, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan lancar.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya, Bapak Sefulloh dan Ibu Tarmi yang selalu mendukung serta mendoakan yang terbaik untuk saya. selalu memotivasi saya ketika menghadapi kesulitan. Karena pada dasarnya ridho Allah SWT tergantung ridho kedua orang tua kita. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua yang saya sayangi dan cintai.

Terimakasih kepada kakak saya Nadya Indi Rahesti yang selalu membantu serta mendukung saya, serta menjadi tempat bercerita keluh kesah saya. Kemudian terimakasih juga untuk adik saya Anyndhita Sefta Putri yang juga selalu memberi dukungan kepada saya.

Terimakasih kepada Bapak dan Ibu Dosen pengajar, pembimbing, dan penguji karena memberikan saya pelajaran atau ilmu yang sangat bermanfaat dan berharga ketika kuliah di Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

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

Terimakasih untuk semua yang selalu membantu dan mendukung saya. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk kalian yang saya sayangi. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berguna untuk para pembaca. Aamiin.

## HALAMAN MOTTO

“Barangsiapa yang menempuh suatu jalan untuk menuntut ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR Muslim)

“Impian tidak akan terwujud dengan sendirinya. Kamu harus segera bangun dan berupaya mewujudkannya.”

(Yusuf Mansur)

“Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari satu kegagalan ke kegagalan berikutnya tanpa kehilangan semangat.”

(Winston Churchill)

“Apabila sesuatu yang kau senangi tidak terjadi, maka senangilah apa yang terjadi.”

(Ali bin Abi Thalib)

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Waromatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillah penulis panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat Menyusun Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Proses *Carburizing* dengan Variasi  *Holding Time* Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik dari *Bearing Non-Pabrikan Resmi Sepeda Motor*”**. Atas rahmat, ridho, serta kasih sayang-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tersebut. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan studi strata-1 (S1) dan sebagai sarana untuk mengimplementasikan ilmu yang telah dipelajari selama masa studi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir, penulis ucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam membantu memberi arahan dan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan 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. Kedua orang tua saya Bapak Sefulloh dan Ibu Tarmi yang telah memberikan dukungan moril maupun materil, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
6. Kakak penulis Nadya Indi Rahesti dan Adik penulis Anyndhita Sefta Putri yang selalu memberi semangat dan motivasi kepada penulis.

7. Sahabat saya, yaitu Triyo Agung Wibowo, Bimo Aji Wibowo, Evan Candra Afita, dan Rizal Aroz Sya'bani yang selalu membantu serta memberikan semangat.
8. Khalifah Pratama Izwar sebagai teman kerja atau *partner* pada penelitian ini
9. Teman-teman Angkatan 2016 Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca. Terimakasih.

Yogyakarta, 20 Agustus 2021



Rifandi Dwi Styawan

NIM : 16525086

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini, yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* (lama penahanan) proses *carburizing* terhadap sifat fisik dan mekanik dari *bearing* non-pabrikan resmi. Penelitian ini menggunakan metode *pack carburizing* (karburasi padat). Proses *carburizing* menggunakan serbuk arang kayu akasia dicampur dengan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ). Proses *carburizing* ini menggunakan suhu pemanasan  $900^\circ\text{C}$ , dengan variasi *holding time* (lama penahanan) 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Kemudian proses *quenching* menggunakan media pendinginan air. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa lamanya *holding time* (lama penahanan) dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari *bearing* tersebut. Untuk keausan rata-rata *bearing* pabrikan resmi sebesar  $0,000156 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ , dan non-pabrikan resmi (*raw material*) sebesar  $0,000202 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ . Kemudian hasil setelah proses *carburizing*, variasi *holding time* 4 jam memiliki nilai keausan rata-rata yang terbaik, yaitu sebesar  $0,000014 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ . Untuk kekerasan rata-rata dari *bearing* pabrikan resmi sebesar 748,55 VHN, dan non-pabrikan resmi (*raw material*) sebesar 709,48 VHN. Untuk *bearing* proses *carburizing*, nilai kekerasan rata-rata paling tinggi adalah variasi *holding time* 4 jam, yaitu sebesar 1662,76 VHN. Pada pengujian korosi, *bearing* proses *carburizing* mendapatkan hasil *excellent* (sangat baik). *Bearing* proses *carburizing* dengan variasi *holding time* memiliki struktur mikro bagian tepi yaitu *pearlite* dan *martensite*, serta *retained austenite* (austenit sisa). Pada bagian tengah memiliki struktur *ferrite* dan *pearlite*.

**kata kunci : karburasi padat, bearing, lama penahanan, kekerasan, keausan**

## **ABSTRACT**

*The purpose of this study was to determine the effect of variations in the holding time of the carburizing process on the physical and mechanical properties of bearings non-official manufacturers. This research uses the pack carburizing method. The carburizing process uses acacia wood charcoal powder mixed with barium carbonate ( $BaCO_3$ ). This carburizing process uses a heating temperature of  $900^\circ C$ , with variations in holding time of 2 hours, 3 hours, and 4 hours. Then the quenching process uses water cooling media. From this research, it can be concluded that the holding time can affect the physical and mechanical properties of the bearings. The average wear of the official manufacturers bearing is  $0,000156 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ , and the non-official manufacturers (raw material) is  $0,000202 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ . Then the results after the carburizing process, holding time variations of 4 hours have the best average wear value, which is  $0,000014 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ . The average hardness of the official manufacturers bearing is 748,55 VHN, and the non-official manufacturers (raw material) is 709,48 VHN. For the bearings carburizing process, the highest average hardness value is the variation of holding time 4 hours, which is 1662,76 VHN. In the corrosion test, the bearings carburizing process got excellent results. Carburizing bearings with holding time variations have microstructures on the edges of pearlite, martensite, and retained austenite. In the middle, it has a ferrite and pearlite structure.*

**keywords : pack carburizing, bearing, holding time, 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
Abstrak .....	ix
<i>Abstract</i> .....	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel .....	xiv
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Notasi .....	xvi
Bab 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penelitian .....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Kajian Pustaka .....	4
2.2 Dasar Teori .....	6
2.3 Karburasi ( <i>Carburizing</i> ).....	7
2.4 Pendinginan Cepat ( <i>Quenching</i> ).....	8
2.5 Baja.....	8
2.5.1 Baja Karbon .....	8
2.5.2 Baja Paduan.....	9

2.6	Bantalan ( <i>Bearing</i> ) .....	9
2.7	Pengujian Material .....	10
2.7.1	Pengujian Keausan .....	10
2.7.2	Pengujian Kekerasan <i>Vickers Microhardness</i> .....	11
2.7.3	Pengujian Korosi.....	12
2.8	Pengujian Metalografi .....	12
Bab 3 Metode Penelitian .....		14
3.1	Alur Penelitian.....	14
3.2	Peralatan dan Bahan .....	15
3.3	Proses Pembuatan Spesimen .....	15
3.3.1	Proses Pemotongan Spesimen.....	15
3.3.2	Proses Karburasi ( <i>Carburizing</i> ) .....	16
3.4	Proses Pengujian.....	18
3.4.1	Pengujian Komposisi Kimia .....	18
3.4.2	Pengujian Keausan .....	19
3.4.3	Pengujian Kekerasan <i>Vickers Microhardness</i> .....	20
3.4.4	Pengujian Korosi.....	22
3.4.5	Pengamatan Struktur Mikro .....	23
Bab 4 Hasil dan Pembahasan .....		25
4.1	Hasil dan Analisis Pengujian.....	25
4.1.1	Hasil Proses <i>Carburizing</i> .....	25
4.1.2	Uji Komposisi Kimia .....	25
4.1.3	Uji Keausan.....	28
4.1.4	Uji Kekerasan <i>Vickers Microhardness</i> .....	31
4.1.5	Uji Korosi.....	33
4.1.6	Pengamatan Struktur Mikro .....	36
Bab 5 Penutup .....		39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran .....	39
Daftar Pustaka .....		40

LAMPIRAN.....	43
1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia.....	43
2. Hasil Pengujian Keausan.....	48
3. Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers Microhardness</i> .....	50



## DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Tabel Ketahanan Korosi berdasarkan Laju Korosi.....	12
Tabel 3- 1 Alat Penelitian .....	15
Tabel 3- 2 Bahan Penelitian .....	15
Tabel 3- 3 Jarak Titik pada Pengujian Kekerasan Vickers .....	21
Tabel 4- 1 Parameter Proses Carburizing.....	25
Tabel 4- 2 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Pabrikan Resmi .....	26
Tabel 4- 3 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Non-Pabrikan Resmi (Raw material) .....	26
Tabel 4- 4 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing dengan Proses Carburizing Variasi Holding Time 2 Jam.....	27
Tabel 4- 5 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing dengan Proses Carburizing Variasi Holding Time 3 Jam.....	27
Tabel 4- 6 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing dengan Proses Carburizing Variasi Holding Time 4 Jam.....	28
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 dan Variasi Holding Time.....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Ilustrasi Proses Karburasi Padat (Pack Carburizing) .....	7
Gambar 2- 2 Ilustrasi Pengujian Keausan.....	11
Gambar 2- 3 Uji Kekerasan Vickers Microhardness .....	11
Gambar 2- 4 Mikroskop Optik.....	13
Gambar 3- 1 Alur Proses Pelaksanaan Penelitian .....	14
Gambar 3- 2 Hasil Pemetongan Spesimen.....	16
Gambar 3- 3 Gerinda Tangan.....	16
Gambar 3- 4 Mesin Furnace WiseTherm.....	17
Gambar 3- 5 Penempatan Spesimen pada Kotak Karburasi .....	17
Gambar 3- 6 Proses Quenching.....	18
Gambar 3- 7 Hasil Proses Carburizing .....	18
Gambar 3- 8 Spesimen Uji Komposisi Kimia .....	19
Gambar 3- 9 Spesimen Uji Keausan .....	20
Gambar 3- 10 Alat Uji Kekerasan Vickers Microhardness .....	21
Gambar 3- 11 Spesimen Uji Kekerasan Vickers.....	21
Gambar 3- 12 Pengukuran Bearing Uji Kekerasan Vickers .....	22
Gambar 3- 13 Spesimen Pengamatan Struktur Mikro .....	23
Gambar 3- 14 Bagian Pengamatan Struktur Mikro .....	23
Gambar 3- 15 Mikroskop Optik.....	24
Gambar 4- 1 Bearing Hasil Proses Carburizing.....	25
Gambar 4- 2 Grafik Perbandingan Nilai Keausan Rata-rata.....	30
Gambar 4- 3 Grafik Kekerasan Bearing dengan Proses Carburizing Arang Akasia .....	32
Gambar 4- 4 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Rata-rata.....	33
Gambar 4- 5 Pengamatan Struktur Mikro ; (a) Bearing Pabrikan Resmi, dan (b) Bearing Non-Pabrikan Resmi .....	36

## DAFTAR NOTASI

W	= Volume tergores
B	= Tebal <i>disc</i>
b	= Panjang/ lebar tergores
r	= Jari-jari <i>disc</i>
$W_s$	= Nilai laju keausan
$P_0$	= Beban Penekanan
$l_0$	= Jarak pengausan
HV	= Nilai kekerasan <i>vickers</i>
F	= Gaya
$\alpha$	= Sudut puncak ( $136^\circ$ )
d	= Diagonal tekan rata-rata
CR	= <i>Corrosion Rate</i>
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

Kebutuhan material logam di Industri saat ini terus mengalami peningkatan. Material logam tersebut harus memiliki sifat mekanik dan sifat fisik yang baik. Namun material logam yang ada saat ini belum sepenuhnya memiliki sifat dan karakteristik yang diinginkan (Sakura dkk., 2017).

Baja karbon adalah material logam yang saat ini banyak dimanfaatkan di Industri. Baja karbon dimanfaatkan untuk membuat alat perkakas, alat pertanian, konstruksi, alat rumah tangga, dan komponen otomotif (Rizal, 2017). Contoh komponen yang berasal dari baja karbon, yaitu *bearing* pada kendaraan bermotor. *Bearing* memiliki fungsi sebagai penumpu poros putaran dan menjaga poros ban (as roda) tidak langsung bergesekkan dengan rumah (roda). Komponen ini juga dibuat minim friksi, sehingga saat roda berputar mampu terjaga kestabilannya, serta memiliki kekerasan dan juga ketahanan aus yang baik (Wijianti & Saparin, 2018). Pada saat ini mulai banyak beredar dipasaran *bearing* non-pabrikan resmi sepeda motor yang dijual dengan harga yang sangat murah dibandingkan dengan *bearing* pabrikan resminya. Usaha untuk dapat meningkatkan material logam lebih kuat terhadap gesekan, tarikan, dan tekanan adalah dengan mengeraskan material logam tersebut, salah satunya proses perlakuan panas (*heat treatment*) (Rizal, 2017).

Salah satu contoh perlakuan panas material logam, yaitu proses *carburizing*. *Carburizing* memiliki tujuan untuk meningkatkan ketahanan aus material dan juga karakteristik fatik dengan meningkatkan kekerasan permukaan material logam. Biasanya proses *carburizing* ini menggunakan karbon aktif (arang kayu) yang kemudian dicampur dengan katalis seperti barium karbonat, kalsium karbonat, atau sodium karbonat sebagai media *carburizing* dengan melalui proses pemanasan (Nanulaitta & Lilipaly, 2011). Proses *carburizing* memiliki definisi sebagai suatu proses penambahan unsur karbon (C) pada permukaan material logam. *Carburizing* tidak merubah komposisi karbon seluruhnya, tetapi hanya pada bagian permukaan yang akan berubah. Kemudian perlu diperhatikan bahwa *carburizing* dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat mekanik material logam tersebut. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi *carburizing*, diantaranya *holding time* atau

lama penahanan, temperatur pemanasan, media *carburizing*, dan media pendinginan. Penggunaan komposisi bahan karbon aktif dan katalis yang berfungsi sebagai *energizer* akan menghasilkan perbedaan pada nilai kekerasan material logam (Nurharyanto, 2009).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis ingin melakukan penelitian tentang pengaruh variasi *holding time* atau lama penahanan proses *carburizing* terhadap sifat fisik dan mekanik dari *bearing* non-pabrikan resmi sepeda motor.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang ditulis oleh penulis, maka penulis merumuskan masalah pada tugas akhir ini, yaitu: Bagaimana pengaruh variasi *holding time* atau lama penahanan proses *carburizing* terhadap sifat fisik dan mekanik dari *bearing* non-pabrikan resmi sepeda motor?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada topik tugas akhir ini agar penjelasannya tidak menyimpang dan terarah, diantaranya sebagai berikut:

1. Proses *carburizing* dilakukan dengan menggunakan mesin *furnace* Laboratorium Teknik Mesin UII.
2. *Bearing* non-pabrikan resmi yang digunakan adalah Macho dengan tipe 6301-2RS.
3. Proses dilakukan dengan tiga jenis variasi *holding time* atau lama penahanan yang berbeda, yaitu 2 (dua) jam, 3 (tiga) jam, dan 4 (empat) jam.
4. Parameter yang digunakan adalah media *carburizing* menggunakan arang kayu akasia, katalis menggunakan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), suhu pemanasan  $900^\circ\text{C}$ , dan media *quenching* atau pendinginan menggunakan air.
5. Pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian komposisi kimia, pengujian keausan, pengujian kekerasan mikro *vickers*, pengujian korosi, dan pengamatan struktur mikro.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan maka ditentukan tujuan penelitian, yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* atau lama penahanan proses *carburizing* terhadap sifat fisik dan mekanik dari *bearing* non-pabrikan resmi.
2. Untuk membandingkan sifat fisik dan mekanik *bearing* non-pabrikan resmi setelah proses *carburizing* dengan *bearing* non-pabrikan resmi (*raw material*) dan *bearing* pabrikan resmi.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini diantaranya :

1. Hasil penelitian dapat menambah pengetahuan terhadap metode proses perlakuan panas, khususnya proses *carburizing*.
2. Hasil penelitian dapat digunakan untuk mengetahui *holding time* atau lama penahanan yang optimal untuk proses *carburizing*.
3. Hasil penelitian dapat digunakan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari *bearing* non-pabrikan resmi yang telah dilakukan proses *carburizing*.
4. Hasil Penelitian dapat digunakan untuk mengetahui perbandingan sifat fisik dan mekanik dari *bearing* non-pabrikan resmi setelah proses *carburizing* dengan *bearing* non-pabrikan resmi (*raw material*) dan *bearing* pabrikan resmi.

## 1.6 Sistematika Penelitian

Penulisan tugas akhir ini diuraikan menjadi lima bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya. Bab I berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Bab II berisi kajian pustaka dan dasar teori yang melandasi dari penelitian. Bab III berisi alur penelitian, alat dan bahan, serta metode pengerjaan pada penelitian. Bab IV berisi pembahasan dan analisis mengenai hasil yang diperoleh dari penelitian. Sedangkan untuk kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk penelitian dijelaskan pada Bab V.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Pada jurnal yang ditulis oleh (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 ( $\text{BaCO}_3$ ). Dengan suhu pemanasan sebesar  $900^\circ\text{C}$  dan untuk *holding time* atau lama penahanan selama 2 jam. Kemudian dilakukan *quenching* atau pendinginan menggunakan air dengan suhu  $28^\circ\text{C}$ . Dari hasil penelitian yang didapat terjadi difusi karbon hingga kedalaman  $1250\ \mu\text{m}$  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*.

Pada jurnal yang ditulis oleh (Anhar, 2019) meneliti tentang proses *carburizing* pada baja karbon rendah menggunakan karbon yang berasal dari arang kayu belian dan arang kayu akasia. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ST37. Proses *carburizing* yang digunakan adalah metode *pack carburizing*. Untuk bahan yang digunakan yaitu arang kayu belian dicampur dengan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan arang kayu akasia dicampur dengan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Dengan suhu pemanasan sebesar  $900^\circ\text{C}$  dan *holding time* atau lama penahanan selama 30 menit. Dari hasil penelitian yang didapat untuk bahan *raw material* memiliki kekerasan sebesar 50,3 HRB. Sedangkan, untuk kekerasan hasil *carburizing* menggunakan arang kayu belian sebesar 50,6 HRB dan arang kayu akasia sebesar 51,65 HRB. Dari hasil penelitian dengan dilakukannya proses *carburizing* menggunakan arang kayu belian dan arang kayu akasia dapat meningkatkan kekerasan material, hal ini terjadi karena penambahan zat karbon yang ada dipelat tersebut.

Pada tugas akhir yang ditulis oleh (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 natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 40%. Kemudian suhu pemanasan yang digunakan sebesar  $850^\circ\text{C}$  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.

Pada jurnal yang ditulis oleh (Afriany dkk., 2017) meneliti tentang pengaruh variasi katalis barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), dan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) pada proses *carburizing* dengan material baja karbon sedang dan pendinginan tunggal. Proses *carburizing* menggunakan metode *pack carburizing*. Bahan yang digunakan yaitu arang batok kelapa dengan variasi campuran barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), dan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sebanyak 30%. Suhu pemanasan sebesar  $950^\circ\text{C}$  dan *holding time* atau lama penahanan selama 5 jam dan dilanjutkan *quenching* atau pendinginan menggunakan oli SAE 20. Hasil pengujian didapatkan kekerasan rata-rata *raw material* adalah 615,8 HV. Kemudian nilai kekerasan rata-rata spesimen hasil *carburizing* dengan katalis barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) adalah 1018,7 HV, natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) adalah 972,9 HV, dan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) adalah 708,2 HV. Dari penelitian ini didapatkan bahwa nilai kekerasan tertinggi didapat dari penggunaan katalis barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ).

Pada tugas akhir yang ditulis oleh (Bhakti, 2007) meneliti tentang pengaruh waktu *carburizing* dengan media *quenching* oli terhadap nilai kekerasan sproket sepeda motor. Material yang digunakan adalah sproket imitasi dan sproket *original* berfungsi sebagai pembanding acuan kekerasan. Proses *carburizing* menggunakan metode *pack carburizing*. Bahan yang digunakan untuk proses *carburizing* arang kayu 70%, natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 25%, dan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) 5%. Dengan suhu pemanasan  $900^\circ\text{C}$  dan variasi *holding time* atau lama penahanan 1 jam, 3 jam, dan 5 jam. Kemudian untuk proses *quenching* atau pendinginan menggunakan oli. Hasil penelitian didapatkan bahwa sproket imitasi yang diproses

*carburizing* mengalami peningkatan kekerasan melebihi sproket *original* dan perubahan struktur mikro. Kemudian lama proses *holding time* atau lama penahanan dapat mempengaruhi kekerasan bahan dan penambahan kedalaman karbon yang masuk.

Pada jurnal yang ditulis oleh (Utami dkk., 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 ( $\text{BaCO}_3$ ) dengan variasi komposisi 10%, 20%, 30%, dan 40%. Kemudian untuk suhu pemanasan adalah  $900^\circ\text{C}$  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.

## 2.2 Dasar Teori

Proses Perlakuan panas merupakan suatu proses untuk mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro dengan proses pemanasan dan kemudian dilakukan pendinginan secara cepat dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam tersebut.

Proses perlakuan panas ini memiliki beberapa tahapan, diawali dari proses pemanasan material dengan suhu tertentu dan selanjutnya didinginkan dengan metode tertentu. Tujuan proses perlakuan panas ini agar material mendapatkan sifat-sifat mekanik yang sesuai, seperti meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, kekuatan, dan mengembalikan kondisi normal material karena pengaruh pada pengerjaan sebelumnya.

Proses perlakuan panas memiliki dua kategori, yaitu :

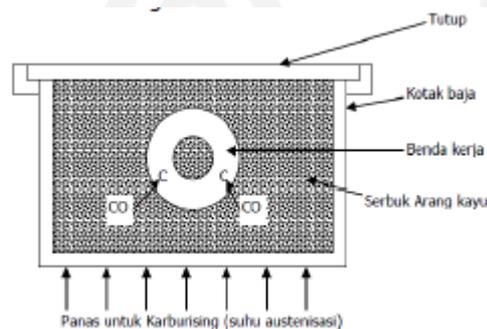
1. *Softening* (Pelunakan) : merupakan sebuah usaha yang bertujuan untuk menurunkan sifat mekanik, sehingga material menjadi lunak dengan cara

mendinginkan material yang telah dipanaskan (*annealing*) atau didinginkan dengan udara terbuka (*normalizing*)

2. *Hardening* (Pengerasan) : merupakan usaha yang bertujuan untuk meningkatkan sifat material, sehingga kekerasan material menjadi baik dengan cara pendinginan cepat (*quenching*) material yang telah melalui proses pemanasan ke dalam media *quenching* seperti air, air laut atau air garam, dan oli (Pratama, 2019).

### 2.3 Karburasi (*Carburizing*)

Karburasi (*Carburizing*) adalah proses menambahkan unsur kandungan karbon pada permukaan (*surface*) baja yang bertujuan untuk memperoleh sifat baja yang keras pada permukaannya. Kondisi tersebut diperlukan untuk komponen yang membutuhkan ketahanan gesekan atau aus yang tinggi. Pada gambar 2-1 merupakan ilustrasi proses karburasi padat (*pack carburizing*), bahan yang dipakai arang kayu dengan campuran 10% - 20% barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), material dimasukkan ke dalam campuran tersebut. Dan dimasukkan ke suatu wadah tertutup atau biasa disebut kotak karburasi yang kemudian dipanaskan. Dari hasil proses *carburizing* kandungan karbon akan menjadi bervariasi dari tepi hingga menuju inti. Pada bagian tepi atau permukaan akan memiliki kadar karbon yang tinggi, dan akan berkurang kadar karbonnya menuju inti. Proses *carburizing* juga akan merubah struktur mikro suatu material dari tepi atau permukaan hingga menuju arah inti (Nurharyanto, 2009).



Gambar 2- 1 Ilustrasi Proses Karburasi Padat (*Pack Carburizing*)

Sumber : Putra Negara & Khrisna Muku, 2015

Metode karburasi padat (*pack carburizing*) saat ini adalah metode yang paling banyak digunakan pada proses pengerasan permukaan dikarenakan prosesnya yang sederhana dan juga biaya yang relatif murah (Nurharyanto, 2009).

## 2.4 Pendinginan Cepat (*Quenching*)

Material logam yang telah melalui proses *carburizing* akan dilanjutkan dengan proses *quenching*. *Quenching* merupakan suatu proses *hardening* atau pengerasan dengan cara melakukan pendinginan cepat menggunakan media pendinginan seperti air dan oli, yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan material logam tersebut (Afriany dkk., 2017).

Material logam dengan proses pendinginan cepat atau *quenching* menghasilkan lebih banyak karbon daripada dengan material logam dengan proses pendinginan lambat. Hal itu terjadi karena atom karbon pada material tidak berdifusi keluar, terjebak pada struktur kristal dan membentuk struktur tetragonal yang ruang antar atomnya sangat kecil, mengakibatkan kekerasan material logam tersebut meningkat (Handoyo, 2015).

## 2.5 Baja

Baja merupakan suatu paduan dimana unsur utamanya, yaitu besi (Fe) dan karbon (C), serta terdapat sedikit unsur silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P), sulfur (S), dan tembaga (Cu) (Manurung dkk., 2020). Berdasarkan komposisi kimianya baja dapat dibagi menjadi dua jenis, baja karbon dan baja paduan (Suarsana, 2017).

### 2.5.1 Baja Karbon

Berdasarkan jumlah kandungan karbonnya baja karbon dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu:

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

Baja karbon rendah biasanya memiliki kandungan karbon kurang dari 0,25%. Sulit untuk dilakukan proses perlakuan panas dikarenakan martensit tidak dapat terbentuk pada struktur materialnya. Sehingga baja karbon rendah ini memiliki keuletan (*ductility*) dan ketangguhan (*toughness*) yang tinggi, serta sifat mampu mesin (*machinability*) dan mampu las (*weldability*) yang baik juga (Manurung dkk., 2020).

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

Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon antara 0,2% - 0,5%. Baja karbon rendah bisa dilakukan proses perlakuan panas, seperti proses *quenching* yang kemudian di *tempering* untuk memperbaiki sifat mekaniknya. Baja karbon sedang sering digunakan pada roda gigi, poros, dan juga komponen mesin lainnya

yang membutuhkan kekuatan, ketahanan aus, dan ketangguhan yang cukup baik (Manurung dkk., 2020).

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

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon lebih dari 0,6%. Baja karbon tinggi mempunyai sifat keras dan kuat yang paling tinggi, namun keuletannya paling rendah dari baja karbon lainnya. Biasanya digunakan untuk penggunaan yang membutuhkan ketahanan aus atau gesekan yang tinggi. Baja karbon tinggi dapat memiliki kekerasan, kekuatan, dan ketahanan aus atau gesekan yang tinggi dengan menambahkan unsur seperti krom, vanadium, tungsten, dan molibdenum (Manurung dkk., 2020).

## **2.5.2 Baja Paduan**

Berdasarkan kandungannya baja paduan dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu:

### **1. Baja Paduan Rendah (*Low Alloy Steel*)**

Baja paduan rendah memiliki kadar unsur paduan kurang dari 10%. Kekuatan dan ketangguhan baja paduan rendah lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon yang memiliki jumlah kandungan karbon yang sama, serta keuletan yang lebih tinggi dari baja karbon dengan besar kekuatan yang sama. Pada pengaplikasiannya digunakan sebagai baja konstruksi mesin (Suarsana, 2017).

### **2. Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*)**

Baja paduan tinggi memiliki kadar unsur paduan yang tinggi, biasanya lebih dari 10%. Penggabungan dengan unsur-unsur paduan lainnya bertujuan agar dapat memperbaiki sifat-sifatnya. Baja paduan memiliki sifat kekerasan dan kekuatan yang baik, namun keuletannya rendah. Kemudian tahan karat pada jenis *stainless steel*, baja perkakas pada jenis *high speed steel*, dan baja tahan panas seperti *heat resisting steel* (Suarsana, 2017).

## **2.6 Bantalan (*Bearing*)**

Definisi *bearing* dalam ilmu mekanika merupakan suatu elemen mesin yang memiliki fungsi untuk membatasi gerak relatif yang terjadi antara dua atau lebih komponen mesin agar bergerak sesuai arahnya. *Bearing* memiliki peranan yang cukup penting, yaitu menumpu sebuah poros agar dapat berputar tanpa terjadinya

gesekan yang berlebihan. *Bearing* dibuat dari baja karbon sehingga memiliki kekerasan dan ketahanan gesekan yang tinggi (Sarifuddin dkk., 2018).

Dalam suatu bantalan atau *bearing* akan terjadi gesekan putaran antara bagian berputar dengan bagian diam melalui elemen gelinding berbentuk bola. Bantalan bola atau *ball bearing* dapat mengurangi gesekan yang terjadi dengan memanfaatkan benda gelinding, serta dapat menerima tekanan radial atau tegak lurus sumbu poros namun tidak bisa menerima tekanan aksial atau sejajar sumbu poros. *Ball bearing* memiliki beberapa bagian sebagai berikut :

1. Lintasan luar (*Outer ring*)
2. Pengikat Bola (*Retainer*)
3. Elemen gelinding (*ball*)
4. Lintasan dalam (*inner ring*) (Sarifuddin dkk., 2018).

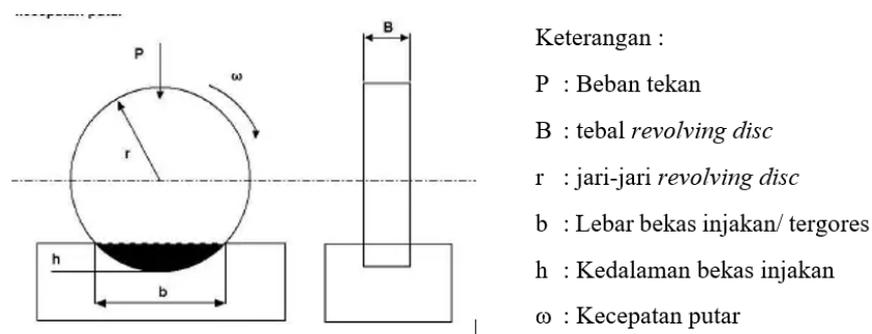
## **2.7 Pengujian Material**

Pengujian material merupakan suatu proses pemeriksaan bahan-bahan untuk mengetahui sifat serta karakteristiknya yang meliputi sifat fisik, sifat mekanik struktur, dan juga komposisi kimia yang terdapat pada material tersebut. Secara umum pengujian material dibagi menjadi 2, yaitu pengujian yang merusak (*destructive test*) dan pengujian tidak merusak (*non-destructive test*). Pengujian merusak (*destructive test*) merupakan proses pengujian material yang bisa menimbulkan kerusakan pada material yang diuji. Pengujian tidak merusak (*non-destructive test*) merupakan proses pengujian material yang tidak menimbulkan kerusakan pada material yang diuji. Untuk contoh dari pengujian merusak diantaranya pengujian keausan, pengujian kekerasan, pengujian korosi, pengujian dampak, pengujian tarik, pengujian *bending*, pengujian leleh. Sedangkan contoh pengujian tidak merusak diantaranya pengujian metalografi atau struktur mikro, serta pengujian ultrasonik.

### **2.7.1 Pengujian Keausan**

Keausan merupakan hilangnya materi dari permukaan benda yang diakibatkan dari adanya gerakan mekanik. Keausan ini biasanya dianalogikan seperti hilangnya materi akibat interaksi mekanik antara dua permukaan yang bergerak *slidding* dan dibebani (Taufik dkk., 2018).

Pengujian keausan adalah suatu uji karakteristik fisik yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keausan permukaan material tersebut terhadap gesekan atau goresan, kemudian dihitung dengan cara menghitung lebar keausan dari material tersebut. Uji keausan memiliki berbagai macam metode dan teknik, namun pada dasarnya memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Seperti pada gambar 2-2 menunjukkan ilustrasi pengujian keausan (Wahyuni & Adnan, 2016).

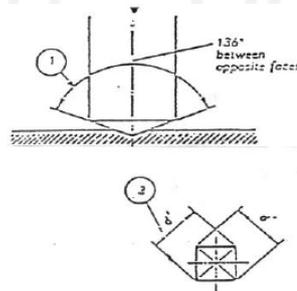


**Gambar 2- 2 Ilustrasi Pengujian Keausan**

Sumber : Wahyuni & Adnan, 2016

### 2.7.2 Pengujian Kekerasan *Vickers Microhardness*

Pengujian kekerasan pada dasarnya merupakan ketahanan material terhadap penetrasi dari indenter (Subagiyo, 2017). Pengujian kekerasan *vickers* dilakukan menggunakan indenter piramida intan yang memiliki bentuk bujursangkar serta besar sudut antar permukaan piramida sebesar  $136^\circ$  seperti pada gambar 2-3. Pengujian dilakukan dengan menekan material uji dengan gaya tertentu dan waktu tertentu. Kemudian setelah piramida intan diangkat, diagonal bekas penekanannya diukur (Gautama, 2018).



**Gambar 2- 3 Uji Kekerasan Vickers Microhardness**

Sumber : Subagiyo, 2017

### 2.7.3 Pengujian Korosi

Korosi merupakan penghancuran paksa zat logam atau bahan bangunan mineral media sekitarnya, yang biasanya cair (agen korosif). Atau bisa diartikan sebagai penurunan mutu logam yang terjadi akibat reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan disekitarnya (Afandi dkk., 2015).

Laju korosi yaitu kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas suatu material terhadap waktu. Satuan yang digunakan dalam perhitungan laju korosi adalah mm/th untuk standar internasional atau mill/year untuk standar *British*. Pada tabel 2-1 menunjukkan penggolongan tingkat ketahanan korosi suatu material berdasarkan laju korosi (Afandi dkk., 2015).

Tabel 2- 1 Tabel Ketahanan Korosi berdasarkan Laju Korosi

Sumber : Afandi dkk., 2015

Relative Corrosion resistance	Approximate Metric Equivalent				
	mpy	mm/year	$\mu\text{m}/\text{yr}$	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+

### 2.8 Pengujian Metalografi

Metalografi merupakan suatu ilmu yang mempelajari stuktur mikro suatu logam serta karakteristiknya. Ilmu ini sangat penting agar dapat mengetahui ukuran butir, distribusi fasa, dan juga mengetahui adanya inklusi (kotoran) dalam logam tersebut (Manurung dkk., 2020).

Pengujian metalografi diklasifikasikan menjadi dua, yaitu makrografi dan mikrografi. Untuk makrografi mempelajari struktur logam beserta paduannya dengan menggunakan mata telanjang atau bisa juga dengan menggunakan mikroskop dengan lensa yang perbesarannya kecil, dan pengamatan yang diperoleh dari makrografi disebut dengan makrostruktur. Sedangkan mikrografi mempelajari struktur logam beserta paduannya menggunakan alat mikroskop seperti pada gambar 2-4 dengan menggunakan perbesaran dari 20 kali hingga 200 kali, untuk pengamatan yang diperoleh dari hasil mikrografi biasanya disebut dengan mikrostruktur (Manurung dkk., 2020).



**Gambar 2- 4 Mikroskop Optik**

Sumber : Manurung dkk., 2020

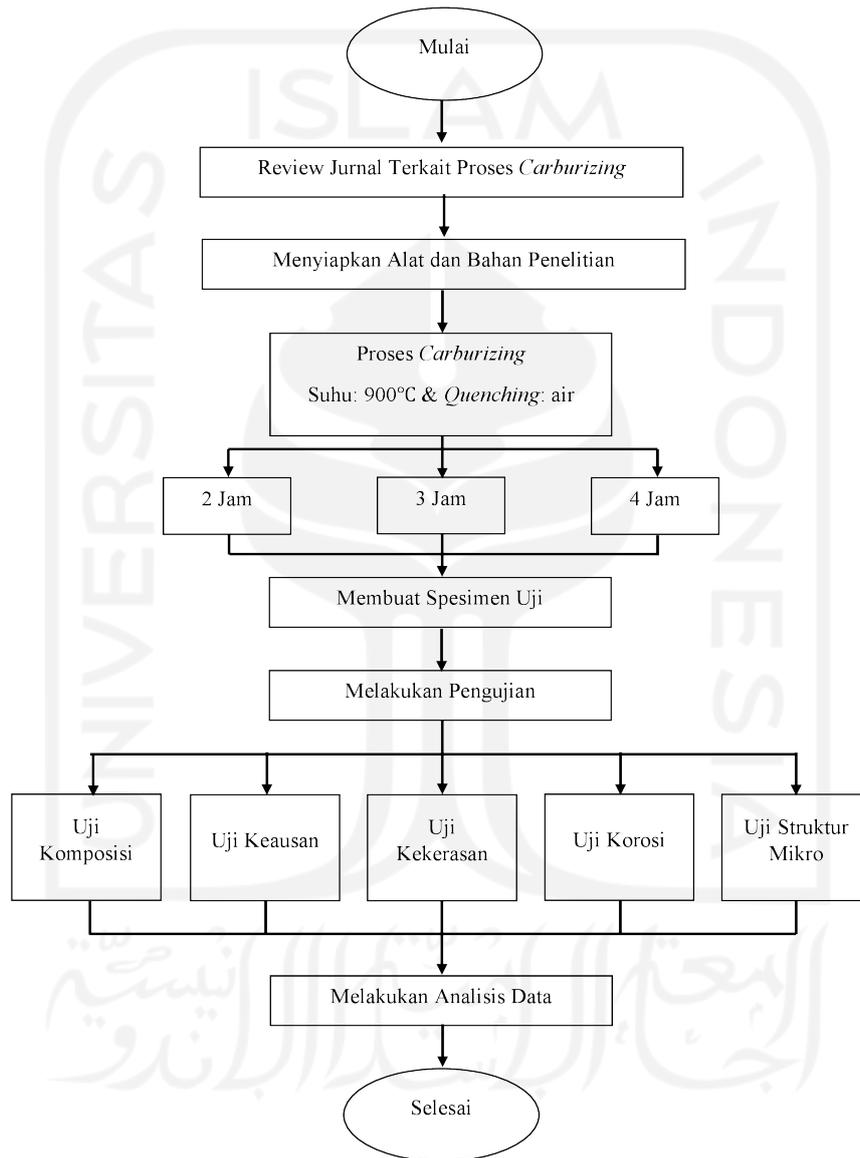


## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Gambar 3-1 merupakan diagram alur yang digunakan pada penelitian ini :



Gambar 3- 1 Alur Proses Pelaksanaan Penelitian

## 3.2 Peralatan dan Bahan

Berikut ini adalah daftar alat dan bahan yang digunakan pada proses penelitian seperti yang terdapat pada tabel 3-1 dan tabel 3-2 :

Tabel 3- 1 Alat Penelitian

No.	Nama Alat	Fungsi
1	Mesin <i>Furnace</i>	Untuk melakukan pemanasan atau proses <i>carburizing</i> benda kerja, yaitu <i>bearing</i>
2	Gerinda	Untuk pemotongan spesimen
3	Kotak <i>Carburizing</i>	Untuk wadah atau tempat benda kerja saat proses <i>carburizing</i> dalam mesin <i>furnace</i>
4	Mikroskop Optik	Untuk melakukan pengamatan struktur mikro dari spesimen uji
5	Mesin Gripo 2M	Untuk pengamplasan spesimen sebelum dilakukan pengamatan struktur mikro
6	<i>Friction Wear Tester</i>	Untuk melakukan pengujian keausan spesimen uji
7	<i>Vickers Microhardness Tester</i>	Untuk melakukan pengujian kekerasan spesimen uji
8	<i>Spectro Meter</i>	Untuk melakukan pengujian komposisi kimia
9	Laptop	Untuk pengolahan data penelitian

Tabel 3- 2 Bahan Penelitian

No.	Nama Bahan
1	<i>Bearing</i> Non-Pabrikan Resmi (Macho) & Pabrikan Resmi (Astra Honda Motor) dengan Tipe 6301-2RS
2	Arang Kayu Akasia
3	Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ )
4	Resin & Katalis
5	Air Laut
6	Cairan Etsa $\text{HNO}_3$

## 3.3 Proses Pembuatan Spesimen

### 3.3.1 Proses Pemotongan Spesimen

Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah *bearing* non-pabrikan resmi yang termasuk kedalam material baja karbon tinggi, dan memiliki dimensi: 12 mm × 32 mm × 10 mm (D Dalam × D Luar × T). Untuk proses *carburizing* spesimen *bearing* dipotong 2 (dua) bagian menjadi bentuk setengah lingkaran seperti pada gambar 3-2, pemotongan spesimen dilakukan dengan menggunakan gerinda tangan seperti pada gambar 3-3. Bagian yang digunakan untuk proses *carburizing* adalah *outer ring* atau lingkaran luar dari *bearing* tersebut.



Gambar 3- 2 Hasil Pematongan Spesimen



Gambar 3- 3 Gerinda Tangan

### 3.3.2 Proses Karburasi (*Carburizing*)

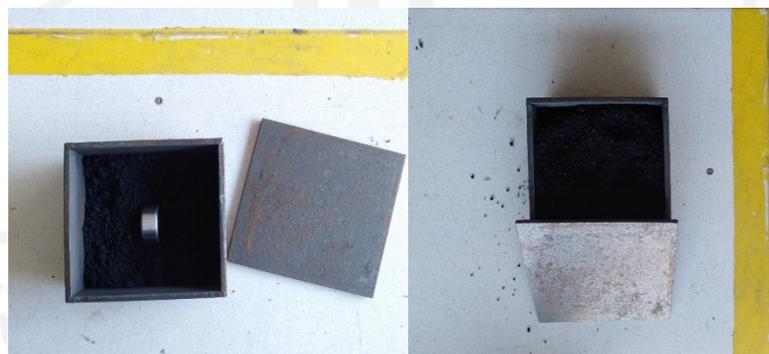
Proses *carburizing* dilakukan dengan menggunakan metode *pack carburizing* atau karburasi padat. Untuk mesin *furnace* yang digunakan adalah mesin *furnace WiseTherm* laboratorium proses produksi teknik mesin Universitas Islam Indonesia seperti pada gambar 3-4. Pada tahap awal kami melakukan penumbukkan arang akasia, serta kemudian arang akasia yang telah ditumbuk akan dilanjutkan dengan proses pengayakan agar serbuk arang akasia lebih halus. Kemudian serbuk arang akasia yang telah diayak dicampur dengan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) dengan perbandingan prosentase serbuk arang akasia sebesar 90% dan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) sebesar 10%. Setelah serbuk arang akasia dan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) sudah tercampur dengan sempurna, kami memasukkan campuran serbuk arang akasia dan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) hingga memenuhi setengah kotak karburasi, kemudian spesimen diletakkan ke dalam kotak karburasi seperti pada gambar 3-5, spesimen ditimbun kembali dengan campuran serbuk

arang akasia dan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) hingga kotak karburasi terisi penuh, dan menutup kotak karburasi dengan penutupnya. Kotak karburasi kemudian dimasukkan ke dalam mesin *furnace*, lalu dilakukan pengaturan pada mesin *furnace* dengan mengatur suhu pemanasan sebesar  $900^\circ\text{C}$  dan mengatur *holding time* atau lama penahanan sesuai variasi waktu yang digunakan pada penelitian ini, yaitu 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Pemilihan variasi *holding time* atau lama penahanan ini diambil berdasarkan beberapa jurnal dan tugas akhir yang telah dipelajari.



**Gambar 3- 4 Mesin Furnace WiseTherm**

Sumber : Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin UII



**Gambar 3- 5 Penempatan Spesimen pada Kotak Karburasi**

Setelah proses pemanasan akan dilanjutkan dengan proses *quenching* atau pendinginan cepat, pada penelitian ini menggunakan media *quenching* atau pendinginan menggunakan air. Proses ini diawali dengan mengeluarkan kotak karburasi dari mesin *furnace*, kemudian spesimen yang ada di dalam kotak karburasi dikeluarkan dan dengan cepat dimasukkan ke dalam air seperti pada gambar 3-6. Kemudian spesimen diambil dan dikeringkan. Hasil proses karburasi spesimen seperti pada gambar 3-7, spesimen bisa dilanjutkan untuk tahap

pengujian. Banyaknya spesimen untuk setiap variasi berjumlah 3 buah spesimen, sehingga terdapat total 9 spesimen pada penelitian ini.



**Gambar 3- 6 Proses Quenching**

Sumber : Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin UII

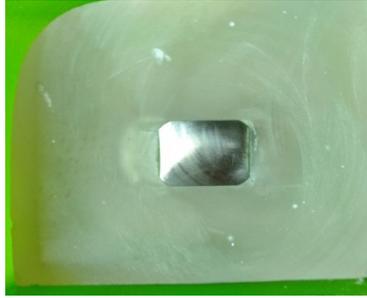


**Gambar 3- 7 Hasil Proses Carburizing**

### **3.4 Proses Pengujian**

#### **3.4.1 Pengujian Komposisi Kimia**

Pengujian komposisi kimia pada penelitian ini dilakukan di PT. Itokoh Ceperindo, menggunakan alat *Spectro Meter* . Spesimen uji komposisi diberikan resin untuk dudukan agar proses pengujian mudah, setelah kering kemudian dilakukan pengamplasan hingga permukaan halus dan datar. Spesimen uji memiliki besar penampang 40 mm × 30 mm seperti pada gambar 3-8.



Gambar 3- 8 Spesimen Uji Komposisi Kimia

### 3.4.2 Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui seberapa baik ketahanan aus dari spesimen uji tersebut dengan mensimulasikan seperti kondisi keausan yang aktual. Keausan pada suatu sistem mekanisme akan sulit memprediksinya secara teori maupun perumusannya, karena terdapat banyak faktor pada kenyataannya dilapangan yang menyebabkan kesulitan ataupun kekeliruan dalam memprediksi keausan. Pengujian keausan dilakukan di laboratorium Teknik Mesin UGM dengan menggunakan alat *Friction Wear Tester*. Pada pengujian keausan ini dilakukan dengan menggunakan metode *ogoshi*, yaitu untuk mensimulasikan keausan abrasif (*abrasive wear*) pada spesimen uji. Untuk spesimen uji keausan, spesimen hasil *carburizing* dipotong menjadi 2 bagian, kemudian dilakukan pemberian resin yang digunakan sebagaiudukan saat pengujian keausan seperti pada gambar 3-9. Spesifikasi pada pengujian keausan, yaitu dengan jarak pengausan sepanjang 15 meter. Kemudian untuk besar pembebanan sebesar 6,36 kg berdasarkan kekerasan material, beban harus dapat memberikan goresan pada permukaan spesimen uji, jika belum meninggalkan jejak atau goresan besar pembebanan akan ditambahkan lagi. Untuk menghitung laju keausannya, jejak goresan yang terbentuk akibat piringan atau *disc* yang berputar secara berulang diukur dengan menggunakan mikroskop ukur dan dimasukkan kedalam persamaan metode *ogoshi*. Spesimen pengujian kekerasan menggunakan masing-masing 3 buah setiap variasi *holding time* atau lama penahanan.



Gambar 3-9 Spesimen Uji Keausan

Pada metode *Ogoshi* terdapat dua persamaan yang dipakai, yaitu persamaan volume tergores dan persamaan laju keausan, untuk menghitung volume jejak tergores pada permukaan spesimen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$W = \frac{B \times b^3}{12 \times r} \quad (3.1)$$

Dengan  $W$  menunjukkan besarnya volume tergores dalam  $\text{mm}^3$ ,  $B$  adalah tebal *disc* dalam mm,  $b$  adalah panjang atau lebar permukaan tergores dalam mm, dan  $r$  adalah jari-jari *disc* dalam mm. Kemudian dalam menghitung nilai laju keausan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

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

Dengan  $W_s$  menunjukkan nilai laju keausan dalam  $\text{mm}^3/\text{kg.m}$ ,  $B$  adalah tebal *disc* dalam mm,  $b$  adalah panjang atau lebar permukaan tergores dalam mm,  $r$  adalah jari-jari *disc* dalam mm,  $P_0$  adalah beban penekanan dalam kg,  $l_0$  adalah jarak pengausan dalam m.

### 3.4.3 Pengujian Kekerasan *Vickers Microhardness*

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui besar nilai kekerasan dari spesimen uji. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin UGM. Uji kekerasan *vickers microhardness* dilakukan dengan menggunakan alat *Vickers Microhardness Tester* seperti pada gambar 3-10. Untuk spesimen uji kekerasan, spesimen hasil *carburizing* dipotong menjadi 2 bagian, kemudian diberikan resin untuk dudukan spesimen seperti pada gambar 3-11. Spesifikasi pada pengujian kekerasan untuk *bearing* pabrikan resmi dan non-pabrikan resmi (*raw material*) adalah 3 titik, sedangkan untuk *bearing* proses *carburizing* adalah 6 titik dari tepi

atau permukaan menuju ke bagian dalam spesimen uji seperti pada tabel 3-3 dan gambar 3-12. Kemudian untuk besar pembebanan sebesar 200 gf. Spesimen pengujian kekerasan menggunakan masing-masing 3 buah setiap variasi *holding time* atau lama penahanan.



**Gambar 3- 10 Alat Uji Kekerasan Vickers Microhardness**

Sumber : Laboratorium Teknik Mesin UGM



**Gambar 3- 11 Spesimen Uji Kekerasan Vickers**

**Tabel 3- 3 Jarak Titik pada 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



Gambar 3- 12 Pengukuran Bearing Uji Kekerasan Vickers

Kemudian untuk mencari nilai kekerasan *vickers* dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

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

Dengan HV menunjukkan nilai kekerasan *vickers* dalam VHN, F adalah gaya dalam gram,  $\alpha$  adalah sudut puncak yaitu  $136^\circ$ , d adalah diagonal tekan rata-rata dalam  $\mu\text{m}$ .

#### 3.4.4 Pengujian Korosi

Pengujian korosi merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan material logam ketika terkena reaksi kimia dari lingkungan. Spesimen yang digunakan pada pengujian ini, yaitu baja karbon tinggi. Pengujian korosi dilakukan selama 40 hari yang dilakukan pengecekan beratnya setiap 10 hari menggunakan timbangan untuk mengetahui penurunan berat yang terjadi pada material. Timbangan yang digunakan memiliki ketelitian 0,01 gram. Air laut yang digunakan pada pengujian korosi ini 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 :

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

Dengan CR adalah nilai laju korosi dalam mmpy, k adalah konstanta ( $8,76 \times 10^4$ ), w adalah massa yang hilang dalam gram, D adalah massa jenis sampel uji dalam  $\text{g/cm}^3$ , A adalah luas penampang dalam  $\text{cm}^2$ , dan T adalah lama waktu pengujian dalam jam.

### 3.4.5 Pengamatan Struktur Mikro

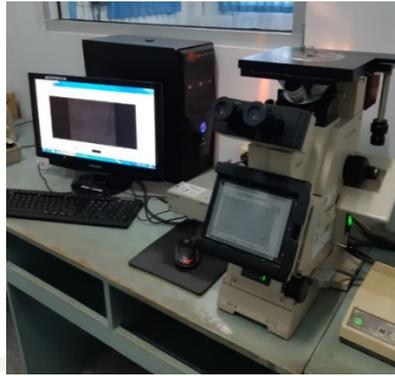
Pada pengamatan struktur mikro ini, dilakukan di laboratorium Teknik Mesin UGM. Spesimen uji sama seperti spesimen pada pengujian kekerasan, hasil *carburizing* dibagi menjadi 2 bagian. Kemudian dilanjutkan dengan pemberian resin sebagai dudukan agar spesimen lebih mudah diamati ketika pengamatan. Setelah itu dilakukan pengamplasan hingga permukaan halus menggunakan mesin Gripo 2M. Setelah melalui proses pengamplasan, spesimen di *polishing* menggunakan autosol. Permukaan spesimen yang sudah halus dan bersih kemudian akan diberikan cairan etsa berupa  $\text{HNO}_3$  dan dikeringkan hingga kering seperti pada gambar 3-13. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada bagian tepi dan bagian tengah spesimen seperti pada gambar 3-14. Setelah spesimen kering bisa dilakukan pengamatan mikro menggunakan mikroskop optik seperti pada gambar 3-15 dengan perbesaran 200 kali.



Gambar 3- 13 Spesimen Pengamatan Struktur Mikro



Gambar 3- 14 Bagian Pengamatan Struktur Mikro



**Gambar 3- 15 Mikroskop Optik**  
Sumber : Laboratorium Teknik Mesin UGM



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil dan Analisis Pengujian

Pada penelitian ini digunakan beberapa pengujian. Pengujian bertujuan untuk mengetahui serta mengamati sifat fisik dan sifat mekanik dari material hasil proses *carburizing* dengan variasi *holding time* atau lama penahanan. Berikut hasil serta analisis pengujian pada penelitian ini :

##### 4.1.1 Hasil Proses *Carburizing*

Setelah *bearing* melalui proses *carburizing*, hasilnya ditunjukkan pada gambar 4-1 berikut ini :



Gambar 4- 1 Bearing Hasil Proses Carburizing

Parameter yang digunakan dalam proses *carburizing* ini dapat dilihat pada tabel 4-1 berikut ini :

Tabel 4- 1 Parameter Proses Carburizing

No	Parameter	Parameter yang digunakan
1	Media <i>Carburizing</i>	Arang kayu akasia
2	Katalis	Barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) 10%
3	Lama penahanan ( <i>holding time</i> )	2 jam, 3 jam, dan 4 jam
4	Media pendinginan ( <i>quenching</i> )	Air
5	Suhu Pemanasan	900°C

##### 4.1.2 Uji Komposisi Kimia

###### 1. *Bearing* Pabrik Resmi dan Non-Pabrik Resmi (*Raw Material*)

Pengujian komposisi kimia pada *bearing* pabrik resmi dapat dilihat pada tabel 4-2 berikut ini:

**Tabel 4- 2 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Pabrikan Resmi**

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		

Pengujian komposisi kimia pada *bearing* non-pabrikan resmi (*raw material*) dapat dilihat pada tabel 4-3 berikut ini:

**Tabel 4- 3 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing Non-Pabrikan Resmi (Raw material)**

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		

Berdasarkan hasil pengujian komposisi pada tabel 4-2 diketahui *bearing* pabrikan resmi memiliki kandungan karbon sebesar 1,2%, sedangkan pada tabel 4-3 diketahui bahwa *bearing* non-pabrikan resmi (*raw material*) memiliki kandungan karbon sebesar 1,1%, sehingga bisa dikelompokkan pada kelompok baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*) karena memiliki kandungan karbon lebih dari 0,6%. Baja karbon tinggi ini memiliki kekerasan dan ketahanan aus atau gesekan yang tinggi. Karena pada dasarnya *bearing* memiliki peranan untuk menumpu sebuah poros agar dapat berputar tanpa terjadinya gesekan yang berlebihan.

## 2. *Bearing* dengan Proses *Carburizing* dan Variasi *Holding Time*

Pengujian komposisi kimia pada *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi *holding time* atau lama penahanan 2 jam dapat dilihat pada tabel 4-4 berikut ini:

**Tabel 4- 4 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing dengan Proses Carburizing Variasi Holding Time 2 Jam**

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	96.2053	P	0.0148
S	0.0085	Cu	0.0080
Al	0.0113	Ti	0.0038
C	1.7384	N	0.0305
Ni	0.0115	B	0.0005
Nb	0.0009	Pb	0.0021
Si	0.3138	Sb	0.0001
Cr	1.3083	Ca	0.0001
V	0.0053	Mg	0.0044
Mn	0.3227	Zn	0.0001
Mo	0.0001	Co	0.0038
W	0.0001		

Pengujian komposisi kimia pada *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi *holding time* atau lama penahanan 3 jam dapat dilihat pada tabel 4-5 berikut ini:

**Tabel 4- 5 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing dengan Proses Carburizing Variasi Holding Time 3 Jam**

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	95.2191	P	0.0135
S	0.0077	Cu	0.0059
Al	0.0101	Ti	0.0029
C	2.8090	N	0.0205
Ni	0.0101	B	0.0003
Nb	-0.0006	Pb	0.0005
Si	0.2971	Sb	0.0001
Cr	1.2881	Ca	-0.0001
V	0.0047	Mg	0.0018
Mn	0.3083	Zn	0
Mo	-0.0009	Co	0.0034
W	0.0001		

Pengujian komposisi kimia pada *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi *holding time* atau lama penahanan 4 jam dapat dilihat pada tabel 4-6 berikut ini:

**Tabel 4- 6 Hasil Uji Komposisi Kimia Bearing dengan Proses Carburizing Variasi Holding Time 4 Jam**

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	95.6451	P	0.0159
S	0.0100	Cu	0.0391
Al	0.0043	Ti	0.0017
C	2.3578	N	0.0209
Ni	0.0195	B	0.0002
Nb	0.0004	Pb	0.0011
Si	0.2088	Sb	0.0001
Cr	1.3172	Ca	0
V	0.0038	Mg	0.0041
Mn	0.3385	Zn	0.0001
Mo	0.0022	Co	0.0051
W	0.0001		

Berdasarkan hasil pengujian komposisi *bearing* dengan proses *carburizing* mengalami peningkatan kadar karbonnya. Untuk kadar karbon *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time* atau lama penahanan 2 jam yang terdapat pada tabel 4-4 mengalami kenaikan sebesar 58%, kemudian kadar karbon *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time* atau lama penahanan 3 jam yang terdapat pada tabel 4-5 mengalami kenaikan sebesar 155%, dan kadar karbon *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time* atau lama penahanan 4 jam yang terdapat pada tabel 4-6 mengalami kenaikan sebesar 114%. Meningkatnya kadar karbon terjadi karena selama proses *carburizing*, atom karbon berdifusi ke dalam permukaan logam, sehingga menyebabkan kadar karbon pada logam mengalami kenaikan. Untuk *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time* atau lama penahanan 4 jam memiliki nilai kenaikan kadar karbon yang lebih rendah dari *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time* atau lama penahanan 3 jam. Hal itu terjadi karena saat pengamplasan permukaan spesimen uji *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time* atau lama penahanan 4 jam terlalu dalam. Karena semakin dalam bagian material logam maka semakin berkurang kadar karbonnya, sehingga hasilnya tidak maksimal pada saat pengujian komposisi kimia.

### 4.1.3 Uji Keausan

Pengujian keausan spesimen *bearing* menggunakan *Friction Wear Tester* dengan metode *ogoshi*. Pengujian keausan pada *bearing* pabrikan resmi, non-pabrikan resmi (*raw material*), dan *bearing* dengan proses *carburizing* dilakukan pada permukaan spesimen. Jarak pengausan sepanjang 15 meter dan diberi pembebanan sebesar 6,36 kg. Kemudian lebar atau panjang area tergores diukur

untuk kemudian dilakukan perhitungan laju keausan. Untuk perhitungan volume tergores digunakan persamaan (3.1), sedangkan nilai laju keausan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2). Hasil pengujian keausan dapat dilihat pada lampiran 2 yang telah dicantumkan. Sebagai salah satu contoh perhitungannya untuk menghitung volume tergores dan nilai laju keausan seperti dibawah ini.

Pada *bearing* proses *carburizing* variasi *holding time* atau lama penahanan 2 jam sampel 1 :

Untuk diketahui, tebal *disc* (B) adalah 3,45 mm dan jari-jari *disc* (r) adalah 13,6 mm. Berikut perhitungan untuk mencari nilai volume tergores dengan menggunakan persamaan (3.1).

Pada titik 1

$$W = \frac{3,45 \times (0,84)^3}{12 \times 13,6} = 0,01270 \text{ mm}^3$$

Kemudian untuk perhitungan nilai laju keausan menggunakan persamaan (3.2) seperti berikut.

Pada titik 1

$$W_s = \frac{3,45 \times (0,84)^3}{8 \times 13,6 \times 6,36 \times 15} = 0,00020 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$$

Setelah dihitung nilai laju keausannya, maka dapat ditentukan nilai rata-rata laju keausan spesimen uji tersebut seperti berikut.

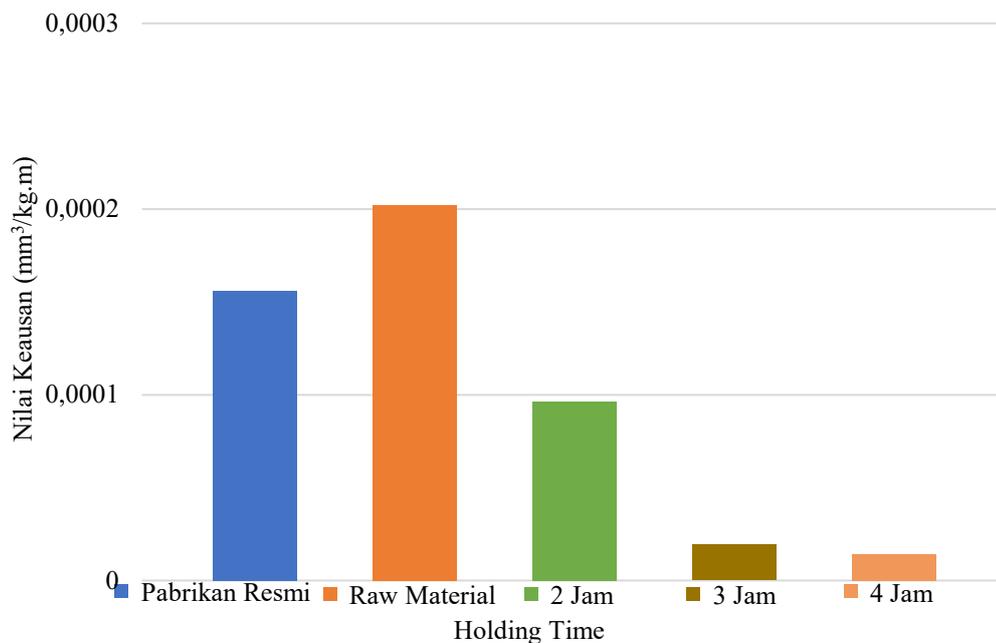
$$\overline{W}_s = \frac{0,00020 + 0,00009 + 0,00006}{3} = 0,000116 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$$

Berdasarkan hasil pengujian keausan *bearing* pabrikan resmi memiliki nilai keausan rata-rata sebesar 0,000156 mm<sup>3</sup>/kg.m, dan non-pabrikan resmi (*raw material*) memiliki nilai keausan rata-rata sebesar 0,000202 mm<sup>3</sup>/kg.m. Sedangkan untuk *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time*, nilai keausan rata-rata pada 3 spesimen *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 2 jam masing-masing sebesar 0,000116 mm<sup>3</sup>/kg.m, 0,000083 mm<sup>3</sup>/kg.m, dan 0,000090 mm<sup>3</sup>/kg.m. Untuk nilai keausan rata-rata pada 3 spesimen *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 3 jam masing-masing sebesar 0,000030 mm<sup>3</sup>/kg.m,

0,000013 mm<sup>3</sup>/kg.m, dan 0,000015 mm<sup>3</sup>/kg.m. Dan untuk nilai keausan rata-rata pada 3 spesimen *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 4 jam masing-masing sebesar 0,000018 mm<sup>3</sup>/kg.m, 0,000012 mm<sup>3</sup>/kg.m, dan 0,000013 mm<sup>3</sup>/kg.m.

Kemudian untuk nilai keausan rata-rata tiap variasi *holding time* yaitu; pada *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 2 jam sebesar 0,000096 mm<sup>3</sup>/kg.m, pada *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 3 jam sebesar 0,000019 mm<sup>3</sup>/kg.m, serta pada *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 4 jam sebesar 0,000014 mm<sup>3</sup>/kg.m.

Pada gambar 4-2 menunjukkan grafik perbandingan nilai keausan rata-rata antara *bearing* pabrikan resmi, non-pabrikan resmi (*raw material*), dan *bearing* proses *carburizing*.



Gambar 4- 2 Grafik Perbandingan Nilai Keausan Rata-rata

Dari gambar 4-2 dapat dilihat bahwa nilai keausan rata-rata *bearing* dengan proses *carburizing* mengalami peningkatan ketahanan aus, sehingga *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi *holding time* memiliki ketahanan aus yang lebih baik dibandingkan dengan *bearing* non-pabrikan resmi (*raw material*) maupun *bearing* pabrikan resmi. Nilai ketahanan aus paling baik didapatkan oleh *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 4 jam, yaitu 0,000014 mm<sup>3</sup>/kg.m. Hal ini menunjukkan bahwa *holding time* atau lama penahanan

berpengaruh terhadap nilai ketahanan aus material logam, semakin lama durasi *holding time* semakin meningkat juga ketahanan aus material logam tersebut, dikarenakan semakin banyak atom karbon yang berdifusi masuk ke dalam permukaan logam, jumlah kadar karbon yang tinggi menyebabkan ketahanan aus material logam tersebut meningkat.

#### 4.1.4 Uji Kekerasan *Vickers Microhardness*

Pengujian kekerasan *vickers microhardness* menggunakan *Vickers Microhardness Tester MHV M3 Japan*. Pengujian kekerasan pada *bearing* pabrikan resmi dan non-pabrikan resmi (*raw material*) dilakukan dengan 3 titik, serta pembebanan yang diberikan sebesar 200 gf. Sedangkan untuk *bearing* proses *carburizing* dilakukan pada 6 titik mulai dari tepi atau permukaan hingga inti material seperti pada tabel 3-3, serta pembebanan yang diberikan sebesar 200 gf. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada lampiran 3 yang telah dicantumkan.

Untuk perhitungan nilai kekerasan *vickers* bisa dilakukan dengan menggunakan persamaan (3.3). sebagai salah satu contoh perhitungannya seperti berikut ini.

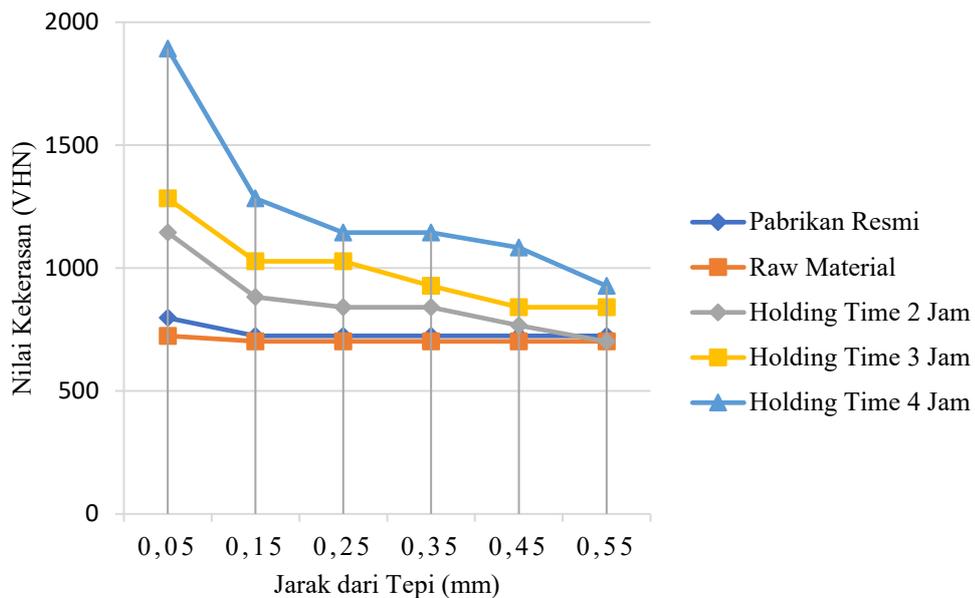
Pada *bearing* proses *carburizing* variasi *holding time* atau lama penahanan 2 jam sampel 1 :

Pada titik 1

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

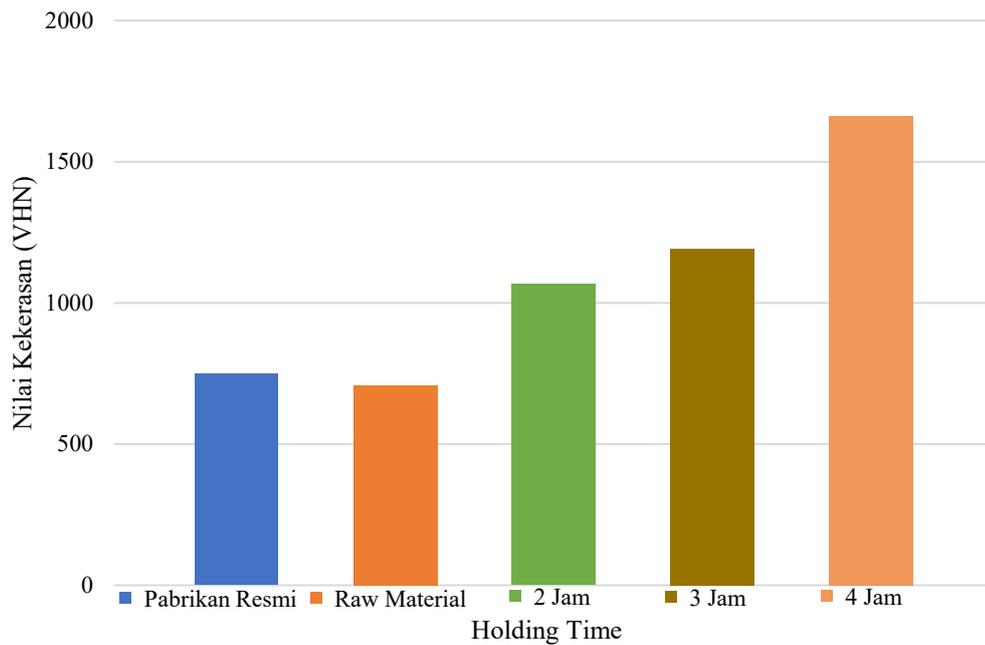
Berdasarkan hasil pengujian kekerasan, *bearing* pabrikan resmi memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 748,55 VHN, dan untuk non-pabrikan resmi (*raw material*) memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 709,48 VHN. Kemudian untuk kekerasan *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time*, yaitu untuk nilai kekerasan permukaan pada 3 spesimen *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 2 jam masing-masing sebesar 1144,44 VHN, 1027,15 VHN, 1027,15 VHN. Untuk nilai kekerasan permukaan pada 3 spesimen *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 3 jam masing-masing sebesar 1144,44 VHN, 1144,44 VHN, dan 1283,04 VHN. Dan untuk nilai kekerasan permukaan pada 3 spesimen *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 4 jam masing-masing sebesar

1891,84 VHN, 1648,00 VHN, dan 1448,44 VHN. Sedangkan untuk grafik perbandingan nilai kekerasan berdasarkan jarak kedalaman *bearing* pabrikan resmi, non-pabrikan resmi (*raw material*), dan *bearing* proses *carburizing* dengan variasi *holding time* dapat dilihat pada gambar 4-3, dari masing-masing variasi *holding time* diambil satu data spesimen dengan nilai kekerasan terbaik untuk mewakili tiap variasi *holding time*.



Gambar 4- 3 Grafik Kekerasan Bearing dengan Proses Carburizing Arang Akasia

Kemudian untuk nilai rata-rata kekerasan pada permukaan *bearing* diantaranya yaitu, *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 2 jam mengalami kenaikan 50% atau sebesar 1066,25 VHN, *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 3 jam mengalami kenaikan 68% atau sebesar 1190,64 VHN, dan *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 4 jam mengalami kenaikan 134% atau sebesar 1662,76 VHN. Pada gambar 4-4 menunjukkan grafik perbandingan nilai kekerasan rata-rata permukaan antara *bearing* pabrikan resmi, non-pabrikan resmi (*raw material*), dan *bearing* dengan proses *carburizing*.



Gambar 4- 4 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Rata-rata

Berdasarkan gambar 4-3 dan gambar 4-4 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time* mengalami kenaikan atau peningkatan dari *bearing* non-pabrikan resmi (*raw material*) maupun *bearing* pabrikan resmi. Peningkatan nilai kekerasan terjadi dari bagian tepi atau permukaan *bearing* hingga pada kedalaman 0,55 mm. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan oleh *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi *holding time* 4 jam, yaitu sebesar 1662,76 VHN. Dari data tersebut didapatkan bahwa *holding time* atau lama penahanan *carburizing* akan berpengaruh pada nilai kekerasan material logam dan kedalaman permukaan yang dikeraskan (*hardening*). Semakin lama *holding time* akan menyebabkan nilai kekerasan material logam menjadi semakin tinggi dan juga permukaan material logam yang dilakukan pengerasan akan semakin dalam. Pada dasarnya nilai kekerasan berbanding lurus dengan nilai ketahanan aus, sehingga jika suatu material logam memiliki kekerasan yang tinggi maka ketahanan aus material logam tersebut juga akan tinggi.

#### 4.1.5 Uji Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan untuk mengetahui ketahanan korosi suatu material logam. Dalam pengujian laju korosi ini dilakukan dengan cara mengukur atau menghitung penyusutan berat spesimen *bearing* secara berkala setiap 10 hari sebanyak 4 kali atau pengujian berlangsung selama 40 hari. Kemudian hasil

pengukuran didapatkan berat penyusutan yang dialami spesimen *bearing* tersebut atau tetap (tidak terjadi penyusutan berat). Pada tabel 4-7 menunjukkan hasil pengukuran berat spesimen *bearing* selama pengujian laju korosi, satuan yang digunakan pada pengujian ini adalah mmpy (*millimeter per year*).

Tabel 4- 7 Hasil Pengujian Korosi

Variasi	Berat Awal (gram)	Berat Material 10 Hari ke- (gram)			
		1	2	3	4
Pabrikasi Resmi	6	5,99	5,99	5,98	5,98
Raw Material	6	5,98	5,97	5,97	5,97
Holding Time 2 jam	4,61	4,60	4,60	4,59	4,59
Holding Time 3 jam	4,61	4,60	4,60	4,60	4,59
Holding Time 4 jam	4,61	4,60	4,60	4,60	4,59

Berdasarkan tabel 4-7 hasil pengujian korosi, dapat dilihat bahwa setiap 10 hari penimbangan penyusutan berat *bearing* pabrikasi resmi, non-pabrikasi resmi (*raw material*), dan *bearing* proses *carburizing* tidak mengalami perbedaan yang begitu jauh. Karena sebenarnya *bearing* merupakan suatu komponen yang memiliki ketahanan korosi yang baik. Namun terlihat pada *bearing* proses *carburizing* ada perbedaan berat penyusutan yang lebih kecil dengan *bearing* non-pabrikasi resmi (*raw material*). Sehingga pada *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time* mengalami peningkatan ketahanan korosi. Untuk memastikan peningkatan tersebut harus dilakukan perhitungan laju korosi.

Dari data yang didapat dari tabel 4-7, dapat dihitung nilai laju korosinya dengan menggunakan persamaan (3.4). sebagai salah satu contoh perhitungannya seperti berikut ini.

Perhitungan nilai laju korosi *bearing* dengan proses *carburizing* dan *holding time* 3 jam pada 10 hari ke-1:

Untuk diketahui :     W       = 0,01 gram  
                                   D       = 6,10 g/cm<sup>3</sup>  
                                   T       = 24 jam × 10 hari = 240 jam

$$CR \text{ (mmpy)} = \frac{k \times w}{D \times A \times T} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,01}{6,10 \times 7,02 \times 240} = 0,085 \text{ mmpy}$$

Untuk hasil perhitungan laju korosi *bearing* pabrikan resmi, non-pabrikan resmi (*raw material*), dan *bearing* proses *carburizing* variasi *holding time* 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 Resmi	0,067	0	0,067	0
<i>Raw Material</i>	0,13	0,067	0	0
<i>Holding Time</i> 2 jam	0,085	0	0,085	0
<i>Holding Time</i> 3 jam	0,085	0	0	0,085
<i>Holding Time</i> 4 jam	0,085	0	0	0,085

Dari hasil perhitungan yang didapat pada tabel 4-8, kemudian hasil dari laju korosi dilakukan perbandingan dengan standar ketahanan korosi material seperti 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**

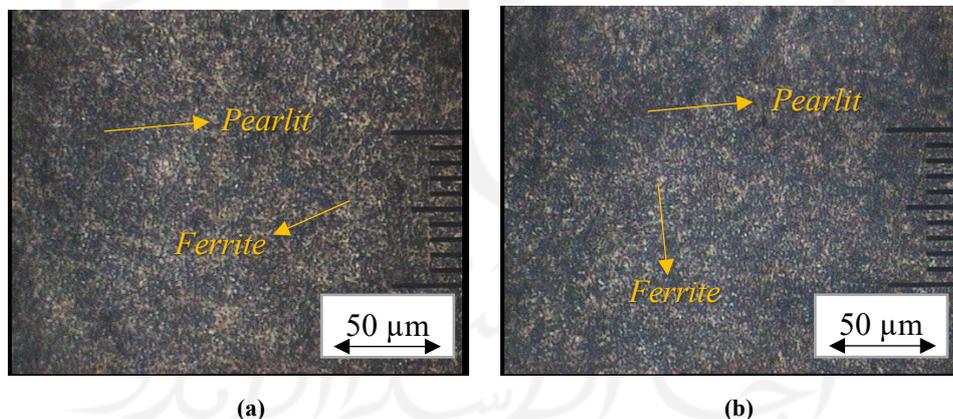
Ketahanan Korosi	Standar (mm/year)	Laju Korosi (mmpy)					Keterangan
		Pabrikan Resmi	<i>Raw material</i>	<i>Holding Time</i> 2 jam	<i>Holding Time</i> 3 jam	<i>Holding Time</i> 4 jam	
Outstanding	< 0.02						
Excellent	0.02-0.1	0,067	0,098	0,085	0,085	0,085	Excellent
Good	0.1-0.5						
Fair	0.5-1						
Poor	1-5						
Unacceptable	5+						

Berdasarkan tabel 4-9 didapatkan bahwa *bearing* proses *carburizing* variasi *holding time* tidak mengalami penurunan terhadap ketahanan korosi. Untuk *bearing* pabrikan resmi, non-pabrikan resmi (*raw material*), dan *bearing* yang diproses *carburizing* mendapatkan hasil *excellent* atau sangat baik pada ketahanan korosinya. Namun dapat dilihat bahwa nilai ketahanan korosinya mengalami sedikit peningkatan setelah dilakukan proses *carburizing* dari *bearing* non-pabrikan resmi (*raw material*) tetapi masih berada dibawah *bearing* pabrikan resmi. Hal ini terjadi karena meningkatnya kadar karbon pada *bearing* tersebut, sehingga laju korosinya mengalami penurunan atau mengalami peningkatan ketahanan korosi. Sebuah

logam dalam terjadinya korosi yang akan mengalami peristiwa karat biasanya unsur besi (Fe), semakin lama waktu proses pengujian korosi maka butir besi (Fe) juga akan semakin terkikis sehingga unsur lain yang ada pada material tersebut akan ikut terlepas dari ikatan antar atom penyusunnya. Logam memiliki struktur ikatan atom besi (Fe) berjarak yang saling terikat, pada setiap jarak atau ruang itu diisi dan terikat oleh atom karbon. Unsur karbon akan meningkatkan ketahanan korosi suatu material logam. Semakin banyak atom karbon yang mengikat maka semakin baik ikatan kovalen antar atom besi (Fe) dengan atom karbon tersebut yang menyebabkan peningkatan ketahanan korosi *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi *holding time*.

#### 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 *holding time*. Kemudian bagian yang diamati, yaitu bagian tepi dan bagian tengah spesimen. Pada gambar 4-5 menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro bagian tepi dari *bearing* pabrikan resmi dan non-pabrikan resmi (*raw material*).

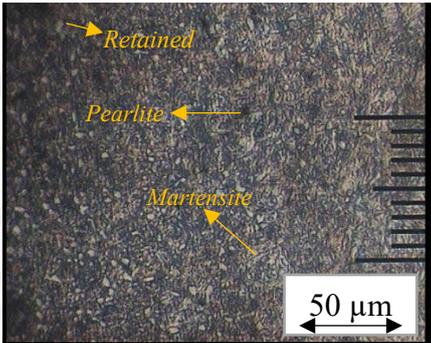
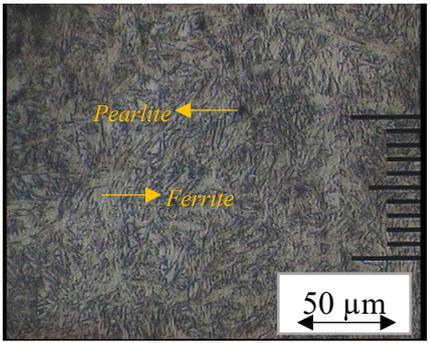
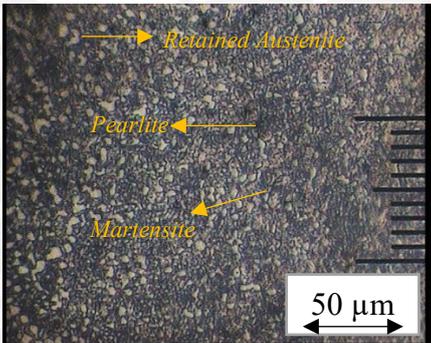
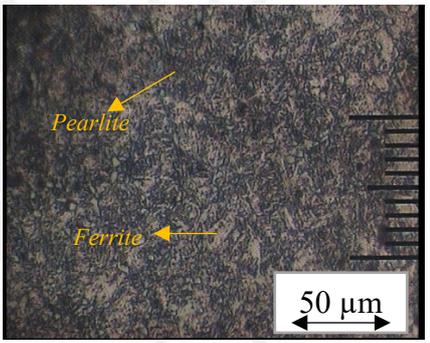
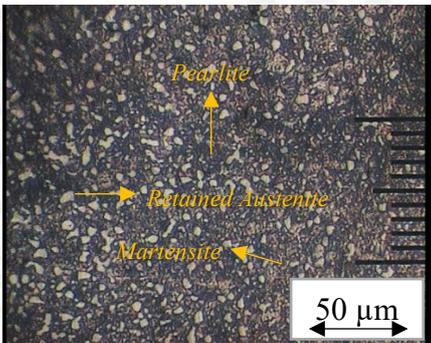
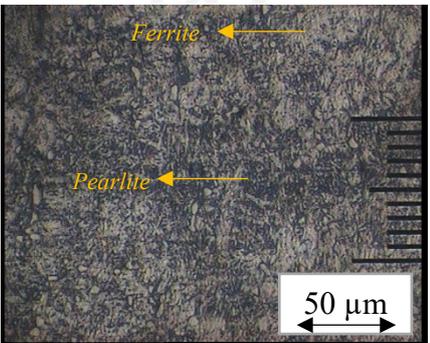


Gambar 4- 5 Pengamatan Struktur Mikro ; (a) Bearing Pabrikan Resmi, dan (b) Bearing Non-Pabrikan Resmi

Berdasarkan gambar 4-5 yang merupakan struktur mikro *bearing* pabrikan resmi dan non-pabrikan resmi (*raw material*), terlihat bahwa struktur spesimen terdiri dari *ferrite* yang berwarna putih atau terang dan *pearlite* memiliki warna yang lebih gelap. Kedua struktur *bearing* memiliki jumlah *ferrite* dan *pearlite* yang cukup seimbang, karena *bearing* pabrikan resmi dan non-pabrikan resmi (*raw*

material) adalah baja karbon tinggi. Sehingga hal inilah yang membuat kekerasannya cukup baik. Pada tabel 4-10 menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro dari *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi *holding time*.

Tabel 4- 10 Pengamatan Struktur Mikro Bearing dengan Proses Carburizing dan Variasi Holding Time

Variasi	Bagian Tepi	Bagian Tengah
Holding Time 2 jam		
Holding Time 3 jam		
Holding Time 4 jam		
Keterangan : Perbesaran lensa 200×, Jarak skala antar strip: 5 μm (total 50 μm untuk 10 strip)		

Berdasarkan tabel 4-10 hasil pengamatan struktur mikro *bearing* dengan proses *carburizing*. Untuk *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi *holding time* 2 jam pada bagian tepi memiliki struktur *pearlite* dan juga terdapat *martensite* yang berbentuk seperti jarum yang tidak beraturan, sehingga menyebabkan nilai

kekerasannya mengalami peningkatan. Sedangkan pada bagian tengah strukturnya terdiri dari *ferrite* dan *pearlite*.

Sama halnya dengan *bearing* proses *carburizing* dan variasi *holding time* 2 jam. Pada *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi *holding time* 3 jam pada bagian tepi terdiri dari struktur *pearlite* dan *martensite*, *bearing* ini memiliki kekerasan yang tinggi. Kemudian pada bagian tengahnya memiliki struktur *ferrite* dan *pearlite*, namun terlihat jika *pearlite* mulai mendominasi pada bagian tengah.

Untuk *bearing* dengan proses *carburizing* dan variasi *holding time* 4 jam, memiliki struktur mikro pada bagian tepi yang terdiri dari *pearlite* yang jumlahnya cukup banyak dan *martensite*. Kemudian pada bagian tengah *pearlite* mendominasi, dan terdapat *ferrite*.

Pada struktur mikro *bearing* dengan proses *carburizing* terdapat austenit sisa atau *retained austenite* yang berbentuk bintik-bintik dengan berwarna terang (putih). Austenit akan mengalami transformasi menjadi struktur *martensite* jika dilakukan proses *quenching* ke temperatur kamar, namun terdapat sebagian austenit yang tidak mengalami transformasi yang biasa disebut sebagai austenit sisa atau *retained austenite*. Austenit sisa akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kadar karbon pada suatu material logam.

Peningkatan nilai kekerasan dan ketahanan aus *bearing* pada permukaannya disebabkan oleh terdapat banyaknya struktur *pearlite* yang memiliki sifat keras, serta *martensite* yang bersifat sangat keras dan getas. Pada saat proses *carburizing* terjadi penetrasi atom karbon dalam jumlah yang banyak, sehingga mengalami peningkatan kadar karbon pada spesimen uji yang kemudian menghasilkan struktur *pearlite*. Sedangkan struktur *martensite* terbentuk karena terjadinya laju pendinginan yang sangat cepat dengan menggunakan media air. Hal ini yang menyebabkan nilai kekerasan *bearing* dengan proses *carburizing* sangat tinggi dan juga ketahanan aus yang baik.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses *carburizing* dengan variasi *holding time* 4 jam memiliki hasil yang paling maksimal dalam kekerasan dan ketahanan aus *bearing* tersebut.
2. *Bearing* dengan variasi *holding time* 4 jam memiliki nilai keausan rata-rata sebesar 0,000014 mm<sup>3</sup>/kg.m. Serta untuk nilai kekerasan permukaan rata-ratanya, yaitu 1662,76 VHN atau mengalami kenaikan sebesar 134%.
3. *Bearing* proses *carburizing* dengan variasi *holding time* memiliki struktur mikro pada bagian tepi yaitu *pearlite* dan *martensite*, serta austenit sisa atau *retained austenite*. Pada bagian tengah memiliki struktur *ferrite* dan *pearlite*.
4. *Holding time* atau lama penahanan pada proses *carburizing* dapat mempengaruhi sifat fisik dan sifat mekanik dari material logam.
5. *Bearing* proses *carburizing* dengan variasi *holding time* memiliki nilai kekerasan dan ketahanan aus yang lebih baik dari *bearing* non-pabrikasi resmi (*raw material*), bahkan dari *bearing* pabrikasi resmi.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaruh proses *carburizing* dan variasi *holding time* dengan menggunakan material yang berbeda.
2. Dalam pembuatan kotak karburasi perlu diperhatikan kekuatan tahan panas material kotak karburasinya, usahakan material kotak karburasi memiliki mampu panas diatas suhu pemanasan yang akan digunakan pada proses *carburizing*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Sakura, dkk. 2017. Pengaruh Variasi Karbon Aktif dan Waktu Tahan Terhadap Kekerasan Material JIS G-3123 Menggunakan Metode Pack Carburizing. *Rekayasa Energi Manufaktur (R.E.M) Jurnal*. Vol.2, No.1. Institut Teknologi Adhi Tama. Surabaya.
- Rizal, Y. 2017. Peningkatan Kekuatan Tarik Baja Karbon AISI 1040 Akibat Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Perlakuan Panas. *Jurnal Fakultas Teknik*. Universitas Pasir Pengaraian. Riau.
- Wijianti, E.S. & Saparin. 2018. Pengaruh Material Bearing Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Mobil Hemat Energi Tarsius GV-1. *Machine: Jurnal Teknik Mesin*. Vol.4, No.2. Universitas Bangka Belitung. Bangka.
- Nanulaitta, N. & Lilipaly, E.R.M. 2011. Analisis Perbandingan Komposisi Karbon dan Bubuk Tulang Sapi Dalam Proses Karburasi Padat Untuk Mendapatkan Nilai Kekerasan Tertinggi Pada Baja Karbon S-35 C. *ARIKA*. Vol.05, No.2. Politeknik Negeri Ambon. Maluku.
- Nurharyanto, A. 2009. Pengaruh Media Carburizing Arang Sekam Padi Dan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah. *Skripsi. Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret*. Surakarta.
- 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.
- Anhar, Muh. 2019. Proses Karburasi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Menggunakan Karbon Arang Kayu Belian dan Arang Kayu Akasia. *Jurnal Inovtek POLBENG*. Vol.9, No.2. Politeknik Negeri Ketapang. Kalimantan Barat.
- 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.

- Afriany, dkk. 2017. Analisa Pengaruh Variasi Katalis BaCO<sub>3</sub>, NaCO<sub>3</sub>, dan CaCO<sub>3</sub> Pada Proses Karburasi Baja Karbon Sedang Dengan Pendinginan Tunggol. Jurnal Ilmiah "TEKNIKA". Teknik Mesin Universitas IBA. Sumatera Selatan.
- Bhakti, Ramala W. 2007. Pengaruh Waktu Karburising Dengan Media Quenching Oli Terhadap Kekerasan Sproket Sepeda Motor. Skripsi. Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- 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.
- Pratama, R.R. 2019. Pengaruh Suhu Pada Proses Hardening dan Normalizing Terhadap Kekuatan Impak Baja S45 C dan ST41. Skripsi. Teknik Mesin Universitas Trisakti. Jakarta.
- Handoyo, Y. 2015. Pengaruh Quenching dan Tempering Pada Baja JIS Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Crankshaft. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Vol.3, No.2. Teknik Mesin Universitas Islam 45 Bekasi.
- Putra Negara, D.N.K & Khrisna Muku, I.D.M. 2015. Pack Carburizing Baja Karbon Rendah. Teknik Mesin Universitas Udayana. Bali
- Suarsana, I KT. 2017. Diktat Pengetahuan Material Teknik. Teknik Mesin Universitas Udayana. Denpasar.
- Manurung Vuko AT, dkk. 2020. Panduan Metalografi. LP2M Politeknik Manufaktur Astra. Jakarta.
- Sarifuddin, dkk. 2018. Pengaruh Kerusakan Ball Bearing Terhadap Kinerja Pompa Ballast Di MV.DK 02. Prosiding Seminar Bidang Teknika Pelayaran. Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
- Taufik A., dkk. 2018. Analisis Keausan Kampas Rem Pada Disc Brake Dengan Variasi Kecepatan. Momentum. Vol.14, No.1. Hal.27-32. Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim. Semarang.
- Wahyuni, N. & Adnan, Moh. 2016. Ketahanan Aus dan Kekerasan Komposit Matrik Aluminium (AMCS) Paduan Aluminium Al-Si Ditambah Penguat SiC Dengan Metode Stir Casting. Politeknik Negeri Ujung Pandang.

- Subagiyo. 2017. Analisis Hasil Kekerasan Metode Vickers Dengan Variasi Gaya Pembebanan Pada Baja. Majalah Techno. Hal. 9-14. Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.
- Gautama, J.A. 2018. Pengaruh Aging 140, 160, 180, dan 200 Derajat Celcius Selama 5 Jam Terhadap Sifat Mekanis Aluminium Paduan Tembaga 2,5%. Skripsi. Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Afandi Y.K., dkk. 2015. Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan Coating. Jurnal Teknik ITS. Vol.4, No.1. Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.



# LAMPIRAN

## 1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia



**PT. ITOKOH CEPERINDO**  
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



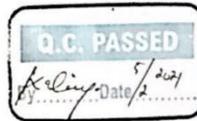
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO  
 SAMPLE NAME : SAMPLE ORIGINAL  
 CUSTOMER : Sdr. Rifandi  
 FURNACE : EB0547B02/28  
 OPERATOR : PUTRA  
 DATE / TIME : 05-FEB-2021 15:17:25  
 TASK : Cemo\_Fei METHOD : FEGLFE

	Fe%	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	96.3050	0.0001	0.0162	1.2954	0.0178	0.0048	0.2887
2	96.5270	0.0004	0.0193	1.1562	0.0161	0.0028	0.2807
AVG	96.4210	0.0002	0.0148	1.2258	0.0170	0.0038	0.2897
SD	0.14903	0.00025	0.00201	0.06847	0.00119	0.00147	0.01271
SD%	0.17	103.67	13.62	5.05	7.02	35.53	4.35

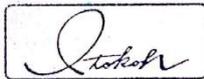
	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	1.5444	0.0068	0.2782	0.0038	0.0001	0.0060	0.0436
2	1.5484	0.0062	0.2823	0.0032	0.0001	0.0082	0.0446
AVG	1.5464	0.0064	0.2803	0.0035	0.0001	0.0071	0.0441
SD	0.00284	0.00022	0.00259	0.00042	0.00000	0.00151	0.00069
SD%	0.18	4.44	0.76	12.06	0.00	21.20	1.57

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0040	0.0001	0.0002	0.0115	0.0001	0.0216	0.0464
2	0.0020	0.0001	0.0002	0.0097	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	0.00153	0.00000	0.01202	0.02721
SD%	20.17	0.00	13.41	15.53	0.00	92.07	100.35

	En	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



**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



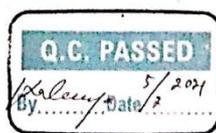
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO  
 SAMPLE NAME : SAMPLE IMITASI  
 CUSTOMER : Sdr. Rifandi  
 FURNACE : 220547809/09  
 OPERATOR : PUTRA  
 DATE / TIME : 05-FEB-2021 15:17:47  
 TASK : Conc\_Fel METHOD : FEGLIE

	Fe*	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	96.4828	0.0100	0.0227	1.0976	0.0306	0.0009	0.3004
2	96.4862	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	0.00252	0.00015	0.00350	0.00161	0.00057	0.00049
SD%	0.00	36.66	0.65	0.30	6.15	49.89	0.16

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	1.4679	0.0085	0.4121	0.0373	0.0001	0.0189	0.0879
2	1.4654	0.0086	0.4189	0.0369	0.0001	0.0144	0.0892
AVG	1.4667	0.0086	0.4155	0.0371	0.0001	0.0171	0.0885
SD	0.00179	0.00002	0.00480	0.00112	0.00000	0.00399	0.00099
SD%	0.12	0.26	1.16	3.02	0.00	22.73	1.11

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0011	0.0001	0.0009	0.0022	0.0001	0.0020	0.0040
2	0.0010	0.0001	0.0009	0.0027	0.0001	0.0020	0.0059
AVG	0.0011	0.0001	0.0009	0.0024	0.0001	0.0020	0.0050
SD	0.00009	0.00000	0.00001	0.00036	0.00000	0.00003	0.00081
SD%	7.61	0.00	4.53	14.56	0.00	1.74	6.19

	Zn	Co
1	0.0002	0.0073
2	0.0005	0.0079
AVG	0.0003	0.0073
SD	0.00020	0.00000
SD%	69.94	0.02



**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



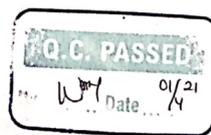
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO  
 SAMPLE NAME : SAMPLE 2 JAM  
 CUSTOMER : Sdr. Rifandi/Khalifah  
 FURNACE : ED0143C01/62  
 OPERATOR : WENDY  
 DATE / TIME : 01-APR-2021 07:51:49  
 TASK : Conc\_Fei METHOD : FEGLFE

	Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	96.1752	0.0087	0.0112	1.7583	0.0119	0.0007	0.3161
2	96.2212	0.0083	0.0113	1.7184	0.0111	0.0010	0.3116
AVG	96.2053	0.0085	0.0113	1.7384	0.0115	0.0009	0.3138
SD	0.03652	0.00050	0.00006	0.02619	0.00054	0.00015	0.00321
SD%	0.04	5.58	0.56	1.62	4.71	21.68	1.02

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	1.3085	0.0052	0.3217	0.0001	0.0001	0.0154	0.0078
2	1.3077	0.0053	0.3237	0.0001	0.0001	0.0141	0.0082
AVG	1.3083	0.0053	0.3227	0.0001	0.0001	0.0148	0.0080
SD	0.00035	0.00001	0.00157	0.00005	0.00000	0.00093	0.00025
SD%	0.07	0.25	0.42	58.32	0.00	6.29	3.16

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0035	0.0324	0.0005	0.0020	0.0001	0.0003	0.0055
2	0.0041	0.0287	0.0005	0.0022	0.0001	-0.0001	0.0028
AVG	0.0038	0.0305	0.0005	0.0021	0.0001	0.0001	0.0044
SD	0.00045	0.00257	0.00000	0.00012	0.00000	0.00028	0.00219
SD%	11.25	8.41	0.76	5.66	0.00	208.51	50.20

	Er	Co
1	0.0001	0.0038
2	0.0001	0.0038
AVG	0.0001	0.0038
SD	0.00002	0.00003
SD%	17.15	0.87



**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



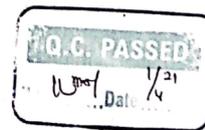
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO  
 SAMPLE NAME : SAMPLE 8 JAM  
 CUSTOMER : Sdr. Rafandi/Khalifah  
 FURNACE : ED0143C01/83  
 OPERATOR : WENDY  
 DATE / TIME : 01-APR-2021 07:53:47  
 TASK : Conc\_Fea METHOD : FEGLPE

	Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	95.1691	0.0062	0.0100	2.8969	0.0102	-0.0006	0.2978
2	95.2481	0.0071	0.0103	2.7811	0.0100	-0.0006	0.2968
AVG	95.2191	0.0077	0.0101	2.8090	0.0101	-0.0006	0.2971
SD	0.04246	0.00082	0.00024	0.03951	0.00015	0.00002	0.00113
SD%	0.04	10.74	2.52	1.41	1.45	3.18	0.38

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	1.2867	0.0047	0.3065	-0.0008	0.0001	0.0143	0.0038
2	1.2898	0.0047	0.3101	-0.0009	0.0001	0.0125	0.0068
AVG	1.2881	0.0047	0.3083	-0.0009	0.0001	0.0135	0.0059
SD	0.00202	0.00001	0.00254	0.00006	0.00000	0.00135	0.00052
SD%	0.16	0.25	0.82	6.59	0.00	10.02	8.80

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0030	0.0232	0.0003	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0024
2	0.0029	0.0178	0.0003	0.0006	0.0001	-0.0002	0.0012
AVG	0.0029	0.0205	0.0003	0.0005	0.0001	-0.0001	0.0018
SD	0.00006	0.00377	0.00001	0.00022	0.00000	0.00013	0.00039
SD%	1.90	19.40	3.59	46.56	0.00	89.76	48.64

	Zn	Co
1	0.0000	0.0034
2	0.0000	0.0034
AVG	0.0000	0.0034
SD	0.00000	0.00002
SD%	19.55	0.66



**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



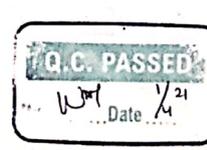
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO  
 SAMPLE NAME : SAMPLE 4 JAM  
 CUSTOMER : Sdr. Rifandi/Khalifah  
 FURNACE : ZD0143C01/64  
 OPERATOR : WENDY  
 DATE / TIME : 01-APR-2021 07:56:05  
 TASK : Cons\_Fei METHOD : FEGLFE

	Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	95.6192	0.0105	0.0042	2.3381	0.0195	0.0004	0.2102
2	95.6770	0.0095	0.0045	2.3275	0.0194	0.0004	0.2074
AVG	95.6451	0.0100	0.0043	2.3576	0.0195	0.0004	0.2088
SD	0.04510	0.00070	0.00024	0.04235	0.00004	0.00002	0.00192
SD%	0.05	7.00	5.56	1.82	0.19	5.50	0.92

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	1.3139	0.0036	0.3365	0.0029	0.0001	0.0167	0.0399
2	1.3204	0.0036	0.3404	0.0022	0.0001	0.0152	0.0399
AVG	1.3172	0.0036	0.3385	0.0022	0.0001	0.0159	0.0391
SD	0.00456	0.00001	0.00277	0.00002	0.00000	0.00104	0.00083
SD%	0.35	0.32	0.82	0.76	0.00	6.52	0.53

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Hg
1	0.0017	0.0233	0.0002	0.0012	0.0001	0.0002	0.0057
2	0.0018	0.0184	0.0002	0.0011	0.0001	-0.0001	0.0025
AVG	0.0017	0.0209	0.0002	0.0011	0.0001	0.0000	0.0041
SD	0.00005	0.00344	0.00001	0.00012	0.00000	0.00022	0.00227
SD%	4.39	16.47	4.54	10.26	0.00	539.27	55.74

	Zn	Co
1	0.0001	0.0051
2	0.0001	0.0051
AVG	0.0001	0.0051
SD	0.00002	0.00001
SD%	31.96	0.15



**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

## 2. Hasil Pengujian Keausan



**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;mm <sup>3</sup> )	Keausan (Ws; mm <sup>3</sup> /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm <sup>3</sup> /kg.m)
Arang Akasia_2 Jam_1	1	3,45	13,6	0,84	0,01270	0,00020	0,000116
	2	3,45	13,6	0,65	0,00572	0,00009	
	3	3,45	13,6	0,56	0,00376	0,00006	
Arang Akasia_2 Jam_2	1	3,45	13,6	0,62	0,00501	0,00008	0,000083
	2	3,45	13,6	0,59	0,00436	0,00007	
	3	3,45	13,6	0,68	0,00650	0,00010	
Arang Akasia_2 Jam_3	1	3,45	13,6	0,65	0,00572	0,00009	0,000090
	2	3,45	13,6	0,62	0,00501	0,00008	
	3	3,45	13,6	0,68	0,00650	0,00010	
Arang Akasia_3 Jam_1	1	3,45	13,6	0,48	0,00231	0,00004	0,000030
	2	3,45	13,6	0,51	0,00274	0,00004	
	3	3,45	13,6	0,31	0,00063	0,00001	
Arang Akasia_3 Jam_2	1	3,45	13,6	0,42	0,00159	0,00002	0,000013
	2	3,45	13,6	0,28	0,00047	0,00001	
	3	3,45	13,6	0,28	0,00047	0,00001	
Arang Akasia_3 Jam_3	1	3,45	13,6	0,39	0,00129	0,00002	0,000015
	2	3,45	13,6	0,28	0,00047	0,00001	
	3	3,45	13,6	0,37	0,00103	0,00002	
Arang Akasia_4 Jam_1	1	3,45	13,6	0,39	0,00129	0,00002	0,000018
	2	3,45	13,6	0,39	0,00129	0,00002	
	3	3,45	13,6	0,34	0,00081	0,00001	
Arang Akasia_4 Jam_2	1	3,45	13,6	0,39	0,00129	0,00002	0,000012
	2	3,45	13,6	0,28	0,00047	0,00001	
	3	3,45	13,6	0,28	0,00047	0,00001	
Arang Akasia_4 Jam_3	1	3,45	13,6	0,42	0,00159	0,00002	0,000013
	2	3,45	13,6	0,28	0,00047	0,00001	
	3	3,45	13,6	0,25	0,00034	0,00001	

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 10 April 2021
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 6,36 kg



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;mm <sup>3</sup> )	Keausan (Ws; mm <sup>3</sup> /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm <sup>3</sup> /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	

Lembar asli, tidak untuk digandakan

**Keterangan:**

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



Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

### 3. Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers Microhardness*



**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_2 Jam_1	1	0,05	18,00	18,00	18,00	1144,44
	2	0,15	20,50	20,50	20,50	882,33
	3	0,25	21,00	21,00	21,00	840,82
	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 Akasia_2 Jam_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_2 Jam_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	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 Akasia_3 Jam_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	21,50	21,50	21,50	802,16
	4	0,35	22,50	22,50	22,50	732,44
	5	0,45	22,00	22,00	22,00	766,12
	6	0,55	23,00	23,00	23,00	700,95
Arang Akasia_3 Jam_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	20,50	20,50	20,50	882,33
	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

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 ( $\mu\text{m}$ )	D2 ( $\mu\text{m}$ )	D rata-rata ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan (VHN)
Arang Akasia_3 Jam_3	1	0,05	17,00	17,00	17,00	1283,04
	2	0,15	19,00	19,00	19,00	1027,15
	3	0,25	19,00	19,00	19,00	1027,15
	4	0,35	20,00	20,00	20,00	927,00
	5	0,45	21,00	21,00	21,00	840,82
	6	0,55	21,00	21,00	21,00	840,82
Arang Akasia_4 Jam_1	1	0,05	14,00	14,00	14,00	1891,84
	2	0,15	17,00	17,00	17,00	1283,04
	3	0,25	18,00	18,00	18,00	1144,44
	4	0,35	18,00	18,00	18,00	1144,44
	5	0,45	18,50	18,50	18,50	1083,42
	6	0,55	20,00	20,00	20,00	927,00
Arang Akasia_4 Jam_2	1	0,05	15,00	15,00	15,00	1648,00
	2	0,15	16,50	16,50	16,50	1361,98
	3	0,25	18,00	18,00	18,00	1144,44
	4	0,35	17,50	17,50	17,50	1210,78
	5	0,45	19,00	19,00	19,00	1027,15
	6	0,55	20,00	20,00	20,00	927,00
Arang Akasia_4 Jam_3	1	0,05	16,00	16,00	16,00	1448,44
	2	0,15	18,50	18,50	18,50	1083,42
	3	0,25	19,00	19,00	19,00	1027,15
	4	0,35	20,00	20,00	20,00	927,00
	5	0,45	20,00	20,00	20,00	927,00
	6	0,55	21,00	21,00	21,00	840,82

Lembar asli, tidak digandakan

**Keterangan:**

1. Pengujian dilakukan tanggal 10 April 2021
2. Pengujian menggunakan universal hardness
3. Pembebanan menggunakan 200 gf



Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281



**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 200 gr



Lembar asli, tidak untuk digandakan

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281