

**PENGARUH VARIASI WAKTU *CHROMIZING* TERHADAP
SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK BAJA AISI 1030**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Mesin



Disusun Oleh :

Nama : Lembayung Asmarani
No. Mahasiswa : 18525047
NIRM : 2018030967

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

2023

PENYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini merupakan hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima hukuman/sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.



LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENGARUH VARIASI WAKTU *CHROMIZING* TERHADAP
SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK BAJA AISI 1030**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Lembayung Asmarani
No. Mahasiswa : 18525047
NIRM : 2018030967

Yogyakarta, 2 Januari 2023

Pembimbing :



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PENGARUH VARIASI WAKTU *CHROMIZING* TERHADAP
SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK BAJA AISI 1030**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Lembayung Asmarani


No. Mahasiswa : 18525047

NIRM : 2018030967

Tim Penguji

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

Ketua


Tanggal : 31 Januari 2023

Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP

Anggota 1


Tanggal : 31 Januari 2023


Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng.

Anggota 2


Tanggal : 30 Januari 2023



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

HALAMAN PERSEMBAHAN

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Tulisan ini saya persembahkan untuk :

Ibuk Chalimah, wanita yang sangat kuat tetapi tetap terasa lembut dan hangat peluknya untuk saya.

Bapak Aswan Atmosuwito, sosok laki-laki sederhana yang cintanya begitu mewah dan *the best man ever to talk to about everything* untuk saya.

Mbak Gayuh minang lati, wanita tangguh dan hebat yang dalam diamnya mampu selalu ada untuk saya.

Bapak, ibuk dan mbak. Terimakasih untuk kebebasan yang berikan atas dasar kepercayaan untuk saya, kali ini apa yang saya mulai sudah saya selesaikan.

Masih banyak hal yang akan saya mulai dan akan saya selesaikan, jadi sama seperti lagu Nadine Amizah yang berjudul “bertaut”

“Semoga lama hidupmu disini, melihatku berjuang sampai akhir, seperti detak jantung yang bertaut, nyawaku nyala karena denganmu”

HALAMAN MOTTO

“Dan Dia bersama kamu dimana saja kamu berada. Dan Allah Maha Melihat apa yang kamu kerjakan.

(QS. Al – Hadid: 4)

“Kawula mung saderma, mobah mosik kersaning Hyang Sukma”

(Falsafah Jawa)

Semakin banyak belajar maka semakin banyak yang dilupakan, semakin sedikit belajar maka semakin sedikit yang dilupakan. Tetapi tidak belajar maka tidak ada yang dilupakan dan tidak ada yang diingat juga”

(Aswan Atmosuwito)

“Ketika kau berdoa agar tak kehujanan, maka pakailah payung atau jas hujan.

Itulah doa”

(Muh Luqman Khakim)

“Whatever it is, enjoy the process”

(David Yade Hinanda Putra)

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas rahmat, karunia Nya sehingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH VARIASI WAKTU CHROMIZING TERHADAP SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK BAJA AISI 1030”**. Shalawat serta salam tak lupa kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita pada kehidupan yang lebih baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak, maka perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan segala nikmat dan rahmat – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Keluarga tercinta yang senantiasa memberikan segala dukungan, motivasi, kasih sayang dan semangat.
3. Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan perhatian selama pelaksanaan tugas akhir.
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTI UII yang telah mengajarkan dan memberikan ilmunya dengan sepenuh hati.
6. Bapak Lilik selaku pembimbing dalam melakukan pengujian material di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.
7. Mas Syafii selaku laboran, Laboraturium Proses Produksi Teknik Mesin UII
8. M. Rheza Perkasa A selaku teman ataupun rekan kerja pada penelitian ini.
9. Bang Excel Rifki Fachreza yang telah memberikan ilmu dan waktunya.
10. Siti Ulfah Chasanah dan Geofinda Desmanto selaku sahabat dalam suka dan duka.

11. Teman–teman seperjuangan Angkatan 2018 Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan sehingga jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, segala macam kritik maupun saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini, dan dengan adanya laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 12 November 2022

Penulis,



Lembayung Asmarani

18525047

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi waktu *chromizing* terhadap sifat fisik dan sifat mekanik baja AISI 1030. Proses *chromizing* menggunakan campuran *chromium* (Cr_2O_3) sebesar 200 gram dan amonium klorida (NH_4Cl) sebesar 10 gram. Parameter pemanasan menggunakan suhu $1000^{\circ}C$ dan variasi *holding time* 4,5 dan 6 jam. Proses pendinginan di media terbuka. Pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa material yang digunakan tergolong baja karbon sedang. Kandungan *chromium* meningkat setelah melalui proses *chromizing*. Pengujian struktur mikro menunjukkan baja *raw material* terdapat perlit dan ferit. Pengujian kekerasan menunjukkan *raw material* memiliki nilai 107,2 *VHN*. Hasil variasi waktu *chromizing* menunjukkan 4 jam memiliki nilai 110,2 *VHN*, 5 jam 116,2 *VHN* dan 6 jam memiliki kekerasan tertinggi dengan nilai 119,7 *VHN*. Pengujian keausan menunjukkan *raw material* memiliki nilai $0,00037 \text{ mm}^3/kg. m$. Hasil variasi waktu *chromizing* menunjukkan bahwa 4 jam memiliki nilai $0,00035 \text{ mm}^3/kg$, 5 jam $0,00028 \text{ mm}^3/kg$ dan 6 jam menjadi nilai keausan terendah dengan nilai sebesar $0,00021 \text{ mm}^3/kg. m$. Pengujian laju korosi, *raw material* memiliki hasil *good* (baik). Hasil variasi waktu *chromizing* menunjukkan 4, 5 dan 6 jam memiliki hasil laju korosi *excellent* (sangat baik). Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa akibat adanya variasi waktu *chromizing* mempengaruhi sifat fisik dan sifat mekanik baja AISI 1030. Sehingga proses *chromizing* dapat mengatasi permasalahan terhadap kekurangan yang terjadi pada baja dalam dunia industri.

Kata kunci: *chromizing*, kekerasan, keausan, laju korosi

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the effect of chromizing time variations on the physical and mechanical properties of AISI 1030 steel. The chromizing process uses a mixture of 200 grams chromium (Cr_2O_3) and ammonium chloride (NH_4Cl) 10 grams. The heating parameter uses a temperature of 1000°C and a variation of 4.5 and 6 hours holding time. Then performs the cooling process in open media. Chemical composition testing shows that the material used is classified as medium carbon steel. The chromium content increases after going through the chromizing process. Microstructure testing showed that the raw steel material contained pearlite and ferrite. The hardness test shows that the raw material has a value of 107.2 VHN. The results of the chromizing time variation showed that 4 hours has a value of 110.2 VHN, 5 hours has a value of 116.2 VHN, and 6 hours had the highest hardness with a value of 119.7 VHN. The wear test shows that the raw material has a value of $0.00037 \text{ mm}^3/\text{kg. m}$. The results of the chromizing time variation show that 4 hours test has a value of $0.00035 \text{ mm}^3/\text{kg}$, 5 hours test has a value of $0.00028 \text{ mm}^3/\text{kg}$ and 6 hours has the lowest wear value with a value of $0.00021 \text{ mm}^3/\text{kg. m}$. The rate corrosion test shows good raw material results. The results of the chromizing time variation showed that 4, 5, and 6 hours had excellent corrosion rate results. From this study, it can be concluded that due to the variation in chromizing time affecting the physical properties and mechanical properties of AISI 1030 steel. Therefore, the chromizing process can overcome the problems of deficiencies that occur in steel in the industrial field.

Keywords: *chromizing, wear, hardness, corrosion rate*

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Penyataan keaslian	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing.....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto.....	vi
Kata Pengantar	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Notasi	xvi
BAB 1	1
Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2	4
Tinjauan Pustaka	4

2.1	Kajian Pustaka.....	4
2.2	Dasar Teori.....	5
2.3	<i>Chromium</i>	6
2.4	<i>Chromizing</i>	6
2.5	Baja	6
2.5.1	Baja Karbon	6
2.5.2	Baja Paduan.....	7
2.5.3	Baja AISI 1030.....	7
2.6	Pengujian Material	7
2.6.1	Pengujian Komposisi Kimia	8
2.6.2	Pengujian Kekerasan	8
2.6.3	Pengujian Keausan	9
2.6.4	Pengujian Struktur Mikro.....	9
2.6.5	Pengujian Laju Korosi	9
BAB 3	12
Metode Penelitian	12
3.1	Alur Penelitian	12
3.2	Peralatan dan Bahan	13
3.3	Pembuatan Spesimen	18
3.3.1	Persiapan Kotak <i>Chromizing</i>	18
3.3.2	Proses Pemotongan	18
3.3.3	Proses Pengamplasan Material.....	18
3.4	Proses Pemanasan	19
3.5	Pengujian.....	20

3.5.1	Pengujian Komposisi Kimia	20
3.5.2	Pengujian Kekerasan.....	20
3.5.3	Pengujian Keausan	21
3.5.4	Pengujian Struktur Mikro.....	21
3.5.5	Pengujian Laju Korosi	22
BAB 4.....		23
Hasil dan Pembahasan.....		23
4.1	Hasil dan Analisis Pengujian.....	23
4.1.1	Hasil Proses <i>Chromizing</i>	23
4.1.2	Uji Komposisi Kimia	24
4.1.3	Uji Kekerasan.....	26
4.1.4	Uji Struktur Mikro	27
4.1.5	Uji Keausan.....	27
4.1.6	Uji Laju Korosi	28
BAB 5		31
Penutup.....		31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran.....	31
Daftar Pustaka		33
Lampiran		36

DAFTAR TABEL

Tabel 2 - 1 Komposisi Baja AISI 1030.....	7
Tabel 2 - 2 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi.....	10
Tabel 3 - 1 Alat Penelitian.....	13
Tabel 3 - 2 Bahan penelitian	16
Tabel 4 - 1 Parameter Proses <i>Chromizing</i>	23
Tabel 4 - 2 Uji Komposisi <i>Raw Material</i>	24
Tabel 4 - 3 Uji Komposisi 4 Jam <i>Chromizing</i>	24
Tabel 4 - 4 Uji Komposisi 5 Jam <i>Chromizing</i>	25
Tabel 4 - 5 Uji Komposisi 6 Jam <i>Chromizing</i>	25
Tabel 4 - 6 Masa Hari Ke – (Gram).....	29
Tabel 4 - 7 Hasil Laju Korosi.....	29
Tabel 4 - 8 Hasil Tingkat Ketahanan Korosi	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 - 1 Posisi Pengujian Kekerasan	8
Gambar 3 - 1 Kotak <i>Chromizing</i>	18
Gambar 3 - 2 Baja AISI 1030	18
Gambar 3 - 3 Mesin <i>Gripo 2M</i>	19
Gambar 3 - 4 Spesimen Hasil <i>Chromizing</i>	20
Gambar 3 - 5 Spesimen Diresin	20
Gambar 3 - 6 <i>Spectometer</i>	20
Gambar 3 - 7 <i>Universal Hardness Tester</i>	21
Gambar 3 - 8 <i>Universal Friction Wear Tester</i>	21
Gambar 3 - 9 <i>Stereo Zoom Microscope</i>	22
Gambar 3 - 10 Spesimen Uji Laju Korosi.....	22
Gambar 4 - 1 Hasil <i>Chromizing</i>	23
Gambar 4 - 2 Nilai Kekerasan Baja AISI 1030.....	27
Gambar 4 - 3 Struktur Mikro Raw Material.....	28
Gambar 4 - 4 Struktur Mikro <i>Chromizing</i> 4 Jam.....	29
Gambar 4 - 5 Struktur Mikro <i>Chromizing</i> 5 Jam.....	29
Gambar 4 - 6 Struktur Mikro <i>Chromizing</i> 6 Jam.....	30
Gambar 4 - 7 Nilai Keausan Baja AISI 1030.....	28
Gambar 4 - 8 Perbandingan Laju Korosi.....	30

DAFTAR NOTASI

<i>HV</i>	= <i>Hardness Vickers (VHN)</i>
<i>P</i>	= Beban yang diberikan (Kg)
<i>D</i>	= Diagonal rata-rata (mm)
Θ	= Sudut Puncak
<i>Ws</i>	= Keausan Spesifik $\frac{mm^3}{k.g.m}$
<i>B</i>	= Lebar piringan pengaus (mm)
<i>Bo</i>	= Lebar keausan spesimen (mm)
<i>r</i>	= Jari – jari piringan pengaus (mm)
<i>Po</i>	= Gaya tekan pada proses keausan (kg)
<i>Lo</i>	= Jarak tempuh pada proses pengausan (m)
<i>CR</i>	= Laju korosi (<i>mm/year</i>)
<i>K</i>	= Konstanta ($8,76 \times 10^4$)
<i>W</i>	= Selisih massa spesimen (gr)
<i>W_o</i>	= Massa awal spesimen sebelum diuji (gr)
<i>W_t</i>	= Massa awal spesimen setelah diuji (gr)
<i>D</i>	= Massa jenis benda (g/cm^3)
<i>A</i>	= Luas permukaan benda yang diuji (cm^2)
<i>T</i>	= Waktu perendaman (Jam)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam merupakan salah satu material yang dekat dengan kehidupan manusia, salah satu logam yang sering digunakan manusia berupa baja karbon. Baja karbon adalah suatu bahan yang memiliki unsur utama berupa besi dan karbon, serta unsur pendukung berupa Si, P, S dan Mn. Baja karbon banyak digunakan untuk dunia industri. Baja karbon digunakan sebagai bahan roda gigi, mur, baut, rangka kendaraan dan juga pada perkapalan. (Bimariga dkk., 2019).

Terkait dengan begitu pentingnya peran logam dalam dunia industri sehingga perlu dilakukan berbagai usaha untuk memperbaiki sifat-sifat dari logam terutama sifat fisik dan mekaniknya. Salah satu sifat mekanik baja yang sangat penting adalah kekerasan. Jika tingkat kekerasan suatu material tinggi maka kekuatan material menjadi lebih besar. (Mujiarto, 2022).

Sifat yang paling banyak diharapkan ada pada logam yang digunakan di bidang industri yaitu kemampuan untuk tahan aus (*abrasion resistance*), dan tahan korosi (*corrosion resistance*) yang mana logam mempunyai reaksi yang sangat aktif terhadap perubahan temperatur dan cuaca, sehingga kemungkinan suatu bahan logam terkena korosi sangat besar. (Suarsana & Komaladewi, 2017).

Baja karbon dibagi menjadi 3 kategori, yaitu baja karbon rendah, sedang dan tinggi. Kandungan karbon dari baja karbon sedang adalah 0,3% sampai 0,7%. Kandungan karbon tersebut memungkinkan baja untuk dilakukan proses pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai hal ini agar dihasilkan baja karbon sedang dengan sifat dan karakteristik yang sesuai terhadap kondisi pada saat diaplikasikan. Baja AISI 1030 memiliki kadar karbon 0,28% sampai 0,34% sehingga didefinisikan sebagai baja karbon sedang. Namun baja AISI 1030 tersebut juga memiliki kekurangan pada sifat fisik dan sifat mekaniknya. Seperti mudah aus dan mudah terkorosi.

Untuk meningkatkan kualitas fisik dan mekanik dari baja AISI 1030 maka dilakukan proses *heat treatment* berupa *chromizing*. *Chromizing* menggunakan

bahan utama berupa bubuk *chromium*. *Chromium* memiliki kelebihan, salah satunya *chromium* dapat bereaksi dengan bahan logam sehingga dapat melekat dengan logam lain. (Feriarsah & Achmad, 2018).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis ingin melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi waktu *chromizing* terhadap sifat fisik dan sifat mekanik baja AISI 1030.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh variasi waktu *chromizing* terhadap sifat fisik dan sifat mekanik baja AISI 1030.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, adapun batasan masalah agar penjelasannya terarah dan tidak menyimpang sebagai berikut:

1. Spesimen atau material yang digunakan berupa baja AISI 1030.
2. Proses *chromizing* menggunakan bubuk *chromium* (Cr_2O_3) dan Garam Halida (NH_4Cl). Dilakukan menggunakan mesin *Furnace Wisetherm* yang terdapat pada Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
3. Proses *chromizing* yang menggunakan 3 macam variasi waktu (4,5 dan 6 jam). Suhu pemanas sebesar 1000 °C.
4. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan, pengujian keausan, pengujian struktur mikro dan pengujian laju korosi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan maka ditentukan tujuan penelitian, yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi waktu *chromizing* terhadap sifat fisik dan sifat mekanik baja AISI 1030.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh

variasi waktu *chromizing* terhadap sifat fisik dan sifat mekanik baja AISI 1030.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk sistematika penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. BAB I. PENDAHULUAN

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

2. BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang tinjauan pustaka, teori atau informasi dari jurnal, artikel, buku yang melandasi penelitian.

3. BAB III. METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai alur penelitian, alat dan bahan serta tahapan-tahapan proses.

4. BAB IV. HASIL PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai hasil yang telah diperoleh dari proses penelitian yang telah dilakukan.

5. BAB V. PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi terjadi peningkatan penggunaan logam sebagai bahan utama operasional atau sebagai bahan baku produksi industri. Baja karbon banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat alat pertanian, komponen-komponen otomotif dan kebutuhan rumah tangga.

Efek dari pemakaian, menyebabkan struktur logam akan mengalami keausan dan juga dapat terkena pengaruh luar sehingga terjadi korosi. Keausan adalah hilangnya bagian dari permukaan yang saling berinteraksi, sebagai hasil gerak relatif pada permukaan. Keausan merupakan hal yang biasa terjadi pada setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain. (Firdhaus & Setiawan, 2021).

Lawan utama dari baja adalah korosi. Korosi adalah kehancuran atau kerusakan material karena reaksi dengan lingkungannya. Korosi ini sendiri bisa mengakibatkan menurunnya kualitas dari baja tersebut sehingga mengakibatkan baja tersebut menjadi cepat lemah dan rusak. (Afandi dkk., 2015).

Dalam jurnal penelitian yang ditulis oleh (Najamudin & Pratowo, 2016) tentang proses peningkatan kualitas kekuatan bahan plat dinding corong tuang (*hopper*) melalui proses *chromizing*, diperoleh hasil bahwa *chromizing* dapat meningkatkan kekerasan dan meningkatkan ketahanan aus suatu logam. Selain itu juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap serangan korosi, hal ini karena baja yang dilapisi *chromium* bereaksi dengan oksigen membentuk selaput tipis *chromium oxide* yang sangat stabil dan akan melindungi logam yang berada di dalamnya sehingga tahan terhadap serangan korosi berikutnya. Juga dihasilkan bahwa dibandingkan suhu 900°C dan 1100°C, suhu 1000°C menjadi suhu yang optimum untuk dilakukan proses *chromizing*. Proses *chromizing* menggunakan *chromium* yang berwarna hijau.

chromizing adalah pelapisan logam kepermukaan permukaan benda utama.

Pelapisan logam kromium dapat dilakukan dengan cara *plating* atau biasa dikenal dengan *elektroplating* dan dengan difusi. Pelapisan dengan difusi akan lebih kuat dibanding dengan cara *elektroplating*. Pelapisan yang dilakukan dengan *elektroplating* hanya akan terjadi ikatan adhesi, antar permukaan logam dasar dan logam pelapisnya, sehingga kekuatan lapisan tidak terlalu kuat. (Sundari dkk., 2019).

Hasil penelitian sebelumnya (Siregar & Amrinsyah, 2013), menunjukkan bahwa kekerasan *vickers* logam dasar dari baja hasil *chromizing* yang diperlakukan panas, menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan dengan baja *raw material*. Proses *chromizing* hasil yang optimum banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain temperatur pemanasan dan lama pemanasan. (Sundari dkk., 2019). Oleh karena itu dilakukan penelitian pengaruh variasi waktu *chromizing* terhadap sifat fisik dan sifat mekanik baja AISI 1030, yang dilengkapi dengan uji laju korosi untuk melanjutkan jurnal sebelumnya.

2.2 Dasar Teori

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) yang dapat membentuk (mengubah) sifat besi atau baja dari yang mudah patah menjadi lebih kuat atau juga dapat mengubah sifat baja dari lunak menjadi sangat keras dan sebagainya. *Heat treatment* merupakan proses kombinasi antara pemanasan dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dalam jangka waktu tertentu untuk memperoleh sifat-sifat tertentu pada logam atau paduan. Pembentukan sifat-sifat inilah yang sangat diperlukan untuk memperoleh material bahan industri yang betul-betul sesuai dengan kebutuhan dan fungsinya. (Kharismasuddin dkk., 2019).

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) dibagi menjadi , yaitu :

1. *Softening* (pelunakan untuk memperbaiki sifat keuletan) merupakan usaha untuk menurunkan sifat mekanik agar menjadi lunak dengan cara mendinginkan material yang sudah dipanaskan didalam tungku (*annealing*) atau mendinginkan dalam udara terbuka (*normalizing*).
2. *Hardening* (untuk memperbaiki sifat kekerasan) merupakan usaha untuk meningkatkan sifat material terutama kekerasan dengan cara celup cepat (*quenching*) material yang sudah dipanaskan ke dalam suatu media *quenching*

berupa air, air garam, maupun oli. (Kusnowo, 2015).

2.3 Chromium

Krom (*chromium*) adalah logam *non ferrous*, mempunyai sifat yang sangat menonjol dan dapat dimanfaatkan yaitu mudah teroksidasi membentuk lapisan krom oksida yang bersifat kaku, tahan korosi, tidak larut dalam asam sulfat dan tidak larut dalam asam nitrat. Dari sifat-sifat tersebut maka krom banyak digunakan sebagai bahan paduan logam besi dalam usaha untuk peningkatan ketahanan korosi, kekuatan serta sebagai bahan pelapis. (Winata dkk., 2022).

2.4 Chromizing

Chromizing adalah pelapisan logam *chromium* kepermukaan benda utama. pelapisan dengan proses *chromizing* akan terjadi proses difusi atom *chromium* ke logam dasar. Sehingga lapisan permukaan akan sangat kuat dan terjadi proses *alloying* (perpaduan dua logam antara logam dasar dan logam yang melapisi). (Sundari dkk, 2019).

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi *chromizing* yaitu: Komposisi baja karbon, waktu *chromizing*, aktivitas *chromium*, temperatur dan struktur mikro. (Najamudin dan Pratowo, 2016).

2.5 Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai tingkatannya. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium, dan tungsten. (Arifin & Purwanto, 2017).

2.5.1 Baja Karbon

Secara garis besar baja karbon dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu sebagai berikut:

1. Baja karbon rendah

Baja ini disebut juga baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas. Baja karbon

rendah bukan baja yang keras karena kadar karbon kurang dari 0,3%. Baja ini dapat dijadikan kawat, baja profil, sekrup, ulir dan baut.

2. Baja karbon Sedang

Baja ini mengandung kadar karbon 0,3% - 0,7% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Proses pengerjaan panas menaikkan kekuatan baja. Baja karbon ini digunakan untuk rel kereta api, as, roda gigi, dan suku cadang yang kekuatan tinggi atau dengan kekerasan sampai tinggi.

3. Baja karbon tinggi

Karbon tinggi yang kandungan karbonnya 0,7% - 1,4% dibuat dengan cara digiling. Baja ini digunakan untuk perkakas potong seperti pisau, gurdi, tap dan bagian-bagian yang harus kuat gesekan. (Najamudin & Pratowo, 2016).

2.5.2 Baja Paduan

Baja paduan yang diklasifikasikan menurut kadar karbonnya dibagi menjadi:

1. *Low alloy steel*, jika elemen paduannya $\leq 2,5$ %
2. *Medium alloy steel*, jika elemen paduannya 2,5 – 10 %. (Sardjono dkk, 2009).

2.5.3 Baja AISI 1030

Baja AISI 1030 adalah material yang baik untuk pembuatan konstruksi umum. Baja AISI 1030 mempunyai sifat mampu las yang baik dan tidak mudah terjadi cacat las. Juga aman terhadap kemungkinan retak dingin dan retak pemanasan ulang. (Sunarko, 2016).

Berikut komposisi baja AISI 1030:

Tabel 2 - 1 Komposisi Baja AISI 1030

c (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0,28 - 0,34	0,6 - 0,9	$\leq 0,04$	$\leq 0,05$

Memiliki titik leleh 1.425-1.540°C, modulus elastis 206 Gpa dan kekuatan tarik 525 Mpa.

2.6 Pengujian Material

Pengujian material adalah suatu proses pemeriksaan bahan material untuk mengetahui sifat material yang meliputi sifat mekanik, sifat kimia dan sifat teknologi. Pengujian material secara umum dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

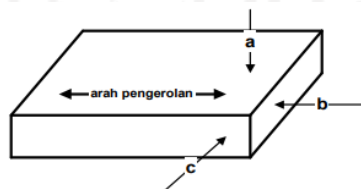
1. Pengujian material *destructive test* adalah pengujian material tanpa menyebabkan kerusakan pada material, pengujian ini bertujuan untuk mendeteksi dan menentukan lokasi, ukuran dan karakteristik cacat. (Sumarjo dkk., 2017). Contoh dari pengujian ini ialah uji tarik, uji keras, uji impact, uji lelah, dan uji mulur.
2. *Non-destructive test* merupakan metode pengujian logam tanpa merusak, pengujian ini banyak dilakukan pada komponen atau bagian yang sedang digunakan sekalipun tanpa harus ada logam atau material sebagai sampel atau benda kerja. (Sumarjo dkk., 2017)

2.6.1 Pengujian Komposisi Kimia

Uji komposisi material dilakukan dengan menggunakan spektrometer yang bertujuan untuk mengetahui jenis dan spesifikasi dari material yang digunakan. (Nugroho, 2014).

2.6.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui kekerasan awal dan kekerasan setelah spesimen mengalami proses *chromizing*. Peralatan yang digunakan untuk uji kekerasan *Buehler Microhardness Tester* dengan metode *Vickers*.



Gambar 2 - 1 Posisi Pengujian Kekerasan

Nilai kekerasan mikro didapatkan dengan persamaan sebagai berikut

$$HV = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \quad (2.1)$$

Keterangan

HV = *Hardness Vickers (VHN)*

P = Beban yang diberikan (Kg)

D = Diagonal rata-rata (mm)

θ = Sudut Puncak

2.6.3 Pengujian Keausan

Secara umum keausan (*wear*) didefinisikan sebagai kerusakan pada permukaan padat yang disebabkan oleh hilangnya atau perpindahan material akibat gaya mekanik dari sebuah hubungan padat (*solid*), cair (*liquid*), atau gas. (Hamzah dan Iqbal, 2008).

Nilai keausan spesifik dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$W_s = \frac{B \times b_o^3}{8 \times r \times P_o \times L_o} \frac{mm^3}{k.g.m} \quad (2.2)$$

Keterangan :

W_s = Keausan Spesifik $\frac{mm^3}{k.g.m}$

B = Lebar piringan pengaus (mm)

b_o = Lebar keausan spesimen (mm)

r = Jari – jari piringan pengaus (mm)

P_o = Gaya tekan pada proses keausan (kg)

L_o = Jarak tempuh pada proses pengausan (m)

2.6.4 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan pada tiga bidang yaitu permukaan, melintang dan membujur. Preparasi spesimen dengan cara dipoles dan dietsa dengan cairan kimia *Keller's reagent* selama 10-20 detik. (Nugroho, 2014).

2.6.5 Pengujian Laju Korosi

Korosi didefinisikan sebagai penghancuran paksa zat seperti logam dan bahan bangunan mineral media sekitarnya, yang biasanya cair (agen korosif). Ini biasanya dimulai pada permukaan dan disebabkan oleh kimia dan dalam kasus

logam, reaksi elektrokimia. Kehancuran kemudian dapat menyebar ke bagian dalam materi. Organisme juga dapat berkontribusi pada korosi bahan bangunan. selain itu korosi juga dapat diartikan sebagai penurunan mutu logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya. (Afandi dkk., 2015).

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Dalam perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan adalah mm/th (standar internasional) atau mill/year (mpy, standar British). (Afandi dkk., 2015).

Tabel 2 - 2 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi

Relative Corrosion Resistance	Approximate Metric Equivalent				
	Mpy	mm/year	$\mu\text{m/yr}$	nm/yr	pm/sec
Outstanding	< 1	< 0,02	< 25	< 2	< 1
Excellent	1 – 5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
Good	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	5- 20
Fair	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	50 – 100	20 – 50
Poor	50 – 200	1 - 5	1000 – 5000	150 – 500	50 – 200
Unacceptable	200 +	5 +	5000 +	500 +	200 +

Satuan laju korosi :

$$CR = \frac{K \times W}{D \times A \times T} \quad (2.3)$$

Keterangan :

CR = Laju korosi (*mm/year*)

K = Konstanta ($8,76 \times 10^4$)

W = Selisih massa spesimen ($W = W_0 - W_T$) (gr)

W_0 = Massa awal spesimen sebelum diuji (gr)

W_T = Massa awal spesimen setelah diuji (gr)

D = Massa jenis benda (g/cm^3)

A = Luas permukaan benda yang diuji (cm^2)





T = Waktu perendaman (Jam)










3.2 Peralatan dan Bahan



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

Tabel 3 - 1 Alat Penelitian

No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
1	Alat Pelindung Diri (APD)		Melindungi diri pada saat melakukan proses pemotongan dan <i>chromizing</i>
2	Mesin <i>Furnace</i>		Proses pemanasan pada benda kerja
3	Kotak <i>Chromizing</i>		Wadah spesimen dan media proses <i>chromizing</i>
4	Gerinda		Memotong benda kerja






No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
5	Ragum		Mencekam benda kerja yang akan dipotong
6	Toolbox		Membantu proses <i>chromizing</i>
7	Jangka Sorong		Mengukur benda kerja
8	Timbangan Digital		Menimbang benda kerja (uji korosi) dan media <i>chromizing</i>
9	Amplas		Menghaluskan benda kerja

No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
10	Penjepit dan Sikat Kawat		Menjepit kotak <i>chromizing</i> dan pembersih kerak pada <i>furnace</i>
11	Mesin <i>Gripo 2M</i>		Menghaluskan benda uji secara rata
12	<i>Universal Hardness Tester</i>		Untuk melihat hasil uji kekerasan
13	<i>Universal Friction Wear Tester</i>		Alat melakukan uji keausan
14	<i>Stereo Zoom Microscope</i>		Alat pengamat struktur mikro

No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
15	<i>Spectrometer</i>		Alat penguji komposisi kimia
16	Laptop		Mengolah data

Tabel 3 - 2 Bahan penelitian

No.	Nama Bahan	Gambar
1	Bubuk <i>chromium</i>	

No.	Nama Bahan	Gambar
2	Baja AISI 1030	
3	Amonium Chloride/Garam Halida	
4	Resin dan katalis	
5	Plastisin, akrilik, cetakan	
6	Air Laut	

3.3 Pembuatan Spesimen

3.3.1 Persiapan Kotak *Chromizing*

Proses pembuatan kotak *chromizing* dibuat balok dengan dimensi (50 x 80 x 125) mm dan dengan tebal 5 mm. Kotak *chromizing* dilengkapi dengan penutup dan kunci sehingga *chromium* tidak bocor.



Gambar 3 - 1 Kotak *Chromizing*

3.3.2 Proses Pemotongan

Proses awal yaitu proses pemotongan baja AISI 1030. Bahan baja AISI 1030 disiapkan dalam bentuk spesimen berdasarkan kebutuhan untuk pengujian. Adapun bentuk dan ukuran spesimen tersebut adalah balok dengan dimensi (15 x 15 x 30) mm. Setelah dipotong spesimen dibersihkan dari karat lalu memasuki proses berikutnya berupa pengamplasan.



Gambar 3 - 2 Baja AISI 1030

3.3.3 Proses Pengamplasan Material

Setelah dipotong, lalu spesimen diampelas menggunakan mesin *Gripo 2M*. Pengamplasan dilakukan berurutan dengan ukuran amplas 200, 400, 600, 800 dan 1000. Lalu dilanjutkan diberi cairan *compound*.



Gambar 3 - 3 Mesin *Gripo 2M*

3.4 Proses Pemanasan

Proses perlakuan panas *chromizing* dilakukan di dalam mesin *Furnace Wisetherm* yang berada di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Mesin *Furnace Wisetherm* memiliki temperatur maksimal 1400°C . Proses perlakuan panas *Chromizing* dilakukan pada temperatur pemanasan 1000°C dengan waktu penahanan selama 4, 5 dan 6 jam. Pemilihan temperatur 1000°C didasarkan pada diagram Fe_3C , bahwa perubahan fasa baja dapat terjadi jika suhu diatas 723°C , dan dalam penelitian sebelumnya waktu yang optimum adalah 1000°C , sehingga dipilihlah suhu 1000°C dalam penelitian ini.

Pendinginan dilakukan di udara terbuka. Komposisi bahan *chromizing* yaitu campuran *chromium* (Cr_2O_3) dan juga amonium klorida/garam halida (NH_4Cl). Dengan perbandingan $\text{Cr}_2\text{O}_3 : \text{NH}_4\text{Cl} = 20 : 1$. Berdasarkan perbandingan tersebut digunakan 200 gram *chromium* dan 10 gram amonium klorida. Penambahan amonium klorida (NH_4Cl) dimaksudkan untuk membentuk gas aktif (*aktifator*) yang membantu mempercepat proses difusi atom-atom *Cr* ke dalam baja.

Setelah bahan dan kotak *chromizing* sudah siap lalu maka proses selanjutnya adalah memasukkan bahan penelitian tersebut kedalam kotak *chromizing* dari bahan baja bersama-sama dengan campuran serbuk terdiri dari Cr_2O_3 dan NH_4Cl dengan perbandingan yang telah ditentukan. Setelah selesai lalu spesimen diberi resin sebagaiudukan agar dapat untuk diuji.



Gambar 3 - 4 Spesimen Hasil *Chromizing*



Gambar 3 - 5 Spesimen Diresin

3.5 Pengujian

3.5.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pada pengujian komposisi kimia dilakukan di PT. Itokoh Ceperindo dengan menggunakan alat *Optical Emission Spectrometer (OES)*. Tahap awal sebelum dilakukan pengujian komposisi kimia, yaitu spesimen diberikan resin sebagai dudukan agar pengujian mudah dan spesimen dapat terbaca pada alat uji.



Gambar 3 - 6 *Spectrometer*

3.5.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan *Vickers* dilakukan di laboratorium D3 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada dengan menggunakan alat *Universal Hardness Tester*. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui nilai kekerasan dari spesimen uji.



Gambar 3 - 7 *Universal Hardness Tester*

3.5.3 Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan di laboratorium D3 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada. Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Friction Wear Tester*. Metode yang digunakan adalah *ogoshi*, berfungsi untuk mensimulasikan keausan abrasif pada spesimen uji, sehingga dapat diketahui ketahanan aus spesimen terhadap goresan ataupun gesekan. Pengujian dilakukan dengan jarak pengausan 15 m dan dan beban pengujian 6,36 kg. Spesimen yang diuji keausannya berjumlah 3 buah (spesimen 4, 5 dan 6 jam).

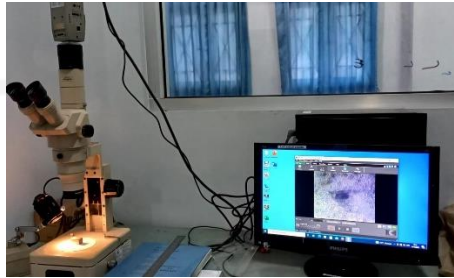


Gambar 3 - 8 *Universal Friction Wear Tester*

3.5.4 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan di laboratorium D3 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada. Spesimen uji sama seperti dengan spesimen uji keausan

dan kekerasan. Sebelum diuji, permukaan spesimen dihaluskan menggunakan mesin Gripo 2M, kemudian spesimen dipoles menggunakan autosol dan diberikan cairan etsa HNO_3 . Pengamatan dilakukan menggunakan *Stereo Zoom Microscope* dengan perbesaran lensa 200x di tiga bagian spesimen agar hasil *chromizing* dapat terlihat.



Gambar 3 - 9 *Stereo Zoom Microscope*

3.5.5 Pengujian Laju Korosi

Pengujian korosi dilakukan untuk mengetahui ketahanan material logam ketika terpapar reaksi kimia dari lingkungan. Proses pengujian dilakukan dengan mencelupkan spesimen kedalam wadah yang berisi air laut selama 50 hari. Setiap 10 hari spesimen diukur menggunakan timbangan untuk mengetahui penurunan berat. Pada pengujian ini menggunakan air laut yang diambil dari Pantai Parangtritis, Yogyakarta.



Gambar 3 - 10 Spesimen Uji Laju Korosi

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis Pengujian

Penelitian ini dilakukan beberapa jenis pengujian yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi waktu *chromizing* terhadap sifat fisik dan sifat mekanik baja AISI 1030.

4.1.1 Hasil Proses *Chromizing*

Hasil dari baja AISI 1030 yang telah dilakukan proses *chromizing* seperti pada gambar 4-1 berikut ini :



Gambar 4 - 1 Hasil *Chromizing*

Hasil proses *chromizing* berwarna hitam karena *chromium* yang digunakan berwarna hijau. Sehingga hasil akhir warnanya menjadi hitam. Parameter yang digunakan pada proses *chromizing* penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4-1

Tabel 4 - 1 Parameter Proses *Chromizing*

No.	Parameter	Parameter yang digunakan
1.	Media <i>Chromizing</i>	Bubuk <i>chromizing</i> 200 gram + garam halida 10 gram
2.	Waktu penahanan	4,5 dan 6 jam
3.	Suhu pemanasan	1000°C
4.	Media pendinginan	Udara terbuka

Media *chromizing*, yaitu menggunakan *chromium* yang berwarna hijau.

Penggunaan suhu 1000 °C dilakukan karena digunakan acuan berdasarkan diagram Fe_3C , dimana suhu dapat terjadi perubahan fasa untuk mengubah sifat mekaniknya adalah diatas suhu 723°C. Dan berdasarkan pada jurnal sebelumnya, dijelaskan bahwa didapatkan temperatur optimum proses *chromizing* adalah pada saat 1000°C.

4.1.2 Uji Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat pada spesimen. Pengujian ini menggunakan alat *Spectrometer* dan dilakukan di PT. ITOKOH CEPERINDO. Hasil pengujian komposisi kimia pada *raw material* dapat dilihat pada tabel 4-2.

Tabel 4 - 2 Uji Komposisi *Raw Material*

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	98,0121	P	0,0025
S	0,0062	Cu	0,0162
Al	0,0347	Ti	0,0046
C	0,3016	N	0,1273
Ni	0,0131	B	0,0010
Nb	0,0007	Pb	0,0085
Si	0,3004	Sb	0,0001
Cr	0,0280	Ca	0,6478
V	0,0011	Mg	0,0263
Mn	0,4628	Zn	0,0020
Mo	-0,0016	Co	0,0024
W	0,0027		

Hasil pengujian komposisi kimia pada variasi waktu 4 jam *chromizing* dapat dilihat pada tabel 4-3.

Tabel 4 - 3 Uji Komposisi 4 Jam *Chromizing*

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	97,3503	P	0,0073
S	0,0585	Cu	0,2191
Al	0,0027	Ti	0,0019
C	0,5038	N	0,0042
Ni	0,0175	B	0,0011
Nb	0,0024	Pb	0,0047
Si	0,1738	Sb	0,0018
Cr	0,4900	Ca	0,0083
V	0,0014	Mg	0,0030
Mn	0,1352	Zn	0,0006
Mo	-0,0005	Co	0,0091
W	0,0002		

Hasil pengujian komposisi kimia pada variasi waktu 5 jam *chromizing* dapat dilihat pada tabel 4-4.

Tabel 4 - 4 Uji Komposisi 5 Jam *Chromizing*

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	97,6072	P	0,0105
S	0,1419	Cu	0,3546
Al	0,0088	Ti	0,0021
C	0,9003	N	0,1565
Ni	0,0353	B	0,0020
Nb	0,0024	Pb	0,0055
Si	0,2149	Sb	0,0020
Cr	0,3139	Ca	0,0138
V	0,0012	Mg	0,0301
Mn	0,1659	Zn	0,0009
Mo	0,0018	Co	0,0086
W	0,0022		

Hasil pengujian komposisi kimia pada variasi waktu 6 jam *chromizing* dapat dilihat pada tabel 4-5.

Tabel 4 - 5 Uji Komposisi 6 Jam *Chromizing*

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	98,4595	P	0,0161
S	0,1390	Cu	0,4960
Al	0,0064	Ti	0,0013
C	0,3269	N	0,0001
Ni	0,0432	B	0,0020
Nb	0,0016	Pb	0,0028
Si	0,1713	Sb	0,0029
Cr	0,1136	Ca	0,0013
V	0,0010	Mg	0,0001
Mn	0,2243	Zn	0,0007
Mo	0,0016	Co	0,0090
W	0,0001		

Dari hasil dari pengujian komposisi kimia, terdapat kesalahan dimana proses pengujian komposisi kimia hanya dilakukan disatu titik sehingga hasil kurang spesifik. Namun terlihat jelas komposisi *chromium* meningkat bila dibandingkan dengan *raw material*. meningkatnya kadar kandungan *chromium* setelah dilakukan proses *chromizing* disebabkan oleh adanya *chromium* yang terdifusi ke permukaan logam selama proses *chromizing* berlangsung

4.1.3 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan *Vickers Microhardness* dilakukan menggunakan alat *Microvickers Hardness – M3 Microscope*. Pengujian pada 4 spesimen *raw material* dan 3 spesimen variasi waktu. Dilakukan pada 3 titik dengan pembebanan sebesar 20 kg. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada lampiran hasil pengujian kekerasan. Untuk perhitungan nilai kekerasan *vickers* dapat menggunakan persamaan (2.1). Berikut salah satu contoh perhitungan dari kekerasan *vickers* dengan menggunakan sampel spesimen baja AISI 1030 :

Pada titik 1:

$$HV = \frac{(1,854) 20}{\left(\frac{0,57+0,58}{2}\right)^2}$$

$$HV = \frac{37,08}{0,330625}$$

$$HV = 112,2 \text{ VHN}$$

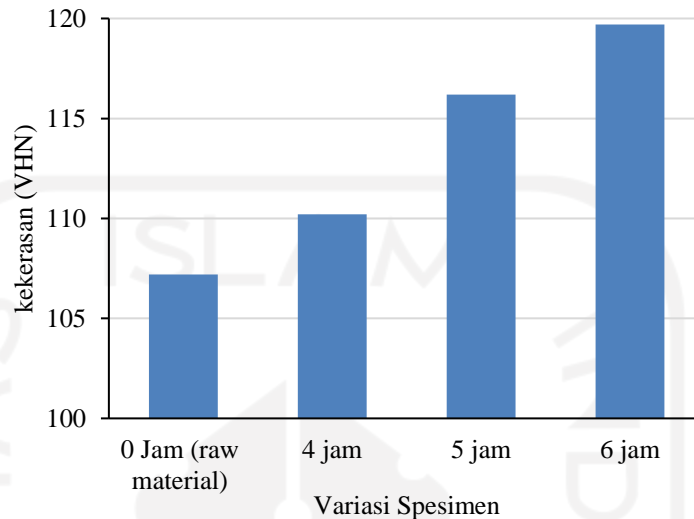
Setelah dilakukan perhitungan dari beberapa titik, maka dapat ditentukan nilai rata – rata kekerasan *vickers* dari uji spesimen seperti berikut:

$$HV = \frac{112,2 + 108,3 + 110,2}{3}$$

$$HV = 110,2 \text{ VHN}$$

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan spesimen *raw material* baja AISI 1030 memiliki nilai rata-rata sebesar 107,2 VHN. Untuk 3 spesimen dengan variasi waktu memiliki nilai rata-rata sebesar 110,2 VHN untuk waktu 4 jam; 116,2 VHN untuk 5 jam; dan 119,7 untuk 6 jam.

Pada gambar menunjukkan grafik perbandingan nilai rata – rata kekerasan baja AISI 1030 *raw material* dengan baja AISI 1030 setelah melalui proses *chromizing*.



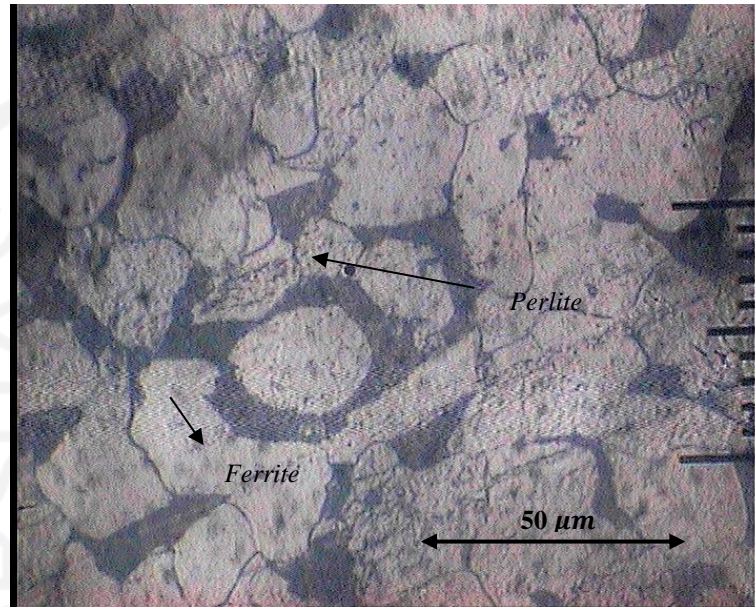
Gambar 4 - 2 Nilai Kekerasan Baja AISI 1030

Berdasarkan grafik pada gambar 4-2 bahwa nilai kekerasan baja AISI 1030 yang mengalami proses *chromizing* meningkat dibandingkan dengan *raw material*. Nilai kekerasan paling baik diperoleh oleh baja AISI 1030 yang telah mengalami proses *chromizing* dengan variasi waktu 6 jam sebesar 119,7 VHN. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama proses *chromizing* maka dapat meningkatkan nilai kekerasan pada material logam tersebut. Kekerasan baja disebabkan oleh adanya proses *chromizing* yang dilakukan dengan metode *heat treatment*. Hal ini karena adanya terjadi proses difusi atom *chromium* ke dalam baja AISI 1030 yang lebih optimal bila dibandingkan tanpa proses *heat treatment*. Peningkatan kekerasan baja meningkat seiring dengan meningkatnya lama proses terjadi akibat proses difusi sudah optimum dan juga sudah terjadi perubahan fasa. Terjadi perubahan fasa ketika proses *heat treatment* berlangsung. Hal ini diperkuat dengan hasil struktur mikro.

4.1.4 Uji Struktur Mikro

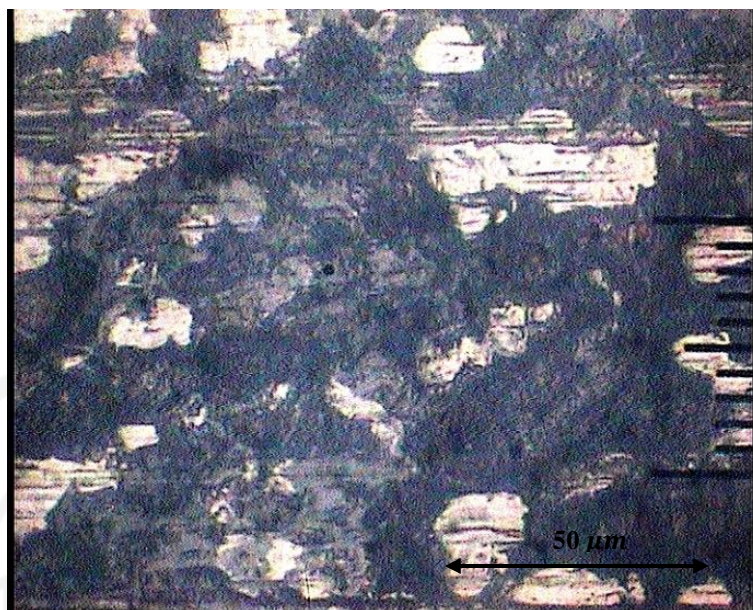
Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur yang terbentuk pada suatu material. Pengamatan ini menggunakan Stereo Zoom

Microscope dengan perbesaran lensa sebesar 200x. pengamatan ini dilakukan pada 4 spesimen yang terdiri dari 1 spesimen raw material baja AISI 1030 dan 3 spesimen variasi waktu yang telah dilakukan proses chromizing. Pada gambar 4-4 menunjukkan struktur mikro dari raw material.

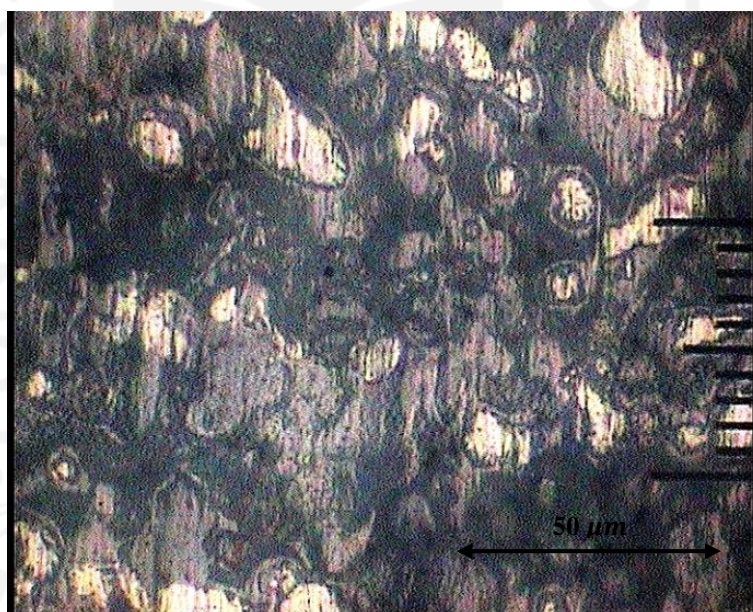


Gambar 4 - 3 Struktur Mikro *Raw Material*

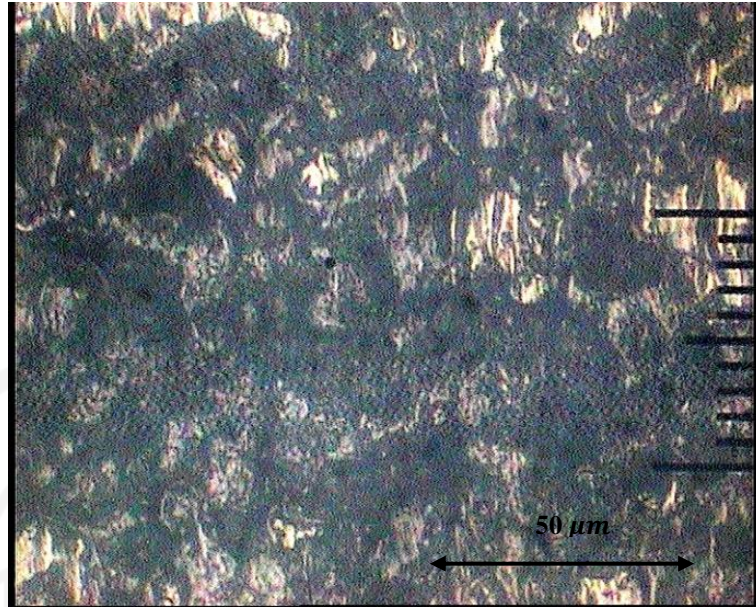
Berdasarkan pada gambar 4-4 yang merupakan struktur mikro pada terlihat bahwa struktur material terdiri dari ferite yang berwarna putih. Dan lapisan perlit yang berbentuk seperti lapisan terang dan gelap secara bergantian. Pada raw material memiliki jumlah ferite yang lebih banyak sehingga berdampak pada nilai kekerasan. Adanya struktur ferit tersebut membuat sifat mekanik baja rendah (baja lunak). setelah dilakukan proses *chromizing* fasanya berubah, terjadi peningkatan perlit. Perlit berupa paduan eutektoid dari ferit dan sementit. Adanya peningkatan perlit menandakan bahwa spesimen baja AISI 1030 menjadi keras.



Gambar 4 - 4 Struktur Mikro *Chromizing* 4 Jam



Gambar 4 - 5 Struktur Mikro *Chromizing* 5 Jam



Gambar 4 - 6 Struktur Mikro *Chromizing* 6 Jam

Gambar 4-4, 4-5 dan 4-6 memperlihatkan semakin lama proses *chromizing*, semakin banyak perlit sehingga semakin lama proses *chromizing* maka akan semakin keras sifat material baja AISI 1030.

4.1.5 Uji Keausan

Pengujian keausan pada spesimen baja AISI 1030 menggunakan *Universal Wear Tester* dengan metode *ogoshi*. Pengujian ini dilakukan pada 4 (empat) spesimen yaitu *raw material* dan 3 spesimen variasi proses *chromizing*. Pengujian ini dilakukan pada permukaan spesimen dengan jarak pengausan sepanjang 15 meter dan diberi beban sebesar 6,36 kg. Setelah itu lebar dari area yang tergores diukur untuk dilakukan perhitungan keausan spesifik. Untuk perhitungan keausan spesifik dapat menggunakan persamaan (2.2). Hasil dari pengujian keausan dapat dilihat pada lampiran hasil pengujian keausan. Berikut adalah salah satu contoh untuk perhitungan dari keausan spesifik dengan sampel spesimen variasi waktu *chromizing*.

Diketahui lebar piringan pengaus (B) 3,45 mm dan jari – jari pengaus (r) 13,6 mm, maka untuk mencari keausan spesifik menggunakan persamaan (2.2).

Pada titik 1:

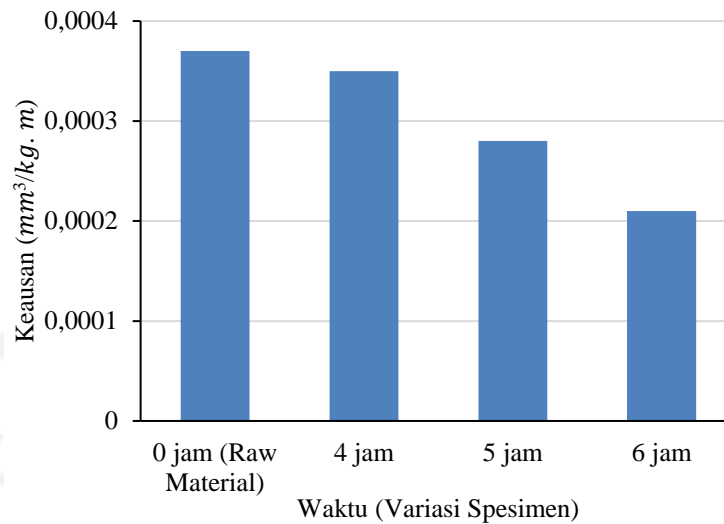
$$W_s = \frac{3,45 \times (1,05)^3}{8 \times 13,6 \times 6,36 \times 15} = 0,00038 \text{ mm}^3/\text{kg} \cdot \text{m}$$

Setelah dihitung nilai dari keausan spesifik dari beberapa titik, maka dapat ditentukan rata-rata dari keausan spesifik dari spesimen uji tersebut seperti berikut:

$$W_s = \frac{0,00038 + 0,00037 + 0,00028}{3} = 0,00035 \text{ mm}^3/\text{kg} \cdot \text{m}$$

Berdasarkan hasil pengujian keausan spesimen *raw material* baja AISI 1030 memiliki rata - rata nilai sebesar $0,00037 \text{ mm}^3/\text{kg} \cdot \text{m}$. Untuk 3 spesimen dengan variasi waktu memiliki nilai rata – rata sebesar $0,00035 \text{ mm}^3/\text{kg} \cdot \text{m}$ untuk variasi 4 jam; $0,00028 \text{ mm}^3/\text{kg} \cdot \text{m}$ untuk variasi 5 jam; dan $0,00021 \text{ mm}^3/\text{kg} \cdot \text{m}$ untuk variasi waktu 6 jam.

Pada gambar 4 menunjukkan grafik perbandingan nilai rata-rata keausan *raw material* dan spesimen yang telah dilakukan *chromizing*.



Gambar 4 - 7 Nilai Keausan Baja AISI 1030

Dari gambar 4 menunjukkan peningkatan ketahanan aus pada baja AISI 1030 dengan proses *chromizing* dibandingkan dengan *raw material* baja AISI 1030. Nilai ketahanan aus paling baik diperoleh oleh baja AISI 1030 dengan proses *chromizing* dengan variasi waktu 6 jam yaitu $0,00021 \text{ mm}^3/kg.m$. Hal ini menunjukkan variasi waktu dalam proses *chromizing* berpengaruh terhadap nilai ketahanan aus pada material logam. Semakin lama variasi waktu maka semakin meningkat ketahanan aus dari material logam tersebut. Selain itu kekerasan berbanding lurus dengan ketahanan laju korosi, semakin keras material maka semakin baik pula ketahanan ausnya.

4.1.6 Uji Laju Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan untuk mengetahui ketahanan korosi dari suatu material logam. Dalam pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung kehilangan massa baja AISI 1030 secara berkala setiap 10 hari dan pengujian ini berlangsung selama 50 hari. Hasil dari hilangnya massa spesimen dapat dilihat pada tabel 4-6.

Tabel 4 - 6 Masa Hari Ke – (Gram)

Jenis spesimen	Massa awal	Massa 10 hari ke- (gram)				
		1	2	3	4	5
<i>Raw material</i>	51,17	51,16	52,16	51,15	51, 13	51,10
<i>Chromizing</i> 4 jam	52,24	52,23	52,23	52,23	52,22	52,20
<i>Chromizing</i> 5 jam	54,50	54,50	54,50	54,50	54,49	54,47
<i>Chromizing</i> 6 jam	54,64	54,64	54,64	54,64	54,63	54,62

Berdasarkan hasil penimbangan setiap minggunya pada baja AISI 1030 *raw material* dan dengan proses *chromizing*. Untuk memastikan hal tersebut dilakukan perhitungan untuk laju korosi dengan menggunakan persamaan (2.3). berikut salah satu contoh perhitungan laju korosi dengan sampel spesimen pada baja AISI 1030 proses *chromizing* 4 jam pada hari ke 10.

Diketahui:

$$W = 0,01 \text{ gram}$$

$$D = 7,85 \text{ gr/cm}^3$$

$$T = 24 \times 10 = 240 \text{ jam}$$

$$A = 1,98 \text{ cm}^2$$

$$K = 8,76 \times 10^4$$

$$CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,01}{7,85 \times 1,98 \times 240}$$

$$CR=0,23$$

Tabel 4 - 7 Hasil Laju Korosi

Jenis Spesimen	Laju Korosi 10 Hari ke – (mm/year)					Rata-rata Laju Korosi
	1	2	3	4	5	
<i>raw material</i>	0,23	0	0,08	0,12	0,14	0,11
4 jam <i>chromizing</i>	0,23	0	0	0,06	0,14	0,09
5 jam <i>chromizing</i>	0	0	0	0,06	0,09	0,03
6 jam <i>chromizing</i>	0	0	0	0,06	0,05	0,02

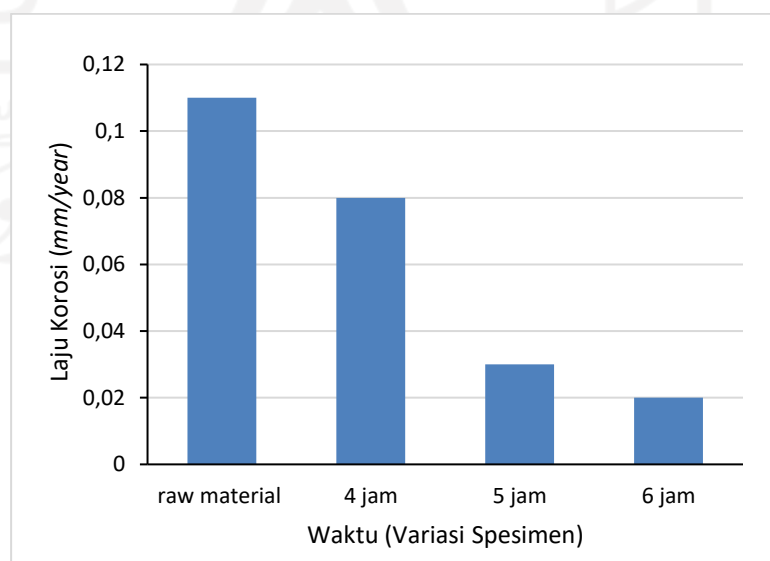
Setelah menghitung laju korosi, kemudian hasil tersebut dibandingkan

dengan tingkat ketahanan korosi untuk melihat kualitas laju korosi. Tingkat ketahanan korosi dapat dilihat pada tabel 4-8.

Tabel 4 - 8 Hasil Tingkat Ketahanan Korosi

Relative Corrosion Resistance	Standar (mm/year)	Laju Korosi (mm/year)			
		raw material	4 jam chromizing	5 jam chromizing	6 jam chromizing
Outstanding	< 0,02				
Excellent	0,02 – 0,1		0,08	0,03	0,02
Good	0,1 – 0,5	0,11			
Fair	0,5 – 1				
Poor	1 – 5				
Unacceptable	5 +				

Dari hasil perbandingan tingkat ketahanan korosi, *raw material* memiliki tingkat laju korosi yang baik, dan hasil variasi waktu *chromizing* memiliki tingkat laju sangat baik. Dapat dilihat nilai laju korosi pada Baja AISI 1030 dengan dilakukan proses *chromizing* mengalami peningkatan ketahanan terhadap laju korosi. Nilai ketahanan laju korosi paling baik diperoleh oleh baja AISI 1030 dengan proses *chromizing* dengan variasi waktu 6 jam yaitu 0,02 mm/year. Adanya peningkatan ketahanan korosi terjadi akibat baja yang dilapisi *chromium* bereaksi dengan oksigen membentuk selaput tipis *chromium oxide* yang sangat stabil dan akan melindungi logam yang berada di dalamnya sehingga tahan terhadap serangan korosi berikutnya



Gambar 4 - 8 Perbandingan Laju Korosi

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Variasi waktu dalam proses *chromizing* mempengaruhi sifat fisik dan sifat mekanik dari material baja AISI 1030. Sifat fisik spesimen berupa struktur mikro dan sifat mekanik berupa kekerasan, keausan dan laju korosi. Pada struktur mikro, hasil *chromizing* terjadi peningkatan perlit. Adanya peningkatan perlit menandakan bahwa spesimen baja AISI 1030 mengalami penambahan kekerasan. Pada uji kekerasan, *holding time* 6 jam memiliki nilai kekerasan tertinggi dengan nilai 119,7 VHN mengalami kenaikan sebesar 10,4% bila dibandingkan dengan *raw material*. *Holding time* 4 jam memiliki nilai 107,2 VHN, *holding time* 5 jam memiliki nilai 116,2 VHN. *Raw material* memiliki nilai kekerasan terendah dengan nilai 107,2 VHN. Pada uji keausan, *Holding time* 6 jam menjadi nilai ketahanan aus terbaik dengan nilai 0,00021 mm³/kg.m mengalami penurunan sebesar 43,2% dibandingkan *raw material*. *Holding time* 4 jam memiliki nilai keausan 0,00035 mm³/kg. m, *holding time* 5 jam memiliki nilai 0,00028 mm³/kg. m. *Raw material* memiliki laju keausan tertinggi dengan nilai 0,00037 mm³/kg. m. Pada uji laju korosi, *Holding time* 6 jam menjadi nilai laju korosi terbaik dengan nilai 0,02 mm/year, mengalami penurunan sebesar 81,8% dibandingkan *raw material*. *Holding time* 4 jam memiliki nilai 0,09 mm/year. *Holding time* 5 jam memiliki nilai 0,03 mm/year. *Raw material* memiliki laju korosi tertinggi dengan nilai 0,11 mm/year.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, saran dari penulis yaitu :

1. Dalam pembuatan kotak *chromizing* perlu diperhatikan dari bahan pembuatannya yaitu harus tahan panas. Usahakan kotak *chromizing* tebal sehingga kuat dan tahan bocor.
2. Sebelum melakukan proses *chromizing*, perlu proses pengamplasan pada

permukaan spesimen agar pada saat pengujian tidak perlu dilakukan pengamplasan kembali karena akan berdampak pada lapisan *chromizing* yang akan terkikis.



DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. Et al. 2015. Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan *Coating*. Jurnal Teknik ITS Volume 4, No. 1. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.
- Arifin, J. Et al. 2017. Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Baja Astm A36. Momentum. Volume 13, No. 1. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang. Semarang.
- Bimariga, K. Et al. 2019. Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Ketebalan, Kekerasan dan Ketahanan Korosi Hasil Elektroplating Nikel-Hard Chromium pada Baja AISI 4340. Jurnal Teknik ITS Volume 8, No. 1. Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.
- Feriansah, A. & Achmad, A. 2018. Pengaruh Lapisan *Chromium* Pada Logam Besi Proses *Electroplating* Dalam Terhadap Korosi. Surya Teknika. Volume 2, No. 1. Teknik Mesin Otomotif Politeknik Muhammadiyah Pekalongan. Pekalongan.
- Firdhaus, F. & Setiawan, W. 2021. Pengaruh *Heat Treatment* Material *Tie Rod* Pada *Temperature* 1000 °C Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Keausan. Jurnal Material Teknologi Proses. Volume 2, No. 2. Teknik Mesin SV UGM. Yogyakarta.
- Hamzah, M & Iqbal, S. 2008. Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah Dengan Metode *Carburizing*. Jurnal SMARTek. Volume 6, No. 3. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Palu.
- Kharismasuddin et al. 2019. Pengaruh Temperatur *Heating* Pada Baja Sup 9-A Terhadap *Supplier JTS (Jatim Taman Steel)*. Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik. Volume 8, No. 1. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gresik. Gresik.
- Kusnowo, R. 2015. Analisa Uji Kekerasan Dan Uji Tarik Material AISI P20 Mod. Hasil Perlakuan *Hardening Tempering*. Jurnal Teknologi Terapan. Volume 1, No.1. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung. Bandung.

- Mujiyanto, I. 2022. Analisis Nilai Kekasaran Dan Kekerasan Pembubutan Baja karbon Medium dengan *nose* sudut Pengasahan HSS. Jurnal *Crankshaft*, Volume 5 No. 2. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin Universitas Maritim AMNI. Semarang.
- Najamudin & Pratowo B. 2016. Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Tuang (*Hopper*) Melalui Proses *Chromizing* Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara. Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung. Volume 2, No.1. Jurusan Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung. Lampung.
- Nugroho, F. 2014. Pengaruh Rapat Arus Dan Waktu Anodizing Terhadap Laju Permukaan Pada Aluminium Paduan Aa 2024-T3. Jurnal *Foundry*. Volume 4, No. 1. Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto. Yogyakarta.
- Sardjono, K. Et al. 2009. Studi Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Din 1.7223 41CrMo4 Dengan Pengaruh Perlakuan Panas. Jurnal Mesin Teknologi. Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta. Jakarta.
- Siregar, A. & Amrinsyah. 2013. Peningkatan Sifat-Sifat Fatik Baja NS-1045 *Chromized* Dengan Proses Perlakuan Panas. Jurnal Teknik Mesin Volume 14, No. 2. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Suarsana, I. & Komaladewi, A. 2017. Peningkatan Sifat Mekanik Baja St 60 dengan Pelapisan Krom Keras (*Electroplating*) Terhadap Ketebalan Lapisan Bahan Poros. Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika Volume 6 No. 4. Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran. Bali.
- Sumarjo, D. Et al. 2017. Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Ndt Ultrasonic Test Dengan Metode *Microcontroller*. Infomatek Volume 19, No. 2. Jurusan Teknik Mesin Universitas Singaperbangsa Karawang. Karawang.
- Sunarko. 2016. Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Aisi 1030 Pada Sambungan *Fillet 2f* Dengan Proses Las Busur Manual. TEDC. Volume 10, No. 3. Departemen Teknik Mesin PPPPTK BMTI Bandung. Bandung.
- Sundari, E. Et al. 2019. Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Terhadap Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada *Chromizing* Baja St 37. Jurnal

Austenit. Volume 11, No 2. Jurusan Teknik Mesin Produksi dan perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.

Winata F. Et al. 2022. Pengaruh *Electroplating* Krom Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan Pada Jari-Jari Sepeda Motor Yang Telah Di-Electroplating Nikel. Jurnal Manufaktur, Energi, Material Teknik Volume 1. No. 1. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka. Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka. Jakarta timur.



LAMPIRAN

1. Pengujian Komposisi Kimia



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPLE BESI ORI
 CUSTOMER : LEMBAYUNG A
 FURNACE : AH1845A01/70
 OPERATOR : WENDY
 DATE / TIME : 18-AUG-2022 14:00:04
 TASK : Conc_Fei METHOD : FEGLPE

	Fe%	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	97.1109	0.0034	0.0512	0.3404	0.0132	0.0020	0.4221
2	98.9132	0.0091	0.0183	0.2627	0.0127	-0.0005	0.1787
AVG	98.0121	0.0062	0.0347	0.3016	0.0130	0.0007	0.3004
SD	1.27442	0.00399	0.02325	0.05497	0.00035	0.00181	0.17207
SD%	1.30	63.96	66.92	18.23	2.69	244.53	57.28

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.0333	0.0017	0.3620	-0.0014	0.0052	-0.0004	0.0144
2	0.0228	0.0004	0.2437	-0.0018	0.0001	0.0054	0.0180
AVG	0.0280	0.0011	0.4628	-0.0016	0.0027	0.0025	0.0162
SD	0.00741	0.00095	0.16551	0.00027	0.00361	0.00406	0.00250
SD%	26.42	69.85	36.41	16.89	136.10	164.06	15.42

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0069	0.2371	0.0017	0.0147	0.0001	1.1110	0.0405
2	0.0023	0.0175	0.0004	0.0022	0.0001	0.1346	0.0121
AVG	0.0046	0.1273	0.0010	0.0085	0.0001	0.6478	0.0263
SD	0.00329	0.15534	0.00089	0.00885	0.00000	0.65501	0.02003
SD%	71.40	122.03	84.47	104.43	0.00	101.11	76.16

	Zn	Co
1	0.0026	0.0024
2	0.0014	0.0023
AVG	0.0020	0.0024
SD	0.00037	0.00007
SD%	43.33	2.82



INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57417, Jateng - Indonesia
 Phone : (0272) 324208, 324038, Fax. (324213), E-mail : itokohci@indosat.net.id
JAPAN OFFICE : 3-22-2 Motogo, Kawaguchi City, Saitama, Japan
 Phone : 81 482.248 401, Fax : 81 482 242070



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPLE 4
 CUSTOMER : LEMBAYUNG A
 FURNACE : AH1845A01/69
 OPERATOR : WENDY
 DATE / TIME : 18-AUG-2022 13:55:48
 TASK : Conc_Fei METHOD : FEGLFE

	Fe ⁺	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	98.1047	0.0424	0.0040	0.6008	0.0187	0.0028	0.2010
2	98.5959	0.0746	0.0014	0.4068	0.0163	0.0021	0.1467
AVG	98.3503	0.0585	0.0027	0.5038	0.0175	0.0024	0.1738
SD	0.34731	0.02280	0.00183	0.13718	0.00169	0.00051	0.03839
SD%	0.35	39.00	66.72	27.23	9.69	21.20	22.08

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.6011	0.0017	0.1208	-0.0005	0.0002	0.0050	0.2347
2	0.3789	0.0011	0.1502	-0.0005	0.0001	0.0097	0.2035
AVG	0.4900	0.0014	0.1352	-0.0005	0.0002	0.0073	0.2191
SD	0.15712	0.00042	0.02116	0.00001	0.00007	0.00334	0.02205
SD%	32.07	30.26	15.64	2.59	48.93	45.58	10.06

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0024	0.0082	0.0010	0.0064	0.0019	0.0117	0.0051
2	0.0014	0.0001	0.0012	0.0030	0.0017	0.0050	0.0009
AVG	0.0019	0.0042	0.0011	0.0047	0.0018	0.0083	0.0030
SD	0.00067	0.00573	0.00014	0.00241	0.00010	0.00479	0.00293
SD%	35.21	138.02	12.98	51.76	5.38	57.41	97.33

	Zn	Co
1	0.0006	0.0100
2	0.0006	0.0083
AVG	0.0006	0.0091
SD	0.00003	0.00118
SD%	4.93	12.95



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



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



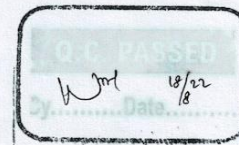
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPLE 5
 CUSTOMER : LEMBAYUNG A
 FURNACE : AH1845A01/68
 OPERATOR : WENDY
 DATE / TIME : 18-AUG-2022 13:50:54
 TASK : Conc_Fei METHOD : FEGLFE

	Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	97.2133	0.1536	0.0086	1.0833	0.0366	0.0022	0.2246
2	98.0011	0.1302	0.0089	0.7173	0.0339	0.0026	0.2052
AVG	97.6072	0.1419	0.0088	0.9003	0.0353	0.0024	0.2149
SD	0.55703	0.01656	0.00021	0.25879	0.00194	0.00029	0.01370
SD%	0.57	11.67	2.34	28.74	5.49	11.90	6.38

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.3573	0.0012	0.1562	0.0020	0.0025	0.0094	0.3675
2	0.2705	0.0012	0.1757	0.0017	0.0020	0.0116	0.3416
AVG	0.3139	0.0012	0.1659	0.0018	0.0022	0.0105	0.3546
SD	0.06138	0.00003	0.01374	0.00020	0.00035	0.00152	0.01837
SD%	19.56	2.36	8.28	10.75	15.89	14.45	5.18

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0024	0.2765	0.0020	0.0058	0.0014	0.0189	0.0476
2	0.0017	0.0365	0.0019	0.0052	0.0025	0.0088	0.0126
AVG	0.0021	0.1565	0.0020	0.0055	0.0020	0.0138	0.0301
SD	0.00049	0.16970	0.00010	0.00042	0.00075	0.00714	0.02470
SD%	23.31	108.43	5.14	7.75	33.64	51.63	82.04

	Zn	Co
1	0.0010	0.0088
2	0.0009	0.0085
AVG	0.0009	0.0086
SD	0.00009	0.00025
SD%	8.43	2.91



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



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



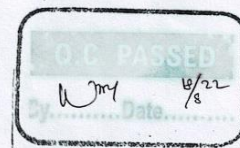
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPLE 6
 CUSTOMER : LEMBAYUNG A
 FURNACE : AH1845A01/67
 OPERATOR : WENDY
 DATE / TIME : 18-AUG-2022 13:55:32
 TASK : Conc_Fei METHOD : FEGLFE

	Fe ⁺	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	98.4298	0.1278	0.0064	0.3565	0.0478	0.0018	0.1715
2	98.4892	0.1502	0.0063	0.2973	0.0386	0.0013	0.1712
AVG	98.4595	0.1390	0.0064	0.3269	0.0432	0.0016	0.1713
SD	0.04194	0.01582	0.00019	0.04195	0.00645	0.00034	0.00016
SD%	0.04	11.38	1.98	12.60	14.98	21.21	0.09

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.1176	0.0010	0.2187	0.0022	0.0001	0.0165	0.4997
2	0.1096	0.0010	0.2319	0.0011	0.0001	0.0157	0.4923
AVG	0.1136	0.0010	0.2243	0.0016	0.0001	0.0161	0.4960
SD	0.00569	0.00001	0.01079	0.00077	0.00000	0.00054	0.00522
SD%	5.01	0.54	4.81	48.07	0.00	3.34	1.05

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0013	0.0001	0.0020	0.0030	0.0032	0.0018	0.0002
2	0.0012	0.0001	0.0020	0.0026	0.0026	0.0008	0.0001
AVG	0.0013	0.0001	0.0020	0.0028	0.0029	0.0013	0.0001
SD	0.00009	0.00000	0.00003	0.00023	0.00040	0.00068	0.00006
SD%	7.38	0.00	1.42	8.14	13.79	53.58	43.61

	Zn	Co
1	0.0008	0.0096
2	0.0007	0.0083
AVG	0.0007	0.0090
SD	0.00003	0.00090
SD%	3.98	10.06



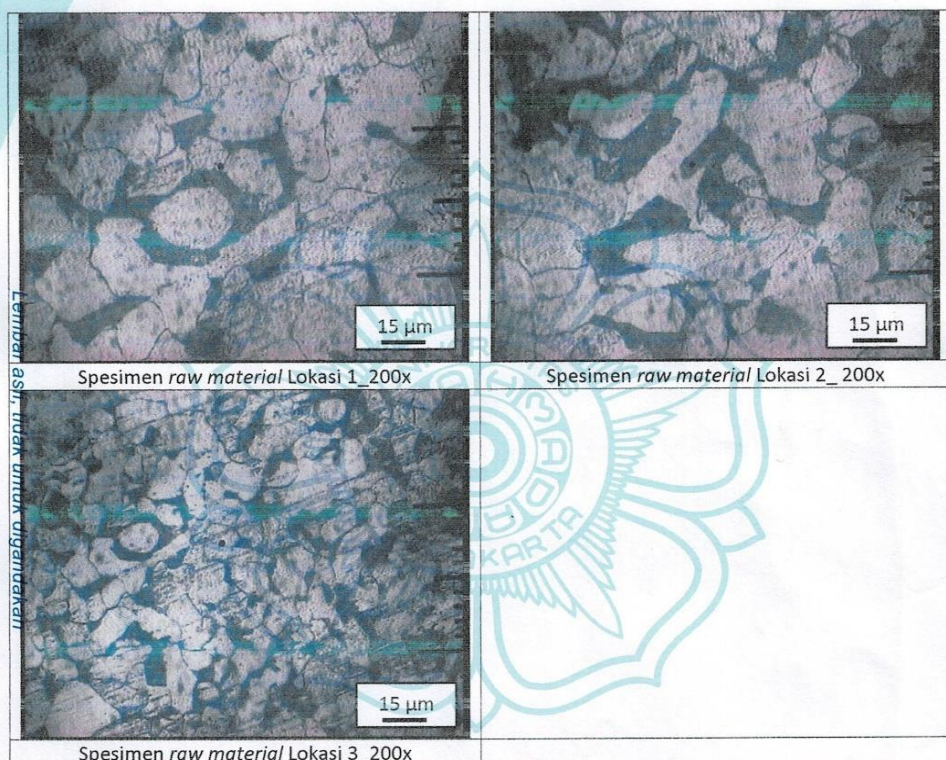
INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57417, Jateng - Indonesia
 Phone : (0272) 324208, 324038, Fax. (324213), E-mail : itokohci@indosat.net.id
JAPAN OFFICE : 3-22-2 Motogo, Kawaguchi City, Saitama, Japan
 Phone : 81 482 248 401, Fax : 81 482 242070

2. Pengujian Struktur Mikro



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO PERMUKAAN



Keterangan:

1. Perbesaran lensa: 200x, Jarak skala antar strip: 5 μm (total 50 μm untuk 10 strip)
2. Pengamatan menggunakan metallurgical microscope with inverted (Olympus PME 3)
- 3.

Yogyakarta, 17 September 2022
Staf Laboratorium Bahan Teknik

**Pengujian & Analisa
Material**



Lab. Bahan Teknik
Departemen Teknik Mesin
Sekolah Vokasi UGM

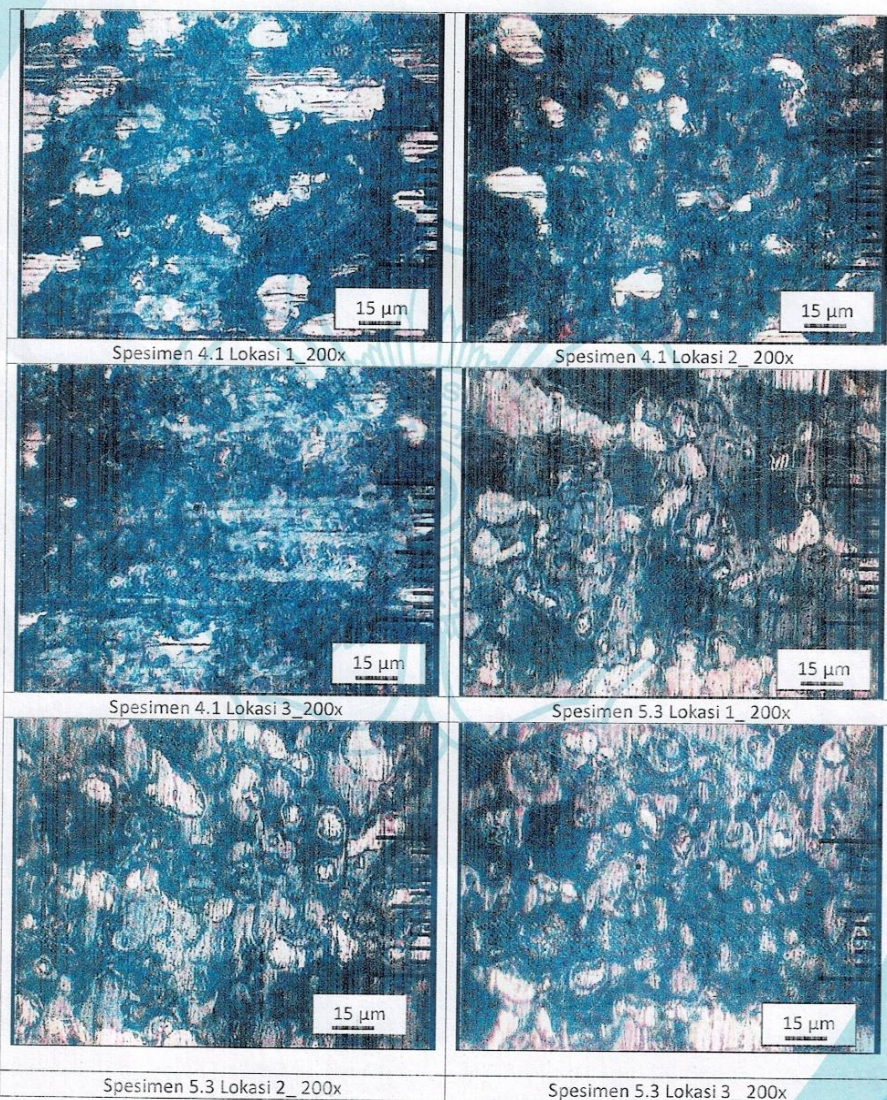
Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T
NIP. 197703312002121002

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
HASIL PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO PERMUKAAN

Lembar asli, tidak untuk digandakan

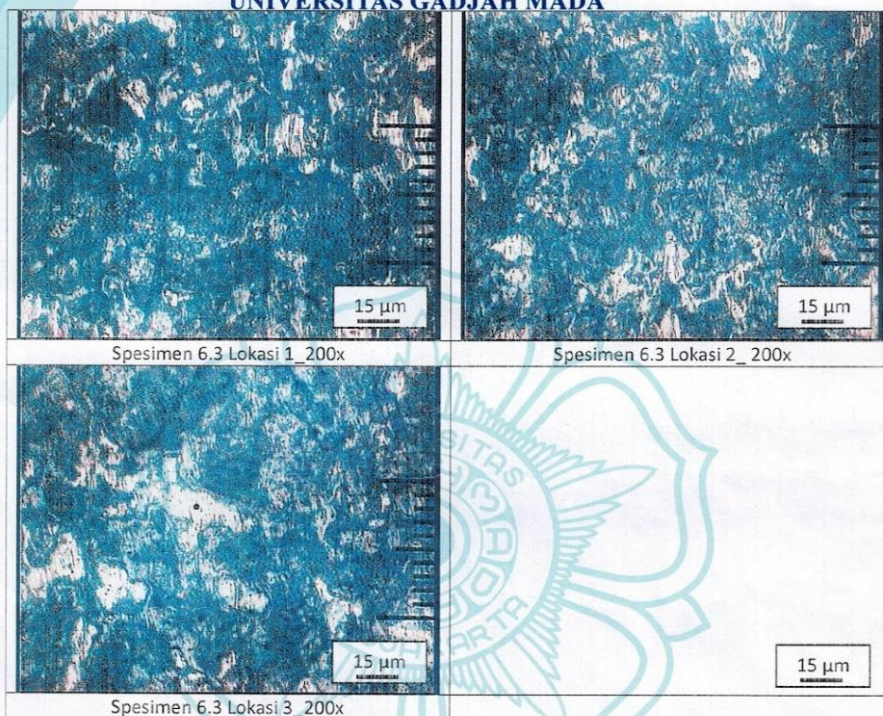


Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281





LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA



Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan:

1. Perbesaran lensa: 200x, Jarak skala antar strip: 5 µm (total 50 µm untuk 10 strip)
2. Pengamatan menggunakan metallurgical microscope with inverted (Olympus PME 3)

Yogyakarta, 26 Agustus 2022
Staf Laboratorium Bahan Teknik



Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T
NIP. 197703312002121002

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

3. Pengujian Kekerasan



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEKERASAN

No	Variasi Spesimen	Titik	Diagonal		Kekerasan	Kekerasan
		Uji	D1	D2	(VHN)	Rata-rata (VHN)
1	Raw	1	0.58	0.58	110.2	107.2
		2	0.58	0.59	108.3	
		3	0.60	0.60	103.0	

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 19 Oktober 2022
2. Menggunakan metode Vickers dengan pembebanan 20 kgf

Yogyakarta, 19 Oktober 2022

Staf Laboratorium Bahan Teknik
Pengujian & Analisa
Material

Lab. Bahan Teknik
Departemen Teknik Mesin
Sekolah Vokasi UGM
Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T.
NIP. 197703312002121002

Lembar asli, tidak untuk digandakan



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEKERASAN

No	Variasi Spesimen	Titik	Diagonal		Kekerasan	Kekerasan
		Uji	D1	D2	(VHN)	Rata-rata (VHN)
1	4 jam	1	0.57	0.58	112.2	110.2
		2	0.58	0.59	108.3	
		3	0.56	0.60	110.2	
2	5 jam	1	0.56	0.58	114.1	116.2
		2	0.55	0.57	118.2	
		3	0.56	0.57	116.2	
3	6 jam	1	0.54	0.55	124.8	119.7
		2	0.55	0.57	118.2	
		3	0.56	0.57	116.2	

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 3 September 2022
2. Menggunakan metode Vickers dengan pembebanan 20 kgf

Yogyakarta, 3 September 2022
Staf Laboratorium Bahan Teknik



NIP. 197703312002121002

4. Pengujian Keausan



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN

Spesimen	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm ³)	Keausan (Ws; mm ³ /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm ³ /kg.m)
Raw Material	1	3.45	13.6	0.93	0.01719	0.00027	0.00037
	2	3.45	13.6	1.07	0.02566	0.00040	
	3	3.45	13.6	1.09	0.02763	0.00043	

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 22 November 2022
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 6,36 kg

Yogyakarta, 22 November 2022
Staf Laboratorium Bahan Teknik



Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T
NIP. 197703312002121002



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN

Variasi Waktu	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm ³)	Keausan (Ws; mm ³ /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm ³ /kg.m)
4 Jam	1	3.45	13.6	1.05	0.02447	0.00038	0.00035
	2	3.45	13.6	1.04	0.02378	0.00037	
	3	3.45	13.6	0.95	0.01812	0.00028	
5 Jam	1	3.45	13.6	0.98	0.01990	0.00031	0.00028
	2	3.45	13.6	0.99	0.02051	0.00032	
	3	3.45	13.6	0.87	0.01392	0.00022	
6 Jam	1	3.45	13.6	0.91	0.01593	0.00025	0.00021
	2	3.45	13.6	0.89	0.01490	0.00023	
	3	3.45	13.6	0.78	0.01003	0.00016	

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 31 Agustus 2022
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 6,36 kg

Yogyakarta, 31 Agustus 2022

Staf Laboratorium Bahan Teknik



Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T

NIP. 197703312002121002

