

SKRIPSI

**KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020
MENGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOCOPY DENGAN
SUHU 700°C DAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP
VARIASI LAJU ALIRAN GAS**



Disusun oleh:

NAMA : MUHAMAD ARIEFIEN

NIM : 1811103

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2023**

**KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020
MENGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOCOPY DENGAN SUHU
700°C DAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP VARIASI LAJU
ALIRAN GAS**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)

Program Studi Teknik Mesin S-1

DISUSUN OLEH :

NAMA : MUHAMAD ARIEFIEN

NIM : 18.11.103

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2023

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

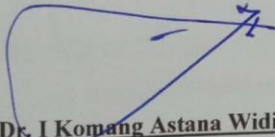
KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020
MENGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOCOPY DENGAN SUHU
700°C DAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP VARIASI LAJU
ALIRAN GAS



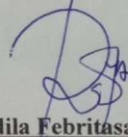
Disusun Oleh:

Nama : MUHAMAD ARIEFIEN
NIM : 1811103

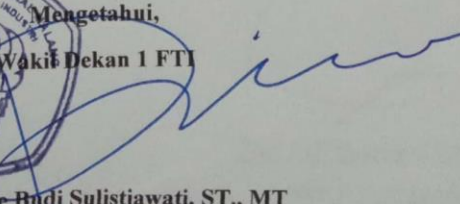
Diperiksa / Disetujui
Dosen Pembimbing 1


Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT
NIP.Y.1030400405

Diperiksa / Disetujui
Dosen Pembimbing 2


Rosadila Febritasari, ST., MT
NIP.P.1032200602



Mengetahui,
Wakil Dekan 1 FTI

Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT
NIP. 197706152005012002



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : J. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : J. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

Nama : Muhamad Ariefien
NIM : 18.11.103
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin / Material
Program Studi : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : **KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020
MENGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOCOPY DENGAN
SUHU 700°C DAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP
VARIASI LAJU ALIRAN GAS**

Dipertahankan Dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Pada

Hari : Rabu
Tanggal : 30 Agustus 2023
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : *79.25* *01*

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA

[Signature]
Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT

NIP.Y.1030400405

SEKRETARIS

[Signature]
Febi Rahmadiano, ST., MT

NIP.P.1031500490

ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI I

[Signature]
Dr. Eko Yohanes S, ST., MT

NIP.P.1031400477

PENGUJI II

[Signature]
Tito Arif Sutrisno, S.Pd., MT

NIP.P.1032100598

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Ariefien
NIM : 1811103
Program Studi : Teknik Mesin S-1
Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul **“KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020 MENGGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOCOPY DENGAN SUHU 700°C DAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP VARIASI LAJU ALIRAN GAS”** adalah skripsi hasil karya sendiri, bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau sepenuhnya dari hasil karya orang lain kecuali yang telah disebutkan dari sumber aslinya.

Malang 11 September 2023

Yan



















Muhamad Ariefien

1811103

LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Muhamad Ariefien
NIM : 1811103
Program Studi : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020 MENGGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOCOPY DENGAN SUHU 700°C DAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP VARIASI LAJU ALIRAN GAS
Dosen Pembimbing : Dr.I Komang Astana Widi .ST.,MT

No.	Materi Bimbingan	Waktu Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing
1.	Pengajuan Judul Skripsi	3 Maret 2023	
2.	Konsultasi BAB I	4 Maret 2023	
3.	Konsultasi BAB I, II	13 Maret 2023	
4.	Konsultasi BAB I, II, III	20 Maret 2023	
5.	Pendaftaran Seminar Proposal	5 April 2023	
6.	Seminar Proposal	6 April 2023	
7.	Perbaikan BAB I, II, III	10 April 2023	
8.	Mulai Penelitian	31 Mei 2023	
9.	Konsultasi BAB II, III, IV, V	12 Juli 2023	
10.	Konsultasi BAB III, IV, V	17 Juli 2023	
11.	Konsultasi BAB IV, V	25 Juli 2023	
12.	Pendaftaran Seminar Hasil	7 Agustus 2023	
13.	Seminar Hasil	8 Agustus 2023	
14.	Perbaikan BAB IV	16 Agustus 2023	
15.	Pendaftaran Ujian Komprehensif	28 Agustus 2023	
16.	Ujian Komprehensif	30 Agustus 2023	

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Muhamad Ariefien

NIM : 1811103

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Judul Skripsi : **KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020 MENGGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOCOPY DENGAN SUHU 700°C DAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP VARIASI LAJU ALIRAN GAS**

Dosen Pembimbing : Dr. I komang Astana Widi, ST., MT.

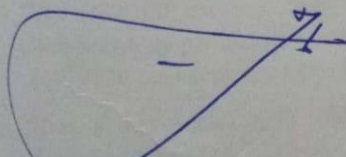
Tanggal Pengajuan Skripsi : 3 Maret 2023

Tanggal Penyelesaian Skripsi : 11 September 2023

Telah Diselesaikan Dengan Nilai : 80.00

Diperiksa/Disetujui

Dosen Pembimbing 1



Dr. I komang Astana Widi, ST., MT

NIP.Y.1030400405

Dosen Pembimbing 2



Rosadila Febritasari, ST., MT

NIP.P.1032200602

**KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020
MENGUNAKAN LAJU ALIR GAS PADA TEMPERATUR 700°C
TERHADAP VARIASI MEDIA CARBURIZING**

Muhamad Ariefien¹, I Komang Astana Widi², Rosadila Febritasari³

Jurnal Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Raya Karanglo KM. 2 Malang (Jawa Timur)

Email : aripsincan17@gmail.com

ABSTRAK

Baja AISI 1020 adalah baja karbon rendah dengan komposisi karbon 0,020 sampai 0,30, baja ini pada umumnya digunakan untuk komponen perindustrian seperti gear sprocket rantai, untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus baja dapat menggunakan perlakuan panas carburizing dengan suhu diatas kritis, digunakan suhu 700°C pada tungku dengan holding time 60 menit. Pemilihan variasi laju alir gas pada Fluized Bed Furnance yang cukup penting untuk menghasilkan bahan yang sesuai dengan kebutuhan. penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai kekerasan, ketahanan aus, dan meningkatkan kadar karbon dalam spesimen baja AISI 1020 dengan prosesn Carburizing pada *Fluized Bed Furnance* dengan suhu 700°C menggunakan metode pengujian kekerasan *MicroVikers* dan Keausan Pin on Disc dan SEM-EDX, pemilihan limbah fotokopi dan arang batok kelapa sebagai media carburizing karena media tersebut memiliki kandungan karbon. Nilai kekerasan rata-rata Raw Material adalah 227,80 HV sedangkan pada spesimen Laju Alir 60 cm³/min 610,40 HV mengalami peningkatan nilai kekerasan , nilai laju aus pada raw material adalah 3,5366 mm³/menit, volume berat yang hilang adalah 212,2 mm³ sedangkan nilai rata-rata laju aus pada spesimen Laju Alir 60 cm³/min 0,1482 mm³/menit, rata-rata volume berat yang hilang 0,07 mm³ mengalami penigkatan ketahanan aus ,dan pada pengujian SEM-EDX *raw material* memeiliki komposisi karbon yang cukup rendah dibanding hasil SEM-EDX dari spesimen Laju Alir 60 cm³/min kesimpulan dari penelitian ini adalah laju alir gas mempengaruhi peningkatan kekerasan, ketahanan aus, dan kadar karbon pada Baja AISI 1020 setelah proses Carburizing suhu 700° pada *Fluized Bed Furnance*

Kata Kunci : Baja AISI 1020, Carburizing, Pengujian Kekerasan, Pengujian Keausan, SEM-EDX

**CHARACTERIZATION OF THE CARBURIZING PROCESS
OF AISI 1020 STEEL USING GAS FLOW RATE AT 700°C
AGAINST VARIATIONS IN CARBURIZING MEDIA**

Muhamad Ariefien¹, I Komang Astana Widi², Rosadila Febritasari³

Jurnal Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Raya Karanglo KM. 2 Malang (Jawa Timur)

Email : aripsincan17@gmail.com

ABSTRACT

AISI 1020 steel is a low carbon steel with a carbon composition of 0.020 to 0.30, this steel is generally used for industrial components such as chain gear sprockets, to increase the hardness and wear resistance of steel can use heat treatment carburizing with temperatures above critical, used temperature 700°C in furnaces with a holding time of 60 minutes. The selection of gas flow rate variations in Fluized Bed Furnance is quite important to produce materials that suit your needs. This study aims to increase the hardness value, wear resistance, and increase carbon content in AISI 1020 steel specimens by Carburizing process on Fluized Bed Furnance with a temperature of 700°C using MicroVikers hardness testing methods and Pin on Disc and SEM-EDX wear, selection of photocopy waste and coconut shell charcoal as carburizing media because these media have carbon content. The average hardness value of Raw Material is 227.80 HV while in the Flow Rate specimen 60 cm³/min 610.40 HV has increased hardness value, the wear rate value of raw material is 3.5366 mm³/min, the volume of weight lost is 212.2 mm³ while the average value of wear rate in Flow Rate specimens 60 cm³/min 0.1482 mm³/min, the average volume of weight lost 0.07 mm³ has increased wear resistance, and in the SEM-EDX test the raw material has a carbon composition that is quite low compared to the SEM-EDX results from the 60 cm³ / min Flow Rate specimen, the conclusion of this study is that the gas flow rate affects the increase in hardness, wear resistance, and carbon content in AISI 1020 Steel after the 700° temperature carburizing process in Fluized Bed Furnance

Keywords: AISI 1020 steel, carburizing, hardness testing, wear testing, SEM-EDX

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas rahmat karunia, bimbingan, dan penyertaan-Nya selama ini. Dengan ketekunan dan juga pendampingan-Nya, saya sebagai mahasiswa Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang dapat menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi dengan judul ” **KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020 MENGGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOCOPY DENGAN SUHU 700°C DAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP VARIASI LAJU ALIRAN GAS**” yang tentunya sebagai syarat kelulusan dan sebagai penerapan ilmu selama masa perkuliahan.

Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari adanya bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu saya sebagai penyusun skripsi ini, ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr. Eng. I Komang Samawirata, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT sebagai Ketua Prodi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT Selaku Dosen Pembimbing 1 penyusunan Skripsi.
5. Ibu Rosadila Febritasari, ST., MT Selaku Dosen Pembimbing 2 penyusunan Skripsi.
6. Kedua Orangtua yang selalu mendoakan dan mendukung penulis selama menempuh pendidikan di Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang.
7. Bapak dan Ibu dosen pengajar beserta karyawan di Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang atas segala bimbingan dan arahan selama penulis menempuh pendidikan.
8. Teman-teman angkatan 18 yang telah memberi dukungan dan semangat kepada penulis.

9. Sahabat dan teman-teman terdekat yang selalu mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Penyusun menyadari sebagai manusia biasa, pasti tidak akan pernah bisa sempurna. Maka dari itu, masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran dari bapak/ibu dosen yang berguna untuk menyempurnakan isi skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun bagi pembaca dalam melakukan setiap penelitian dan studi.

Malang, 11 September 2023



Muhamad Ariefien
1811103

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI	iv
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFRAT TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II DASAR TEORI	8
2.1 Penelitian Terkait	8
2.2 Pengertian Baja.....	11
2.2.1 Jenis Baja.....	12
2.2.2 Pengaruh Unsur Baja Paduan	14
2.3 Baja AISI 1020	16

2.4	Arang Tempurung Kelapa	17
2.5	Serbuk Fotocopy	17
2.6	Keausan	18
2.7	Carburizing	20
2.7.1	Macam-Macam Proses Karburisasi	22
2.7.2	Keuntungan Dari Proses Karburisasi	23
2.7.3	Waktu Penahanan (<i> Holding Time </i>).....	23
2.8	Quenching	24
2.9	Kekerasan	26
2.10	<i> Scanning Electron Microscope (SEM) </i>	27
2.11	<i> Fluidized – Bed Furnace</i>	28
2.11.1	Keunggulan dan Kelemahan <i> Fluidised Bed</i>	30
2.11.2	<i> Suplay Gas dalam Fluidised Bed </i>	31
2.11.3	Karakteristik dan Parameter Fluized Bed Furnance	31
BAB III METODELOGI PENELITIAN		33
3.2	Penjelasan Diagram Alir	34
3.2.1	Studi Literatur.....	34
3.2.2	Tahap Persiapan alat dan bahan	34
3.2.3	Variabel yang digunakan.....	35
3.2.4	Proses Pembuatan Sampel	36
3.2.5	Proses Pengujian Sampel	37
3.2.6	Analisa Pengolahan data Pembahasan	40
3.2.7	Kesimpulan Hasil Penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Analisa Data dan Pembahasan Pengujian Microvikers	41
4.2	Analisa Data dan Pembahasan Pengujian Keausan.....	44

4.3 Analisa Data dan Pembahasan SEM EDX	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram fasa Fe ₃ C.....	14
Gambar 2. 2 Ilustrasi Pengujian Keausan	19
Gambar 2. 3 Proses Difusi Secara Intertisi Substitusi	21
Gambar 2. 4 Proses Pack Carburizing	21
Gambar 2. 5 Pengaruh Pada Kedalaman Difusi Atom.....	22
Gambar 2. 6 Diagram Countinus Transformation (CCT)	24
Gambar 2. 7 Laju Pendinginan Media Pendingin	25
Gambar 2. 8 Grafik Pendinginan Langsung.....	25
Gambar 2. 9 Pendinginan Tunggal (Singel Quenching)	26
Gambar 2. 10 Pengujian Rockwell.....	27
Gambar 2. 11 Skema SEM.....	28
Gambar 2. 12 Fluidized bed furnace.....	28
Gambar 2. 13 Skema Fluidized bed furnace	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir	33
Gambar 3. 2 Pin On disk	37
Gambar 3. 3 Micro Vickers.....	39
Gambar 3. 4 SEM EDX	40
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Kadar Karbon Terhadap Kekerasan	42
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Kadar Karbon Terhadap Laju Aus	45
Gambar 4. 3 Sem Raw Material	47
Gambar 4. 4 EDX Spot Raw Material	48
Gambar 4. 5 SEM Laju Alir 20 cm ³ /min	49
Gambar 4. 6 EDX Spot Laju Alir 20 cm ³ /min	49
Gambar 4. 7 SEM Laju Alir 40 cm ³ /min	51
Gambar 4. 8 EDX Spot Laju Alir 40 cm ³ /min	51
Gambar 4. 9 SEM Laju Alir 60 cm ³ /min	53
Gambar 4. 10 EDX Spot Laju Alir 60 cm ³ /min	53
Gambar 4. 11 Grafik Komposisi Karbon Hasil EDX	55

DAFRAT TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Kekerasan raw Material.....	41
Tabel 4. 2 Tabel Pengujian Keausan Raw Material.....	44
Tabel 4. 3 Komposisi Raw Material	48
Tabel 4. 4 Komposisi Laju Alir 20 cm ³ /min.....	50
Tabel 4. 5 Komposisi Laju Alir 40 cm ³ /min.....	52
Tabel 4. 6 Komposisi Laju Alir 60 cm ³ /min.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja merupakan logam yang banyak digunakan dalam berbagai macam bidang, terutama di dalam bidang perindustrian. Pengaplikasian baja sangatlah beraneka ragam tergantung kebutuhan serta sifat-sifat dari baja itu sendiri. Salah satu sifat baja yang penting ialah sifat mekanik. Sifat mekanik merupakan sifatsifat yang berkaitan dengan daya kelakuan (*behavior*) terhadap beban mekanik. Sifat mekanik terdiri dari banyak macam kekuatan yaitu kekuatan (*strength*), ketangguhan (*toughnes*), kekerasan (*hardness*), keuletan (*ductile*) dan dengan modulus elastisitas dan ketahanan arus.

Dalam bidang material terdapat dua cara perlakuan panas untuk meningkatkan nilai kekerasan baja, yaitu perlakuan panas (*heat trearment*) dan deformasi plastis. Baja karbon yang di panaskan hingga mencapai pada suhu austenit kemudian didinginkan secara cepat akan terbentuk struktur logam martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari struktur perlit maupun ferit, proses ini dinamakan *quenching*. Baja spesifikasi AISI 1020 merupakan baja karbon rendah dengan komposisi karbon berkisar 0,20-0,30 %. Baja ini umumnya digunakan di berbagai komponen perindustrian misalnya untuk komponen gear pada mesin bending plat. Untuk dapat mendapatkan kekerasan dan ketahanan terhadap aus dari bahan tersebut dapat dilakukan melalui perlakuan panas dengan cara *carburizing* yang dilanjutkan dengan proses *quenching*.

Salah satu proses perlakuan panas untuk proses mengeraskan logam adalah dengan *Carburizing*. *Carburizing* yaitu pada proses pemberian atau penambahan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan yang dibanding dengan dindingbagian dalam, sehingga kekerasan permukaanya lebih meningkatkan. Sedang pada bagian yang dalam masih memiliki keuletan. Untuk mendapatkan sifat struktur mikrostruktur yang

diinginkan pada logam tersebut dapat di peroleh melalui proses pemanasan baja dan pendinginan pada temperatur tertentu. Oleh karena itu untuk mendapatkan kekerasan yang maksimal maka di lakukan pendingin cepat yaitu dengan media oli, larutan garam dan air.

Menurut Surdia (1995), baja mulai menunjukkan struktur pada suhu 7230 C mulai menunjukkan struktur dan pada 15500 C baja sama sekali melebur. Ini berarti kemampuan pada baja yang menurun bila diberikan suhu yang semakin meninggi. Karena pendingin mendadak atom-atom C (carbon) yang tidak sempat keluar sehingga menimbulkan tegangan dalam yaitu atom-atom C tidak mempunyai kedudukan yang baik. Jenis baja yang bisa dan perlu di *quenching* adalah baja yang berkadar C (carbon) di bawah 0.3% dan lebih kecil dari 0.9%. untuk baja dengan kadar C (carbon) di bawah 0.3% tidak bisa dikeraskan sampai intinya kecuai hanya permukaanya. Dengan penambahan unsur C (carbon) dengan proses pengarbonan padat dengan energizer agar carbon dapat berdifusi ke baja. Arang tempurung kelapa sebagai sumber karbon padat pada baja, dirubah terlebih dahulu dalam bentuk butiran. Bentuk butiran akan membantu proses perubahan karbon benda padat menjadi gas yang melalui pemanasan. Pemanasan yang dilakukan pada proses ini, menggunakan temperatur antara 8500 sampai 9500C. Gas karbon yang dihasilkan akan berdifusi kedalam struktur baja sehingga kadar karbon akan meningkat (Mujiono dan Arianto, 2008). Menurut teori dan macam penelitian-penelitian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “ karakterisasi proses *carburizing* baja aisi 1020 menggunakan limbah serbuk foto copy pada suhu 700 terhadap variasi laju aliran gas lpg “

Di jaman yang semakin canggih dan maju ini, kebutuhan akan produk-produk industri semakin beragam. Untuk menunjang perkembangan teknologi yang sangat pesat dibutuhkan bahan unggul yang mempunyai sifat-sifat sesuai dengan penggunaannya. Kebutuhan perkembangan teknologi tidak lepas dari unsur logam sehingga logam mempunyai peranan aktif dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi di jaman sekarang. Oleh karena itu, timbul kreasi dan inovasi dari manusia sebagai pelaku industri untuk dapat

memperbaiki sifat-sifat mekanik dan fisik dari logam tersebut. Dalam dunia perancangan, material logam yang paling banyak digunakan adalah baja, karena selain jenisnya yang bervariasi, bersifat kuat, ketahanan aus yang tinggi dan sifat mampu bentuk yang tinggi, sehingga dengan sendirinya akan meningkatkan umur pakai komponen.

Unsur logam termasuk penyumbang terbanyak pembuatan komponen – komponen mesin, salah satunya adalah baja tahan karat/*Stainless Steel* (SS). Baja AISI 4140 mempunyai komposisi kimia seperti C (0.38-0.43 %), Mn (0.75- 1.00 %), Si (0.20-0.35 %), Cr (0.80-1.10 %), Mo (0.15-0.25 %), P (≤ 0.035 %) dan S (≤ 0.04 %). Material ini sifat ketahanan korosinya sangat baik namun nilai kekerasan rendah dibandingkan baja tahan karat jenis martensitik lainnya. Paduan dengan nitrogen sebenarnya menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan elemen paduan lainnya dalam hal sifat korosi dan mekanis (Supriyanto, 2018)

Baja adalah material yang paling banyak digunakan pada berbagai bidang terutama pada bidang otomotif. Penggunaan baja ini dikarenakan berbagai sifat yang terkandung di dalamnya seperti kekerasan, keuletannya, ketangguhannya, sifat mekanis serta struktur mikronya yang lebih baik dibandingkan material lain, sehingga hal ini yang mendorong pemakaian baja pada berbagai bidang contohnya sebagai alat-alat perkakas serta komponen dari alat otomotif (Vuko, 2016).

Berdasarkan kandungan karbonnya, baja dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja karbon sedang (*medium carbon steel*) dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*). Sedangkan menurut kadar unsur paduan, baja dapat dibagi dalam dua golongan yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi atau baja paduan khusus. Baja paduan rendah adalah baja yang sedikit mengandung unsur paduan di bawah 10%, sedangkan baja paduan tinggi dapat mengandung unsur paduan di atas 10%. Salah satu baja paduan rendah yaitu baja AISI 1020 (Faisal, 2012).

Baja AISI 1020 merupakan baja paduan rendah yang memiliki kandungan paduan yakni chromium dan molybdenum, menurut AISI (*American Iron and Steel Institute*) pemberian angka 1020 itu memiliki makna yaitu dua digit

angka pertamana menyebutkan paduan yang terkandung di dalamnya sedangkan dua angka terakhir menunjukkan kadar karbon yang terkandung pada baja tersebut. Baja 2 ini biasa diaplikasikan pada *shaft, bolts, coupling, hydraulic machinery shaft* dan lain-lain. Aplikasi tersebut memerlukan kekuatan yang lumayan besar, ketahanan aus yang baik serta tahan terhadap korosi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan perlakuan panas khusus sehingga bisa menciptakan baja dengan permukaan yang keras serta inti yang sedikit lebih lunak agar bisa mengurangi kegetasan dalam baja tersebut (Manta *et al*, 2012).

Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah salah satu metode merubah sifat mekanik baja, metode ini cukup mudah dan ekonomis karena tidak perlu dilakukan pemaduan unsur logam. Baja yang diberi perlakuan panas akan merubah sifat mekaniknya dari segi kekerasan, ketangguhan, keuletan tergantung dari metode yang kita lakukan pada baja tersebut. Karburasi merupakan salah satu metode perlakuan panas. Karburasi adalah proses perlakuan permukaan (*surface treatment*) bertujuan meningkatkan kualitas sifat ketahanan logam (Kornelia, 2017).

Dalam penelitian kali ini, maksud dari penulis ialah untuk menemukan hasil dari kombinasi antara variasi dari temperatur *Carburizing* 700°C, 800°C dan 900°C dengan proses *Nitriding* menggunakan temperatur 500°C serta menggunakan media pendinginan berupa air. Dari jurnal yang telah diambil untuk dijadikan referensi masih belum banyak atau bahkan mungkin tidak ada yang membahas kombinasi dari kedua perlakuan *surface hardening* yang dilakukan dalam satu bahan yang berupa baja paduan rendah AISI 1020.

Heat treatment merupakan proses mengubah struktur logam dengan cara memanaskan logam di dalam tungku dengan suhu tertentu dan didinginkan dengan media pendingin. Salah satu jenis proses *heat treatment* adalah *quenching*. *Quenching* merupakan sebuah proses pendinginan secara cepat pada sebuah material setelah mendapatkan perlakuan panas. Media pendingin yang sering digunakan adalah air, oli, udara, dan masih banyak lagi yang bisa digunakan sebagai media pendingin untuk proses *heat treatment*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang sudah disebutkan di atas, maka permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh variasi laju alir gas dan membandingkannya dengan material asli (raw material) terhadap kekuatan ketahanan keausan pada baja AISI 1020 setelah proses karburisasi suhu 700°C ?
2. Bagaimana pengaruh variasi laju alir dan membandingkannya dengan material asli (raw material) terhadap nilai kekerasan pada baja AISI 1020 setelah proses karburisasi suhu 700°C ?
3. Bagaimana pengaruh variasi laju alir dan membandingkannya dengan material asli (raw material) terhadap SEM-EDX pada baja AISI 1020 setelah proses karburisasi suhu 700°C ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka disusun penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sampel pengujian dibuat dari baja AISI 1020 yang diberi perlakuan Carburizing 700° lalu dimasukkan kedalam media pendingin Air
2. Pengujian yang dilakukan meliputi :
 - a. Pengujian ketahanan keausan serta pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Material, Program studi Teknik mesin S1, Institut Teknologi Nasional Malang.
 - b. Pengujian Micro Vickers serta pengambilan data data yang dilakukan di Laboratorium Material, Program studi Teknik mesin S1, Politeknik Negeri Malang.
 - c. Pengujian Sem serta pengambilan data data yang dilakukan di Laboratorium Material, Program studi Teknik mesin S1, Universitas Brawijaya

3. Standarisasi sampel pengujian :
 - a. Sampel pengujian ketahanan keausan menggunakan standart pengujian
 - b. Sampel pengujian micro vickers menggunakan standart pengujian
 - c. Sampel pengujian sem menggunakan standart pengujian
4. Jumlah sampel pengujian :
 - a. Jumlah sampel pengujian ketahanan keausan 10 sampel, 9 sampel dengan dengan perlakuan Carburizing Temperatur 700°C, 3 Sampel dengan laju alir 20 cm³/min, 3 Sampel dengan laju alir 40 cm³/min, 3 Sampel dengan laju alir 60 cm³/min dan 1 Sampel tanpa perlakuan
 - b. Jumlah sampel pengujian sem 4 sampel, yang terdiri dari 1 sampel dengan laju alir 20 cm³/min, 1 sampel dengan laju alir 40 cm³/min, 1 sampel dengan laju alir 60 cm³/min dan 1 sampel tanpa perlakuan.
 - c. Jumlah sampel pengujian micro vickers 10 sampel, 9 sampel dengan dengan perlakuan Carburizing Temperatur 700°C, 3 Sampel dengan laju alir 20 cm³/min, 3 Sampel dengan laju alir 40 cm³/min, 3 Sampel dengan laju alir 60 cm³/min dan 1 Sampel tanpa perlakuan
5. Pengolahan data:

Pengolahan data menggunakan metode kuantitatif.
6. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini :
 - **Variable bebas :**
 - a. Variasi laju alir 20 cm³/min
 - b. Variasi laju alir 40 cm³/min
 - c. Variasi laju alir 60 cm³/min
 - **Variable Tetap :**
 - a. Uji Keausan
 - b. Uji Micro Vickers
 - c. Uji Sem

- **Variable Terkontrol :**
 - a. Baja Aisi 1020
 - b. Temperatur Carburizing 700°C
 - c. Waktu Penahanan 60 Menit
 - d. Media Quenching Air

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui ketahanan keausan pada baja AISI 1020 dengan variasi laju alir 20 cm³/min, laju alir 40 cm³/min, laju alir 60 cm³/min
2. Untuk mengetahui kekerasan pada baja AISI 1020 dengan variasi laju alir 20 cm³/min, laju alir 40 cm³/min, laju alir 60 cm³/min
3. Untuk mengetahui struktur makro pada baja AISI 1020 dengan variasi laju alir 20 cm³/min, laju alir 40 cm³/min, laju alir 60 cm³/min

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Mampu memberikan informasi karakterisasi carburizing baja AISI 1020 pada temperature 700°C
2. Dapat dijadikan inovasi pada perkembangan teknologi industry
3. Untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan serta pengalaman terhadap material kepada penulis maupun pembaca
4. Sebagai bahan referensi yang berguna untuk mengembangkan kurikulum di masa yang akan datang

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Penelitian Terkait

Baja merupakan logam yang banyak digunakan dalam berbagai macam bidang, terutama di dalam bidang perindustrian. Pengaplikasian baja sangatlah beraneka ragam tergantung kebutuhan serta sifat-sifat dari baja itu sendiri. Salah satu sifat baja yang penting ialah sifat mekanik. Sifat mekanik merupakan sifatsifat yang berkaitan dengan daya kelakuan (*behavior*) terhadap beban mekanik. Sifat mekanik terdiri dari banyak macam kekuatan yaitu kekuatan (*strength*), ketangguhan (*toughnes*), kekerasan (*hardness*), keuletan (*ductile*) dan dengan modulus elastisitas dan ketahanan arus.

Dalam bidang material terdapat dua cara perlakuan panas untuk meningkatkan nilai kekerasan baja, yaitu perlakuan panas (*heat trearment*) dan deformasi plastis. Baja karbon yang di panaskan hingga mencapai pada suhu austenit kemudian didinginkan secara cepat akan terbentuk struktur logam martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari struktur perlit maupun ferit, proses ini dinamakan quenching. Baja spesifikasi AISI 1020 merupakan baja karbon rendah dengan komposisi karbon berkisar 0,20-0,30 %. Baja ini umumnya digunakan di berbagai komponen perindustrian misalnya untuk komponen gear pada mesin bending plat. Untuk dapat mendapatkan kekerasan dan ketahanan terhadap aus dari bahan tersebut dapat dilakukan melalui perlakuan panas dengan cara *carburizing* yang dilanjutkan dengan proses *quenching*.

Salah satu proses perlakuan panas untuk proses mengeraskan logam adalah dengan *Carburizing*. *Carburizing* yaitu pada proses pemberian atau penambahan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan yang dibanding dengan dindingbagian dalam, sehingga kekerasan permukaanya lebih meningkatkan. Sedang pada bagian yang dalam masih memiliki keuletan. Untuk mendapatkan sifat struktur mikrostruktur yang diinginkan pada logam tersebut dapat di peroleh melalui proses pemanasan baja dan pendinginan pada temperatur

tertentu. Oleh karena itu untuk mendapatkan kekerasan yang maksimal maka di lakukan pendingin cepat yaitu dengan media oli, larutan garam dan air.

Menurut Surdia (1995), baja mulai menunjukkan struktur pada suhu 7230 C mulai menunjukkan struktur dan pada 15500 C baja sama sekali melebur. Ini berarti kemampuan pada baja yang menurun bila diberikan suhu yang semakin meninggi. Karena pendingin mendadak atom-atom C (carbon) yang tidak sempat keluar sehingga menimbulkan tegangan dalam yaitu atom-atom C tidak mempunyai kedudukan yang baik. Jenis baja yang bisa dan perlu di *quenching* adalah baja yang berkadar C (carbon) di bawah 0.3% dan lebih kecil dari 0.9%. untuk baja dengan kadar C (carbon) di bawah 0.3% tidak bisa dikeraskan sampai intinya kecuai hanya permukaanya. Dengan penambahan unsur C (carbon) dengan proses pengarbonan padat dengan energizer agar carbon dapat berdifusi ke baja. Arang tempurung kelapa sebagai sumber karbon padat pada baja, dirubah terlebih dahulu dalam bentuk butiran. Bentuk butiran akan membantu proses perubahan karbon benda padat menjadi gas yang melalui pemanasan. Pemanasan yang dilakukan pada proses ini, menggunakan temperatur antara 8500 sampai 9500C. Gas karbon yang dihasilkan akan berdifusi kedalam

(Rini Halila Nasution 2020) Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1020 Terhadap Perlakuan *CARBURIZING* Dengan Arang Batok Kelapa Pada baja AISI 1020 dilakukan proses penambahan karbon (*Carburizing*) untuk memperoleh sifat kekerasan yang tinggi dengan proses *Carburizing* pada variasi *Quenching* dengan media pendingin air, air larutan garam dan oli. Setiap baja mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia. Oleh sebab itu perlu suatu penanganan khusus yang diharapkan memiliki umur yang lebih lama dari perencanaannya, maka ketahanan terhadap dari bahan tersebut dapat dilakukan melalui perlakuan panas dengan cara *Carburizing* dengan variasi *Quenching* dengan media pendingin air, air larutan garam dan oli yang bertujuan meningkatkan kekerasan. Dari hasil pengujian vickers pada baja AISI 1020 (asli) memiliki nilai kekerasan rata-rata 191.3336 VHN sedangkan baja yang mengalami proses *Carburizing* pada suhu 9000C selama 7 jam yang

didinginkan dengan air, air garam dan oli mendapatkan nilai kekerasan rata-rata 395.3990 VHN, 674.8970 VHN, 621.2040 VHN.

(Teguh Raharjo 2008) Proses *Nitriding* Untuk Peningkat Sifat Mekanik Permukaan Material Dies Suatu material atau logam yang diaplikasikan untuk cetakan lampu dimana pada saat pengecoran mengalami perubahan bentuk seperti melengkung, aus dan mudah korosi sebagai akibat panas (berkisar 1000 – 1300 0C), selain itu juga menyebabkan waktu penggunaan cetakan menjadi singkat (1000 Jam). Salah satu teknik yang digunakan untuk mengatasi hal tersebut diatas maka dilakukan proses *nitriding* yang bertujuan untuk mengetahui perilaku dan dampak dari material Dies Lampu setelah proses *Nitriding* terhadap kekerasan, untuk mengetahui karakteristik permukaan dari Dies Lampu setelah proses *Nitriding* dan untuk mengetahui perbedaan antara material dies lampu sebelum dan setelah diproses *nitriding* ditinjau dari segi sifat mekanik. Metode *nitriding* yang dilakukan adalah gas *nitriding* dalam *Fluidised* bed dengan media gas oksigen (O₂), Nitrogen (N₂) dan Amonia (NH₃) dengan perbandingan 86 % N₂ dan 14 % NH₃. dengan variasi waktu proses *nitriding* yaitu 8 Jam, 10 Jam, dan 12 Jam. Dampak dari proses *nitriding* yang dilakukan pada material cetakan lampu yang dibentuk berupa spesimen adalah dapat meningkatkan kekerasan permukaan. Karakteristik permukaan setelah proses *nitriding* adalah terbentuknya kulit atau lapisan nitrida sifat tahan korosi, ketahanan leleh, ketahanan aus *abrasive* dan *adhesive*, kekuatan menahan beban, kekerasan yang tinggi dan aplikasi temperatur tinggi yang baik. Kualitas dari material cetakan lampu yang diproses *nitriding* lebih baik jika dibandingkan dengan sebelum proses *nitriding* apabila dilihat dari sifat meknik yang dimiliki. Material cetakan lampu dapat diproses *nitriding* karena mengandung element / unsur paduan yaitu: C=0,24 (%), Mn=0,61%, P=0,011%, Al=0,018%, V=0,01%, Cr=3,44% , dan Mo=0,49%.

(Nugroho Putro Wicaksono 2021) ANALISA PROSES *CARBURIZING* DENGAN VARIASI WAKTU TAHAN 15, 30, 45, 60 TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON ST 60 Penelitian kali ini menjelaskan tentang proses *carburizing* pada baja. Perumusan masalah tentang

carburizing dengan variasi waktu tahan 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit terhadap kekerasan dan struktur mikro pada baja karbon ST60. Proses pack *carburizing* banyak digunakan untuk meningkatkan kekerasan permukaan pada baja. Pada penelitian ini ukuran butir karbon yang digunakan adalah mesh 140 (105 μm) dengan temperature 900°C. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada variasi waktu tahan 15 menit nilai kekerasan rata-rata 56,7 HRA. Pada waktu tahan 30 menit rata-rata nilai kekerasannya adalah 57,1 HRA. Lalu pada waktu tahan 45 menit rata-rata nilai kekerasannya adalah 57,4 HRA dan pada waktu tahan 60 menit adalah 57,5. Untuk raw material memiliki rata-rata nilai kekerasan 66,7 HRB. Jadi raw material setelah di *carburizing* mengalami peningkatan kekerasan sebesar 167-173%.

(Muhamad Farid Fauzi 2022) Baja Paduan Sedang AISI 4140 Terhadap Struktur Mikro Dan Kedalaman Pengerasan Permukaan Material uji dengan perlakuan panas suhu *carburizing* 700°C dan nitriding 500°C didapatkan peningkatan kekerasan sebesar 155%, lalu untuk suhu proses *carburizing* 800°C dan nitriding 500°C didapatkan peningkatan kekerasan sebesar 150%, sedangkan untuk suhu proses *carburizing* 900°C dan *nitriding* 500°C didapatkan peningkatan kekerasan sebesar 194%. Baja paduan sedang AISI 4140 yang dilakukan perlakuan panas dengan suhu *carburizing* 700°C dan *nitriding* 500°C terjadi peningkatan unsur karbon sebesar 13%, perlakuan panas dengan suhu *carburizing* 800°C dan *nitriding* 500°C terjadi peningkatan unsur karbon sebesar 51%, sedangkan untuk perlakuan panas dengan suhu *carburizing* 900°C dan nitriding 500°C terjadi peningkatan unsur karbon sebesar 60%. Dari hasil uji optic didapatkan ketebalan material hasil proses *carburizing* 700°C dan *nitriding* 500°C setebal 100 μm , suhu *carburizing* 800°C dan *nitriding* 500°C ketebalan yang dihasilkan yakni 240 μm , serta suhu *carburizing* 900°C dan *nitriding* 500°C ketebalan yang dihasilkan yakni 100 μm .

2.2 Pengertian Baja

Baja merupakan logam paduan yang berbahan dasar besi serta unsur karbon sebagai paduannya. Kandungan karbon pada baja berkisar antara 0.2-2.1% sesuai dengan *grade*. Penambahan karbon yaitu berfungsi sebagai unsur penguat didalam

baja. Terdapat unsur paduan lain yang biasanya ditambahkan kedalam baja selain karbon yakni mangan, krom, vanadium serta nikel. Dengan melakukan variasi kandungan unsur paduan serta karbon didalam baja bisa membuat berbagai macam jenis baja dengan kualitas baja yang berbeda-beda pula. Penambahan unsur karbon pada baja mengakibatkan peningkatan kekerasan (*hardness*), kekuatan Tarik (*tensile strength*), disisi lain penambahan unsur karbon pada baja juga membuatnya menjadi getas serta menurunkan tingkat keuletannya. Pengaruh utama dari unsur karbon dalam baja yakni pada kekuatan, kekerasan serta sifat mudah dibentuk. Kandungan karbon yang besar mengakibatkan peningkatan kekerasan baja tetapi membuat baja menjadi getas serta sulit untuk dibentuk (Davis, 1982).

2.2.1 Jenis Baja

Jenis-jenis baja secara umum terbagi atas tiga besar yaitu baja karbon dan baja paduan yang dijabarkan secara rinci seperti dibawah ini:

1. Baja Karbon

Baja Karbon merupakan salah satu jenis dari baja paduan. Baja karbon atau *carbon steel* merupakan material logam yang terbentuk dari dua unsur antara unsur utama (Fe) serta unsur kedua yang berpengaruh pada sifat-sifatnya yakni karbon (C), sedangkan unsur yang lain berpengaruh menurut prosentasenya (Suprpto, 2015). Baja karbon umumnya memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0.2% hingga 1.8% (C), dimana unsur karbon berfungsi sebagai unsur peneras dalam struktur baja (De Garmo, 1990). Menurut besar kandungan karbonnya, baja karbon dibagi menjadi :

a. Baja karbon rendah

Baja ini memiliki komposisi karbon kurang dari 0.2% serta struktur mikronya ferrit dan perlit. Baja ini tidak bisa dikeraskan dengan cara perlakuan panas, baja karbon ini hanya bisa dilakukan proses pengerjaan 5 dingin. Baja karbon rendah memiliki keuletan dan ketangguhan yang tinggi.

b. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang ialah baja dengan kandungan karbon antara 0.2 sampai 0.5 % dari keseluruhan berat baja. Baja karbon sedang dapat dilakukan perlakuan panas dengan cara memanaskan hingga fasa *austenite*

lalu ditahan beberapa saat kemudian didinginkan cepat untuk memperoleh fasa yang keras yakni *martensit*. Baja karbon sedang dapat diaplikasikan sebagai poros, roda gigi, dan lain-lain.

c. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mempunyai komposisi karbon 0.6 sampai 1.4 % dari keseluruhan berat baja. Kekerasan serta kekuatan dari baja ini sangat tinggi namun keuletannya kurang.

2. Baja Paduan

Baja paduan (*alloy steel*) adalah baja yang memiliki sedikit kandungan dari satu atau lebih elemen paduan (selain karbon) seperti *silicon*, nikel, *chromium*, *manganese*, titanium, *copper*, serta aluminium. Pencampuran tersebut menghasilkan sifat yang tidak dimiliki oleh baja karbon reguler. Baja paduan sering kali digunakan di industri karena biayanya yang ekonomis, mudah ditemukan, mudah diproses dan memiliki sifat mekanik yang baik.

Baja paduan lebih responsif terhadap perlakuan panas dan perlakuan mekanik dibandingkan dengan baja karbon. Dalam penelitian ini penyusun menggunakan baja paduan yang akan dapat memudahkan pengambilan data sesuai teori yang telah diambil. Baja dapat dikatakan baja paduan jika memiliki kandungan unsur paduannya khusus, paduan yang terkandung sesuai dengan kebutuhan dari konsumen. Paduan yang banyak digunakan yakni Cr, Mn, Si, Ni, Mo, Ti, Al, Cu, Nb, Zr. Menurut jumlah paduannya baja paduan digolongkan menjadi:

a. Baja Paduan Rendah

Baja paduan rendah (*low alloy steel*) adalah baja dengan unsur paduan (misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain) dengan presentase rendah. Baja jenis ini biasanya memiliki paduan kurang dari 2.5% (Rudnev *et al*, 2003). Material baja ini sering digunakan sebagai material pada mesin perkakas seperti pahat kayu, poros, dan gergaji. Contoh *low alloy steel* dengan persentase karbon 0,4%-0,55% yaitu AISI 4140, 4150, 1552 dan 5150. Beberapa jenis baja ini sering digunakan untuk bahan pembuatan roda gigi dan dilanjutkan dengan proses pengerasan seperti *induction surface*

hardening (Rudnev *et al*, 2003). Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang memiliki unsur paduan kurang dari 2.5%. unsur paduan yang dipakai seperti Cr, Mn, Ni, S, Si, P dll. Baja paduan jenis ini biasanya dipakai untuk membuat perkakas potong, gergaji, pahat, mata pisau dan lain-lain.

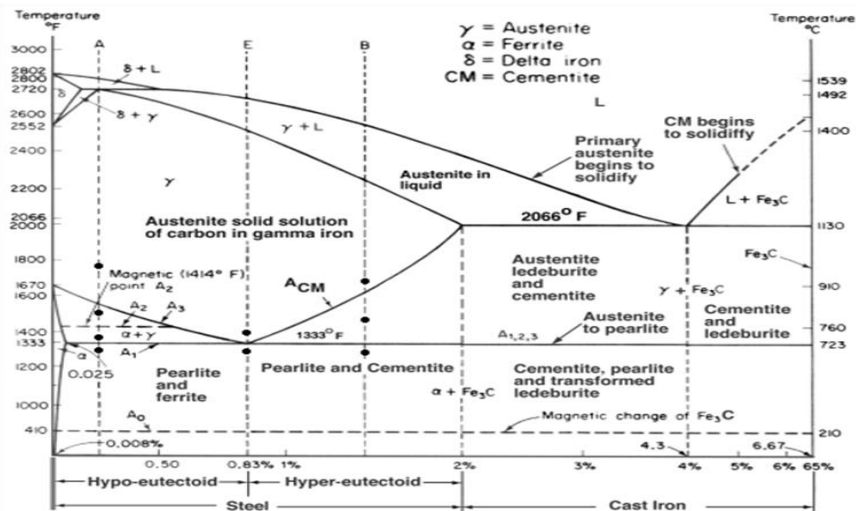
b. Baja paduan sedang

Baja paduan ini memiliki unsur paduan sekitar 2.5 sampai 10%. Baja paduan ini biasanya digunakan sebagai pembuat alat ukur, cetakan penarikan dan lain-lain.

c. Baja paduan tinggi

Baja paduan ini memiliki unsur paduan lebih dari 10%, baja paduan ini sering dipakai sebagai cetakan penarikan kawat, rol derat dan lain-lain.

3. Struktur Mikro Baja



Gambar 2. 1 Diagram fasa Fe₃C

(Sumber : garis pandang.blogspot.com)

Struktur mikro merupakan gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang terdapat dalam baja, fasa ini dapat diamati melalui Teknik Metalografi. Metalografi sendiri merupakan metode yang digunakan untuk menyelidiki struktur logam hingga perbesaran 3000 kali, struktur yang dilihat dinamakan mikro struktur.

2.2.2 Pengaruh Unsur Baja Paduan

Pengaruh unsur pada baja paduan terdiri dari beberapa unsur berikut:

1. Karbon (C)

Karbon adalah unsur penting pada baja dikarenakan dengan karbon bisa meningkatkan kekerasan serta kekuatan dari baja, didalam baja kandungan karbon didalamnya sekitar 0.1-1.7%, sedangkan unsur selain baja dibatasi sesuai dengan kegunaanya. Penggunaan karbon dalam baja jika berlebihan bisa mengakibatkan penurunan ketangguhan dari baja tersebut.

2. Mangan (Mn)

Mangan merupakan hal penting dalam proses pembuatan baja, kandungan mangan kurang lebih 0.6% tidak berpengaruh pada sifat baja, atau bisa diartikan mangan dalam jumlah kecil tidak berpengaruh pada baja. Penambahan mangan pada baja bertujuan untuk meningkatkan kekuatan. Tarik tanpa mengurangi regangan, sehingga setelah ditambahkan mangan baja mempunyai sifat kuat dan ulet.

3. Silikon (Si)

Silikon pada baja biasanya mempunyai presentase lebih dari 0.4%, akibat dari penambahan silikon dapat mempengaruhi kenaikan tegangan. Tarik serta menurunkan laju pendinginan kritis, selain itu pengaruh dari penambahan silikon dalam baja yakni meningkatkan kekerasan, keuletan, ketahanan aus, kekenyalan dan ketahanan pada panas serta karat. Unsur silikon ini mengakibatkan sementit tidak stabil yang menyebabkan sementit memisah dan membentuk *grafit*. Silikon merupakan pembentuk *ferrit* tetapi bukan pembentuk dari karbida, silikon cenderung memiliki partikel oksida sehingga membuat orientasi kristal menjadi banyak dan pertumbuhan mengalami pengurangan akibat struktur butir yang semakin halus.

4. Nikel (Ni)

Nikel memiliki pengaruh sama seperti mangan yakni memperbaiki kekuatan Tarik serta menaikkan keuletan serta sifat tahan panas. Apabila

unsur baja paduan memiliki kandungan nikel sebesar 25% baja paduan tersebut memiliki sifat tahan korosi, sama seperti unsur Mn, unsur paduan nikel memberikan pengaruh untuk menurunkan temperatur kritis, kecepatan kritis dan yang paling utama untuk membuat struktur butiran menjadi halus serta menambah keuletan (Suprpto, 2015).

5. Kromium (*Cr*)

Sifat dari kromium yaitu dapat menurunkan laju pendinginan kritis, kandungan kromium yang mencapai 1.5% dapat meningkatkan kekerasan dalam minyak. Penambahan kromium pada baja membuat struktur yang lebih halus serta membuat sifat baja mempunyai kekerasan lebih baik dikarenakan kromium dan karbon dapat menghasilkan karbida. Kromium dapat menambah keplastisan dan kekuatan tarik serta berguna dalam pembentukan lapisan pasif yang berguna untuk melindungi baja dari korosi serta tahan terhadap suhu yang tinggi.

2.3 Baja AISI 1020

Baja AISI 1020 merupakan salah satu baja karbon rendah dengan unsur karbon (1,40-1,70)% Ni, (0,90- 1,40)% Cr, dan (0,20-0,30)% Mo. Baja AISI 1020 setara dengan baja *DIN CK22.C22*, *JIS S20C*. Menurut standart AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan *DIN CK22.C22*, komposisi kimia dari baja AISI 1020 dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1. Komposisi baja AISI 1020

Kode	C %	Si %	Mn%	Mo%	P %	Cr %
AISI 1020	0,20- 0,30	0,15- 0,35	0,50- 0,70	0,20- 0,30	0,035 max	0,90- 1,40

Baja AISI 1020 yang secara luas mudah tersedia sebagai gear, billet bar, batang forging, lembaran, tabung, dan kawat las. Aplikasi yang umum dari baja ini adalah baut, skrup, roda gigi, batang piston untuk mesin, roda pendaratan, dan komponen landing gear logam akan mendingin dengan lambat pada tahap ini. Stabilitas air dari dan lamanya proses pendinginan yang tahap A sangat dipengaruhi oleh agitasi, umumnya waktu pendinginan tahap ini berkurang dengan peningkatan agitasi (Totten,1993). Tahap B terdiri kurva pendinginan dinamakan tahap didih nukleut dan pada tahap ini terjadi perpindahan panas yang cepat karena logam langsung bersentuhan dengan air. Pada tahap ini, logam masih sangat panas dan air

akan mendidih dengan hebatnya. Kecepatan pembentukan uap air menunjukkan sangat tingginya laju yang suatu perpindahan panas. Selanjutnya suatu perpindahan panas pada pendinginan tahap ini dapat ditingkatkan dengan peningkatan agitasi (Totten, 1993). Pada dan pada tahap C, merupakan tahap pendinginan konveksi dan bagai konduksi, dimana akan di permukaan logam telah bertemperatur dibawah dibawah titik didih air. Tahap ini hanya akan mengalami perpindahan panas melalui konveksi dan konduksi (Totten, 1993). Perpindahan panas konveksi terdiri dari jenis konveksi alamiah dan konveksi paksa. Konveksi paksa yang terjadi karena gaya luar seperti agitasi yang secara umum perpindahan panasnya lebih cepat dari pada konveksi alamiah, laju pendinginan meningkat dengan peningkatan agitasi.

2.4 Arang Tempurung Kelapa

Penambahan karbon ke dalam struktur baja karbon rendah sering disebut sebagai karburisasi, merupakan cara meningkatkan kekerasan dan kekuatan. Cara ini salah satunya menggunakan arang tempurung kelapa sebagai sumber karbon. Pertamamata arang tempurung kelapa dihaluskan menjadi serbuk (powder) dengan ukuran yang berbeda.

Perubahan zat padat menjadi gas sebagai fungsi kenaikan temperatur, dipengaruhi oleh ukuran luasan permukaannya. Arang tempurung kalapa dengan ukuran butir yang lebih kecil akan mudah menjadi gas lebih cepat dibandingkan dengan yang lebih besar. Kecepatan perubahan menjadi gas akan beda karena perbedaan ukuran butir arang tersebut, dan akan berpengaruh terhadap kekerasan permukaan specimen yang dihasilkan. Specimen yang digunakan adalah material dasar (raw materials) baja St 37, yang termasuk dalam kelompok baja karbon rendah (Kuswanto, B. 2010).

2.5 Serbuk Fotocopy

Toner adalah bahan berbentuk serbuk yang digunakan dalam mesin fotokopi atau printer laser. Pada dasarnya toner terbuat dari bubuk karbon, namun karbon tersebut biasanya dicampur dengan beberapa bahan adiktif seperti *styrene* akrilat *kopolimer*, *styrene* kopolimer, *styrene* polimer, *resin hidrokarbon* atau bahan lain sehingga meningkatkan kualitas cetak dan daya rekat pada kertas. Toner yang

memiliki ukuran yang lebih kecil akan menghasilkan cetakan yang lebih baik pula, karena hasilnya akan terlihat tajam (Mang, 2010).

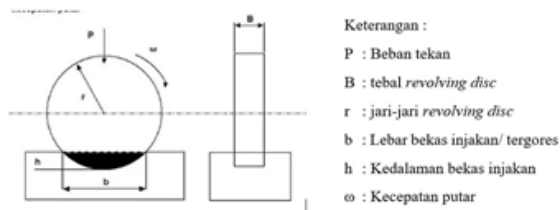
Untuk meningkatkan kualitas toner perlu dilakukan pengontrolan terhadap beberapa karakteristik toner, antara lain ukuran partikel, sifat leleh termal, perilaku adesif dan fluiditasnya (Tanaka, 2006). Karakteristik toner dapat ditentukan dengan menggunakan *XRD (X-Ray Diffraction)*. Sedangkan untuk memeriksa ukuran bulir digunakan metode *Scanning Electron Microscopy (SEM)*, sehingga kita dapat melihat bagaimana bentuk dan ukuran bulir tersebut, kita juga dapat mengetahui kehomogenan dari ukuran bulir tersebut (Ivan, 2005).

Sampel merupakan mineral toner yang terdiri atas 65% polimer, 15% Pasir Besi, dan 20 % Karbon. Seluruh bahan tersebut di campur dengan metode milling menggunakan alat ball milling selama 20 jam. Dari hasil *EDAX* di atas tampak bahwa hasil milling dari bahan Toner 1 mengandung komposisi bahan antara lain karbon, O, dan Fe dengan persentase atomik karbon sebanyak 70.75%, Oksigen 23.38%, Fe 01.79%. dari hasil uji *EDAX* juga terlihat bahwa persentase berat karbon sebanyak 58,44% berat Oksigen 25,73%, berat Fe 06,86. (Prita Yustisia Wardani, 2013)

2.6 Keausan

Keausan merupakan hilangnya material 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 perhitungannya dengan cara mengitung 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 (Wahyu & Adnan, 2016).



Gambar 2. 2 Ilusrtasi Pengujian Keausan

Sumber : Wahyuni & Adnan, 2016

Metode uji ASTM G 99 memungkinkan metode kehilangan geometris dan massa untuk menentukan keausan tetapi dalam kedua kasus pengukuran harus dikonversi menjadi kehilangan volume yaitu dilakukan dengan membagi kehilangan massa dengan kepadatan. Dengan pendekatan geometris, ini dilakukan dengan mengubah dimensi linier terukur menjadi volume menggunakan hubungan yang sesuai untuk geometri bekas goresan aus. Pengujian keausan yang akan dilakukan menggunakan mesin uji *pin on disc* dengan rumusan yang digunakan berdasarkan pengukuran kehilangan berat adalah sebagai berikut :

$$\text{Kehilangan Berat (g)} = \text{Berat awal (g)} - \text{berat akhir (g)}$$

Dari spesifikasi pengujian keausan pada penelitian ini memiliki beberapa parameter kecepatan, perubahan massa benda akibat gaya gesekan, gaya penekanan, lintasan dan waktu. Adapun rumus laju keausan yang digunakan untuk menentukan saat pengujian pada material pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$W = \frac{v_i - v_f}{t} = \frac{\Delta v}{t}$$

Di mana:

W = Wear rate atau laju aus (mm³ /menit) atau (gr/menit)

V_i = Volume awal spesimen sebelum uji aus (mm³) atau (gr)

V_f = Volume akhir spesimen setelah uji aus (mm³) atau (gr)

t = Waktu lama pengausan (menit) atau (detik)

ΔV = Volume goresan yang hilang (mm^3) atau (gr)

Sehubungan dalam penelitian ini nanti hasil pengujian aus dengan metode Pin on Disk yang didapatkan adalah nilai dalam bentuk kehilangan berat (weight loss) maka perlu mengonversi hasil uji aus tersebut ke dalam bentuk kehilangan volume (volume loss). Dalam standar yang dipakai yaitu ASTM G99 dijelaskan bahwa Persamaan berikut merupakan laju aus yang berkaitan dengan kehilangan berat dan kehilangan volume adalah sebagai berikut ini:

$$\text{Volume Loss, mm}^3 = \frac{\text{mass loss.g}}{\text{Density.g/cm}^3} \times 1000$$

Di mana:

Volume Loss = Volume akhir spesimen setelah uji aus (mm^3)

Mass Loss = Berat akhir spesimen setelah uji aus (g)

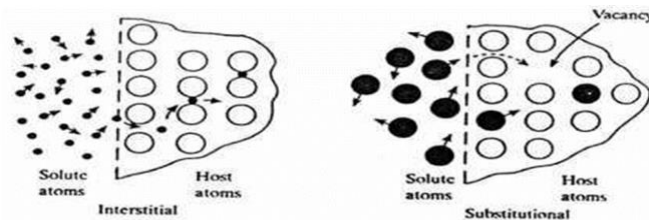
Density = Berat jenis spesimen (g/cm^3)

2.7 Carburizing

Proses perlakuan *carburizing* adalah proses dimana karbon monoksida yang berasal dari senyawa padat terurai pada permukaan logam menjadi karbon baru yang melapisi permukaan logam. Perlakuan panas kimiawi yang merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan perbedaan antara sifat-sifat material di bagian tengah material (Rajan, 1997).

Keadaan material yang dituntut harus lebih keras dibanding permukaan serta memiliki sifat ulet dan tangguh dibagian dalam suatu material serta lebih tahan aus untuk sifat material pada bagian permukaan. Dengan demikian sifat-sifat yang dimiliki suatu material akan sesuai dengan apa yang kita inginkan dan memiliki umur yang lebih panjang.

Metode pertama adalah perlakuan termokimia, karena komposisi kimia permukaan baja diubah dengan difusi karbon dan nitrogen. Metode kedua melibatkan transformasi fasa pemanasan dan pendinginan cepat permukaan luar.

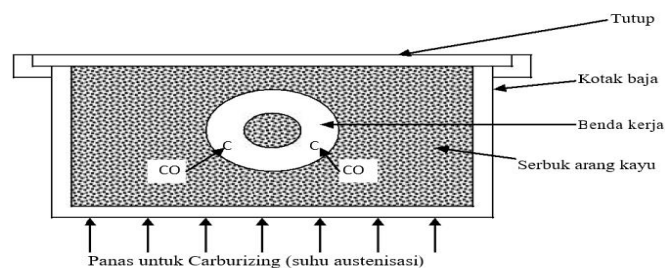


Gambar 2. 3 Proses Difusi Secara Intertisi Subsitiitusi

(Sumber: Budinski, 1999)

Carburizing merupakan proses penambahan unsur karbon dengan cara difusi sehingga karbon akan melapisi permukaan baja dan meningkatkan kadar karbon pada permukaan baja karbon rendah. Pada baja dengan kadar karbon tinggi (> 1% C), jumlah unsur karbon yang terdapat dalam permukaan biasanya memiliki tingkat yang tinggi sehingga substrat lebih sulit untuk melakukan difusi pada bagian tersebut. Difusi karbon umumnya dilakukan pada suhu 842-953°C.

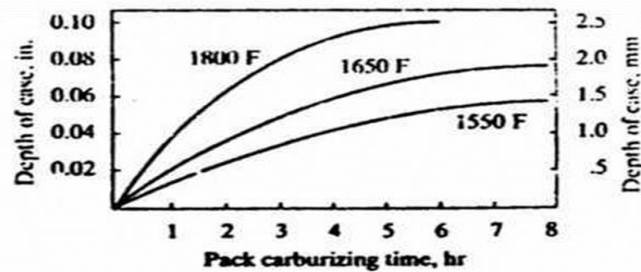
Pada sistem *pack carburizing*, baja (benda kerja) dimasukkan disekitar serbuk arang kayu yang dimana saat pemanasan mengeluarkan gas CO₂ dan CO. Saat proses berlangsung yang terjadi pada logam baja, gas karbonmonoksida akan terdegradasi akan masuk kedalam permukaan logam yang mengakibatkan sifat luar dari logam jauh lebih keras.



Gambar 2. 4 Proses *Pack Carburizing*

(Sumber: Budinski, 1999)

Kedalaman difusi dan kekerasan yang dihasilkan pada proses *carburizing* tidak ada batasan secara teknik, tapi dari pengamatan praktis umumnya kedalam *carburizing* sekitar 0,05 in atau 1,27 mm (Budinski,1999).



Gambar 2. 5 Pengaruh Pada Kedalaman Difusi Atom

(Sumber: Budinski, 1999)

2.7.1 Macam-Macam Proses Karburisasi

1. Karburisasi padat (*Pack Carburizing*)

Karburisasi padat adalah proses penambahan unsur karbon aktif pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari media karburisasi. Bahan karburisasi ini biasanya adalah arang tempurung kelapa, kokas, arang kayu, arang kulit maupun arang tulang.

2. Karburisasi cair (*Liquid Carburizing*)

Karburisasi cair adalah proses pengerasan baja dengan cara mencelupkan baja yang telah ditempatkan pada keranjang kawat ke dalam campuran garam cianida, kalsium cianida (*KCN*) atau natrium cianida (*NaCN*). Komponen ditahan dalam garam cair yang memasukkan karbon ke dalam logam. Karbon tersebar ke dalam menghasilkan kasing yang mengeras dengan pendinginan cepat. Kasing yang diproduksi oleh difusi karbon mirip dengan yang dihasilkan oleh karburisasi gas. Kasus yang dibentuk oleh karburisasi cair memiliki nitrogen rendah dan kandungan karbon tinggi.

3. Karburisasi gas (*Gas Carburizing*)

Suatu karburisasi dengan menggunakan bahan karbon yang berbentuk gas, proses ini dilakukan dengan cara memanaskan baja dalam dapur dengan atmosfer yang banyak mengandung gas CO dan gas hidro karbon yang mudah

berdifusi pada temperature karburisasi 850°C hingga 950°C. Gas-gas tersebut akan bereaksi dan menghasilkan karbon aktif yang nantinya berdifusi pada lapisan permukaan benda kerja. Karburisasi pada media gas lebih menguntungkan dibanding dengan karburisasi dengan jenis lain karena permukaan benda kerja tetap bersih, hasil lebih banyak dan kandungan karbon pada lapisan permukaan dikontrol lebih teliti. Menurut B.H. Amstead (dalam Wardiana, 2020) mengatakan bahwa “proses karburisasi menggunakan media gas digunakan untuk memperoleh lapisan tipis antara 0,1 – 0,75 mm”.

2.7.2 Keuntungan Dari Proses Karburisasi

Kelebihan dari karburisasi antara lain:

1. Casing yang lebih besar.
2. Distorsi yang dihasilkan oleh proses karburisasi lebih sedikit.
3. Kekuatan benturan yang dihasilkan yang lebih baik.

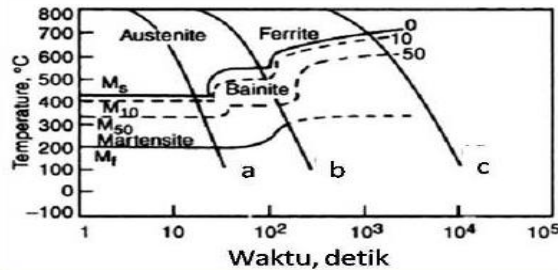
2.7.3 Waktu Penahanan (*Holding Time*)

Holding time merupakan waktu penahanan yang dilakukan untuk mendapat kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *carburizing* dengan suhu penahanan tertentu dengan cara difusi karbon dan unsur paduannya. Waktu penahanan suhu dapat dilakukan pada saat suhu dapur telah mencapai suhu panas yang dikehendaki guna memberikan kesempatan penyempurnaan bentuk kristal yang terbentuk pada suhu transformasi. Tujuan waktu penahanan suhu untuk proses tempering adalah agar struktur mikro yang dicapai setelah proses temper akan lebih homogen (Nur, 2005).

Holding time merupakan waktu penahanan yang dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses hardening dengan suhu penahanan tertentu dengan cara difusi karbon dan unsur paduannya. Waktu penahanan sangat berpengaruh pada saat transformasi karena apabila waktu penahanan yang diberikan kurang tepat atau terlalu cepat, maka transformasi yang terjadi tidak sempurna dan tidak homogen selain itu waktu tahan terlalu pendek akan menghasilkan kekerasan yang rendah hal ini dikarenakan tidak cukupnya jumlah karbida yang larut dalam larutan. Sedangkan apabila waktu penahanan yang diberikan terlalu lama,

transformasi terjadi namun diikuti dengan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan ketangguhan (Purnomo, 2012).

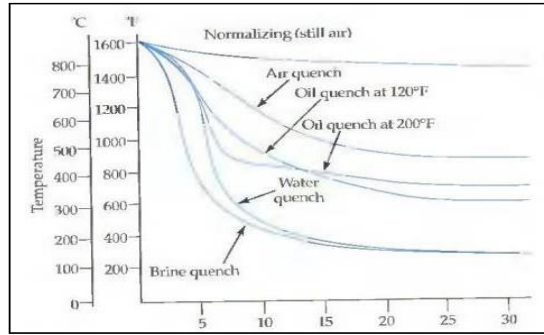
2.8 Quenching



Gambar 2. 6 Diagram *Countinus Transformation (CCT)*

(Sumber: Ardra.Biz, 2019)

Quenching adalah proses pemanasan logam sampai suhu austenitisasi, yang kemudian didinginkan secara cepat sehingga akan membentuk struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari pada struktur-struktur ferlit dan ferit. *Quenching* ini bertujuan untuk menambahkan kekerasan baja yang biasanya dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi atau kekuatan yang lebih baik. Tiap jenis media *quenching* akan memberikan laju pendingin yang berbeda. Kekerasan yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh laju pendinginan tersebut. Laju pendinginan yang cepat akan didapatkan sifat-sifat logam yang keras dan getas, dan untuk laju pendinginan yang lambat akan didapatkan sifat-sifat yang lunak dan ulet (Arfis A, 2012). Media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas adalah air. Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H_2O . Air memiliki sifat tidak berwarna, tidak terasa dan tidak berbau. Air memiliki titik beku $0^{\circ}C$ dan titik didih $100^{\circ}C$ (Halliday dan Resnick, 1985). Pendinginan dengan air lebih baik dibandingkan dengan oli (minyak) dikarenakan air dapat menyerap panas yang dilewatinya dan akan cepat menjadi dingi. Kemampuan panas yang dimiliki air sebesar 10 kali dari minyak (Soedjono, 1978). Sehingga akan dihasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Pendinginan menggunakan air menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retak (Gary, 2011).



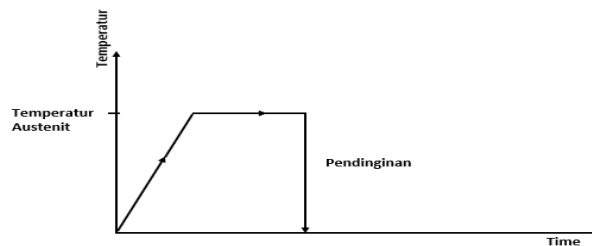
Gambar 2. 7 Laju Pendinginan Media Pendingin

(Sumber: Arfis A, 2012)

Proses pengerasan (*quenching*) dapat dilakukan dengan tiga cara sebagai berikut:

1. Pendinginan Langsung (*Direct Quenching*).

Pendinginan secara langsung dari media carburizing efek yang timbul adalah kemungkinan adanya pengelupasan pada benda kerja. Pada pendinginan langsung ini diperoleh permukaan benda kerja yang getas.



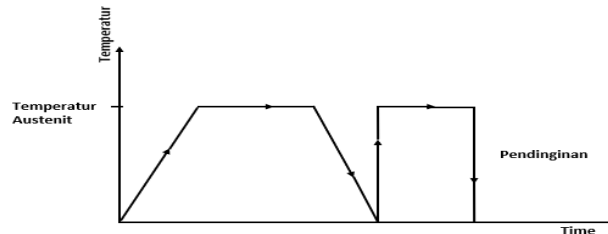
Gambar 2. 8 Grafik Pendinginan Langsung

(Sumber: Pieter Th. Berhиту ST. MT, 2014)

Untuk mencapai struktur material maka austenit yang terjadi harus dengan didinginkan cukup cepat, setidaknya dapat mencapai laju pendinginan kritis dari baja yang bersangkutan. Untuk ini baja harus didinginkan dengan media pendingin tertentu yang umumnya ditentukan oleh jenis baja/paduannya (sumber: Pieter Th. ST. MT, 2014).

2. Pendingina Tunggal (*Single Quenching*).

Singel quenching merupakan pendingin dari benda kerja setelah benda kerja tersebut *carburizing* dan telah didinginkan pada suhu kamar.



Gambar 2. 9 Pendinginan Tunggal (Singel Quenching)

(Sumber: Budinski, 1999)

3. *Double Quenching*

Double Quenching adalah proses pendinginan atau pengerasan pada benda kerja yang telah dikarburasi dan didinginkan pada temperatur kamar kemudian dipanaskan lagi diluar kotak karbon pada temperatur kamar lalu dipanaskan (Budinski, 1999).

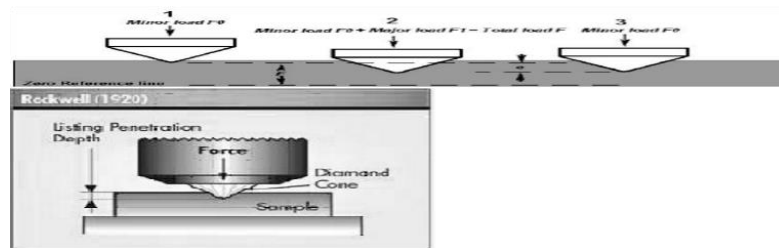
2.9 Kekerasan

Kekerasan suatu bahan pada umumnya menyatakan ketahanan terhadap defo-rmasi dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastic atau deformasi permanen. Untuk orang-orang yang berkeci-mpung dalam mekanik pengujian bahan banyakyang mengartikan bahwa kekerasan sebagai ukuran ketahanan terhadap lekukan. Untuk para insinyur perancang kekera-san sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menun-j-ukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam (Djaprie, S., 1990).

Secara umum terdapat tiga jenis ukuran kekerasan tergantung dari cara peng-ujian kekerasannya, ketiga jenis tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Kekerasan goresan (*scratch hardness*)
- b. Kekerasan lekukan (*indentation hardness*)
- c. Kekerasan pantulan (*rebound*) atau kekerasan dinamik (*dynamic hard-ness*)

Untuk kekerasan logam dalam jenis lekukan yang banyak dibahas insinyur berkaitan dalam bidang rekayasa, para ahli mineral biasanya mengutamakan pembatasan dalam jenis kekerasan goresan karena dengan mengukur kekerasan tersebut dan berbagai mineral dan bahan-bahan lain disusun berdasarkan pada kemampuan goresan yang satu terhadap yang lain. Skala mohs merupakan ukuran untuk kekerasan goresan.

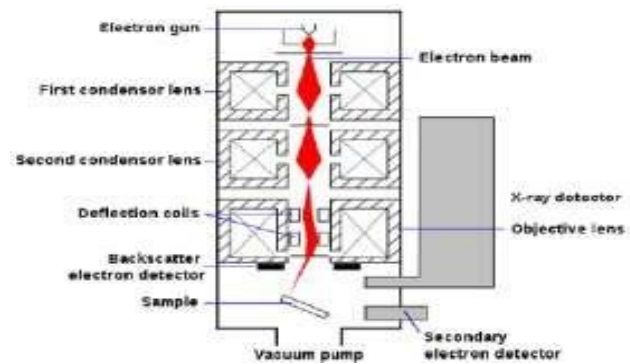


Gambar 2. 10 Pengujian *Rockwell*

(Sumber: Hery Widhiatmoko 2014)

2.10 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope adalah mikroskop electron yang dapat digunakan untuk melihat permukaan suatu material atau bahan dan dapat memberikan datamengenai komposisi kimia dalam sautu material, baik bahannn konduktif maupun bahan non-konduktif. Mikroskop ini menggunakan *eletro magnetic* dan *elektro static* sebagai ganti dari sinar cahaya untuk mengonotrol cahaya yang akan masuk dan gambar yang dihasilkan. Memiliki *field view* yang besar dan bisa melakukan pembesaran pada objek hingga duajuta kali, dan mendapatkan resolusi gambar yang jauh lebih baik dari mikroskop cahaya. Ada banyak model *SEM* yang memiliki beberapa konfigurasi berbeda mengenai *system vakum*, ukuran ruang, *detector*, dan *resolpsi*. *Phenom* adalah desktop *SEM* yang memiliki kualitas tinggi dari pengambilan gambar mikroskop, kecepatan waktu loading dan pengambilan gambar yang paling baik diantara semua jenis *SEM*. *Phenom desktop SEM* dapat digunakan oleh siapa saja dan memiliki beragam aplikasi, seperti dalam bidang ilmu bumi, *elektronik*, *forensik*, manufaktur industri, ilmu kehidupan, serta ilmu material



Gambar 2. 11 Skema SEM

Dalam SEM, posisi sampel ditempatkan di bawah kolom *elektron* dan *elektron* yang tersebar atau terpencar dari sampel akan ditangkap oleh detektor *elektron*. Sinyal *voltase* yang dihasilkan kemudian diperkuat dan dikonversi menjadi gambar pada layar PC menggunakan *photomultiplier*.

SEM-EDS adalah sebuah *Scanning Electron Microscope (SEM)* yang memiliki *sistem Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS)*. SEM digunakan untuk mengamati morfologi atau struktur permukaan dari suatu sampel padatan melalui gambar, sedangkan EDS berfungsi untuk menganalisis unsur atau karakteristik kimia dari material tersebut.

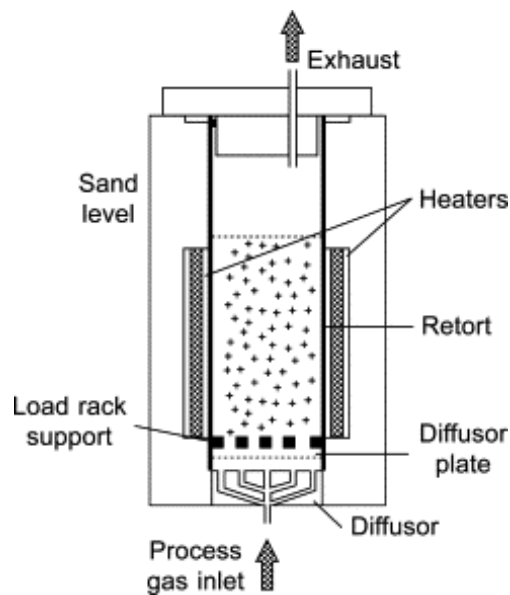
2.11 Fluidized – Bed Furnace



Gambar 2. 12 Fluidized bed furnace

(Sumber : Laboratorium Material ITN Malang)

Fluidized-bed furnace adalah tungku berbentuk silinder atau persegi dan terdiri sebuah tungku panjang dari ruang dan reaksi ruang untuk penyediaan ledakan udara atau distribusi gas ke perapian. Perapian yang dirancang untuk menyediakan distribusi seragam ledakan di atas penampang seluruh ruang reaksi, adalah sebuah kisi logam atau plat beton dengan sebuah klep. Perapian yang dirancang untuk mengatur distribusi ledakan yang seragam di seluruh penampang ruang reaksi tetap permanen, sebuah kisi logam atau plat bukaan yang terbuat dari beton atau teradang dibuat dari blok keramik berpori yang berupa butiran padat tersuspensi oleh udara atau gas yang mengalir melalui grid dan membentuk *fluidized bed* di mana interaksi antara bahan padat dan gas berlangsung. Butiran padat tersuspensi dibuat dari udara atau gas yang mengalir membentuk grid di dalam *fluidized bed* di mana Interaksi antara Bahan berlangsung dalam bentuk padat dan gas. Produk jadi (misalnya, sinter) dibuang dari tungku melalui sebuah pintu di bagian atas dari *fluidized bed*. Alat penukar panas dipasang di zona *fluidized* untuk melakukan pemanasan dalam bed selama proses *eksotermik* (pembakaran) atau untuk memasok panas ke *fluidized bed* selama proses *endotermik* (pengurangan). Tungku *fluidized-bed multichamber* dengan beberapa *bed fluidized sekuensial* digunakan untuk proses yang melibatkan pengolahan bahan dalam beberapa langkah pada berbagai suhu dan berbagai komposisi fasa gas. Dibandingkan dengan *furnace* listrik jenis lain (misalnya, rotary kiln), di dalam *fluidized-bed furnace* gas dan bahan lebih efektif berinteraksi dan lebih seragam pada produk akhir, *fluidized bed furnace* juga membuat seintensif mungkin dan otomatisasi proses berlangsung di dalamnya. Proses proses yg dapat dilakukan di *fluidized bed furnace* adalah: *nitrocarburizing, carbonitriding, carburizing, nitriding, annealing, dan normalizing*.



Gambar 2. 13 Skema *Fluidized bed furnace*

2.11.1 Keunggulan dan Kelemahan *Fluidised Bed*

Keunggulan dari *fluidised bed* yaitu:

- a) Dapat digunakan untuk memproses material logam dan non-logam (*ferrous and non-ferrous*).
- b) Kecepatan perpindahan panas yang tinggi dapat tercapai.
- c) Waktu awal perlakuan panas lebih singkat dan dapur dapat ditiup sepanjang malam tanpa mengurangi waktu proses berikutnya.
- d) Efisiensi thermal yang dihasilkan tinggi dengan konsumsi listrik yang rendah.
- e) Dapat digunakan untuk berbagai jenis pengerasan permukaan kimia (*thermochemical treatment*).

Kekurangan dari *fluidised bed* yaitu:

- a) Sangat potensial terjadinya peledakan, bila terdapat kebocoran.
- b) Arah dari aksi fluidised bed pada permukaan benda kerja yang berorientasi secara berbeda-beda.
- c) Variasi ukuran komponen kerja yang diinginkan sulit diketahui.

2.11.2 *Suplay Gas dalam Fluidised Bed*

Proses perlakuan panas yang dilakukan pada *fluidised bed* menggunakan beberapa jenis gas tergantung proses yang dilakukan. Jenis-jenis gas yang digunakan antara lain:

1. **Oksigen (O₂)**

Gas oksigen berfungsi sebagai *fluidising* pada waktu heating sampai temperatur 500°C dan cooling dari temperatur 500°C sampai temperatur kamar.

2. **Nitrogen (N₂)**

Nitrogen berfungsi sebagai *fluidising* untuk heating dari temperatur 500°C sampai temperatur proses perlakuan untuk mencegah terjadinya oksidasi terhadap material atau logam yang dipanaskan karena pada temperatur tersebut getaran atom sangat tinggi sehingga udara luar masuk kedalam sistem untuk membantu proses reaksi kimia pada gas proses.

3. **Natural Gas (LPG dan Metana)**

Berfungsi sebagai gas pembentuk karbon akibat reaksi kimia dengan Fe dan nitrogen untuk membentuk karbida dalam karbon rendah. Gas ini digunakan dalam proses *carburizing*, *carbunitriding* dan *nitrocarburizing*.

4. **Ammonia (NH₃)**

Ammonia digunakan pada proses *nitriding*, *carbonitriding* dan *nitrocarburizing* dimana unsur N dari ammonia (NH₃) membentuk reaksi kimia dengan Fe, Al, Cr, Mo, V untuk membentuk lapisan nitrida pada permukaan logam.

2.11.3 **Karakteristik dan Parameter Fluidized Bed Furnance**

Meskipun sifat padatan dan cairan itu sendiri mempengaruhi kualitas fluidisasi, ada banyak faktor lain yang memengaruhi campuran padatan dengan sifat tidak sejenis dalam bed, seperti ukuran bed, jumlah dan jenis gas yang digunakan untuk mengalirkan partikel padatan.

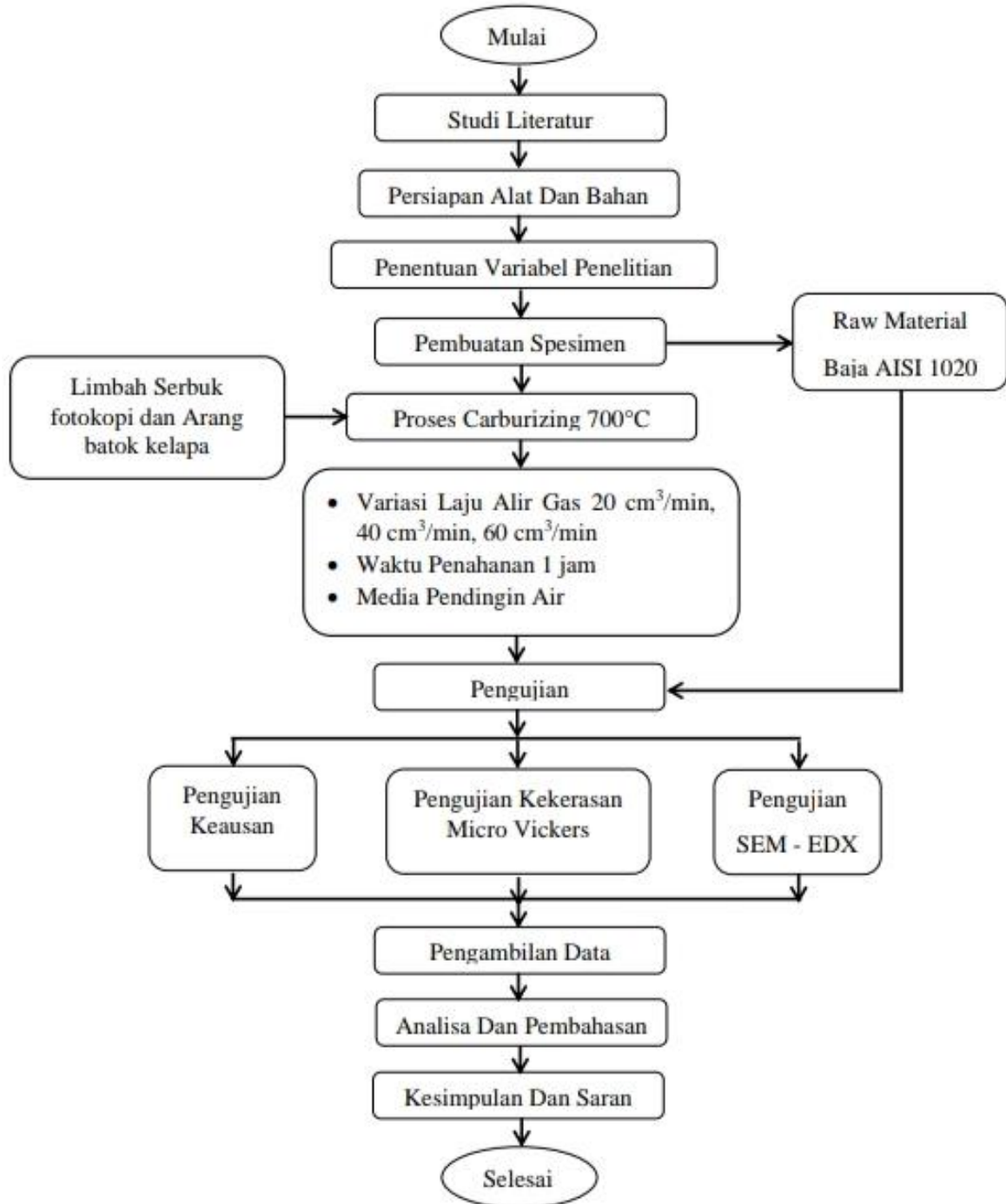
Ciri penting dari *reaktor fluidized bed* adalah efisiensi yang tinggi yang dihasilkan oleh perpindahan panas. Gejala *fluidisasi* terjadi ketika partikel padatan halus, kering, dan inert seperti alumina dan pasir silika

bertingkah laku seperti zat cair ketika gas yang mengalir melalui bed memisahkan satu partikel dari yang lainnya. Ketika kecepatan aliran gas terlalu tinggi, batas atas bed terlewati sehingga partikel padatan terlempar dari dapur oleh aliran gas.

Pergerakan turbulen dari *flui fat* seperti alumina dan silika menyebabkan koefisien perpindahan panas meningkat dalam *fluidised bed*. Koefisien perpindahan panas pada *fluidised bed* umumnya berkisar antara 120 hingga 1200 W/m² 0C.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN



Gambar 3. 1 Diagram Alir
(Sumber : Ariefien, 2023)

3.2 Penjelasan Diagram Alir

Diagram alir adalah diagram yang biasa mewakili sebuah proses atau system, yang digunakan untuk mendokumentasikan, merencanakan, menyempurnakan, dan menggambarkan sebuah alur kerja banyak langkah-langkah. Membuat diagram alir dapat membantu mendefinisikan maksud dan tujuan dari sebuah alur kerja secara kronologis mengidentifikasi tugas yang perlu dilakukan.

3.2.1 Studi Literatur

Studi Literatur adalah cara untuk menyelesaikan persoalan untuk menelusuri sumber-sumber tulisan dari penelitian terdahulu. Tujuannya untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan penelitian, dimana kegiatan yang dilakukan adalah mencari referensi dari jurnal dan hasil penelitian terdahulu yang ada tentang *carburizing* terhadap baja paduan. Berikut adalah daftar alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

3.2.2 Tahap Persiapan alat dan bahan

Persiapan bahan adalah tahap pengumpulan bahan dan alat yang dibutuhkan sebelum melakukan proses eksperimental pembuatan spesimen *carburizing* terhadap baja paduan.

Alat yang digunakan dalam pembuatan sampel sebagai berikut :

1. Alat keselamatan pelindung diri

Digunakan untuk melindungi penulis pada saat melakukan kegiatan pembuatan sampel maupun pada saat melakukan perlakuan *carburizing* pada sampel

2. Tang penjepit

Digunakan untuk mengangkat sampel pada saat setelah perlakuan *carburizing* untuk dilanjutkan ke perlakuan quenching.

3. Jangka sorong

Digunakan untuk mengukur diameter dari sampel

4. Gerinda tangan

Digunakan untuk memotong sampel

5. Wadah air

Berguna untuk menjadi wadah air pada saat quenching

6. Kertas gosok

Untuk menggosok permukaan sampel pada saat

7. Timbangan digital

Untuk mengukur berat dari sampel setelah pengujian laju keausan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Baja AISI 1020

Saya memperoleh baja AISI 1020 dari toko baja resmi yang telah memiliki sertifikat pabrik. Baja ini merupakan salah satu jenis baja yang diproduksi untuk membuat komponen mesin yang beragam.

2. Limbah serbuk fotokopi dan arang batok kelapa

Diperoleh dari salah satu tempat fotokopi , serbuk ini termasuk limbah yang pada umumnya sangat banyak , serbuk ini dihasilkan dari bekas atau sisa tinta yang menempel dari mesin fotokopi dan dicampur dengan arang batok kelapa

3. Gas LPG

Diperoleh dari tempat pengisian ulang gas, sebagai gas pembentuk carbon akibat reaksi kimia dengan Fe dan nitrogen untuk membentuk karbida dalam karbon rendah.

3.2.3 Variabel yang digunakan

Variabel penelitian merujuk pada karakteristik, atribut, atau hal-hal lain yang menjadi fokus perhatian dalam suatu penelitian, sehingga memunculkan variasi antara satu objek dengan objek lainnya dalam kelompok tertentu, yang kemudian digunakan untuk menyimpulkan hasil penelitian. Berikut adalah daftar variabel yang saya gunakan dalam penelitian ini:

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi dan menjadipenyebab perubahan pada variable terikat

- Variasi laju alir 20cm³/min
- Variasi laju alir 40cm³/min
- Variasi laju alir 60cm³/min

2. Variable terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variable bebas, atau yang menjadi hasil dari variable bebas

- Pengujian laju keausan
- Pengujian kekerasan
- Pengujian SEM-EDAX

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah faktor-faktor yang disesuaikan atau diabaikan olehpeneliti agar tidak memengaruhi hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dalam penelitian. Jika variabel kontrol tidak diperhitungkan, maka dapat mempengaruhi hasil hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat.

- Baja AISI 1020
- Temperatur *carburizing* 700°C
- Waktu *hardening* 60 menit
- Media penyalur panas serbuk fotokopi pada fluized bed furnance
- Media *quenching* air

3.2.4 Proses Pembuatan Sampel

Proses pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Manufaktur, Progam Studi Teknik Mesin S1, Institut Teknologi Nasional Malang

1. Pembuatan sampel pengujian laju keausan

- Mempersiapkan alat dan bahan
- Mempersiapkan gerinda tangan dan mesin bubut

- Membuat gambar pada kertas A4 dengan gambar specimen



Gambar 3. 2 Pin On disk

standar aus ASTM G 99, semua ukuran mengacu pada standar ASTM G 99 dengan diameter 60 mm dan tebal 10 mm

- Memotong plat baja AISI 1020 dengan gerinda potong ukuran sesuai standar ASTM G 99 dengan dilebihkan 5 mm pada setiap ukuran diameter dan tebal specimen
 - Specimen hasil pemotongan gerinda dilanjutkan dengan di bubut sesuai dengan standar ASTM G 99
 - Pengamplasan specimen dengan kertas gosok
2. Pembuatan sampel pengujian kekerasan
 - Mempersiapkan alat dan bahan
 - Pengujian kekerasan
 3. Pembuatan sampel pengujian SEM-EDAX
 - Mempersiapkan alat dan bahan
 - Pengujian SEM-EDAX

3.2.5 Proses Pengujian Sampel

Skema pengujian yang dilakukan pada penelitian terbagi ke dalam tiga pengujian yang berbeda. Skema pengujian 1 digunakan untuk

mengetahui ketahanan aus, skema pengujian 2 digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan, skema pengujian 3 digunakan untuk mengetahui kandungan kardar karbon. Tujuan dari penggunaan skema pengujian adalah untuk mengetahui karakterisasi baja aisi 1020 setelah dilakukanya proses karburisasi.

Prosedur pengujian sampel yang dilakukan adalah :

1. Pengujian laju keausan

- Pengujian laju keausan dan pengambilan data hasil uji laju keausan dilakukan di Laboratorium Material, Program Studi Teknik Mesin S1, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Pengujian laju keausan dilakukan dengan sampel uji standar ASTM G 99
- Penimbang beart awal sampel
- Mempersiapkan sampel uji laju keausan pada mesin uji laju keausan dengan memasangkan sampel pada disk dan mengunci dist dengan pin yang ada pada mesin uji laju keausan
- Memulai pengujian laju keausan
- Mengeluarkan sampel uji laju keausan dari mesin uji laju keausan
- Penimbangan berat sampel uji laju keausan
- Pengulangan langkah tersebut untuk sampel uji selanjutnya
- Menghitung data hasil uji laju keausan dengan data yang diperoleh

2. Pengujian kekerasan microvickers



Gambar 3. 3 Micro Vickers

- Pengujian kekerasan rockwell serta pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Material, Program Studi Teknik Mesin S1, Politeknik Negeri Malang
- Pengujian kekerasan rockwell
- Menyiapkan sampel uji kekerasan
- Menempatkan sampel uji pada lat uji kekerasan rockwell
- Memulai proses pengujian rockwell\
- Mencatat hasil data mengujian rockwell
- Mengulangi dengan langkah-langkah ayng sama untuk sampel uji kekerasanrockwell selanjutnya
- Menghitung data hasil pengujian keausan dari semua sampel uji

3. Pengujian SEM-EDAX



Gambar 3. 4 SEM EDX

- Pengujian SEM-EDAX serta pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Material, Program Teknik Mesin S1 Universitas Brawijaya
- Pengujian SEM-EDAX
- Menyiapkan sampel uji SEM-EDAX
- Menempatkan sampel pada alat uji SEM-EDAX
- Memulai proses pengujian SEM-EDAX
- Mencatat hasil data yang telah keluar dari pengujian SEM-EDAX
- Menganalisis data hasil pengujian SEM-EDAX dari semua sampel uji SEM-EDAX

3.2.6 Analisa Pengolahan data Pembahasan

Pengolahan data merupakan konversi data atau manipulasi data menjadi bentuk yang informatif sehingga dapat digunakan. Secara umum metode pengolahan data akan melalui beberapa tahap meliputi, pemeriksaan data, klasifikasi, analisis, dan pembuatan kesimpulan.

3.2.7 Kesimpulan Hasil Penelitian

Setelah proses analisis dan pembahasan dilakukan, langkah terakhir adalah menyimpulkan hasil yang mencakup poin-poin penting yang sesuai dengan tujuan penelitian karakterisasi proses *carburizing* menggunakan limbah serbuk foto copy pada baja aisi 1020 dengan temperature 700°C dan arang batok kelapa terhadap variasi laju alir gas lpg

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data dan Pembahasan Pengujian Microvikers

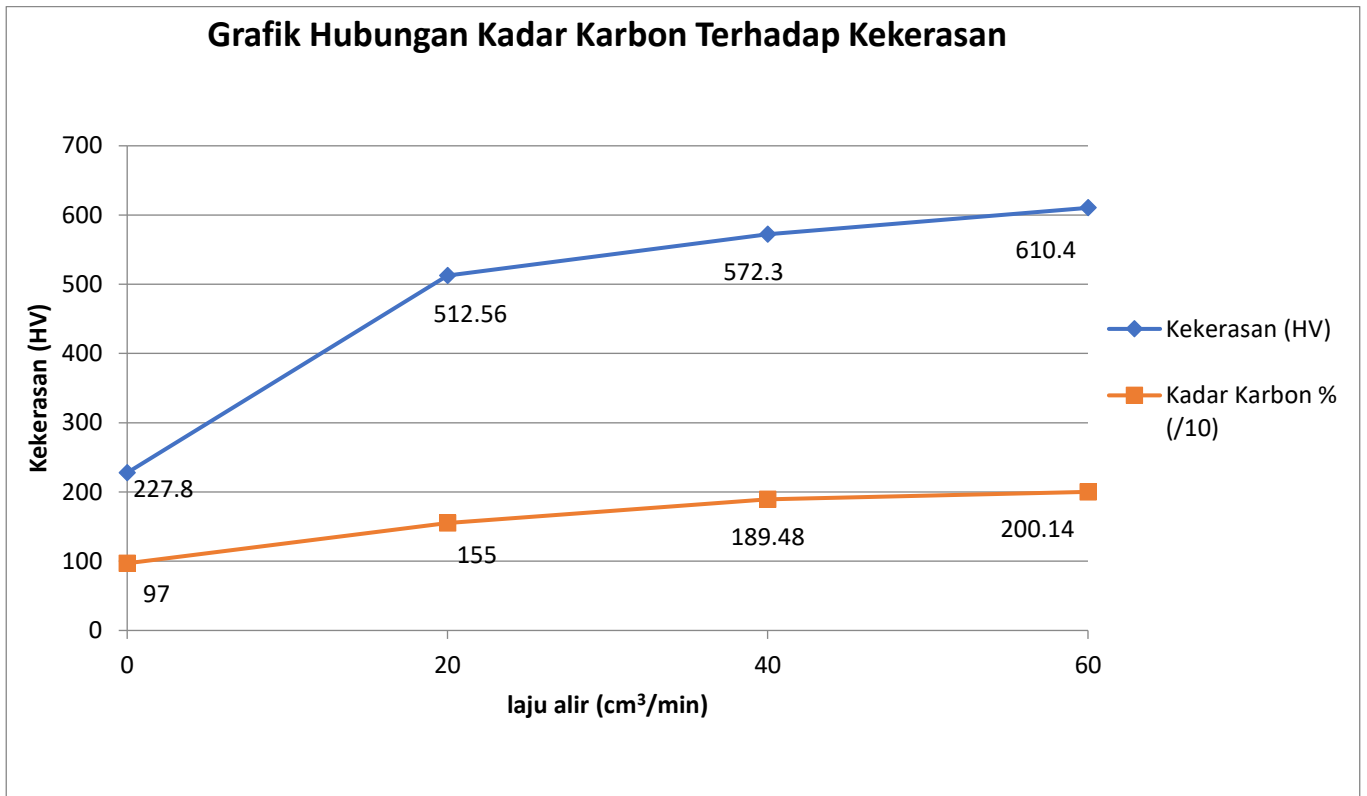
Berikut adalah analisa hasil pengujian kekerasan Microvickers yang dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang.

A. DATA PENGUJIAN MICRO VICKERS

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Kekerasan raw Material

No	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)			Nilai Rata-rata (HV)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	Raw material Baja AISI 1020	218,5	224,4	240,5	227,8
Laju Alir 20 cm ³ /min					
1	Spesimen 1	454,2	465,8	470,6	463,53
2	Spesimen 2	512,9	527,8	537,2	525,96
3	Spesimen 3	535,8	552,3	556,4	548,16
Nilai Rata-rata					512,56
Laju Alir 40 cm ³ /min					
1	Spesimen 4	534,2	547,8	559,4	547,13
2	Spesimen 5	545,2	578,3	596,1	573,2
3	Spesimen 6	588,9	596,7	604,1	597
Nilai Rata-rata					572,30
Laju Alir 60 cm ³ /min					
1	Spesimen 7	579,2	592,6	603,2	591,67
2	Spesimen 8	589,4	617,7	628,2	611,76
3	Spesimen 9	612,6	634,8	645,9	627,76
Nilai Rata-rata					610,40

B. Pembahasan Pengujian Micro Vickers



Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Kadar Karbon Terhadap Kekerasan

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan naik dari raw material yang memiliki nilai 227,80 HV dengan kadar karbon 9,7 %, rata-rata nilai kekerasan laju alir 20 cm³/min 512,56 HV dengan kadar karbon 15,500 %, rata-rata nilai kekerasan laju alir 40 cm³/min adalah 572,3 HV dengan kadar karbon 18,948 %, nilai rata-rata kekerasan laju alir 60 cm³/min adalah 610,40 HV dengan kadar karbon 20,014 % , kekerasan naik dari raw material ke laju alir 20 cm³/min sebesar 284,76 HV, dari laju alir 20 cm³/min ke 40 cm³/min naik sebesar 59,74 HV dan dari laju alir 40 cm³/min ke 60 cm³/min naik sebesar 38,1 HV

Hal ini dapat disimpulkan bahwa berhasilnya *carburizing* yang telah dilakukan pada *Fluized Bed Furnance* dengan bukti bahwa meningkatnya kekerasan searah dengan meningkatnya kadar karbon yang terdapat pada spesimen. Baja aisi 1020 mengalami peningkatan karbon yang cukup signifikan setelah diperlakukan proses carburizing, hal tersebut dapat di ketahui pada spesimen raw material yang di bandingkan dengan spesimen setelah melalui proses carburizing menggunakan

limbah serbuk fotocopy dengan suhu 700⁰C dan arang batok kelapa terhadap variasi laju aliran gas lalu dilakukukan uji keausan, uji micro vickers , dan uji sem. Dari hasil penelitian karburasi didapatkan bertambahnya kadar karbon yang tinggi seiring dengan laju alir yang digunakan, ketahanan aus, ketebalana lapisan, dan juga nilai kekerasan semakin meningkat dalam bentuk data yang didapatkan dari pengujian yang dilakukan. Untuk hasil dari proses karburasi pada temperatur 700⁰C menggunakan limbah serbuk fotokopy dan arang batok kelapa terhadap variasi laju aliran gas

(Muslih Nasution, 2020) Pada pengujian baja AISI 1020 khususnya nilai kekerasan VHN akan semakin meningkatkan bila dilakukanya proses pengarbonan padat Carburizing dengan bahan specimen yang dicampur serbuk arang tempurung kelapa sebanyak 15 gr dengan penambahan naturium carbonat sebagai energizer sebanyak 10% dari berat arang dan dipanaskan pada suhu 900⁰C selama 7 jam dan dengan variasi quenching pada media pendingin air, air garam dan oli secara cepat mengalami peningkatan kekerasan, dari yang pada pengujian spesimen yang tanpa melalui proses pemanasan atau spesimen original (asli).

(Rini Halila Nasution 2020) Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1020 Terhadap Perlakuan *CARBURIZING* Dengan Arang Batok Kelapa Pada baja AISI 1020 dilakukan proses penambahan karbon (*Carburizing*) untuk memperoleh sifat kekerasan yang tinggi dengan proses *Carburizing* pada variasi *Quenching* dengan media pendingin air, air larutan garam dan oli. Setiap baja mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia. Oleh sebab itu perlu suatu penanganan khusus yang diharapkan memiliki umur yang lebih lama dari perencanaannya, maka ketahanan terhadap dari bahan tersebut dapat dilakukan melalui perlakuan panas dengan cara *Carburizing* dengan variasi *Quenching* dengan media pendingin air, air larutan garam dan oli yang bertujuan meningkatkan kekerasan. Dari hasil pengujian vickers pada baja AISI 1020 (asli) memiliki nilai kekerasan rata-rata 191.3336 VHN sedangkan baja yang mengalami proses *Carburizing* pada suhu 900⁰C selama 7 jam yang didinginkan dengan air, air garam dan oli mendapatkan nilai kekerasan rata-rata 395.3990 VHN, 674.8970 VHN, 621.2040 VHN.

Berdasarkan hal tersebut setelah proses carburizing menggunakan arang batok kelapa dengan limbah serbuk fotokopi dan kemudian di berikan variasi Laju Alir gas mampu meningkatkan nilai kekerasan pada baja AISI 1020 Setelah melalui proses carburizing dan Laju alir 60 cm³/min memberikan nilai kekerasan tertinggi pada Baja AISI 1020 Setelah dilakukan proses Carburizing.

4.2 Analisa Data dan Pembahasan Pengujian Keausan

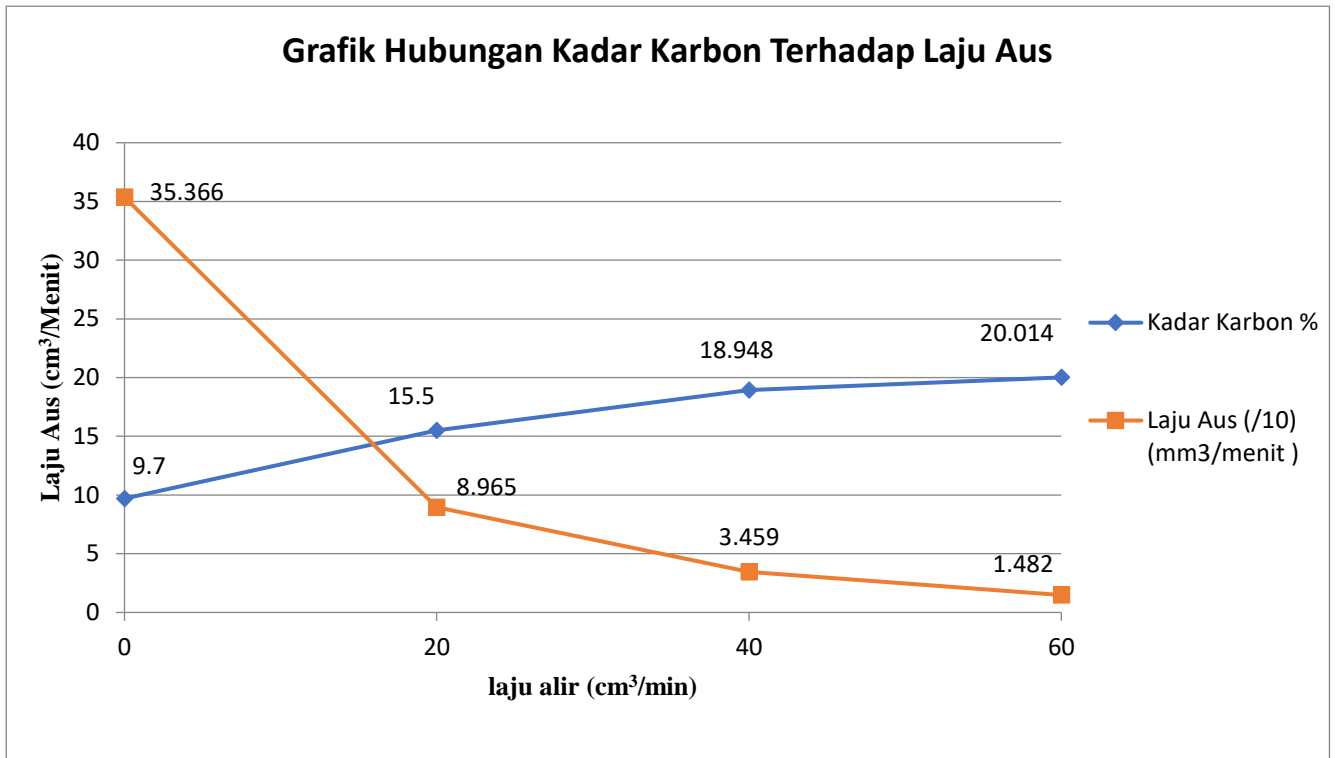
Berikut adalah analisa hasil pengujian kekerasan yang dilakukan di Laboratorium Material Teknik Institut Teknologi Nasional Malang.

A. HASIL UJI KEAUSAN PIN ON DISK

Tabel 4. 2 Tabel Pengujian Keausan Raw Material

No	Kode Spesimen	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Berat yang hilang (gram)	Volume Berat Yang Hilang (mm ³)	Laju Aus (mm ³ /menit)
1.	Raw Material	201,01	199,34	1,67	212,1982	3,5366
Laju Alir 20 cm³/min						
1.	Spesimen 1	201,78	201,32	0,46	58,4498	0,9742
2.	Spesimen 2	198,41	198,09	0,32	40,4467	0,6777
3.	Spesimen 3	198,41	197,92	0,49	62,2617	1,0377
Rata rata				0,4233	53,7907	0,8965
Laju Alir 40 cm³/min						
1.	Spesimen 4	195,12	194,97	0,15	19,0597	0,3177
2.	Spesimen 5	197,40	197,15	0,25	31,7662	0,5294
3.	Spesimen 6	197,62	197,53	0,09	11,4358	0,1906
Rata rata				0,1633	20,7539	0,3459
Laju Alir 60 cm³/min						
1.	Spesimen 1	202,21	202,14	0,07	8,8945	0,1482
2.	Spesimen 2	197,25	197,19	0,06	7,6238	0,1271
3.	Spesimen 3	203,52	203,44	0,08	10,1651	0,1694
Rata rata				0,07	8,8945	0,1482

B. Pembahasan Pengujian Keausan



Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Kadar Karbon Terhadap Laju Aus

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa rata-rata laju aus semakin berkurang dengan bertambah nya laju alir pada *Fluized Bed Furnance* dengan nilai laju aus raw material adalah 3,5366 mm³/menit dengan kadar karbon 9,7%, nilai rata-rata laju aus pada laju alir 20 cm³/min adalah 0,8965 mm³/menit dengan kadar karbon 15,500 %, nilai rata-rata laju aus pada laju alir 40 cm³/min adalah 0,3459 mm³/min dengan kadar karbon 18,948 %, dan nilai rata-rata laju aus pada laju alir 60 cm³/min adalah 0,1482 mm³/menit dengan kadar karbon 20,014 %

Nilai rata-rata laju keausan dapat dilihat bahwa terjadi penurunan sebesar 2,6401 mm³/min pada spesimen raw material ke laju alir 20 cm³/min, terjadi penurunan dengan nilai 0,5506 mm³/min pada spesimen laju alir 20 cm³/min ke 40 cm³/min, terjadi penurunan dengan nilai 0,1977 mm³/min pada laju alir 40 cm³/min ke 60 cm³/min, dengan demikian dapat dilihat bahwa penurunan nilai laju aus searah dengan meningkatnya kadar karbon dan meningkatnya laju alir yang dipakai pada *Fluized Bed Furnance*. Baja aisi 1020 mengalami peningkatan karbon yang cukup

signifikan setelah diperlakukan proses carburizing, hal tersebut dapat di ketahui pada spesimen raw material yang di bandingkan dengan spesimen setelah melalui proses carburizing menggunakan limbah serbuk fotocopy dengan suhu 700°C dan arang batok kelapa terhadap variasi laju aliran gas lalu dilakukukan uji keausan, uji micro vickers , dan uji sem. Dari hasil penelitian karburasi didapatkan bertambahnya kadar karbon yang tinggi seiring dengan laju alir yang digunakan, ketahanan aus, ketebalana lapisan, dan juga nilai kekerasan semakin meningkat dalam bentuk data yang didapatkan dari pengujian yang dilakukan. Untuk hasil dari proses karburasi pada temperatur 700°C menggunakan limbah serbuk fotokopy dan arang batok kelapa terhadap variasi laju aliran gas

(Harton, 2015) keausan spesifik rata-rata paling rendah terjadi pada proses carburizing dengan menggunakan carburizer arang tempurung kelapa, dengan nilai $1,625 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, sedangkan keausan spesifik rata-rata tertinggi ditemukan pada proses carburizing dengan media kokas, yakni sebesar $1,867 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah nilai laju aus maka semakin tinggi kekerasan spesimen dengan menggunakan perlakuan yang sama dari hasil pengujian yang berbeda

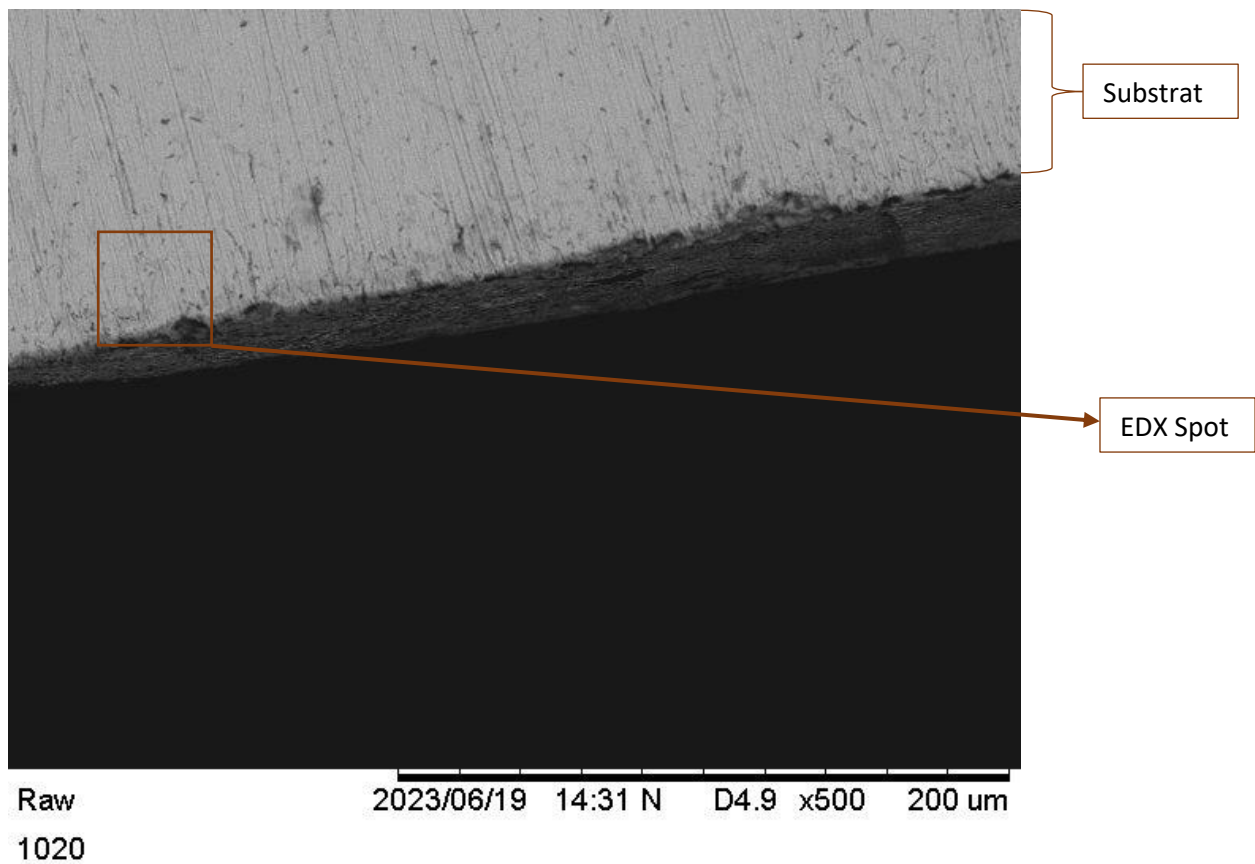
(Muhammad Aulia Rizqi, 2022) Baja AISI 1020 merupakan material utama dalam pembuatan produk sprocket dan gear sepeda motor. Kedua komponen tersebut akan cepat mengalami keausan disebabkan kekerasan material yang rendah, Setelah dilakukan proses pack carburizing dengan jenis karbon arang tempurung kelapa, nilai kekerasan rata-rata pada suhu 880°C adalah 209,2 HV, pada suhu 900°C sebesar 234,4 HV, dan pada suhu 920°C sebesar 260,9 HV. Nilai kekerasan rata-rata pada jenis karbon arang tempurung kelapa adalah 234,8 HV

Berdasarkan hal tersebut dengan proses carburizing menggunakan media arang batok kelapa dicampurkan dengan limbah serbuk fotokopi dan kemudian di berikan variasi Laju Alir gas mampu meningkatkan nilai Ketahanan Aus pada baja AISI 1020 Setelah melalui proses carburizing dan Laju alir $60 \text{ cm}^3/\text{min}$ memberikan nilai Ketahanan Aus tertinggi pada Baja AISI 1020 Setelah dilakukan proses Carburizing.

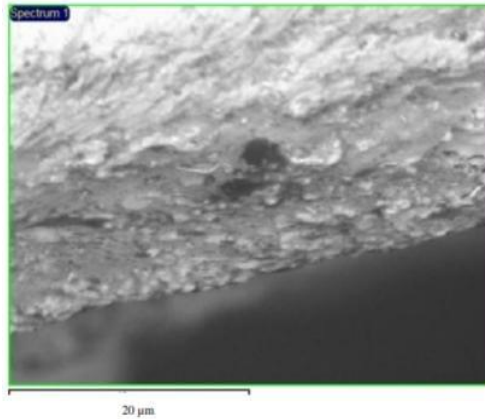
4.3 Analisa Data dan Pembahasan SEM EDX

A. Raw Material

Dari hasil proses kombinasi karburasi pada *fluidized bed furnace* maka dapat dievaluasi hasilnya, yang meliputi pengujian EDX-EDX yang bertujuan untuk mengetahui struktur mikro meliputi unsur yang terkandung pada baja AISI 1020 yang telah melalui proses *carburizing*



Gambar 4. 3 Sem Raw Material



Gambar 4. 4 EDX Spot Raw Material

Pemeriksaan struktur mikro dilakukan dengan cara alat uji SEM, Hasil Struktur mikro Raw material dapat dilihat pada gambar 4.3, Hasil EDX dapat dilihat pada tabel 4.3. Pengamatan hasil SEM pada Gambar 4.3 tersebut Menunjukkan Perbesaran 500x menunjukkan bagian substrat. Hasil dari pengujian SEM EDX pada Raw Material memiliki komposisi karbon sebesar 9.700 % yang terlihat pada Tabel 4.3. Perbandingan pada Baja AISI 1020 raw material dengan Baja AISI 1020 yang telah melalui proses carburizing dilakukan untuk mengetahui perbedaan struktur mikro dan unsur kandungan yang terdapat pada Baja AISI 1020.

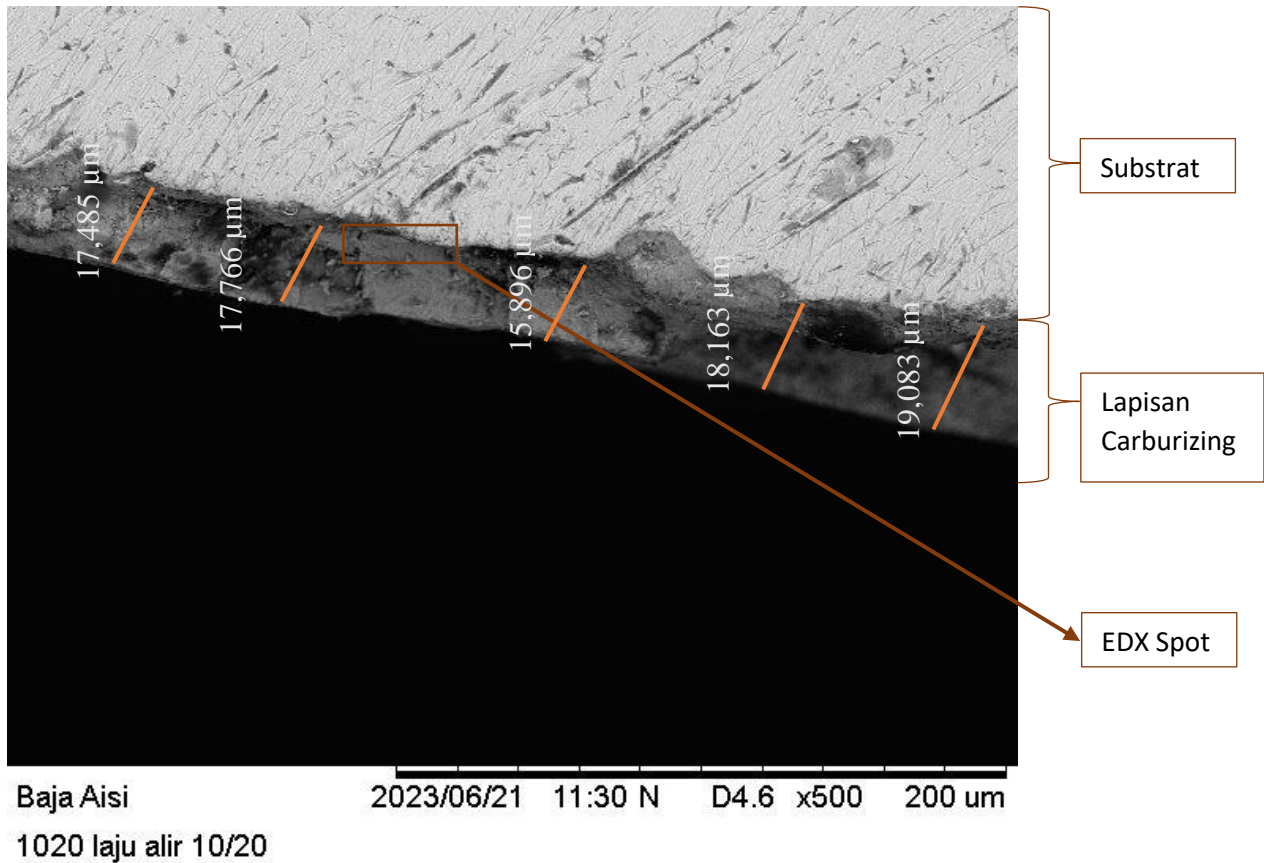
Tabel 4. 3 Komposisi Raw Material

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	9.700	0.536	30.522
Aluminum	0.197	0.079	0.276
Silicon	0.541	0.079	0.727
Iron	84.898	0.560	57.455

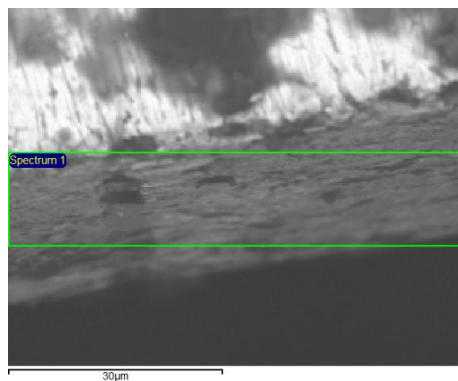
Tabel diatas merupakan jumlah kandungan komposisi dari unsurunsur kimia yang terdapat pada spesimen (raw mterial) yang tidak diperlakukan proses carburizing

B. Laju Alir 20 cm³/min

Dari hasil proses kombinasi karburasi pada *fluidized bed furnace* maka dapat dievaluasi hasilnya, yang meliputi pengujian EDX-EDS yang bertujuan untuk mengetahui struktur mikro meliputi unsur yang terkandung pada baja AISI 1020 yang telah melalui proses *carburizing*



Gambar 4. 5 SEM Laju Alir 20 cm³/min



Gambar 4. 6 EDX Spot Laju Alir 20 cm³/min

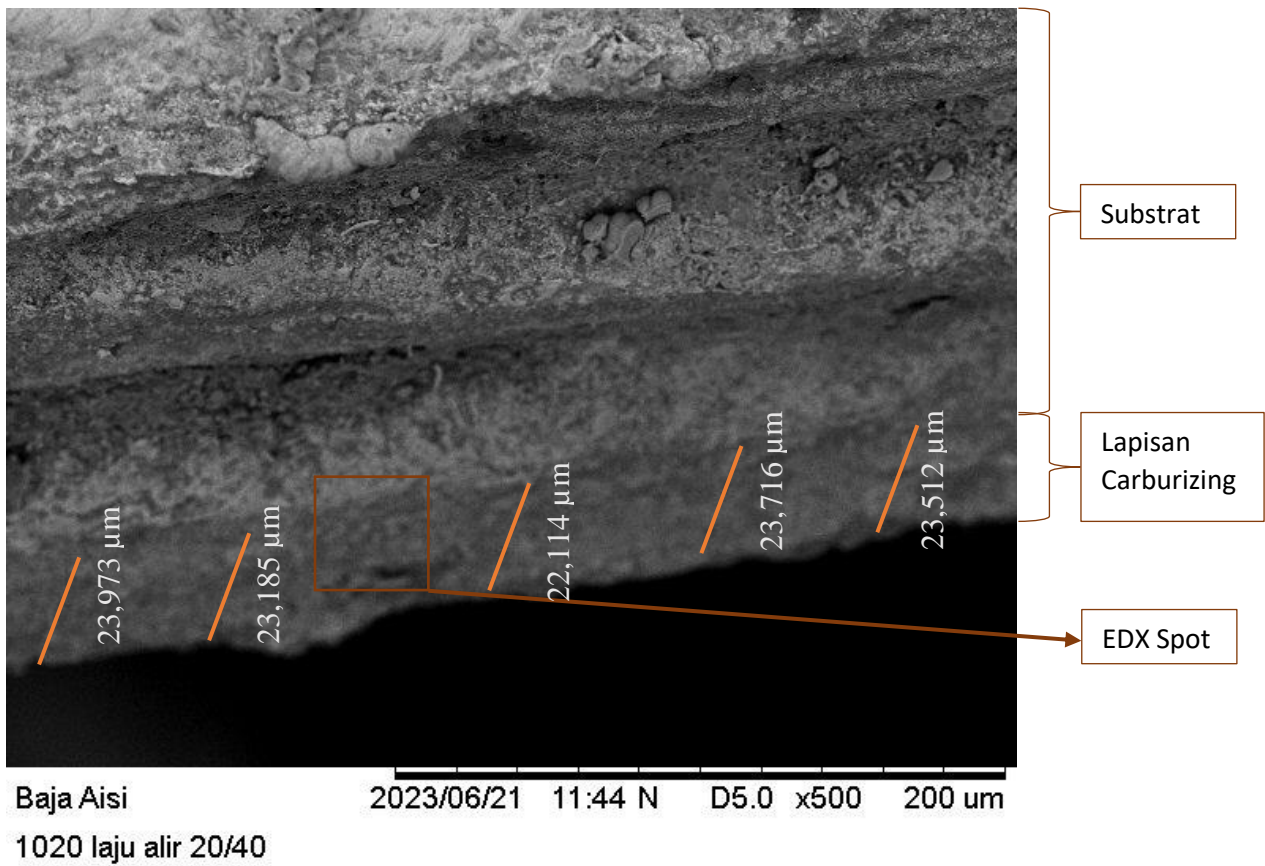
Pemeriksaan struktur mikro dilakukan dengan cara alat uji SEM, Hasil Struktur mikro laju Alir 20 cm³/min dapat dilihat pada gambar 4.5, Hasil EDX dapat dilihat pada tabel 4.4. Pengamatan hasil SEM pada Gambar 4.5 tersebut Menunjukkan Perbesaran 500x menunjukkan bagian substrat dan hasil foto Sem menunjukkan terdapat bagian dari gambar yaitu subtract material yang dominan berwarna putih dan lapisan dari hasil carburizing dengan ketebalan rata-rata sebesar 17,679 μm. Hasil dari pengujian SEM EDX pada Laju Alir 20 cm³/min memiliki komposisi karbon sebesar 15.500 % yang terlihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Komposisi Laju Alir 20 cm³/min

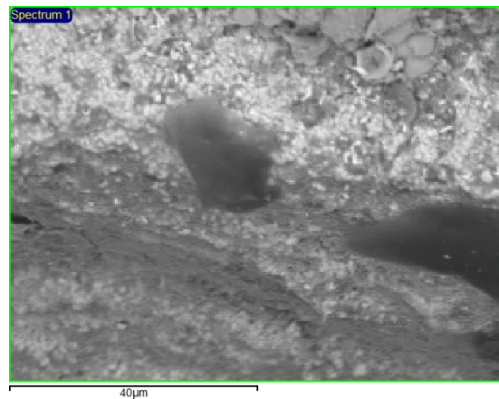
Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	15.500	0.864	43.409
Oxygen	6.476	0.449	11.480
Magnesium	0.604	0.139	0.704
Aluminum	3.717	0.176	3.907
Silicon	1.207	0.122	1.219
Iron	72.497	0.852	39.280

Tabel diatas merupakan jumlah kandungan komposisi dari unsur unsur kimia yang terdapat pada spesimen yang telah melewati proses kombinasi berupa karburasi menggunakan temperatur 700°C laju alir 20 cm³/min dalam waktu penahanan karburasi selama 60 menit.

C. Laju Alir 40 cm³/min



Gambar 4. 7 SEM Laju Alir 40 cm³/min



Gambar 4. 8 EDX Spot Laju Alir 40 cm³/min

Pemeriksaan struktur mikro dilakukan dengan cara alat uji SEM, Hasil Struktur mikro laju Alir 40 cm³/min dapat dilihat pada gambar 4.7, Hasil EDX dapat dilihat pada tabel 4.5. Pengamatan hasil SEM pada Gambar 4.7 tersebut Menunjukkan Perbesaran 500x menunjukkan bagian substrat dan hasil foto Sem

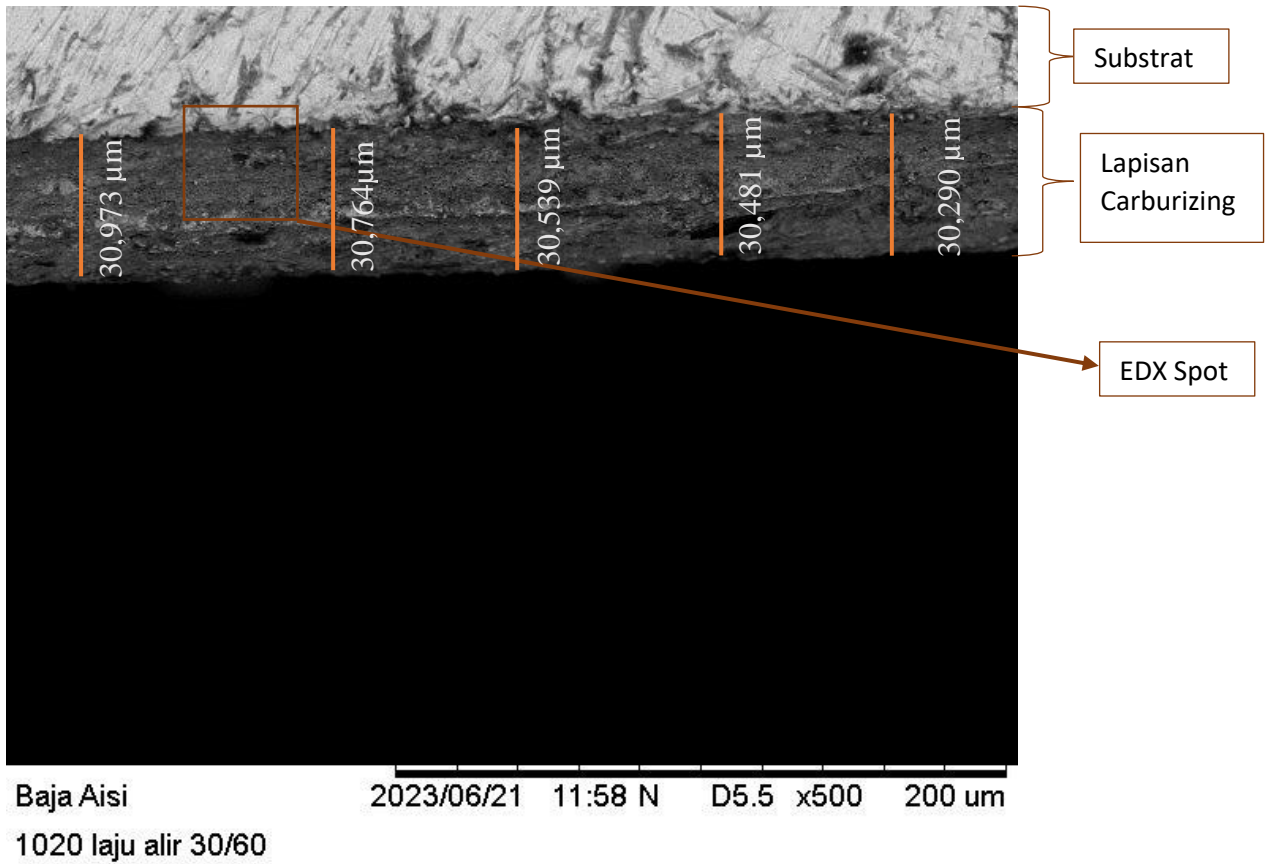
menunjukkan terdapat bagian dari gambar yaitu subtract material yang dominan berwarna putih dan lapisan dari hasil carburizing dengan ketebalan rata-rata sebesar 23,3 μm . Hasil dari pengujian SEM EDX pada Laju Alir 40 cm^3/min memiliki komposisi karbon sebesar 18,948 % yang terlihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Komposisi Laju Alir 40 cm^3/min

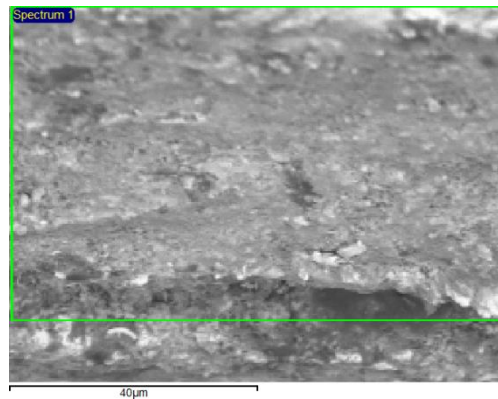
Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	18.948	0.309	40.199
Oxygen	24.373	0.246	31.729
Sodium	0.463	0.063	0.420
Silicon	0.908	0.042	0.673
Calcium	0.553	0.042	0.287
Iron	54.756	0.276	26.692

Tabel diatas merupakan jumlah kandungan komposisi dari unsur unsur kimia yang terdapat pada spesimen yang telah melewati proses kombinasi berupa karburasi menggunakan temperatur 700°C laju alir 40 cm^3/min dalam waktu penahanan karburasi selama 60 menit.

D. Laju Alir 60 cm³/min



Gambar 4. 9 SEM Laju Alir 60 cm³/min



Gambar 4. 10 EDX Spot Laju Alir 60 cm³/min

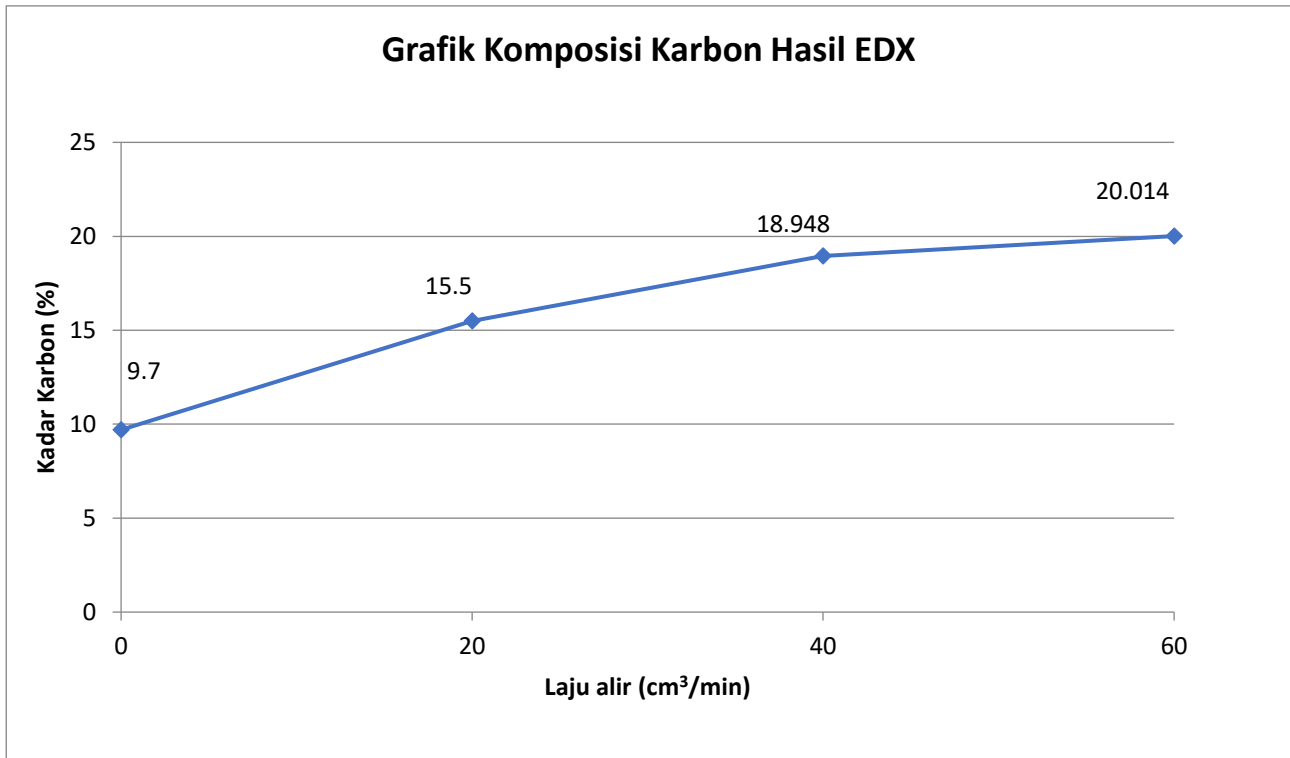
Pemeriksaan struktur mikro dilakukan dengan cara alat uji SEM, Hasil Struktur mikro laju Alir 60 cm³/min dapat dilihat pada gambar 4.9, Hasil EDX dapat dilihat pada tabel 4.6. Pengamatan hasil SEM pada Gambar 4.9 tersebut Menunjukkan Perbesaran 500x menunjukkan bagian substrat dan hasil foto Sem menunjukkan terdapat bagian dari gambar yaitu subtract material yang dominan

berwarna putih dan lapisan dari hasil carburizing dengan ketebalan rata-rata sebesar 30,609 μm . Hasil dari pengujian SEM EDX pada Laju Alir 60 cm^3/min memiliki komposisi karbon sebesar 20,014 % yang terlihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Komposisi Laju Alir 60 cm^3/min

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	20.014	0.352	41.569
Oxygen	23.470	0.280	30.273
Sodium	0.547	0.076	0.491
Aluminum	0.160	0.045	0.122
Silicon	1.394	0.053	1.024
Calcium	0.743	0.049	0.382
Iron	53.673	0.311	26.138

Tabel diatas merupakan jumlah kandungan komposisi dari unsur unsur kimia yang terdapat pada spesimen yang telah melewati proses kombinasi berupa karburasi menggunakan temperatur 700°C laju alir 60 cm^3/min dalam waktu penahanan karburasi selama 60 menit.



Gambar 4. 11 Grafik Komposisi Karbon Hasil EDX

Dengan bertambahnya komposisi kadar karbon dan ketebalan lapisan Setelah melalui proses carburizing dan Laju alir 60 cm³/min memberikan nilai kekerasan dan ketahanan aus tertinggi pada Baja AISI 1020 Setelah dilakukan proses Carburizing. kadar karbon yang terdapat pada raw material sebesar 9,7 % , laju alir 20 cm³/min sebesar 15,500 % dengan peningkatan kadar karbon sebesar 5,800% peningkatan ini cukup signifikan, kadar karbon yang terdapat pada laju alir 40 cm³/min sebesar 18,948% dengan peningkatan kadar karbon sebesar 3,448% peningkatan ini sedikit lebih kecil akan tetapi masih cukup signifikan, kadar karbon laju alir 60 cm³/min sebesar 20,014% dengan peningkatan 1,066%.

Baja aisi 1020 mengalami peningkatan karbon yang cukup signifikan setelah diperlakukan proses carburizing, hal tersebut dapat di ketahui pada spesimen raw material yang di bandingkan dengan spesimen setelah melalui proses carburizing menggunakan limbah serbuk fotocopy dengan suhu 700⁰C dan arang batok kelapa terhadap variasi laju aliran gas lalu dilakukukan uji keausan, uji micro vickers , dan uji sem. Dari hasil penelitian karburasi didapatkan bertambahnya kadar karbon yang tinggi seiring dengan laju alir yang digunakan, ketahanan aus, ketebalan

lapisan, dan juga nilai kekerasan semakin meningkat dalam bentuk data yang didapatkan dari pengujian yang dilakukan. Untuk hasil dari proses karburasi pada temperatur 700°C menggunakan limbah serbuk fotokopy dan arang batok kelapa terhadap variasi laju aliran gas struktur yang terdapat pada baja aisi 1020 yaitu perlit-ferit yang memiliki nilai kekerasan \sim 500 HV.

(Sukarno & Azis, 2023) Pengujian SEM/EDX, dapat membuktikan bahwa lapisan Ni-Cr dapat terlihat dengan terang dibandingkan dengan substrat baja AISI 4140 yang cenderung gelap warnanya. Sedangkan lapisan karburasi yang dipakai dalam penelitian ini cenderung berwarna lebih gelap karena tinggi nya kadar karbon yang ada dalam lapisan tersebut

(Wang et al , 2020) Setelah proses karburasi, kandungan karbon pada lapisan yang mengalami proses karburasi secara bertahap dan merata berkurang seiring dengan peningkatan kedalaman lapisan yang mengalami karburasi, karena hal tersebut menjelaskan karbon mengumpul banyak dibagian lapisan luar dan semakin sedikit ke dalam

(Yon Jiang, 2020) untuk mempelajari pengaruh karburisasi gas suhu rendah pada sifat mekanik baja tahan karat AISI 316 L, uji tegangan uniaksial dilakukan pada spesimen yang dikarburasi dengan ketebalan berbeda. Perilaku retak lapisan karburasi pada kedalaman yang berbeda diselidiki dengan menggunakan mikroskop elektron pemindaian (SEM). Setelah karburasi, lapisan karburasi setebal \sim 30 μ m dengan tegangan sisa \sim 2,2 GPa terbentuk di daerah permukaan. Sejalan dengan itu, terjadi tegangan tarik pada inti non-karburisasi yang mengkompensasi tegangan tekan sisa permukaan. Kekuatan luluh (YS) spesimen karburisasi yang ditentukan dari uji tarik berkurang karena adanya tegangan pra-tarik di inti. Karena kekerasan lapisan karburasi yang tinggi, kekuatan tarik ultimat (UTS) spesimen karburisasi meningkat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik garis kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah proses Karburisasi Pada pengujian kekerasan didapatkan hasil penambahan kekerasan searah dengan penambahan laju alir yang dipakai pada *Fluized Bed Furnance*, dengan nilai kekerasan pada raw material adalah 227,80 HV, nilai rata-rata kekerasan laju alir 20 cm³/min adalah 512,56 HV, nilai rata-rata kekerasan laju alir 40 cm³/min 572,3 HV, nilai rata-rata kekerasan laju alir 60 cm³/min adalah 610,4 HV.
2. Setelah proses Karburisasi Pada pengujian keausan didapatkan hasil penurunan laju aus dengan penambahan laju alir yang digunakan pada *Fluized Bed Furnance* dengan nilai laju aus pada raw material adalah 3,5366 gram/menit, nilai rata-rata laju aus pada laju alir 20 cm³/min adalah 0,8965 gram/menit, nilai rata-rata laju aus pada laju alir 40 cm³/min adalah 0,3459 gram/menit, dan nilai rata-rata laju aus pada laju alir 60 cm³/min adalah 0,3459 gram/menit
3. Setelah proses Karburisasi Pada hasil SEM EDX didapat penambahan karbon searah dengan penambahan laju alir yang digunakan, dengan nilai karbon pada raw material 9,7 %, nilai karbon pada laju alir 20 cm³/min adalah 15.500 %, nilai karbon pada laju alir 40 cm³/min adalah 18,948 %, nilai karbon pada laju alir 60 cm³/min adalah sebesar 20,014 %

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian serta pengujian diantaranya

1. Dapur yang digunakan berupa fluidized bed furnace perlu dikalibrasi ulang untuk mendapatkan hasil yang optimal dari penelitian heat treatment.
2. Pada penelitian yang akan datang disarankan untuk menambah waktu penahanan (holding time) agar mendapatkan lapisan yang tebal dan kekerasan yang diinginkan dapat mencapai titik optimal sesuai dengan material dan dapur yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, M. N. (2020). Analisis Ekerasan Dan Struktur Mikro Baja Aisi 1020 Terhadap Perlakuan Carburizing Dengan Arang Batok Kelapa. *Buletin Utama Teknik*, 15(2), 165–173.
- Rizki, M,A, Dkk. (2022). Pengaruh Proses Pack Carburizing Dengan Variasi Temperatur Dan Karbon Aktif Terhadap Kekerasan Permukaan Baja AISI 1020
- Rahardjo, T. (2008). Proses Nitriding Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Permukaan Material Dies.
- Sujana, W. & Widi, K,A. (2016). Serbuk Alumina Sebagai Katalis Didalam Reaktor Fluidised Bed.
- Lesmanah, U, Dkk (2013). Optimasi Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Baja ST 50 Dengan Perlakuan Gas Carburizing Variasi Holding Time Untuk Peningkatan Mutu Baja Standar Uji ASTM A370
- Firman, M., Herlina, F., & Hatif Martadinata, M. (2016). Analisa Kekerasan Baja St 42 Dengan Perlakuan Panas Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Jln. Adhyaksa (Kayutangi)*
- Heydarzadeh Sohi, M., Ebrahimi, M., Honarbakhsh Raouf, A., & Mahboubi, F. (2010). Effect of plasma nitrocarburizing temperature on the wear behavior of AISI 4140 steel. *Surface and Coatings Technology*, 205(SUPPL. 1), S84–S89. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2010.04.054>.
- Marušić, K., Otmačić, H., Landek, D., Cajner, F., & Stupnišek-Lisac, E. (2006). Modification of carbon steel surface by the Tenifer® process of nitrocarburizing and post-oxidation. *Surface and Coatings Technology*, 201(6)

- Motorcu, A. R. (2010). The optimization of machining parameters using the taguchi method for surface roughness of an AISI 8660 hardened alloy steel. *Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*,
- Supriyanto, Y. (2018). Analisis Sifat Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Aisi 1020 Hasil Karburasi Plasma Dengan Variasi Tekanan.
- Zhang, C. S., Yan, M. F., Sun, Z., Wang, Y. X., You, Y., Bai, B., Chen, L., Long, Z., & Li, R. W. (2014). Optimizing the mechanical properties of M50NiL steel by plasma nitrocarburizing. *Applied Surface Science*, 315(1), 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.07.093>.
- Gunawan, E. (2017). Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (St41) Dengan Metode Pack Carbirizing. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(2), 117. <https://doi.org/10.51804/tesj.v1i2.133.117-124>
- Isworo, H., & Sumantri, D. (2020). Pengaruh Holding Time Dan Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja St41 Pada Proses Carburizing Arang Tempurung Kelapa. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 157–166. <https://doi.org/10.34128/je.v7i2.124>
- J. M. Manulaitta, N., & A. Patty, A. (2011). Analisa Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah (S35C) dengan Pengaruh Waktu Penahanan (Holding Time) Melalui Proses Pengarbonan Padat (Pack Carburizing) dengan Pemanfaatan Cangkang Kerang Sebagai Katalisator. *Teknologi*,
- N & Mikro, S. (2020). J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin PENGARUH HEAT TREATMENT DAN VARIASI QUENCHING PADA JENIS.
- Noviatiningrum, N., Sidi, P., K, H. B., Teknik, S., Teknik, J., & Kapal, P. (n.d.). Analisa Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan , serta Cara Pendinginan pada Proses Carburizing Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah.

Rahayu, S., Setiawan, N., Virdhian, S., & Suhendi, E. (2017). Pengaruh Proses Powder Nitriding Terhadap Perubahan Kekerasan Dan Tebal Lapisan Difusi Pada Pahat Bubut High Speed Steel. *Metal Indonesia*.

Sari, N. H. (2017). Perlakuan Panas Pada Baja Karbon: Efek Media Pendinginan Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro. *Jurnal Teknik Mesin*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : BIODATA PENULIS

Nama : Muhamad Ariefien
Tempat, Tanggal Lahir : Pasuruan, 22 Oktober 1999
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Agama : Islam
Status : Belum Kawin
Alamat : Martopuro, Purwosari, Pasuruan, Jawa timur
Nomor Telepon : 085755577266
Email : aripsincan17@gmail.com



RIWAYAT PENDIDIKAN

2005 – 2006 : TK Raudatul Athfal Miftahul Ulum V
2006 – 2012 : SD Negeri 1 Martopuro
2012 – 2015 : SMP Negeri 1 Purwosari
2015 – 2018 : SMK Negeri 1 Singosari
2018 - Sekarang : Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang

PENGALAMAN MAGANG

2018, Malang : Auto 2000 Malang
2022, Pasuruan : PT. Kafitech Engineering

PENGALAMAN ORGANISASI

2016 – 2019 : Karang Taruna Desa Martopuro, Dusun Alkmar, Purwosari
2016 - 2019 : Remaja Masjid Al-Hikmah, Purwosari, Pasuruan

Lampiran 2. Surat Bimbingan Skripsi



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 3 Maret 2023

Nomor : ITN-20/I.TA/2023
Lampiran :
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth Sdr. **Dr.I Komang Astana Widi, ST,MT (Pemb.1)**
Dosen Institut Teknologi Nasional
di Malang

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Skripsi untuk saudara mahasiswa :

Nama : **MUHAMAD ARIEFIEN**

Nim : **1811103**

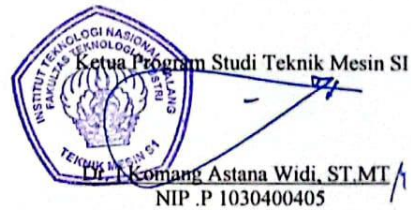
Jurusan : Teknik Mesin

Program studi : Teknik Mesin (S1)

Maka dengan ini pembimbingan Skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara selama 6 (enam) bulan terhitung mulai tanggal/bulan :

3 Maret 2023 s/d 8 Agustus 2023

Adapun tugas tersebut untuk menempuh Ujian Akhir Program Sarjana S1.
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Mesin S1

Dr. Komang Astana Widi, ST,MT
NIP .P 1030400405

Tembusan Kepada Yth:

1. Bapak/Ibu Dosen FTI ITN Malang
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karangle, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 3 Maret 2023

Nomor : ITN-21/I.TA/2023
Lampiran :
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth Sdr. Rosadila Febritasari, ST.,MT (Pemb 2)
Dosen Institut Teknologi Nasional
di Malang

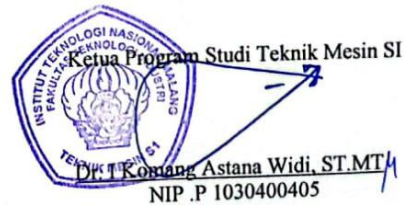
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Skripsi untuk saudara mahasiswa :

Nama : MUHAMAD ARIEFIEEN
Nim : 1811103
Jurusan : Teknik Mesin
Program studi : Teknik Mesin (S1)

Maka dengan ini pembimbingan Skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara selama 6 (enam) bulan terhitung mulai tanggal/bulan :

3 Maret 2023 s/d 8 Agustus 2023

Adapun tugas tersebut untuk menempuh Ujian Akhir Program Sarjana S1. Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Mesin S1

NIP .P 1030400405

Tembusan Kepada Yth:

1. Bapak/Ibu Dosen FTI ITN Malang
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip

Lampiran 3. Sertifikat keaslian bahan



SeAH Besteel Corp.
1-6, SORYONG-DONG, KUNSAN,
CHEONGBUK, KOREA(573-711)

MILL CERTIFICATE

TEL : +82-(0)63-460-8572, 8318(OA)
482-(0)63-460-8114(Repres.)
FAX : +82-(0)63-460-8423 Page(0/0)

Date : 2020-12-25
Cert. No. : 202008-383190
Customer :
Heat No. : 338575

Steel Grade : AISI 1020
Shape of Product : PLATE SHEET
Delivery Condition : Plate Bar

Size (mm) : 1-100
Length (mm) : 6000
Weight (kg) :
Quantity(pcs) : 1

Inspection Items	Chemical Composition (wt. %)				
	C	SI	MN	P	S
	x 100	x 100	x 100	x 1000	x 1000
Spec.	Min.	20	0.85		
	Max.	24	1.067	0.016	0.021
	Result	20	24	1.067	0.025
Inspection Items	Product Hardness (HB)				
	SURFACE 110-121 HB 20-25 HRC				

Mechanical Properties AISI 1020

Mechanical Properties	Symbol	Amount
Density (kg/m ³)	ρ	7870
Tensile Strength (MPa)		420
Yield Strength (MPa)		350
Elongation at Break (%)		15
Reduction of Area (%)		40
Modulus of Elasticity (GPa)		186
Bulk Modulus (GPa)		148
Poissons Ratio		0.29
Machinability		65.0

<:Remarks>>

B/DS : 4

----- End of report -----

We hereby certify that the material described herein has been made in accordance with the rules of the contract.

Certified by

O. Y. Cho

Manager of Quality Assurance Dept

Lampiran 4. Lembar Data Pengujian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI MALANG
JURUSAN TEKNIK MESIN

Jl. Soekarno Hatta No.9 Jatimulyo, Lowokwaru, Malang, 65141
Telp. (0341) 404424 – 404425, Fax (0341) 404420,
<http://www.polinema.ac.id>

SURAT KETERANGAN
NOMOR : 11/LAB.TM/2023

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rafik Djoenaidi, ST
N I P : 19780125 200112 1 002
Jabatan : Pranata Laboratorium Pendidikan
Politeknik Negeri Malang

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa mahasiswa :

Nama : M. Arifin
Nim/NPM : 1811103
Prodi : S-1 Teknik Mesin
Instansi : Institut Teknologi Nasional Malang

Benar benar telah melaksanakan pengambilan data di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang, guna keperluan penyusunan skripsi.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 04 Juli 2023
Pranata Daboratorium Pendidikan
Politeknik Negeri Malang



Rafik Djoenaidi, ST
19780125 200112 1 002



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN – 118/III.MS-1/2023 6 Juni 2023
Lampiran : -
Perihal : **Penelitian/Pengambilan Data Pengujian Skripsi**

Kepada Yth : **Bapak/Ibu Ka. Lab. Pengujian dan Perlakuan Bahan
Politeknik Negeri Malang
di Tempat**

Dengan hormat,
Bersama dengan surat ini kami mohon kebijaksanaan Bapak/Ibu, agar Mahasiswa kami dari **Program Studi Teknik Mesin S1, Fakultas Teknologi Industri** dapat diijinkan untuk melaksanakan **Penelitian/pengambilan data Pengujian bahan** guna melengkapi data-data laporan Skripsi yang sedang di selesaikannya. Pengujian dimulai tanggal 20 Juni 2023
Adapun Mahasiswa tersebut :

Hadiullah Ansori	1911061
Alvit Almafudin	1911095
Muh. Bagus Setiawan	1911131
Dhaifan Firdausi R	1911157
M. Sulthan	1811040
M. Arifin	1811103

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Hormat kami,
Ketua Program Studi Teknik Mesin S1

Dr. I Komang Astana Widi, ST, MT
NIP. Y. 1030400405



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN – 116/III.MS-1/2023
Lampiran : -
Perihal : **Penelitian/Pengambilan Data Pengujian Skripsi**

6 Juni 2023

KepadaYth : **Bapak/Ibu Ka. Lab. Bio Sains
Universitas Brawijaya Malang
di - Tempat**

Dengan hormat,
Bersama dengan surat ini kami mohon kebijaksanaan Bapak/Ibu, agar Mahasiswa kami dari **Program Studi Teknik Mesin S1, Fakultas Teknologi Industri** dapat diijinkan untuk melaksanakan **Penelitian/pengambilan data Pengujian bahan** guna melengkapi data-data laporan Skripsi yang sedang di selesaikannya. Pengujian dimulai tanggal 20 Juni 2023
Adapun Mahasiswa tersebut :

Hadiullah Ansori	1911061
Alvit Almafudin	1911095
Muh. Bagus Setiawan	1911131
Dhaifan Firdausi R	1911157
M. Sulthan	1811040
M. Arifin	1811103

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Hormat kami,
Ketua Program Studi Teknik Mesin S1

Dr. I Komang Astana Widi, ST, MT
NIP. Y. 1030400405



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK
MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
Jl. Raya karanglo Km.2 Telp.(0341) 417636 Ext. 511 Malang

HASIL UJI KEAUSAN PIN ON DISK

Nama : Muhammad Ariefien
Nim : 1811103
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Nasional Malang
Prodi : Teknik Mesin S-1
Hari / Tanggal : 6 Juni 2023
Spesimen : Baja AISI 1020

No	Kode Spesimen	Beban (kg)	Waktu (jam)	Rpm	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)
1	Spesimen 1 Laju Alir 20 cm ³ /min	8	1	250	201,78	201,32
2	Spesimen 2 Laju Alir 20 cm ³ /min	8	1	250	198,41	198,09
3	Spesimen 3 Laju Alir 20 cm ³ /min	8	1	250	198,41	197,92
4	Spesimen 4 Laju Alir 40 cm ³ /min	8	1	250	195,12	194,97
5	Spesimen 5 Laju Alir 40 cm ³ /min	8	1	250	197,40	197,15
6	Spesimen 6 Laju Alir 40 cm ³ /min	8	1	250	197,62	197,53
7	Spesimen 7 Laju Alir 60 cm ³ /min	8	1	250	202,21	202,14
8	Spesimen 8 Laju Alir 60 cm ³ /min	8	1	250	197,25	197,19
9	Spesimen 9 Laju Alir 60 cm ³ /min	8	1	250	203,52	203,44
10	Spesimen 10 Raw Material Baja AISI 1020	8	1	250	201,01	199,34

Kepala Laboraturium Pengujian Material





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI MALANG
JURUSAN TEKNIK MESIN
Jln. Soekarno Hatta No.9 Jatimulyo, Lowokwaru, Malang 65141
Telp. (0341) 404424 – 404425, Fax (0341) 404420,
<http://www.polinema.ac.id>

Nama : Muhammad Ariefeien
Nim : 1811103
Progam studi : Teknik Mesin S-1
Fakultas : Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang

TABEL DATA PENGUJIAN MICRO VICKERS

Force : 100 gf
Load : 4 second
Duration : 8 second
Unload : 2 second

A. Raw Material Baja AISI 1020

No	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)		
		Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	Raw material Baja AISI 1020	218,5	224,4	240,5

B. Laju Alir 20 cm³/min

No	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)		
		Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	Spesimen 1	454,2	465,8	470,6
2	Spesimen 2	512,9	527,8	537,3
3	Spesimen 3	535,8	552,3	556,4

PENGUJIAN & PERLAKUAN
LAB. BAHAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI MALANG



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI MALANG
JURUSAN TEKNIK MESIN
Jln. Soekarno Hatta No.9 Jatimulyo, Lowokwaru, Malang 65141
Telp. (0341) 404424 – 404425, Fax (0341) 404420,
<http://www.polinema.ac.id>

Nama : Muhammad Ariefien
Nim : 1811103
Program studi : Teknik Mesin S-1
Fakultas : Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang

TABEL DATA PENGUJIAN MICRO VICKERS

Force : 100 gf
Load : 4 second
Duration : 8 second
Unload : 2 second

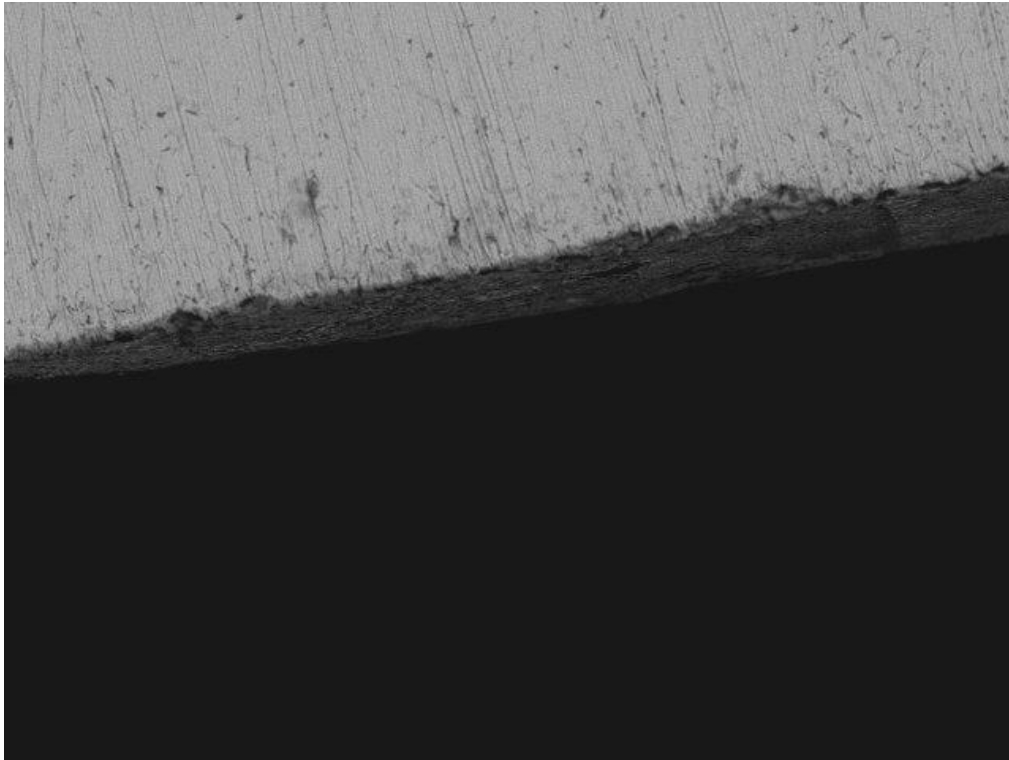
C. Laju Alir 40 cm³/min

No	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)		
		Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	Spesimen 4	534,2	547,8	559,4
2	Spesimen 5	545,2	578,3	596,1
3	Spesimen 6	588,9	596,7	604,1

D. Laju Alir 60 cm³/min

No	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)		
		Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	Spesimen 7	579,2	592,6	603,2
2	Spesimen 8	589,4	617,7	628,2
3	Spesimen 9	612,6	634,8	645,9

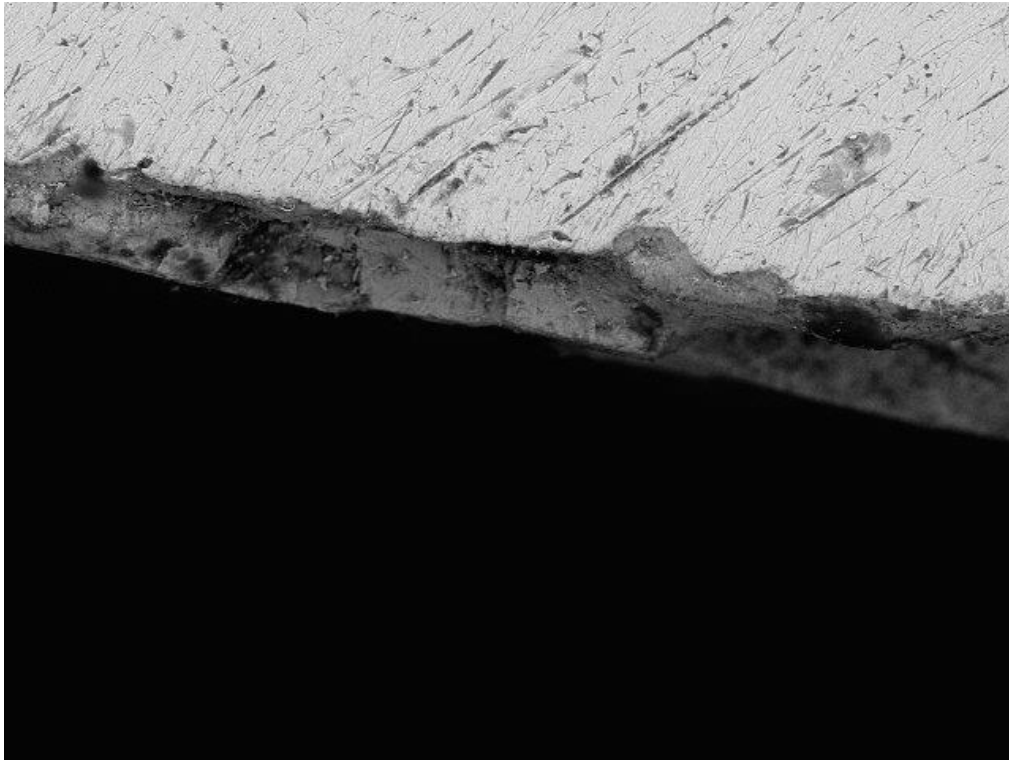
PENGUJIAN & PERLAKUAN
BAHAN
LAB. BAHAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI MALANG



Raw
1020

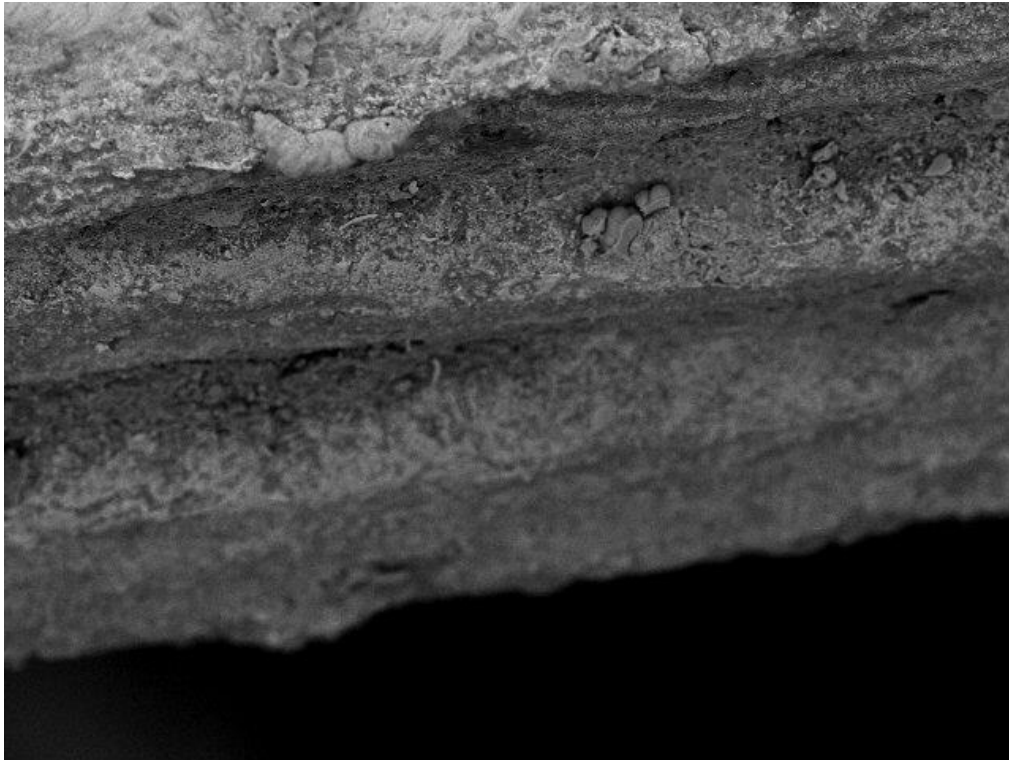
2023/06/19 14:31 N D4.9 x500 200 um

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	9.700	0.536	30.522
Aluminum	0.197	0.079	0.276
Silicon	0.541	0.079	0.727
Iron	84.898	0.560	57.455



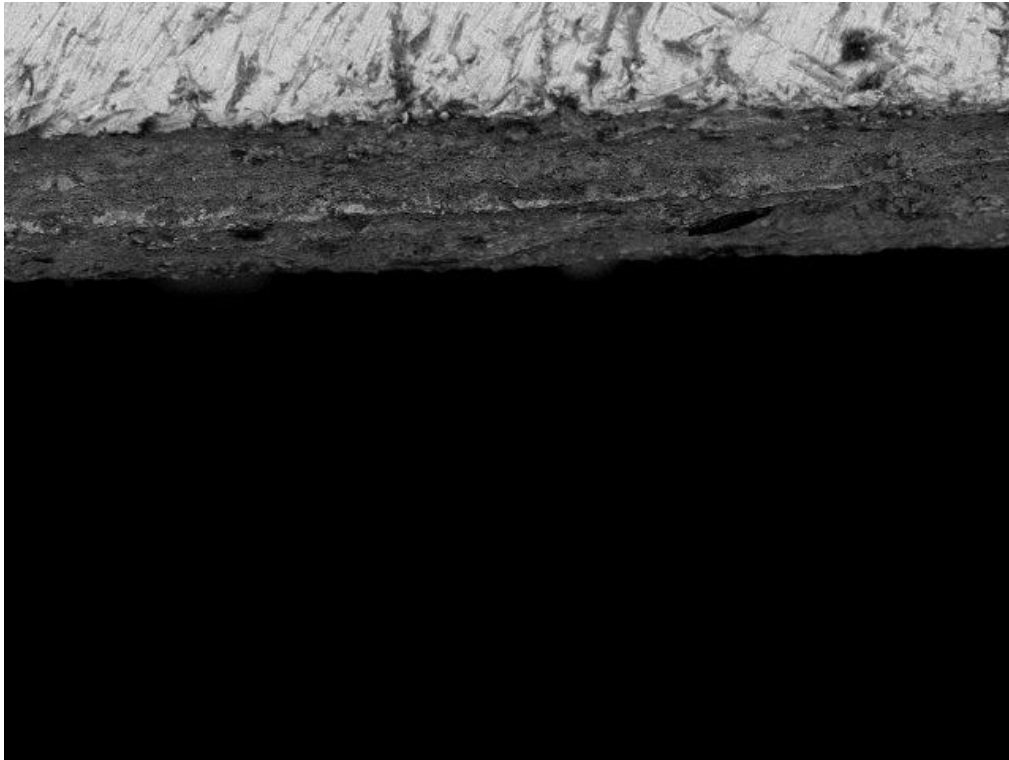
Baja Aisi 2023/06/21 11:30 N D4.6 x500 200 um
 1020 laju alir 10/20

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	15.500	0.864	43.409
Oxygen	6.476	0.449	11.480
Magnesium	0.604	0.139	0.704
Aluminum	3.717	0.176	3.907
Silicon	1.207	0.122	1.219
Iron	72.497	0.852	39.280



Baja Aisi 2023/06/21 11:44 N D5.0 x500 200 um
 1020 laju alir 20/40

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	18.948	0.309	40.199
Oxygen	24.373	0.246	31.729
Sodium	0.463	0.063	0.420
Silicon	0.908	0.042	0.673
Calcium	0.553	0.042	0.287
Iron	54.756	0.276	26.692



Baja Aisi 2023/06/21 11:58 N D5.5 x500 200 um
 1020 laju alir 30/60

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	20.014	0.352	41.569
Oxygen	23.470	0.280	30.273
Sodium	0.547	0.076	0.491
Aluminum	0.160	0.045	0.122
Silicon	1.394	0.053	1.024
Calcium	0.743	0.049	0.382
Iron	53.673	0.311	26.138

Lampiran 5. Dokumentasi Alat dan Bahan yang Digunakan



