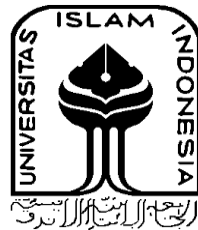


**OPTIMASI SIFAT FISIK DAN MEKANIK BAJA SS400
DENGAN VARIASI METODE *CHROMIZING***

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Milfin Aufatul Zainul Umam
No. Mahasiswa : 20525114
NIRM : 2008280219


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

2025

PERNYATAAN 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.

Yogyakarta, 7 Januari 2025


Miliin Auratu Zaini Uniam
20525114

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**OPTIMASI SIFAT FISIK DAN MEKANIK BAJA SS400
DENGAN VARIASI METODE *CHROMIZING***

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

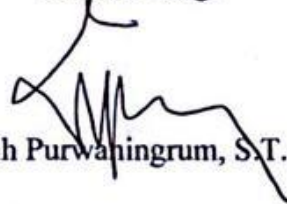
Nama : Milfin Aufatul Zainul Umam

No. Mahasiswa : 20525114

NIRM : 2008280219

Yogyakarta, 7 Januari 2025

Pembimbing,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

OPTIMASI SIFAT FISIK DAN MEKANIK BAJA SS400
DENGAN VARIASI METODE *CHROMIZING*
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Milfin Aufatul Zainul Umam

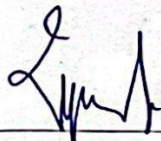
No. Mahasiswa : 20525114

NIRM : 2008280219

Tim Penguji

Yustiasih Purvaningrum, S.T., M.T.

Ketua

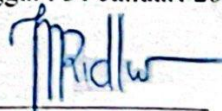

Tanggal : 31 Januari 2023

9/2/2025

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

IPP


Anggota I


Tangga : 31 Januari 2023

Ir. Arif Budi Wicaksono, S.T.,

M.Eng., IPP

Anggota II


Tanggal : 31 Januari 2023
3/2/2025

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Saya mempersembahkan tulisan ini untuk:

Ibu Umiyati, seorang ibu yang tangguh menghadapi hiruk pikuk kehidupan, menahan segala rasa sakit di depan anak-anaknya, memberikan kasih sayang hangat dan wejangan tentang nilai-nilai kehidupan sepanjang waktu kepada anak-anaknya.

Bapak Mas'Ud. Seorang ayah tulang punggung keluarga yang setiap saat mengais rezeki demi melihat anak-anaknya menyandang gelar sarjana dan memiliki kehidupan yang lebih baik darinya.

Almarhum Muhammad Abdur Rosyid, kakak tertua sekaligus seorang *Role Model* yang selalu saya idolakan dari kecil. Seorang prajurit yang tidak mengenal lelah untuk membahagiakan adik-adiknya. Seseorang yang selalu menginspirasi adik-adiknya untuk mengejar cita-cita. Berat rasanya 12 tahun berjalan tanpamu. *I miss you so bad.*

Rosita Nurul Khoiriyah, Muhammad Abdul Mufid, dan Laili Zahrotul Mauludiyah, kakak-kakak yang selalu ada untuk saya dan selalu hebat di mata saya.

HALAMAN MOTTO

*“Wild men who caught and sang the sun in flight,
And learn, too late, they grieved it on its way,
Do not go gentle into that good night.”*

(Thomas, 1952)

*“The death will smile at every man
All one can do is to smile back”*

(The Sigit, 2020)

*“Tidak sepatutnya bagi mukminin itu pergi semuanya (ke medan perang).
Mengapa tidak pergi dari tiap-tiap golongan di antara mereka beberapa orang
untuk memperdalam pengetahuan mereka tentang agama dan untuk memberi
peringatan kepada kaumnya apabila mereka telah kembali kepadanya, supaya
mereka itu dapat menjaga dirinya”*

(QS. At Taubah:122)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“OPTIMASI SIFAT FISIK DAN MEKANIK BAJA SS400 DENGAN VARIASI METODE CHROMIZING”**. Sholawat dan salam juga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing kita menuju kehidupan yang lebih baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat-Nya yang memungkinkan penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Keluarga tercinta atas dukungan, motivasi, kasih sayang, dan semangat yang diberikan.
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 atas bimbingan, arahan, dan perhatiannya selama proses penyusunan.
5. Seluruh dosen Teknik Mesin FTI UII atas ilmu yang telah diberikan dengan tulus.
6. Bapak Lilik yang telah membimbing dalam pengujian material di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.
7. Mas Syafii selaku laboran di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin UII.
8. Iqbal Muhammad Firdaus, teman sekaligus rekan kerja dalam penelitian ini.
9. Teman-teman *Space People* yang selalu menemani dan memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun

sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 7 Januari 2025

Penulis,

Milfin Aufatul Zainul Umam

20525114

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi metode *chromizing*, seperti *pack chromizing*, *electroplating*, dan *electrodeposition* terhadap sifat fisik dan mekanik baja SS400 dan menentukan metode *chromizing* yang dapat menghasilkan sifat fisik dan mekanik optimal. *Pack chromizing* sebuah proses pemanasan dengan suhu 1000°C dengan waktu penahanan selama 6 jam menggunakan campuran kromium sebesar 90,25 gram dan garam halida sebesar 4,75 gram, kemudian dilanjutkan pendinginan cepat menggunakan minyak goreng bekas. *Electroplating* merupakan variasi kedua dengan mencelupkan spesimen ke dalam cairan elektrolit nikel dan logam nikel sebagai logam pelapisnya selama 1 jam 30 menit menggunakan tegangan 2,5V. Selanjutnya spesimen dicelupkan selama 10 detik dengan tegangan 12V ke dalam cairan elektrolit *chrome* dengan logam *chrome* sebagai logam pelapis. *Electrodeposition* adalah variasi ketiga yang mengombinasikan *electroplating* dan *pack chromizing* dengan tidak mengubah parameter yang digunakan pada kedua metode tersebut. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *chromizing* mempengaruhi sifat fisik dan mekanik baja SS400. Spesimen *pack chromizing* menunjukkan peningkatan kandungan *chromium* tertinggi 1,2229%, kekerasan *Vickers* 214,66 VHN, dan ketahanan aus 11,45% lebih baik dibandingkan dengan *raw material*. Dalam hal ketahanan korosi, *pack chromizing* memiliki laju korosi terendah 0,032 mmpy dengan peningkatan ketahanan korosi sebesar 65,22%. Spesimen *electroplating* dan *electrodeposition* juga menunjukkan peningkatan sifat dibandingkan *raw material*, tetapi tidak sebaik *pack chromizing*. Transformasi struktur mikro dari *austenite* ke *martensite* pada *pack chromizing* dan *electrodeposition* meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus. Metode *pack chromizing* memberikan peningkatan signifikan pada sifat fisik dan mekanik baja SS400. Kandungan *chromium* meningkat hingga 1,2229%, meningkatkan kekerasan *Vickers* menjadi 214,66 VHN dari 147,76 VHN pada *raw material*. Ketahanan aus meningkat 11,45%, dan ketahanan korosi meningkat 65,22% dengan laju korosi terendah 0,032 mmpy dibandingkan 0,092 mmpy pada *raw material*. Transformasi mikrostruktur dari *austenite* ke *martensite* memperkuat kekerasan dan ketahanan aus. *Pack chromizing* terbukti sebagai metode paling optimal dalam meningkatkan performa baja SS400.

Kata kunci: *pack chromizing*, *electroplating*, *electrodeposition*

ABSTRACT

This research aims to determine the impact of various chromizing methods, such as pack chromizing, electroplating, and electrodeposition, on the physical and mechanical properties of SS400 steel and identify the chromizing method that can produce optimal physical and mechanical properties. Pack chromizing is a heating process at 1000°C with a holding time of 6 hours using a mixture of 90.25 grams of chromium and 4.75 grams of halide salt, followed by rapid cooling using used cooking oil. Electroplating is the second variation, where the specimen is dipped into a nickel electrolyte solution with nickel metal as the coating metal for 1 hour and 30 minutes using a voltage of 2.5V. The specimen is then dipped for 10 seconds at 12V into a chrome electrolyte solution with chrome metal as the coating metal. Electrodeposition is the third variation, combining electroplating and pack chromizing without altering the parameters used in both methods. The research shows that chromizing methods affect the physical and mechanical properties of SS400 steel. The pack chromizing specimen exhibited the highest increase in chromium content at 1.2229%, Vickers hardness of 214.66 VHN, and wear resistance 11.45% better than the raw material. In terms of corrosion resistance, pack chromizing had the lowest corrosion rate at 0.032 mmpy, with a 65.22% increase in corrosion resistance. The electroplating and electrodeposition specimens also showed improved properties compared to the raw material but were not as effective as pack chromizing. The transformation of the microstructure from austenite to martensite in pack chromizing and electrodeposition increased hardness and wear resistance. The pack chromizing method provides significant improvements in the physical and mechanical properties of SS400 steel. Chromium content increased to 1.2229%, enhancing the Vickers hardness to 214.66 VHN from 147.76 VHN in the raw material. Wear resistance improved by 11.45%, and corrosion resistance increased by 65.22% with the lowest corrosion rate of 0.032 mmpy compared to 0.092 mmpy in the raw material. The transformation of the microstructure from austenite to martensite strengthens hardness and wear resistance. Pack chromizing has proven to be the most optimal method for enhancing the performance of SS400 steel.

Keywords: *pack chromizing, electroplating, electrodeposition*

DAFTAR ISI

Pernyataan 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 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 <i>Chromium</i>	6
2.3 <i>Chromizing</i>	6
2.3.1 <i>Electroplating</i>	6
2.3.2 Proses Difusi.....	7
2.4 <i>Electrodeposition</i>	8
2.5 <i>Heat Treatment</i>	8

2.6	Baja.....	9
2.6.1	Baja Karbon.....	9
2.6.2	Baja Paduan	10
2.6.3	Baja SS400	10
2.7	Pengujian Material.....	11
2.7.1	Uji Komposisi Kimia.....	11
2.7.2	Pengujian Kekerasan	11
2.7.3	Pengujian Keausan	12
2.7.4	Pengujian Laju Korosi	13
BAB 3 Metode Penelitian.....		15
3.1	Alur Penelitian.....	15
3.2	Peralatan dan Bahan	16
3.3	Pembuatan Spesimen.....	34
3.3.1	Persiapan Tabung <i>Chromizing</i>	34
3.3.2	Proses Pemotongan Spesimen	35
3.3.3	Proses Pengampelasan Material	36
3.4	Proses <i>Chromizing</i>	37
3.4.1	Proses Electrodeposition	37
3.4.2	Proses <i>Electroplating</i>	38
3.4.3	Proses <i>Pack Chromizing</i>	39
3.5	Pengujian	41
3.5.1	Pengujian Komposisi Kimia.....	41
3.5.2	Pengujian Kekerasan	42
3.5.3	Pengujian Keausan	43
3.5.4	Pengujian Struktur Mikro	45
3.5.5	Pengujian Laju Korosi	46
BAB 4 Hasil dan Pembahasan.....		47
4.1	Hasil dan Analisis Pengujian.....	47
4.1.1	Hasil Proses <i>Pack Chromizing</i>	47
4.1.2	Hasil Proses <i>Electroplating</i>	48
4.1.3	Hasil Proses <i>Electrodeposition</i>	48
4.1.4	Uji Komposisi Kimia.....	49

4.1.5	Uji Kekerasan	51
4.1.6	Uji Struktur Mikro	54
4.1.7	Uji Keausan	56
4.1.8	Uji Laju Korosi	57
BAB 5 Penutup.....		60
5.1	Kesimpulan.....	60
5.2	Saran	61
Daftar Pustaka		62

DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Tingkat ketahanan korosi berdasarkan Laju Korosi (Afandi dkk., 2015).....	14
Tabel 3- 1 Alat Penelitian.....	16
Tabel 3- 2 Bahan Penelitian.....	28
Tabel 4- 1 Uji Komposisi Spesimen.....	50
Tabel 4- 2 Jejak Indentasi.....	53
Tabel 4- 3 Hasil Uji Laju Korosi.....	57
Tabel 4- 4 Hasil Perhitungan Laju Korosi.....	58
Tabel 4- 5 Hasil Tingkat Ketahanan Korosi.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Pengujian keausan metode Ogoshi (Septiyanto dkk., 2022)	12
Gambar 3- 1 Alur Penelitian.....	15
Gambar 3- 2 Tabung <i>Chromizing</i>	35
Gambar 3- 3 Spesimen Baja SS400.....	36
Gambar 3- 4 Spesimen Baja SS400 <i>Electroplating</i>	36
Gambar 3- 5 Proses Pengampelasan.....	37
Gambar 3- 6 Alur Metode <i>Electrodeposition</i>	37
Gambar 3- 7 Alur Metode <i>electroplating</i>	38
Gambar 3- 8 Alur Metode <i>Pack Chromizing</i>	39
Gambar 3- 9 Proses <i>Pack Chromizing</i>	40
Gambar 3- 10 Proses <i>Quenching</i>	41
Gambar 3- 11 Alur Pengujian Komposisi Kimia	41
Gambar 3- 12 Hasil Uji Tembakan <i>Spektrometer</i>	42
Gambar 3- 13 Alur Pengujian Kekerasan.....	42
Gambar 3- 14 Pengujian Kekerasan	43
Gambar 3- 15 Alur Pengujian Keausan	43
Gambar 3- 16 Pengujian Keausan	44
Gambar 3- 17 Alur Pengujian Struktur Mikro	45
Gambar 3- 18 Pengujian Struktur Mikro	46
Gambar 3- 19 Alur Pengujian Laju Korosi	46
Gambar 4- 1 Hasil Proses <i>Chromizing</i>	47
Gambar 4- 2 Hasil <i>Electroplating</i>	48
Gambar 4- 3 Hasil <i>Electrodeposition</i>	49
Gambar 4- 4 Nilai Rata-Rata Kekerasan Baja SS400	52
Gambar 4- 5 Grafik Rata – Rata Nilai Keausan	56

DAFTAR NOTASI

HV	= <i>Hardness Vickers</i> (VHN)
F	= Beban yang diberikan (Kgf)
D	= Diagonal indentasi (mm)
B	= Tebal piringan pengaus (mm)
b	= Panjang goresan (mm)
r	= Jari – jari piringan pengaus (mm)
Po	= Beban yang digunakan (Kg)
Lo	= Jarak tempuh dari proses pengausan (mm)
Ws	= Nilai keausan spesifik ($mm^3/Kg.m$)
Cr	= <i>Corroton rate</i> (mm/y)
K	= Konstanta ($8,76 \times 10^4$)
W	= <i>Weight loss</i> (gr)
D	= <i>Density of specimen</i> ($7.86gr/cm^3$)
A	= <i>Area of specimen</i> (cm^2)
T	= <i>Exposure time</i> (hour)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam merupakan unsur kimia yang mempunyai beragam sifat di dalamnya, seperti liat (dapat ditempa tanpa patah), keras, kuat, penghantar panas, penghantar listrik, mengkilap, dan secara umum memiliki titik cair yang tinggi. Logam ferro atau biasa disebut baja karbon memiliki bahan dasar unsur besi (Fe) dan karbon (C), tetapi terdapat juga kandungan unsur lain, seperti fosfor, mangan, belerang, silisium, dan sebagainya yang memiliki kadar relatif rendah. Unsur - unsur tersebut sangat mempengaruhi sifat - sifat baja pada umumnya, tetapi unsur karbon berpengaruh lebih besar terhadap baja terutama pada kekerasan baja (Samlawi & Siswanto, 2016). Alat – alat industri dan alat – alat mekanis biasanya menggunakan baja sebagai bahan materialnya. Hal tersebut dikarenakan karakteristik dari baja yang sangat bervariasi, mulai dari sifat yang lunak, sedang, dan keras (Pratowo & Najamudin, 2016).

Baja karbon SS400 merupakan jenis baja karbon yang memiliki kandungan karbon rendah yaitu di bawah 0,3% dan memiliki karakteristik ulet dan tangguh (Julian dkk., 2019). Baja SS400 sering dimanfaatkan dalam berbagai industri seperti konstruksi, perkeretaapian, dan pembangunan jembatan. Namun, ketika baja ini digunakan dalam kondisi yang bersentuhan langsung dengan lingkungan, kualitasnya, termasuk tampilan, mutu, dan keandalannya, dapat mengalami penurunan. Meskipun mempunyai beragam keunggulan, baja SS400 juga mempunyai beberapa kekurangan. Baja SS400 dapat mengalami korosi apabila terpapar oleh lingkungan yang lembab atau korosif. Oleh karena itu, diperlukan upaya pencegahan untuk menjaga kualitasnya (Gustiawan, 2022).

Cara untuk mengatasi kekurangan pada baja SS400 adalah proses pelapisan permukaan yang disebut *electroplating*. Cara kerja *electroplating* yaitu dengan memasukkan baja yang telah dibersihkan ke dalam larutan *electroplating*. Larutan tersebut dialiri arus listrik DC agar ion logam pelapis (anoda) berpindah dan mengendap pada logam yang akan dilapisi (katoda) (Siregar, 2013). Selain

itu, terdapat proses *pack chromizing* yang berisikan serbuk *chromium*, bahan *activator* (NH_4Cl), dan alumina. *Pack* ditutup menggunakan semen tahan api dan dipanaskan dengan temperatur tinggi selama beberapa jam karena pada temperatur rendah atom – atom *chromium* mempunyai difusivitas yang relatif kecil. Proses *chromizing* lainnya dilakukan dengan cara gabungan antara proses *electroplating* dan *pack chromizing* yang biasa disebut sebagai proses *electrodeposition*. Proses *electroplating* berguna untuk melapisi permukaan material logam baja dengan atom – atom *chromium*, sedangkan proses pemanasan *pack* berguna agar atom – atom *chromium* dari permukaan logam terdifusi ke dalam logam dasar(Siregar dkk., 2012).

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka penulis ingin melakukan penelitian mengenai optimasi sifat fisik dan mekanik baja SS400 dengan variasi metode *chromizing*

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui optimasi sifat fisik dan mekanik baja SS400 dengan variasi metode *chromizing*

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 SS400.
2. Proses *chromizing* dengan perlakuan panas menggunakan bubuk *chromium* (Cr_2O_3) dan garam halida (NH_4Cl) dengan temperatur pemanasan 1000°C dan waktu penahanan 6 jam pada mesin *Furnace Wiseterm*, setelah pemanasan dilanjutkan dengan pendinginan cepat menggunakan minyak goreng bekas.
3. Proses *electroplating* menggunakan logam pelapis *nickel*, logam pelapis *chrome*, larutan elektrolit *nickel*, larutan elektrolit *chrome*, 3 lilitan tembaga, dan waktu proses pelapisan *electroplating nickel* selama 1 jam 30 menit, serta waktu pelapisan *chrome* 10 detik.

4. Proses *electrodeposition* dilakukan mulai dari proses *electroplating nickel* dengan waktu pelapisan 1 jam 30 menit dilanjut dengan proses *electroplating chrome* dengan waktu pelapisan 10 detik, kemudian proses selanjutnya adalah *pack chromizing* dengan temperatur 1000°C selama 6 jam dan dilakukan pendinginan cepat menggunakan minyak goreng bekas.
5. 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:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi metode *chromizing* terhadap sifat fisik dan mekanik baja SS400.
2. Untuk menentukan metode *chromizing* yang dapat menghasilkan sifat-sifat fisik dan mekanik optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi metode *chromizing* terhadap sifat fisik dan mekanik baja SS400.

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

Baja SS400 (*Structural Steel*) tergolong baja karbon rendah sesuai standar ASTM (*American Society for Testing Materials*) A36 atau JIS (*Japanese Industrial Standards*) G3101. Baja ini termasuk baja karbon rendah karena memiliki komposisi paduan yang kurang dari 8% dengan unsur karbon (C) 0,17%, mangan (Mn) 1,4%, fosfor (P) 0,045%, dan sulfur (S) 0,045% dan baja ini mempunyai kelemahan seperti mudah mengalami keausan (Tauhid, 2019).

Chromizing merupakan pelapisan logam *chromium* ke permukaan logam utama yang dilakukan dengan cara *plating* atau *electroplating* dan difusi. Pada proses *electroplating* hanya terjadi reaksi ikatan adhesi antara logam pelapis dengan logam dasar sehingga lapisan yang dihasilkan tidak terlalu kuat, sedangkan proses *pack chromizing* terjadi proses masuknya atom *chromium* ke dalam logam dasar yang hasilnya akan memperkuat logam dasar (Ramdani dkk., 2022).

Dalam jurnal penelitian yang ditulis oleh (Mutholib dkk., 2006) tentang *electroplating* dekoratif protektif dengan kapasitas larutan elektrolit nikel 20 L dan *chrome* 10 L, diperoleh hasil bahwa *electroplating* dapat mengubah tampak rupa baja menjadi lebih menarik dan meningkatkan ketahanan baja terhadap korosi. Ketebalan lapisan *nickel* dan *chrome* disebabkan oleh besar arus yang digunakan dan waktu pelapisan. Semakin lama waktu pelapisan maka semakin besar tebal lapisan.

Dalam jurnal penelitian lain yang ditulis oleh (Pratowo & Najamudin, 2016) tentang proses peningkatan kualitas kekuatan bahan plat dinding corong tuang (*hopper*) melalui metode *chromizing*, dapat disimpulkan bahwa *chromizing* mampu meningkatkan ketahanan aus dan kekerasan suatu logam. Akibat dari baja yang terlapsi *chromium* bereaksi dengan oksigen yang menghasilkan selaput tipis *chromium oxide* yang tingkat kestabilannya tinggi yang akan melindungi logam terlapsi sehingga tahan terhadap korosi. Suhu 1000°C menjadi suhu yang

optimal untuk digunakan pada proses *chromizing*. *Chromium* yang digunakan pada proses *chromizing* adalah *chromium* yang berwarna hijau.

Electrodeposition merupakan sebuah proses *chromizing* secara gabungan yang diawali dengan proses *electroplating* dan dilanjutkan dengan *pack chromizing* (Siregar dkk., 2012). Oleh karena itu untuk mengetahui metode yang terbaik dari metode – metode penelitian sebelumnya untuk baja karbon rendah, dilakukan penelitian tentang optimasi proses *chromizing* pada sifat fisik dan mekanik baja SS400.

2.2 Chromium

Chromium adalah logam tahan karat dan dapat diproses menjadi mengkilat dengan cara dipoles. Sifat tersebut menjadi alasan banyaknya komponen bangunan maupun kendaraan menggunakan bahan *chromium*. Baja tahan karat dapat dihasilkan dari kombinasi *chromium*, besi, dan *nickel*. Senyawa Cr(III) dan Cr(VI) banyak digunakan sebagai bahan pelapis logam lain untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan meningkatkan estetika logam. Selain itu, senyawa tersebut juga banyak digunakan untuk komposisi cat dan pewarna tekstil (Suprpto, 2015).

2.3 Chromizing

Chromizing adalah proses pelapisan logam krom pada permukaan logam utama yang dilakukan melalui metode *plating* atau *electroplating* dan difusi. Dalam proses *electroplating*, hanya terjadi ikatan adhesi antara lapisan pelapis dan logam dasar, sehingga lapisan yang dihasilkan tidak memiliki kekuatan yang tinggi. Sebaliknya, pada proses *pack chromizing*, terjadi difusi atom krom ke dalam logam dasar, yang akan memperkuat struktur logam tersebut (Ramdani dkk., 2022).

2.3.1 Electroplating

Electroplating dapat didefinisikan sebagai proses pelapisan logam yang memanfaatkan arus listrik dan senyawa kimia tertentu untuk memindahkan partikel logam ke material yang ingin dilapisi. Proses ini menghasilkan lapisan

tipis logam di atas permukaan logam lainnya melalui metode elektrolisis. Dengan demikian, penting untuk memahami skema proses *electroplating*. Proses ini dapat mengubah sifat fisik, mekanik, dan teknologi dari suatu material. Misalnya, ketika sebuah material dilapisi dengan nikel, daya tahannya terhadap korosi meningkat, dan kapasitas konduktivitasnya juga bertambah. Dalam hal sifat mekanik, pelapisan dapat memengaruhi kekuatan tarik dan tekan material setelah dilapisi dibandingkan dengan kondisi sebelumnya. Oleh karena itu, tujuan dari pelapisan logam mencakup tiga aspek utama: meningkatkan sifat teknis atau mekanis logam, melindungi logam dari korosi, dan memperindah penampilan (*decorative*). *Electroplating* juga bertujuan untuk mencapai hasil *finishing* yang lebih baik dan memberikan nilai estetika yang menarik, serta mengurangi risiko korosi atau oksidasi pada material agar tetap terjaga meskipun dalam penggunaan sehari-hari yang mungkin tidak mendukung ketahanan jangka panjang material tersebut (Husnia dkk., 2020).

2.3.2 Proses Difusi

Logam dasar yang akan dilapisi (substrat) ditempatkan dalam sebuah *pack* berisi serbuk yang terdiri dari logam sumber untuk difusi, garam halida sebagai aktivator, dan larutan *filler* yang tidak bereaksi. Saat *pack* dipanaskan, garam halida bereaksi untuk menghasilkan atmosfer senyawa logam dengan halida, yang mentransfer unsur logam ke dalam substrat melalui proses difusi. Permukaan substrat yang telah dilapisi menjadi kaya akan senyawa logam hasil difusi, memberikan sifat seperti ketahanan terhadap korosi, suhu tinggi, dan gesekan. Peningkatan suhu menyebabkan energi kinetik atom-atom meningkat, memungkinkan mereka bergetar lebih bebas. Pada suhu tertentu, atom dapat memiliki energi cukup untuk memutus ikatan dan berpindah posisi dalam kisi, menciptakan kekosongan yang dapat diisi oleh atom lain—proses ini dikenal sebagai difusi. Energi yang diperlukan bagi atom untuk berpindah disebut energi aktivasi (Siregar dkk., 2012).

2.4 *Electrodeposition*

Proses *electrodeposition* terdiri dari dua tahap, yaitu *electroplating* dan *pack chromizing*. Pada tahap *electroplating*, atom-atom kromium diendapkan pada permukaan logam yang akan dilapisi. Selanjutnya, pada tahap *pack chromizing*, endapan atom-atom kromium tersebut berdifusi ke dalam logam dasar. Proses difusi ini memerlukan energi kinetik yang cukup besar agar atom-atom dapat menembus ke bagian dalam logam dasar, sehingga pemanasan hingga suhu yang relatif tinggi diperlukan dalam proses *electrodeposition* ini (Siregar, 2013).

2.5 *Heat Treatment*

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) adalah metode untuk mengubah sifat logam dengan memodifikasi struktur mikro melalui pemanasan dan pengaturan laju pendinginan, tanpa mengubah komposisi kimia logam. Tujuannya adalah untuk mencapai sifat-sifat logam yang diinginkan, yang dapat mencakup keseluruhan atau sebagian dari logam tersebut.

Sifat alotropik besi menyebabkan variasi dalam struktur mikro berbagai jenis logam, alotropik merupakan transformasi susunan atom dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Pada suhu di bawah 910°C, besi memiliki struktur *body-centered cubic* (BCC); antara 910°C hingga 1392°C, strukturnya menjadi *face-centered cubic* (FCC); dan di atas 1392°C, kembali menjadi BCC.

Proses perlakuan panas dibagi menjadi dua kategori utama:

1. *Softening* (Pelunakan) bertujuan untuk menurunkan sifat mekanik agar logam lebih lunak, biasanya melalui proses *annealing* atau *normalizing*.
2. *Hardening* (Pengerasan) bertujuan untuk meningkatkan kekerasan material dengan cara pendinginan cepat (*quenching*) setelah pemanasan.

Kekerasan yang dicapai tergantung pada kadar karbon dalam logam yang diproses. Perlakuan panas ini merupakan cara untuk memperkuat logam, terutama baja, dengan memanaskan spesimen hingga mencapai suhu austenisasi yang sesuai (Setiawan, 2018).

2.6 Baja

Baja adalah jenis logam paduan yang terdiri dari besi sebagai komponen utama dan karbon sebagai elemen penguat utama. Karbon berfungsi untuk meningkatkan kekerasan baja dengan mencegah pergeseran atom besi dalam struktur kristalnya. Dengan mengubah jumlah karbon dan komposisi paduan lainnya, kualitas baja dapat dikendalikan. Peningkatan kadar karbon dapat memperkuat dan mengeraskan baja, tetapi juga dapat membuatnya lebih rapuh. Saat ini, terdapat berbagai kelas baja di mana karbon dapat digantikan oleh elemen paduan lain, dan keberadaan karbon dalam beberapa kasus tidak diinginkan. Definisi modern menyatakan bahwa baja adalah paduan berbasis besi yang memiliki kemampuan untuk dibentuk secara plastis.

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menjumpai berbagai produk dari baja, baik di rumah maupun di lingkungan sekitar, seperti kawat, sekrup, baut, dan pisau. Baja juga banyak digunakan dalam konstruksi penting seperti jembatan dan gedung. Secara umum, baja dikategorikan berdasarkan kadar karbon dan jenis paduan yang terkandung di dalamnya. Karbon merupakan unsur krusial karena dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja (Sardjono & Diniardi, 2009).

2.6.1 Baja Karbon

Baja karbon adalah jenis baja paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe) dan karbon (C), di mana besi berfungsi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utama. Selama proses produksinya, baja karbon juga dapat mengandung unsur-unsur kimia tambahan seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn), yang ditambahkan sesuai dengan sifat yang diinginkan dari baja tersebut. Kandungan karbon dalam baja karbon berkisar antara 0,2% hingga 2,14%, di mana karbon berperan penting dalam meningkatkan kekerasan struktur baja.

Dalam aplikasinya, baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai alat perkakas, komponen mesin, serta struktur bangunan. Berdasarkan definisi dari *ASM Handbook*, baja karbon dapat dikategorikan menurut persentase kandungan karbonnya, yaitu:

1. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3% C. Baja ini dikenal karena ketangguhan dan keuletannya yang tinggi, meskipun memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Biasanya digunakan dalam pembuatan komponen struktur bangunan, pipa, jembatan, dan bodi kendaraan.
2. Baja karbon sedang mengandung 0,3% C hingga 0,59% C. Baja ini lebih kuat dibandingkan baja karbon rendah dan memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi. Kandungan karbon yang lebih tinggi memungkinkan perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan. Baja ini umumnya digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, dan komponen mesin lainnya.
3. Baja karbon tinggi dengan kandungan karbon antara 0,6% C hingga 1,4% C, baja ini memiliki ketahanan panas dan kekuatan tarik yang sangat tinggi tetapi cenderung lebih getas. Baja karbon tinggi sulit untuk diperlakukan panas secara efektif karena tingginya jumlah martensit yang terbentuk. Penggunaannya meliputi pembuatan alat perkakas seperti palu, gergaji, dan pisau cukur (Sukma, 2012).

2.6.2 Baja Paduan

Baja paduan dapat dikategorikan berdasarkan kandungan karbonnya sebagai berikut:

1. Baja paduan rendah, jika persentase elemen paduannya tidak lebih dari 2,5%.
2. Baja paduan sedang, jika persentase elemen paduannya berada dalam rentang 2,5% hingga 10% (Sardjono & Diniardi, 2009).

2.6.3 Baja SS400

Baja SS400 (*Structural Steel*) termasuk dalam kategori baja karbon rendah menurut standar ASTM (*American Society for Testing Materials*) A36 atau JIS (*Japanese Industrial Standards*) G3101. Klasifikasi ini disebabkan oleh komposisi paduan yang kurang dari 8%, dengan kandungan unsur karbon (C) sebesar 0,17%, mangan (Mn) 1,4%, fosfor (P) 0,045%, dan sulfur (S) 0,045%. Salah satu kekurangan dari baja ini adalah kemampuannya yang rendah dalam menghadapi keausan (Tauhid, 2019).

2.7 Pengujian Material

Pengujian material adalah proses analisis bahan untuk mengetahui karakteristiknya, termasuk sifat mekanik, kimia, dan teknologi. Secara umum, pengujian material dibagi menjadi dua kategori:

1. Pengujian merusak (*destructive test*) adalah metode yang mengakibatkan kerusakan pada material yang diuji. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendeteksi serta mengidentifikasi lokasi, ukuran, dan karakteristik cacat. Contoh dari jenis pengujian ini meliputi uji tarik, uji kekerasan, uji impak, uji kelelahan, dan uji mulur.
2. Pengujian tidak merusak (*non-destructive test*) adalah metode yang memungkinkan pengujian dilakukan tanpa merusak material. Metode ini sering diterapkan pada komponen yang sedang digunakan, sehingga tidak diperlukan sampel tambahan dari material tersebut (Sumarjo dkk., 2017).

2.7.1 Uji Komposisi Kimia

Uji komposisi material dilakukan dengan menggunakan spektrometer yang bertujuan untuk mengetahui jenis dan spesifikasi dari material yang digunakan (Pratowo & Najamudin, 2016).

2.7.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian yang dilakukan dengan *Precision Hardness Tester-GNEM OM-150* menghasilkan data primer berupa ukuran bayangan segi empat atau belah ketupat dari indentasi yang terbentuk pada permukaan benda uji, sesuai dengan metode *Vickers* yang diperlukan untuk penelitian. Dalam metode pengujian *Vickers*, data yang diperoleh mencakup panjang diagonal indentasi baik pada arah horizontal maupun vertikal. Rata-rata dari kedua diagonal tersebut digunakan untuk menghitung nilai kekerasan *Vickers*. Data tambahan yang diperlukan dihitung menggunakan rumus-rumus yang relevan (Rimpung, 2017). Kekerasan *Vickers* (HV) dihitung dengan rumus :

$$HV = \frac{\text{beban yang dikenakan}}{\text{luas inndentasi}}$$

$$HV = \frac{2 F \sin 136^\circ / 2}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2} \quad (2.1)$$

Keterangan :

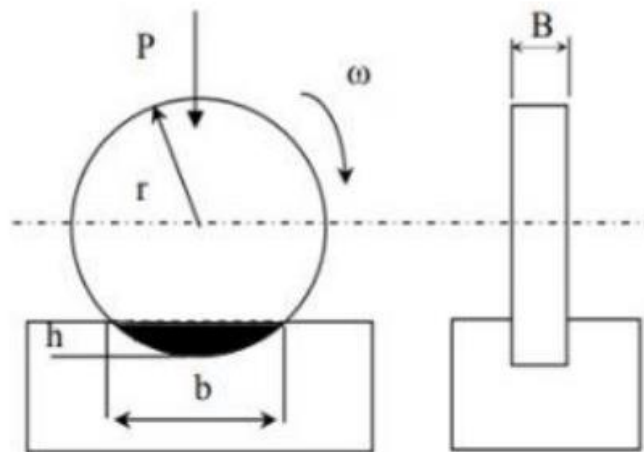
HV = Kekerasan *Vickers* (Kgf/mm²)

F = Beban yang diberikan (Kgf)

D = Diagonal indentasi (mm)

2.7.3 Pengujian Keausan

Kondisi permukaan suatu material dapat memengaruhi tingkat keausan yang dialaminya. Permukaan yang buruk akan meningkatkan kemungkinan terjadinya gesekan, yang pada gilirannya dapat menyebabkan keausan yang lebih tinggi. Kekerasan permukaan juga berpengaruh terhadap nilai keausan, semakin tinggi kekerasan material, semakin rendah tingkat keausan yang terjadi. Untuk mengukur volume keausan, penting untuk mengetahui ukuran bekas keausan akibat kontak *sliding*. Nilai keausan dari kontak *sliding* ini diukur menggunakan metode tribometer *pin-on-disc*. Tingkat keausan dipengaruhi oleh karakteristik material itu sendiri. Penggunaan pelumas dapat membantu mengurangi gesekan di permukaan, sehingga mengendalikan tingkat keausan (Septiyanto dkk., 2022).



Gambar 2- 1 Pengujian keausan metode Ogoshi (Septiyanto dkk., 2022)

Perhitungan nilai keausan spesifik menggunakan persamaan (2.2), sebagai berikut:

$$W_s = \frac{B \times b^3}{8 \times r \times P_o \times L_o} \quad (2.2)$$

Keterangan :

B = Tebal piringan pengaus (mm)

b = Panjang goresan (mm)

r = Jari – jari piringan pengaus (mm)

Po = Beban yang digunakan (Kg)

Lo = Jarak tempuh dari proses pengausan (mm)

Ws = Nilai keausan spesifik ($mm^3/Kg.m$)

2.7.4 Pengujian Laju Korosi

Korosi adalah proses perpindahan ion pada material baja yang menyebabkan penipisan ketebalan, keretakan, dan kerusakan. Ini terjadi akibat reaksi antara logam dan lingkungan, bersifat alami, dan tidak dapat sepenuhnya dicegah, meskipun laju korosinya bisa dikendalikan. Korosi dapat merusak permukaan material secara lokal atau merata, menghasilkan oksida logam, serta mempengaruhi sifat mekanis dan kimia. Semua logam berisiko mengalami korosi, terutama yang terpapar udara atau cairan korosif. Pipa baja karbon, misalnya, rentan terhadap korosi jika tidak dirawat dengan baik. Ada berbagai jenis korosi, termasuk korosi erosi, sumuran, merata, galvanik, dan batas butir (Husnia dkk., 2020).

Laju korosi dihitung dengan menggunakan metode penurunan berat, berdasarkan pada standar ASTM G1 (Standar Praktik untuk Mempersiapkan, Membersihkan, dan Mengevaluasi Spesimen Uji Korosi, 2004). Nilai densitas material yang digunakan juga merujuk pada standar yang sama, yaitu ASTM G1-03(2004) yang diterbitkan oleh *American Society for Testing Materials* di Amerika Serikat. Dengan demikian, rumus yang diterapkan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut:

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

Keterangan :

Cr = *Corroton rate* (mm/y)

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

W = *Weight loss* (gr)

D = *Density of specimen* ($7.86gr/cm^3$)

$A = \text{Area of specimen (cm}^2\text{)}$

$T = \text{Exposure time (hour)}$

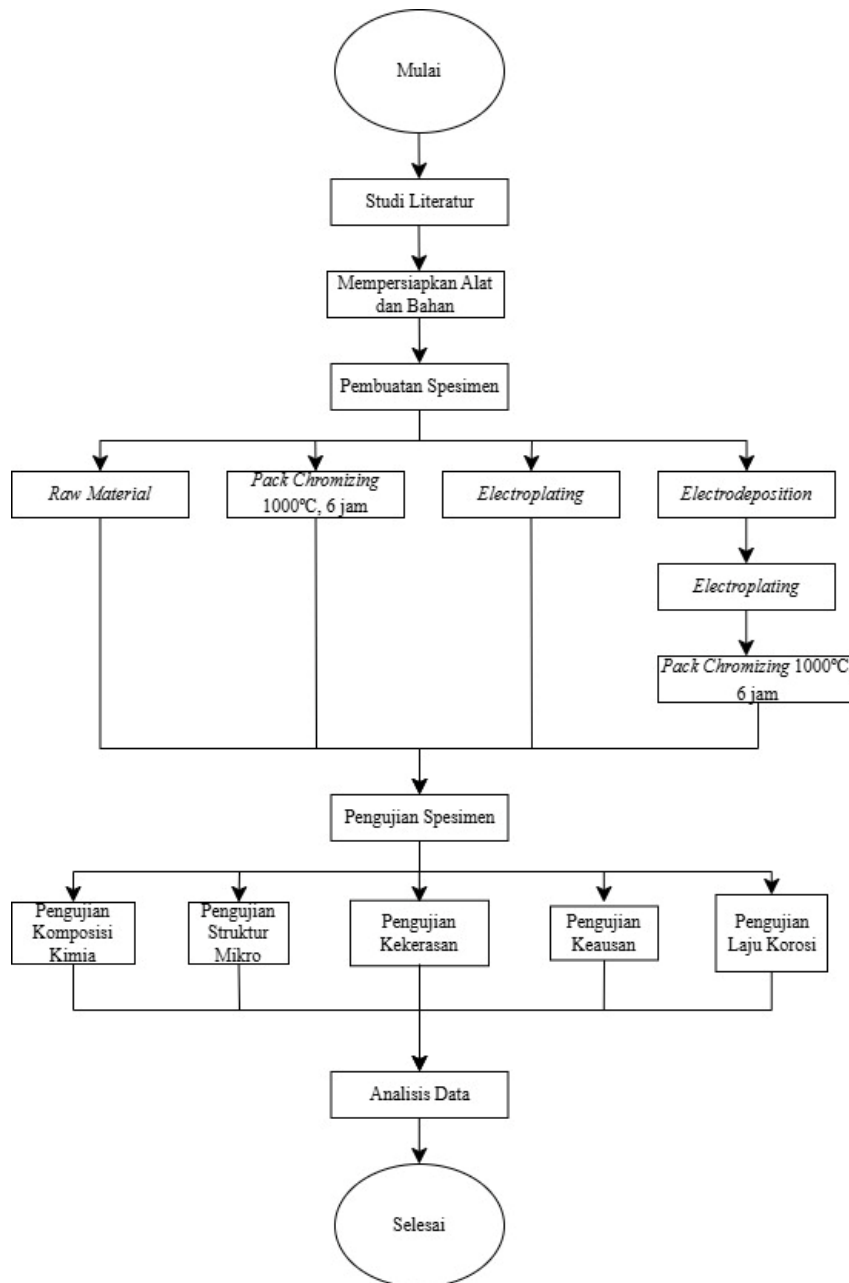
Tabel 2- 1 Tingkat ketahanan korosi berdasarkan Laju Korosi (Fontana & Mars, 1986)

<i>Relative Corrosion Resistance</i>	<i>Approximate Metric Equivalent</i>				
	<i>mpy</i>	<i>mm/year</i>	$\mu\text{m/yr}$	<i>nm/yr</i>	<i>pm/sec</i>
<i>Outstanding</i>	< 1	< 0,02	< 25	< 2	< 1
<i>Excellent</i>	1 – 5	0.02 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
<i>Good</i>	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	5 – 20
<i>Fair</i>	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	50 – 100	20 – 50
<i>Poor</i>	50 – 200	42125	1000 - 5000	150 – 500	50 – 200
<i>Unacceptable</i>	200+	5+	5000+	500+	200+

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Adapun alur yang digunakan dalam penelitian variasi metode *chromizing* adalah seperti pada gambar 3-1.








Gambar 3- 1 Alur Penelitian



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		Melindungi diri pada saat melakukan proses pemotongan dan <i>chromizing</i>
2	Mesin <i>Furnace</i>		Proses pemanasan pada benda kerja




No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
3	Tabung <i>Chromizing</i>		Wadah spesimen dan media proses <i>chromizing</i>
4	Alat Capit		Mencapit tabung <i>chromizing</i> untuk dikeluarkan dari mesin <i>Furnace</i>
5	Wadah Kaleng		Tempat cairan pendingin spesimen




No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
6	<p><i>Olympus Hardness Vickers</i></p>		<p>Menentukan nilai kekerasan pada spesimen</p>
7	<p>Ragum</p>		<p>Menjepit spesimen yang akan dipotong atau dikikir</p>




No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
8	Kikir		<p>Untuk <i>finishing</i> spesimen yang bagian sudutnya masih runcing</p>
9	Sikat Besi		<p>Untuk membersihkan spesimen dari serpihan besi</p>
10	Mistar		<p>Alat pengukur dimensi potong spesimen</p>





No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
11	Perkakas		<p>Alat untuk mempersiapkan proses <i>electroplating</i></p>
12	Mesin <i>Polisher</i>		<p>Mengampelas dan memoles spesimen</p>
13	Mesin Bor		<p>Alat untuk membuat lubang pada spesimen <i>electroplating</i></p>




No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
14	Gelas Plastik		Tempat cairan untuk uji korosi
15	Alat Tulis		Alat penanda pada spesimen


No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
16	Gerinda Duduk		Memotong spesimen sesuai dimensi yang sudah dibuat
17	<i>Olympus Optic Microscope</i>		Untuk mendapatkan gambar struktur mikro dari spesimen
18	Gelas Ukur		Menampung air sesuai takaran yang sudah ditentukan untuk proses <i>electroplating</i>

No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
19	Cetakan silikon		<i>Mounting</i> spesimen
20	Timbangan		Menimbang bahan – bahan untuk proses <i>electroplating</i> dan menimbang spesimen
21	Ampelas		Untuk menghaluskan permukaan spesimen uji

No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
22	Trafo		Sumber tegangan listrik pada proses <i>electroplating</i>
23	Bak Penyimpanan		Sebagai tempat cairan senyawa kimia pada proses <i>electroplating</i>
24	Kawat Tembaga 3 Lilitan		Sebagai pengait spesimen pada pipa yang terletak di sisi bak



No	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
25	Alat Suntik		Sebagai alat pemindah cairan senyawa kimia
26	Baume meter		Sebagai alat pengukur kekentalan cairan
27	Penjepit		Sebagai penjepit antara serabut tembaga dengan pipa yang berada di sisi bak
28	Pipa Kuningan dan Tembaga		Sebagai penggantung spesimen dan penghantar arus listrik




No	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
29	<i>Stereo Zoom Microscope</i>		Alat untuk mengetahui jejak bekas uji keausan
30	<i>Universal Wear Tester</i>		Alat untuk menguji keausan spesimen
31	<i>Spectrometer</i>		Untuk menguji kandungan unsur kimia yang terdapat di dalam logam

No	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
32	Gergaji		Memotong spesimen

Tabel 3- 2 Bahan Penelitian


No.	Nama Bahan	Gambar
1	Bubuk <i>Chromium</i>	
2	Semen tahan api	
3	Baja SS400	




No.	Nama Bahan	Gambar
4	<i>Amonium Chloride</i>	
5	Autosol	

No	Nama Bahan	Gambar
6	<i>Nitrid Acid</i>	
7	Minyak Jelantah	
8	<i>Boric Acid</i>	

No	Nama Bahan	Gambar
9	<i>Nickel Chloride</i>	
10	<i>Nickel Sulphate</i>	
11	<i>Brightener 07</i>	

No	Nama Bahan	Gambar
12	<i>Anti Pitting</i>	
13	<i>Brightener 06</i>	
14	Katalis WR-1	

No	Nama Bahan	Gambar
15	Asam Sulfat	
16	Plat <i>Nickel</i>	
17	Plat <i>Chrome</i>	

No	Nama Bahan	Gambar
18	<i>Chromium Trioxide</i>	
19	Air Laut	
20	Resin dan <i>Hardness</i>	

3.3 Pembuatan Spesimen

3.3.1 Persiapan Tabung *Chromizing*

Proses pembuatan tabung *chromizing* dibuat dengan menggunakan material *stainless steel* dengan dimensi diameter luar 60 mm, tebal 3,9 mm dan

tinggi 50 mm. Tabung *chromizing* dilengkapi dengan penutup agar tidak bocor dan alas persegi untuk mempermudah pengeluaran spesimen setelah dipanaskan.



Gambar 3- 2 Tabung *Chromizing*

3.3.2 Proses Pemotongan Spesimen

Proses awal yaitu proses pemotongan baja SS400. Bahan baja SS400 disiapkan dalam bentuk spesimen berdasarkan kebutuhan untuk pengujian. Adapun bentuk dan ukuran spesimen tersebut adalah balok dengan dimensi 30 mm × 20 mm × 10 mm. Untuk spesimen yang akan digunakan proses *electroplating* dan *electrodeposition* harus dilubangi terlebih dahulu menggunakan mata bor berdiameter 10 mm yang berguna sebagai pengait kawat yang digantung. Setelah dipotong spesimen dibersihkan dari karat lalu memasuki proses berikutnya berupa pengampelasan.



Gambar 3- 3 Spesimen Baja SS400



Gambar 3- 4 Spesimen Baja SS400 *Electroplating*

3.3.3 Proses Pengampelasan Material

Setelah dipotong, spesimen diampelas menggunakan mesin *grinding plato*. Pengampelasan dilakukan berurutan dengan ukuran kekasaran ampelas 120, 320, 400, 600, 800,1000, dan 1500. Dalam setiap tahapan pengampelasan putaran mesin dapat diatur secara CW (*clockwise*) dan CCW (*counter clockwise*) mulai dari kekasaran 120 hingga 1500. Hal tersebut bertujuan untuk menghilangkan goresan hasil pengampelasan dari tiap tahapnya. Spesimen yang

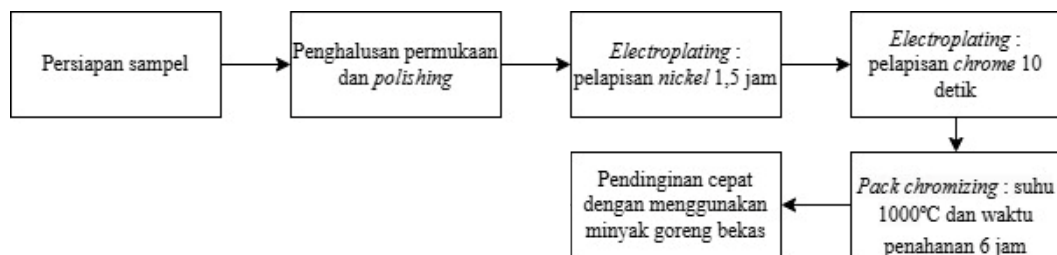
halus tanpa goresan dapat berpengaruh pada proses *chromizing*, *electroplating*, maupun *electrodeposition*.



Gambar 3- 5 Proses Pengampelasan

3.4 Proses *Chromizing*

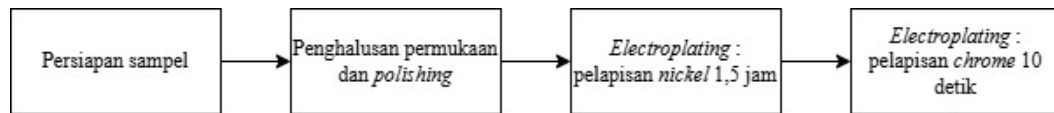
3.4.1 Proses *Electrodeposition*



Gambar 3- 6 Alur Metode *Electrodeposition*

Proses *chromizing* merupakan suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan sifat permukaan logam dengan menambahkan lapisan *chromium*. Lapisan *chromium* ini memiliki banyak manfaat, seperti meningkatkan ketahanan terhadap korosi, ketahanan aus, serta ketahanan terhadap suhu tinggi. Dalam proses *electrodeposition*, terdapat dua tahapan utama yang digabungkan, yaitu *electroplating* dan *pack chromizing*.

3.4.2 Proses *Electroplating*



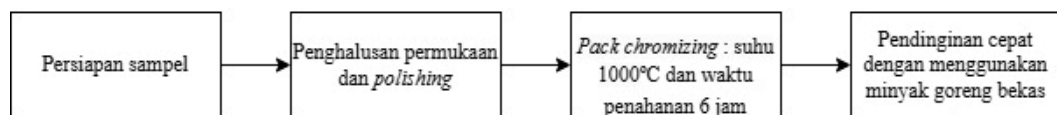
Gambar 3- 7 Alur Metode *electroplating*

Proses *electroplating* dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. *Electroplating* bertujuan untuk melapisi logam agar tahan terhadap karat dan juga menambah nilai keindahan. Teknik pelapisan *chrome* sangat bergantung pada pelapisan dasar, pada penelitian ini pelapisan dasar yang digunakan adalah lapis *nickel* dan dilanjutkan dengan lapis *chrome*. Lapis *nickel* berfungsi untuk meningkatkan ketahanan karat, memberi dasar mengkilap, dan menambah keindahan logam. Lapis *chrome* berfungsi sebagai penahan karat dan menambah keindahan.

Proses pelapisan logam terjadi akibat perpindahan partikel logam pelapis (plat anoda) menuju logam pelapis (plat katoda) dengan bantuan arus listrik dan cairan senyawa obat yang mempunyai sifat unsur pelebur sesuai logam yang akan dipindahkan. Bak yang digunakan untuk proses *electroplating* terbuat dari bahan isolator seperti bak plastik, bak PVC, dan bak *fiber glass*. Pada kedua sisi bak terdapat pipa tembaga yang dihubungkan ke kutub positif dan negatif trafo yang digunakan untuk menggantung logam pelapis dan logam yang akan dilapisi. Untuk membuat cairan senyawa obat *nickel*, yaitu dengan memanaskan air aquades sebanyak 750 ml hingga suhu mencapai 80°C. Kemudian masukkan *boric acid* sebanyak 40 gr hingga larut, lalu masukkan *nickel sulphate* sebanyak 250 gr hingga larut. Kemudian masukkan *nickel chloride*, *brightener 07* sebanyak 0,3 cc, *brightener 06* sebanyak 10 cc, dan anti bintik sebanyak 1 cc. Masukkan secara berurutan dan diaduk hingga larut. Untuk membuat cairan senyawa obat *chrome* sama seperti cara membuat senyawa obat *nickel*, yang membedakan adalah pemanasan air aquades sebanyak 850 ml hingga suhu 60°C dengan memasukkan *chromic acid* sebanyak 200 gr, katalis cair WR-1 sebanyak 5 ml, dan asam sulfat sebanyak 0,7 ml.

Sebelum memasukkan spesimen ke dalam cairan senyawa obat, spesimen dihaluskan permukaannya terlebih dahulu dengan ampelas mulai dari kekasaran 120 hingga 1500, lalu dilanjutkan dengan pemolesan menggunakan poles batu langsol hingga mengkilap kemudian dicuci menggunakan detergen. Kaitkan spesimen dengan tembaga untuk dikaitkan pada kawat tembaga untuk diletakkan pada pipa tembaga yang ada pada sisi bak untuk proses pencelupan *nickel*. Proses pencelupan *nickel* dilakukan selama 1 jam 30 menit dengan menggunakan tegangan 2,5V dan arus yang didapatkan 1,2A dan jarak antara anoda dengan katoda minimal 5 cm. Setelah pencelupan sesuai dengan waktu yang digunakan spesimen dibilas dengan air bersih, apabila terdapat noda pada spesimen dilakukan pemolesan menggunakan batu langsol hingga bersih lalu bilas menggunakan sabun dan air bersih. Pencelupan *chrome* dilakukan selama 10 detik pada cairan senyawa obat *chrome* menggunakan tegangan 12V dan arus yang didapatkan adalah 5,7A. Setelah pencelupan selesai spesimen dibilas dengan air bersih lalu diangin-anginkan.

3.4.3 Proses *Pack Chromizing*



Gambar 3- 8 Alur Metode *Pack Chromizing*

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 6 jam. Pemilihan temperatur 1000°C dengan waktu penahanan 6 jam adalah temperatur dan waktu penahanan yang memiliki hasil optimum dalam penelitian sebelumnya.

Pendinginan dilakukan dengan menggunakan proses *quenching* menggunakan minyak bekas. Komposisi bahan *chromizing* yaitu campuran

chromium (Cr_2O_3) dan juga amonium klorida/garam halida (NH_4Cl). Dengan perbandingan $Cr_2O_3: NH_4Cl = 95\%:5\%$. Berdasarkan perbandingan tersebut total campuran serbuk adalah 95 gram diambil dari total *volume* tabung. 95 gram tersebut terbagi menjadi 2, yaitu 90,25 gram *chromium oxide* dan 4,75 gram garam halida. Penambahan amonium klorida (NH_4Cl) dimaksudkan untuk membentuk gas aktif (aktivator) yang membantu mempercepat proses difusi atom – atom Cr ke dalam baja.

Setelah bahan dan tabung *chromizing* sudah siap lalu maka proses selanjutnya adalah memasukkan bahan penelitian tersebut ke dalam tabung *chromizing* dari bahan baja bersama – sama dengan campuran serbuk terdiri dari Cr_2O_3 dan NH_4Cl dengan perbandingan yang telah ditentukan. Selanjutnya tabung dilapisi oleh semen tahan api agar tidak ada gas yang masuk dan proses pemanasan lebih optimal. Setelah *pack chromizing*, dilanjutkan proses pendinginan cepat dengan cairan minyak goreng bekas.



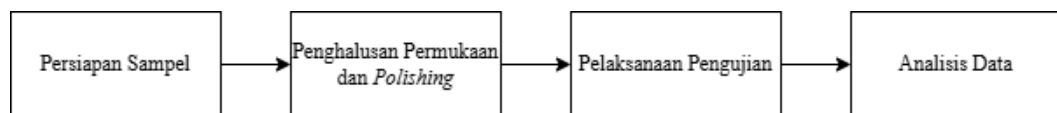
Gambar 3- 9 Proses *Pack Chromizing*



Gambar 3- 10 Proses *Quenching*

3.5 Pengujian

3.5.1 Pengujian Komposisi Kimia



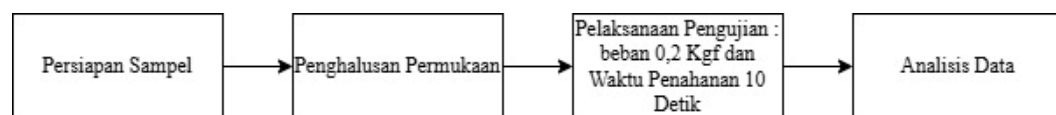
Gambar 3- 11 Alur Pengujian Komposisi Kimia

Pada pengujian komposisi kimia dilakukan di PT. Itokoh Ceperindo dengan menggunakan *Spectrometer Thermo Scientific*. Spesimen yang diuji komposisi kimianya antara lain, *raw material SS400*, spesimen *electroplating*, *spesimen pack chromizing*, spesimen *electrodeposition*, dan spesimen *stainless steel*.



Gambar 3- 12 Hasil Uji Tembakan *Spektrometer*

3.5.2 Pengujian Kekerasan



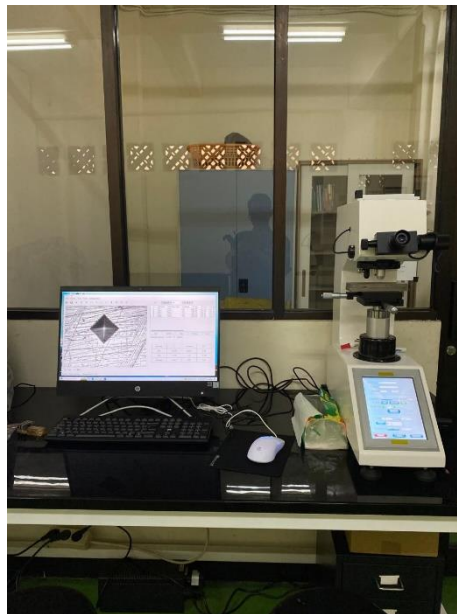
Gambar 3- 13 Alur Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat *Olympus Hardness Vickers* yang ada di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan *raw material SS400*, spesimen *electroplating*, spesimen *electrodeposition*, dan spesimen *stainless steel*. Sebelum pengujian kekerasan, spesimen telah melalui pengujian komposisi kimia yang terdapat proses pengampelasan permukaan. Beban yang digunakan 0,2 Kgf dengan lama penekanan 10 detik menggunakan indentor piramid dari intan 136 derajat. Beban yang diterapkan pada indentor adalah beban yang cukup ringan yang memungkinkan indentasi yang halus pada permukaan spesimen. Waktu penekanan 10 detik digunakan untuk memastikan bahwa indentor memberi tekanan yang cukup pada permukaan spesimen selama waktu yang ditentukan sebelum pengujian dihentikan.

Setelah beban diterapkan selama waktu yang telah ditentukan, indentor akan diangkat dan jejak indentasi yang terbentuk pada permukaan spesimen akan

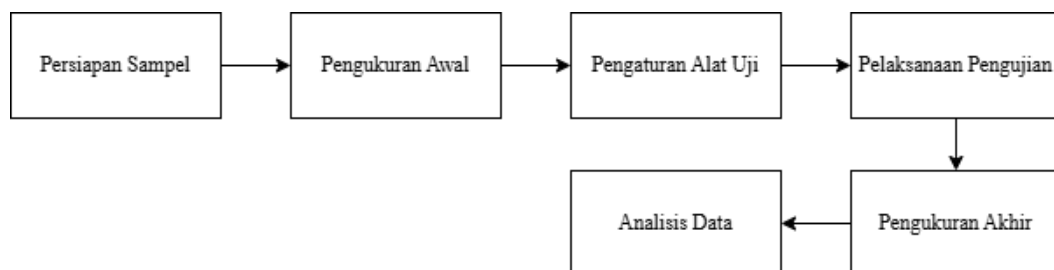
terlihat. Bentuk indentasi tersebut akan berbentuk berlian dengan dua diagonal yang dapat diukur menggunakan mikroskop atau alat pengukur khusus.

Pada tahap ini, dua diagonal indentasi diukur dengan ketelitian tinggi menggunakan mikroskop atau alat pengukur digital. Dua diagonal yang terbentuk pada jejak indentasi ini diukur dalam satuan mikrometer (μm). Pengukuran diagonal ini harus dilakukan secara hati-hati karena ketepatan pengukuran sangat mempengaruhi hasil akhir.



Gambar 3- 14 Pengujian Kekerasan

3.5.3 Pengujian Keausan



Gambar 3- 15 Alur Pengujian Keausan

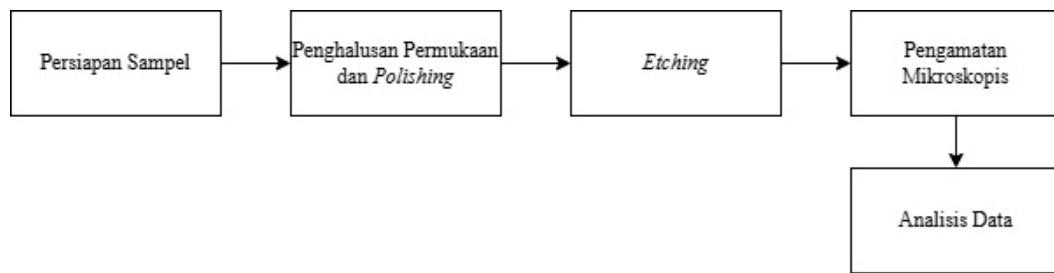
Proses pengujian keausan yang dilakukan di Laboratorium D3 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada. *Universal Friction Wear Tester* adalah alat yang digunakan untuk menguji ketahanan material terhadap gesekan atau keausan. Alat ini mengukur sejauh mana permukaan material dapat bertahan atau

aus akibat gesekan yang diterapkan padanya. Alat tersebut dirancang untuk mensimulasikan kondisi saat spesimen uji terpapar gesekan atau goresan, baik dalam konteks abrasif, seperti pada material yang tergores atau aus selama kontak dengan material lain, atau dalam pengujian lainnya yang berkaitan dengan keausan akibat gesekan. Metode yang digunakan adalah metode Ogoshi yang biasanya melibatkan pengujian spesimen dengan cara menggerakkan permukaan spesimen di bawah gaya gesek tertentu, sering kali menggunakan pelat abrasif atau material lain yang dapat menyebabkan goresan atau keausan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur sejauh mana material tersebut tahan terhadap aus atau goresan yang disebabkan oleh gesekan. Pengujian ini dilakukan dengan jarak pengausan 15 meter dan beban pengujian 6,36 kg, yang memungkinkan pengujian ketahanan keausan material terhadap goresan atau gesekan. Hasil dari pengujian ini akan memberikan gambaran tentang ketahanan masing-masing spesimen terhadap keausan yang disebabkan oleh gesekan dan goresan.



Gambar 3- 16 Pengujian Keausan

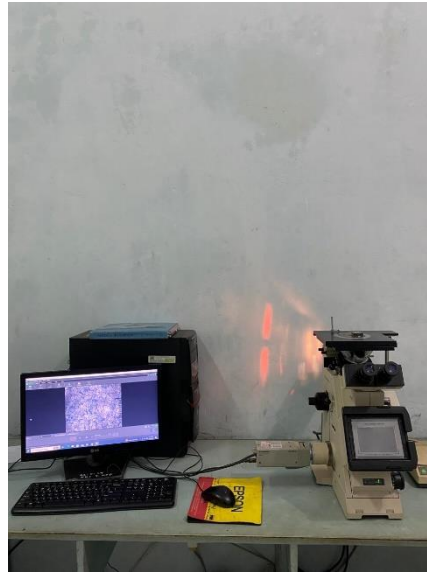
3.5.4 Pengujian Struktur Mikro



Gambar 3- 17 Alur Pengujian Struktur Mikro

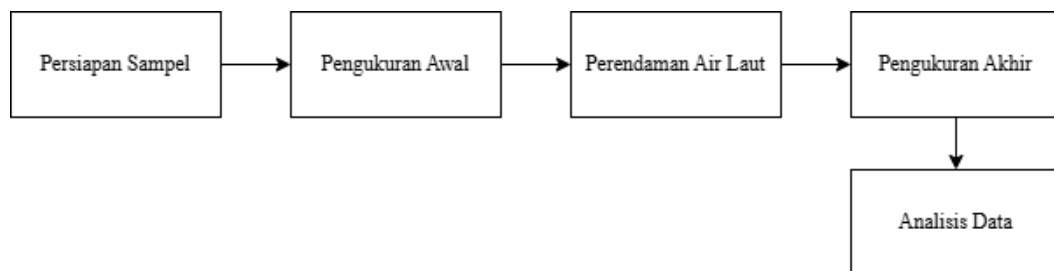
Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium D3 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada untuk memeriksa dan menganalisis struktur mikro spesimen uji (*raw* baja, *electroplating*, *pack chromizing* dan elektrodeposisi). Sebelum pengujian dilakukan, permukaan spesimen dipersiapkan dengan penghalusan menggunakan mesin *plato polisher*. Mesin ini bekerja dengan menggesekkan permukaan spesimen pada bahan abrasif atau pad khusus yang dapat mengikis permukaan kasar menjadi halus dan rata. Proses penghalusan ini penting untuk menghilangkan ketidaksempurnaan atau ketidakrataan permukaan yang bisa mempengaruhi kualitas pengamatan struktur mikro. Setelah permukaan dihaluskan, autosol digunakan untuk memoles permukaan spesimen lebih lanjut. Autosol adalah bahan pemoles yang umumnya digunakan untuk membersihkan dan mengkilapkan permukaan logam atau material lainnya. Pemolesan ini bertujuan untuk memberikan permukaan yang lebih halus dan bebas dari kontaminasi yang dapat mengaburkan pengamatan struktur mikro. Setelah dipoles, permukaan spesimen kemudian diberi cairan etsa HNO₃ (asam nitrat). Etsa adalah proses kimia yang digunakan untuk mengungkapkan atau memperjelas struktur mikro material di bawah mikroskop. Asam nitrat digunakan untuk melarutkan atau memberi kontras pada beberapa fase atau butir-butir material yang berbeda. Proses ini membuat perbedaan struktur material (seperti butir-butir logam, batas butir, atau fase material lainnya) menjadi lebih jelas terlihat di bawah mikroskop. Etsa ini tidak merusak material, tetapi memungkinkan untuk melihat struktur internal atau mikro struktur material yang sebelumnya tidak terlihat dengan jelas.

Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik Olympus dengan perbesaran 200x untuk memeriksa struktur butir, batas butir, fase material, dan cacat mikro pada permukaan spesimen yang diuji.



Gambar 3- 18 Pengujian Struktur Mikro

3.5.5 Pengujian Laju Korosi



Gambar 3- 19 Alur Pengujian Laju Korosi

Pengujian korosi dilakukan untuk mengukur ketahanan material logam terhadap kerusakan yang disebabkan oleh reaksi kimia dengan lingkungan, khususnya air laut. Proses pengujian ini melibatkan pencelupan spesimen ke dalam air laut selama 40 hari, dengan pengukuran penurunan berat spesimen setiap 10 hari untuk memantau tingkat korosi yang terjadi. Pengujian ini menggunakan air laut dari Pantai Parangtritis, Yogyakarta, yang mensimulasikan kondisi nyata yang dapat menyebabkan korosi pada material logam yang terpapar air laut. Hasil pengujian ini akan memberikan wawasan tentang kecepatan korosi dan ketahanan material terhadap kerusakan lingkungan yang berbasis air laut.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis Pengujian

Penelitian ini dilakukan beberapa jenis pengujian yang bertujuan untuk mengetahui optimasi sifat fisik dan mekanik baja SS400 dengan variasi metode *chromizing*.

4.1.1 Hasil Proses *Pack Chromizing*

Hasil dari baja SS400 yang telah dilakukan proses *chromizing* seperti pada gambar 4-1 berikut ini:



Gambar 4- 1 Hasil Proses *Chromizing*

Hasil proses *chromizing* berwarna hitam karena *chromium* yang digunakan berwarna hijau. Waktu penahanan yang lama pada suhu tinggi memungkinkan proses difusi kromium ke dalam material dasar berjalan optimal. Warna hitam dan lapisan spesimen yang terkelupas juga disebabkan oleh proses *quenching* menggunakan minyak bekas kandungan minyak bekas berupa residu sisa makanan dapat mempengaruhinya. Ketika spesimen yang dipanaskan langsung di rendam ke dalam minyak, lapisan kromium dapat mengalami perubahan kimiawi atau termal yang mengubah warna hijau menjadi hitam.

4.1.2 Hasil Proses *Electroplating*

Hasil dari baja SS400 yang telah melalui proses *electroplating* seperti pada gambar 4 – 2 berikut ini:



Gambar 4- 2 Hasil *Electroplating*

Hasil proses *electroplating* menunjukkan warna *chrome* mengkilap akibat dari proses pelapisan *nickel* dan proses pelapisan *chrome*. Hasil dari proses pelapisan *nickel* menunjukkan spesimen berwarna putih kekuningan dan setelah melalui proses pelapisan *chrome* warna permukaan spesimen berwarna putih mengkilap. Fokus utama dalam proses ini adalah untuk meningkatkan ketahanan spesimen terhadap karat dan meningkatkan estetika atau nilai dari spesimen.

Bintik yang terlihat pada hasil disebabkan oleh arus listrik yang tidak stabil dan cairan senyawa yang kurang bersih.

4.1.3 Hasil Proses *Electrodeposition*

Hasil dari baja SS400 yang telah melalui proses *electrodeposition* seperti pada gambar 4 – 3 berikut ini:



Gambar 4- 3 Hasil *Electrodeposition*

Hasil *electrodeposition* menunjukkan ketebalan yang melebihi dari ketebalan proses sebelumnya. Karena proses *electrodeposition* menggabungkan proses *electroplating* dan proses *pack chromizing*. Permukaan yang tidak merata disebabkan oleh proses *electroplating* yang kurang maksimal akibat arus listrik yang tidak stabil dan cairan senyawa kimia yang kurang bersih. Warna hitam pada spesimen diakibatkan bahan kromium berwarna hijau yang terdifusi melalui pemanasan dengan suhu tinggi serta pendinginan cepat menggunakan minyak bekas.

4.1.4 Uji Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui nilai kandungan unsur yang terdapat pada spesimen. Pengujian ini menggunakan alat *Spectrometer* di PT. Itokoh Ceperindo. Hasil pengujian komposisi kimia spesimen *raw material*, spesimen *pack chromizing*, spesimen *electroplating*, spesimen *electrodeposition*, dan spesimen *stainless steel* dapat dilihat pada tabel 4 – 1.

Tabel 4- 1 Uji Komposisi Spesimen

Unsur	Kandungan				
	<i>Raw Material</i>	<i>Pack Chromizing</i>	<i>Electroplating</i>	<i>Electrodeposition</i>	<i>Stainless Steel</i>
Fe	98,8709	97,7835	98,8050	97,9627	71,8838
S	0,0141	0,0430	0,0138	0,0875	0,0060
Al	0,0398	0,0396	0,0384	0,0337	0,0071
C	0,1572	0,0409	0,1762	0,1211	0,0329
Ni	0,0146	0,0298	0,0112	0,7349	8,0336
Nb	0,0004	0,0013	0,0003	-0,0014	0,0100
Si	0,0114	0,0112	0,0136	0,0123	0,3965
Cr	0,0231	1,2229	0,0621	0,1123	18,2291
V	0	0,0007	-0,0621	-0,0005	0,1148
Mn	0,8137	0,7311	0,8289	0,7258	0,8979
Mo	-0,0013	-0,0004	-0,0017	-0,0020	0,0085
W	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
P	0,0134	0,0145	0,0141	0,0131	0,0360
Cu	0,0183	0,0246	0,0189	0,0421	0,0590
Ti	0,0014	0,0012	0,0013	0,0013	0,0019
N	0,0108	0,0343	0,0097	0,1845	0,0137
B	0,0002	0,0003	0,0002	0,0005	0,0006
Pb	0,0006	0,0011	0,0001	0,0001	0,0027
Sb	0,0008	0,0019	0,0012	0,0001	0,0038
Ca	0	-0,0001	-0,0001	0,0009	0,0010
Mg	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0093
Zn	0,0019	0,0011	0,0017	0,0019	0,0001
Co	0,0028	0,0106	0,0027	0,0091	0,2591

Dari hasil pengujian komposisi kimia terlihat jelas bahwa kromium pada spesimen yang telah melalui proses *pack chromizing*, proses *electroplating*, dan proses *electrodeposition* mengalami peningkatan dari spesimen *raw material* dan nilai kromium yang paling tinggi dimiliki oleh spesimen *stainless steel*.

Meningkatnya kandungan kromium pada spesimen hasil *pack chromizing* disebabkan oleh adanya kromium yang terdifusi ke logam dasar selama proses pemanasan berlangsung. Suhu yang tinggi dan lama penahanan menurut jurnal sebelumnya dapat membantu proses difusi secara optimal ke dalam logam dasar. Meningkatnya kandungan kromium pada spesimen hasil *electroplating* disebabkan oleh proses menempelnya kandungan logam pelapis *nickel* dan *chrome* ke permukaan spesimen yang dilapisi dengan bantuan arus listrik dan senyawa kimia yang dapat mendukung proses perpindahan sesuai logam pelapis. Meningkatnya kandungan kromium pada spesimen hasil *electrodeposition* disebabkan oleh perpaduan dari kedua proses, yaitu spesimen yang telah melalui proses *electroplating* lalu dilanjutkan dengan proses *pack chromizing*.

4.1.5 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan *vickers microhardness* dilakukan menggunakan alat *Olympus Hardness Tester*. Pengujian pada spesimen *raw material*, spesimen *pack chromizing*, spesimen *electroplating*, spesimen *electrodeposition*, dan spesimen *stainless steel 304* dilakukan pada 5 titik dengan pembebanan sebesar 200 gr. 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 *raw material* baja SS400:

Pada titik 1:

$$HV = \frac{(1,854)0,2}{\left(\frac{163,34 + 162,44}{2}\right)^2}$$

$$HV = \frac{0,3708}{26533,15}$$

$$HV = 139,8 \text{ VHN}$$

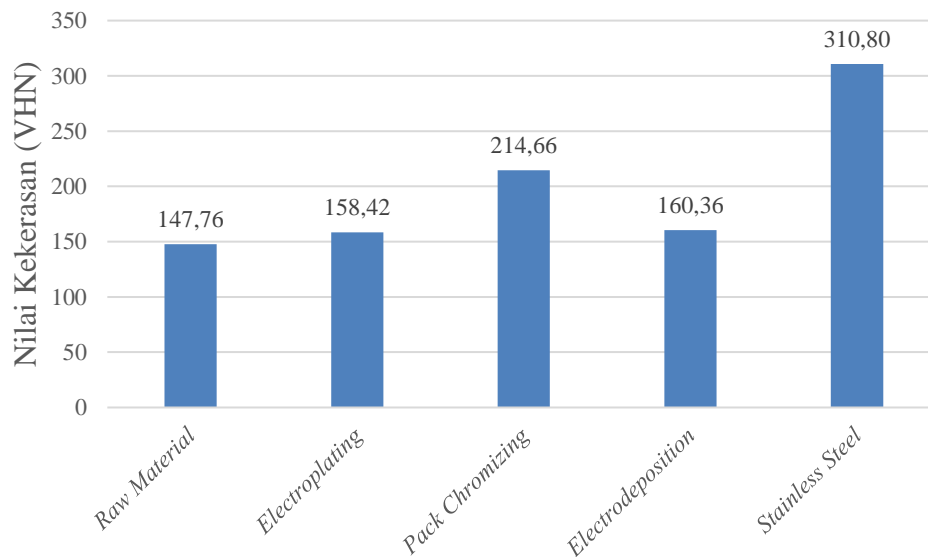
Setelah dilakukan perhitungan dari beberapa titik, maka dapat ditentukan nilai rata-rata kekerasan *vickers* dari uji spesimen seperti berikut:

$$HV = \frac{139,8 + 142,5 + 147,0 + 151,2 + 158,3}{5}$$

$$HV = 147,76 \text{ VHN}$$

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan spesimen *raw material* memiliki nilai rata – rata 147,76 VHN, spesimen hasil *electroplating* memiliki nilai rata-rata 158,42 VHN, spesimen hasil *pack chromizing* memiliki nilai rata – rata 214,66 VHN, spesimen hasil *electrodeposition* memiliki nilai rata – rata 160,36 VHN, dan spesimen *stainless steel 304* memiliki nilai rata – rata 310,80 VHN.

Pada gambar menunjukkan grafik perbandingan nilai rata – rata kekerasan baja SS400 *raw material* dengan baja SS400 setelah melalui variasi metode *chromizing*.

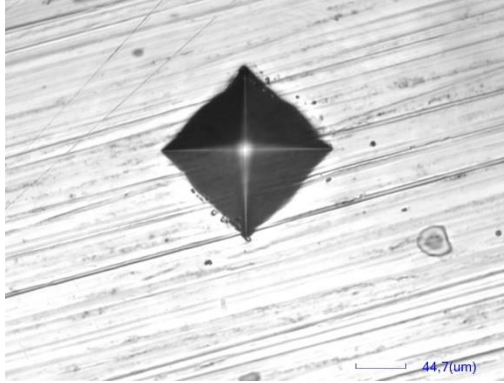
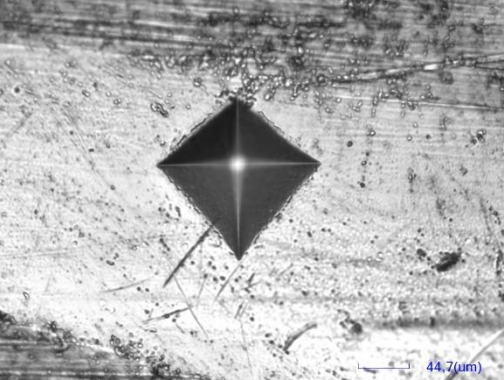
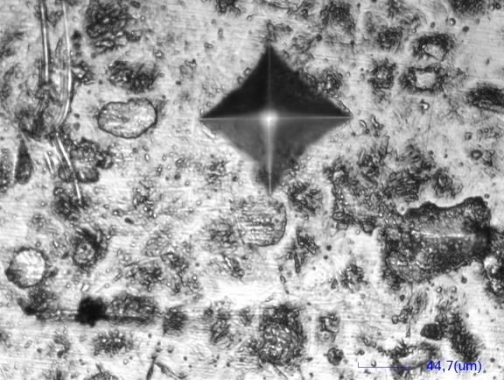


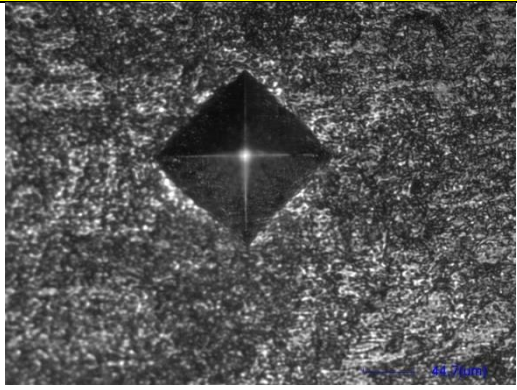
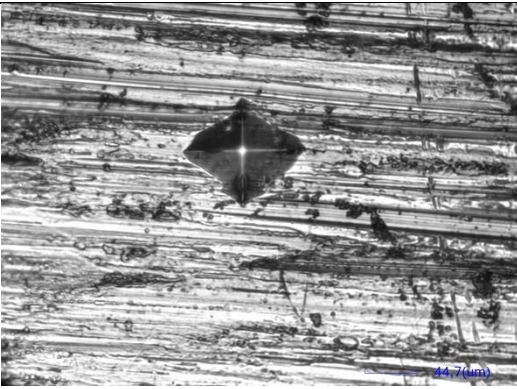
Gambar 4- 4 Nilai Rata-Rata Kekerasan

Berdasarkan grafik pada gambar 4-4 bahwa nilai kekerasan baja SS400 yang mengalami proses *pack chromizing* meningkat paling tinggi dari metode yang lainnya bahkan *raw material* itu sendiri, tetapi tidak lebih tinggi dari nilai kekerasan spesimen *stainless steel 304*. Hal itu disebabkan oleh pembentukan lapisan karbida keras dan difusi mendalam kromium ke dalam material dasar, sedangkan spesimen *stainless steel 304* memiliki kekerasan paling tinggi karena kandungan unsur kromiumnya paling tinggi dari spesimen yang lain sebanyak 18,2291. Nilai kekerasan spesimen *electroplating* lebih rendah dibandingkan nilai kekerasan *pack chromizing* karena *electroplating* menghasilkan lapisan kromium

yang sangat tipis sehingga tidak berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan kekerasan total material. *Electroplating* tidak melibatkan difusi kromium ke dalam material dasar, tidak ada perubahan mikro struktur yang signifikan di bawah lapisan permukaan. Kekerasan spesimen *electrodeposition* meningkat tipis dibandingkan spesimen *electroplating* karena proses *electrodeposition* tidak melibatkan difusi kromium secara mendalam ke dalam material dasar.

Tabel 4- 2 Jejak Indentasi

Spesimen	Jejak Indentasi
<i>Raw Material</i>	
<i>Electroplating</i>	
<i>Pack Chromizing</i>	

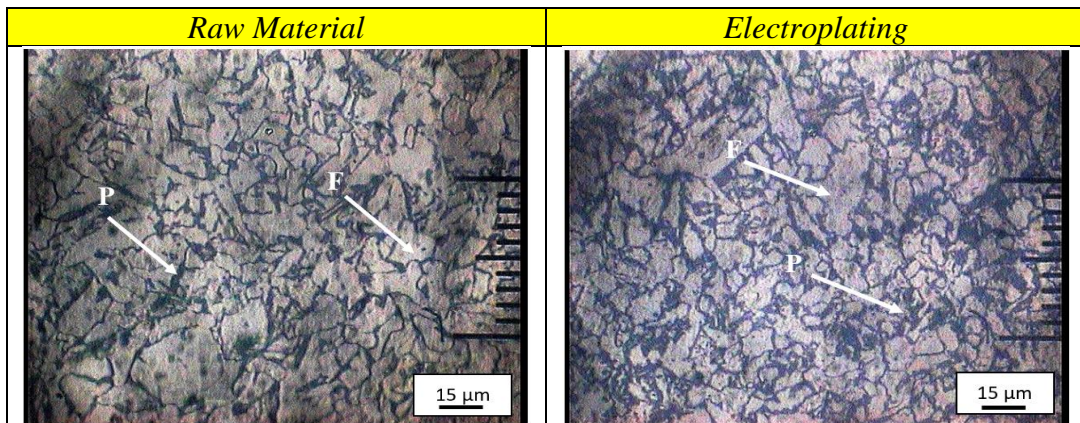
Spesimen	Jejak Indentasi
<i>Electrodeposition</i>	
<i>Stainless Steel</i>	

Nilai kekerasan dari 5 spesimen yang diuji dapat dilihat melalui jejak indentasi. Pada tabel di atas diambil salah satu hasil jejak indentasi dari nilai kekerasan tertinggi dari 5 titik pengujian masing – masing spesimen. Semakin kecil jejak indentasi yang didapatkan, maka semakin tinggi nilai kekerasan dari spesimen. Semakin besar jejak indentasi yang didapatkan, maka nilai kekerasan dari spesimen semakin rendah.

4.1.6 Uji Struktur Mikro

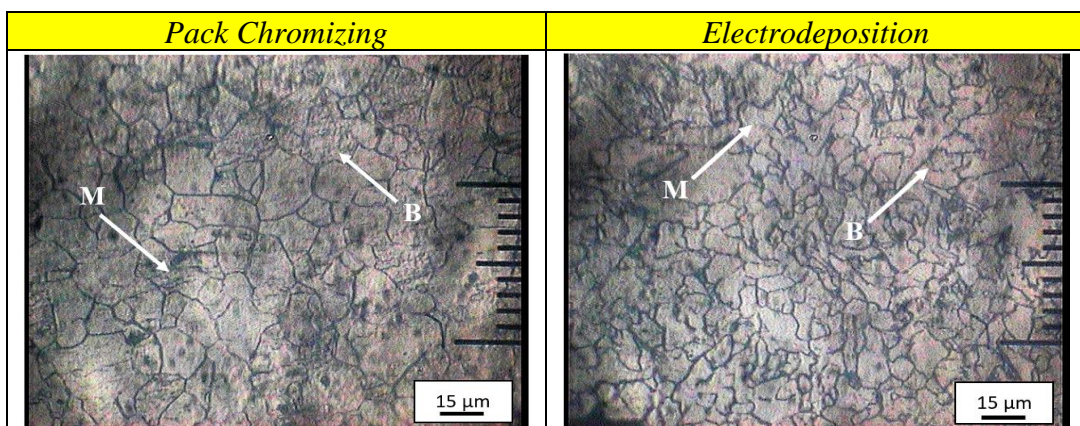
Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur mikro hasil *chromizing*. Pengamatan ini menggunakan perbesaran lensa 200× dengan alat *stereo zoom microscope*.

Tabel 2 - 1 Hasil Uji Struktur Mikro



Proses *electroplating* tidak memanaskan baja ke suhu yang dapat memengaruhi mikro struktur dasar. Oleh karena itu, mikro struktur material dasar (SS400) tetap tidak berubah setelah *electroplating*. Pada metode *electroplating*, struktur mikro tetap didominasi oleh ferrit dengan sedikit perlit sama seperti struktur mikro *raw material*. Tidak ada perubahan ukuran butir karena tidak melibatkan perlakuan panas yang ditunjukkan pada tabel 2-1. Pada proses *pack chromizing* struktur mikro dengan suhu 1000°C akan menghasilkan martensit dari perubahan austenit dan juga sedikit bainit seperti pada tabel 2-2. Hal ini juga terjadi pada proses *electrodeposition* karena menggunakan suhu yang sama.

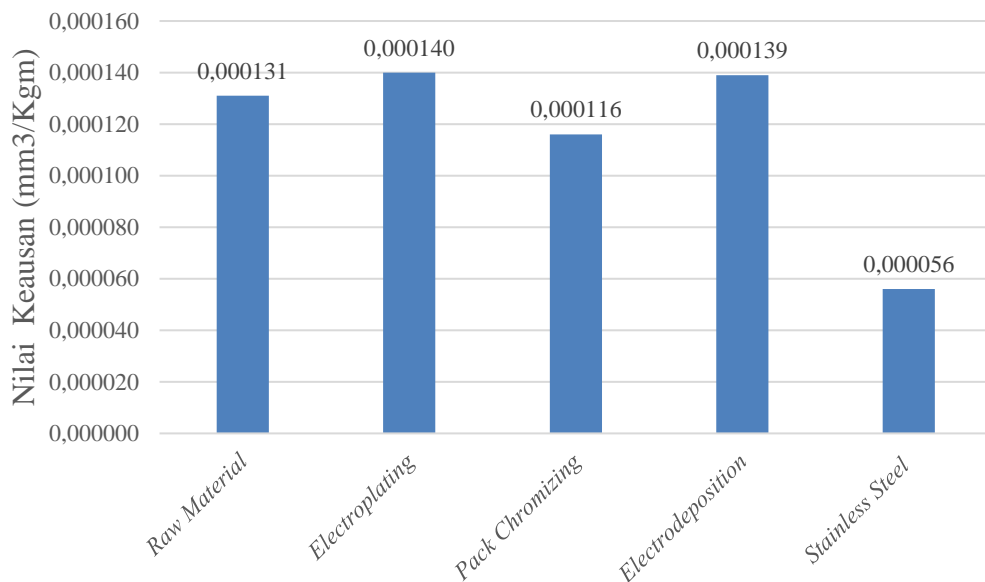
Tabel 2 - 2 Hasil Uji Struktur Mikro



4.1.7 Uji Keausan

Pengujian keausan pada baja SS400 dilakukan menggunakan *Universal Wear Tester* dengan metode Ogoshi. Pengujian ini melibatkan lima jenis spesimen, yaitu *raw material*, *electroplating*, *electrodeposition*, *pack chromizing*, dan *stainless steel*. Uji keausan dilakukan pada permukaan spesimen dengan jarak pengausan sepanjang 15 meter dan beban sebesar 6,36 kg. Selanjutnya, lebar area yang tergores diukur untuk menghitung nilai keausan spesifik menggunakan persamaan (2.2). Hasil dari pengujian keausan terdapat pada lampiran. Berikut contoh perhitungan keausan spesifik pada spesimen *raw material* titik pertama.

$$W_s = \frac{B \times b^3}{8 \times r \times P_o \times L_o}$$
$$W_s = \frac{3,45 \times (0,69)^3}{8 \times 13,6 \times 6,39 \times 15}$$
$$W_s = 0,00011 \text{ mm}^3/\text{Kg.m}$$



Gambar 4- 5 Grafik Rata – Rata Nilai Keausan

Nilai keausan terendah diperoleh spesimen *pack chromizing* sebesar $0,000116 \text{ mm}^3/\text{Kg.m}$. jika dibandingkan dengan spesimen pengujian lainnya.

Hal ini membuktikan bahwa spesimen *pack chromizing* memiliki ketahanan aus yang baik dikarenakan lapisan tersebut memiliki tingkat unsur kromium yang tinggi berdasarkan hasil uji komposisi kimia. Jika dibandingkan dengan nilai pengujian keausan spesimen *stainless steel*, nilai spesimen *pack chromizing* memiliki selisih $0,000060 \text{ mm}^3/\text{Kg.m}$ lebih tinggi keausannya. Nilai keausan hasil *electroplating* dan *electrodeposition* adalah $0,000140 \text{ mm}^3/\text{Kg.m}$ dan $0,000139 \text{ mm}^3/\text{Kg.m}$, nilai tersebut kurang lebih $0,0009\%$ lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen *raw material* yang mempunyai nilai keausan $0,000131 \text{ mm}^3/\text{Kg.m}$. Hal tersebut disebabkan karena pelapisan *electroplating* tidak merata terbukti dari bintik-bintik yang terlihat secara visual pada spesimen tersebut. Spesimen *electrodeposition* memiliki nilai keausan $0,000139 \text{ mm}^3/\text{Kg.m}$ yang penyebabnya tidak jauh dari *electroplating* ditambah dengan proses kombinasi yang menyebabkan tidak terjadinya proses difusi secara mendalam ke dasar logam.

4.1.8 Uji Laju Korosi

Hasil pengujian laju korosi pada spesimen *raw material*, spesimen *electroplating*, spesimen *electrodeposition*, dan spesimen *pack chromizing* menggunakan air laut dilihat dari penimbangan spesimen setiap 10 hari yang nilainya terdapat pada tabel berikut.

Tabel 4- 3 Hasil Uji Laju Korosi

Variasi Metode	Massa Awal	Penimbangan			
		10	20	30	40
<i>Raw Material</i>	39,53	39,48	39,47	39,39	39,37
<i>Electroplating</i>	41,39	41,35	41,31	41,28	41,27
<i>Pack Chromizing</i>	43,53	43,53	43,53	43,48	43,47
<i>Electrodeposition</i>	32,16	32,11	32,06	32,06	32,04
<i>Stainless Steel</i>	49,85	49,85	49,85	49,85	49,85

Selain itu, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai laju korosi dari spesimen yang diuji menggunakan persamaan (2.3). Sebagai salah satu contoh perhitungan pada spesimen *electroplating* pada hari ke-10.

Diketahui:

$$W = 0,04 \text{ gram}$$

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

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

$$A = 22,74 \text{ cm}^2$$

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

$$Cr = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,04}{(7,85 \times 22,74 \times 240)}$$

$$Cr = 0,081 \text{ mmpy}$$

Tabel 4- 4 Hasil Perhitungan Laju Korosi

Jenis Spesimen	Laju Korosi Setiap 10 Hari (mm/year)				Rata – Rata Laju Korosi
	1	2	3	4	
<i>Raw Material</i>	0,115	0,023	0,184	0,046	0,092
<i>Electroplating</i>	0,081	0,081	0,061	0,020	0,060
<i>Pack Chromizing</i>	0,000	0,000	0,107	0,021	0,032
<i>Electrodeposition</i>	0,113	0,113	0,000	0,045	0,067
<i>Stainless Steel</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Untuk melihat kualitas laju korosi, hasil perhitungan laju korosi dibandingkan dengan tingkat ketahanan korosi seperti pada tabel berikut.

Tabel 4- 5 Hasil Tingkat Ketahanan Korosi

Relative Corrosion Resistance	Standar (mm/year)	Laju Korosi Setiap 10 Hari (mm/year)				
		<i>Raw Material</i>	<i>Electroplating</i>	<i>Pack Chromizing</i>	<i>electrodeposition</i>	<i>Stainless Steel</i>
<i>Outstanding</i>	< 0,02					0,000
<i>Excellent</i>	0,02 – 0,1	0,092	0,060	0,032	0,067	
<i>Good</i>	0,1 – 0,5					
<i>Fair</i>	0,5 – 1					

<i>Relative Corrosion Resistance</i>	Standar (mm/year)	Laju Korosi Setiap 10 Hari (mm/year)				
		<i>Raw Material</i>	<i>Electroplating</i>	<i>Pack Chromizing</i>	<i>electrodeposition</i>	<i>Stainless Steel</i>
<i>Poor</i>	42125					
<i>Unacceptable</i>	5+					

Hasil tingkat ketahanan korosi dari semua spesimen mempunyai tingkat laju korosi yang *excellent*, tetapi angka yang dihasilkan oleh spesimen *pack chromizing* merupakan angka paling rendah dibandingkan spesimen lainnya sebesar 0,032 mm/year. Jika dilihat dari tingkat ketahanan korosi *raw material*, spesimen *pack chromizing* mempunyai nilai 0,06 mm/year lebih baik dari *raw material*. Hal tersebut dikarenakan lapisan kromium yang bereaksi dengan oksigen sehingga terbentuk lapisan tipis kromium oksida yang stabil dan akan melindungi logam dari korosi.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, bahwa variasi metode *chromizing* mampu memengaruhi sifat fisik dan mekanik baja SS400. Nilai kandungan *chromium* spesimen *pack chromizing* meningkat 1,2229%, untuk kandungan *chromium* spesimen *electroplating* meningkat 0,0621%, dan kandungan *chromium* spesimen *electrodeposition* meningkat 0,1123% dibandingkan dengan spesimen *raw material* senilai 0,0231%. Nilai rata-rata uji kekerasan *Vickers* pada spesimen variasi metode *chromizing* meningkat, seperti spesimen *pack chromizing* 214,66 VHN, *electroplating* 158,42 VHN, dan *electrodeposition* 160,36 VHN dibandingkan dengan nilai kekerasan *raw material* yang hanya 147,76 VHN. Struktur mikro pada spesimen *pack chromizing* dan *electrodeposition* mengalami perubahan pada saat kenaikan suhu dan pendinginan cepat sehingga terjadi transformasi dari *austenite* menjadi *martensite*. Pada pengujian keausan, nilai ketahanan aus spesimen *pack chromizing* 11,45% lebih baik dari spesimen *raw material* dengan nilai $0,000116 \text{ mm}^3/\text{Kg.m}$ untuk spesimen *pack chromizing* dan $0,000131 \text{ mm}^3/\text{Kg.m}$ untuk spesimen *raw material*. Pada pengujian laju korosi, spesimen variasi metode *chromizing* mengalami peningkatan ketahanan korosi yang lebih baik dari spesimen *raw material*. nilai laju korosi spesimen *pack chromizing* adalah 0,32 mmpy yang merupakan nilai laju korosi paling rendah dengan peningkatan ketahanan korosi 65,22% dari nilai laju korosi spesimen *raw material* yang hanya 0,92 mmpy. Nilai laju korosi spesimen *electroplating* dan *electrodeposition* lebih rendah dari *raw material* dengan nilai 0,060 mmpy dan 0,067 mmpy dengan ketahanan korosinya 34,78% dan 27,17% lebih baik dari spesimen *raw material*.

Berdasarkan hasil penelitian, variasi metode *chromizing* memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan sifat fisik dan mekanik baja SS400. Dari variasi metode yang diuji, *pack chromizing* terbukti memberikan hasil paling

optimal. Peningkatan kandungan *chromium* tertinggi sebesar 1,2229% dibandingkan dengan *raw material* yang hanya 0,0231% menunjukkan metode tersebut efektif dalam meningkatkan kandungan *chromium* yang berkontribusi pada sifat ketahanan korosi dan kekerasan. Nilai kekerasan *Vickers* spesimen *pack chromizing* mencapai 214,66 VHN, yang merupakan peningkatan signifikan dibandingkan dengan nilai kekerasan *raw material* sebesar 147,76 VHN. Hal ini menunjukkan bahwa metode *pack chromizing* secara efektif meningkatkan kekerasan material. Spesimen *pack chromizing* memiliki ketahanan aus yang lebih baik dengan peningkatan sebesar 11,45% dibandingkan dengan *raw material*, menunjukkan bahwa metode ini meningkatkan daya tahan material terhadap keausan. ketahanan korosi spesimen *pack chromizing* menunjukkan peningkatan ketahanan korosi tertinggi sebesar 65,22%, dengan laju korosi paling rendah yaitu 0,032 mmpy, dibandingkan dengan *raw material* yang memiliki laju korosi 0,092 mmpy. Transformasi struktur mikro dari *austenite* menjadi *martensite* pada spesimen *pack chromizing* menunjukkan bahwa proses ini menciptakan struktur yang lebih keras dan tahan lama, yang mendukung peningkatan kekerasan dan ketahanan aus.

5.2 Saran

Saran dari penulis berdasarkan penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Pada proses *pack chromizing* perlu diperhatikan mengenai bahan kromium yang benar berdasarkan jurnal referensi, sehingga tidak mengalami kesalahan pada saat pembelian bahan dan hasil dari *pack chromizing* sesuai dengan jurnal referensi.
2. Diperlukannya spesimen yang lebih banyak agar dapat memudahkan pada saat pengujian.
3. Pada pengujian struktur mikro atau metalografi untuk memudahkan melihat struktur mikro dan ketebalan lapisan disarankan menggunakan mikroskop SEM (*Scanning Electron Microscope*).


DAFTAR PUSTAKA

- Fontana, Mars Guy. (1986). *Corrosion Engineering*. Singapore : McGraw-Hill Book Co
- Gustiawan, F. (2022). Optimasi Ketebalan Hasil *Electroplating* Baja SS400 dengan Metode Taguchi. <https://repository.unej.ac.id/xmlui/handle/123456789/106898>
- Husnia, N. P., Prasajo, B., & Mahardhika, P. (2020). Pengaruh Waktu dan Tegangan Electroplating Nikel terhadap Ketahanan Korosi pada Material A53 Grade B. 5(Vol 5 No 1 (2020): *5th Conference on Piping Engineering and Its Application*).
- Julian, N., Budiarto, U., Arswendo, B., & Soedarto, J. (2019). Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik pada Sambungan Las Baja SS400 Pengelasan MAG Dengan Variasi Arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal. 7(4).
- Mutholib, A., Gunawan, D. A., Triadi, D. N., Subagyo, D., Wibowo, E., & Guntoro, H. (2006). Electroplating Dekoratif Protektif dengan Kapasitas Larutan Elektrolit Nikel 20 L dan Khrom 10 L.
- Pratowo, B., & Najamudin. (2016, Oktober). Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (*Hopper*) Melalui Proses *Chromizing* Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung.
- Ramdani, M. I., Atmojo, D. D. C., & Iqbal, M. K. (2022). Proses *Cromising*.
- Rimpung, I. K. (2017). Analisis Perubahan Kekerasan Permukaan Baja (St. 42) dengan Perlakuan Panas 800°C Menggunakan Metode *Vickers* di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Bali. 17(1).
- Samlawi, A. K., & Siswanto, R. (2016). Diktat Bahan Kuliah Material Teknik. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat 2016.
- Sardjono, H. K., & Diniardi, E. (2009). Studi Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pada Baja DIN 1.7223 41CrMo4 dengan Pengaruh Perlakuan Panas.


- Septiyanto, M. A. R., Suroso, I., & Utami, N. (2022). Analisis kekerasan dan keausan bearing pada pesawat Cessna Grand Carravan 208B. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 11(1). <https://doi.org/10.24127/trb.v11i1.2045>
- Setiawan, D. E. (2018). Proses *Heat Treatment* Baja Karbon Tinggi Dengan Menggunakan Material Baja SS 304.
- Siregar, A. (2013). Peningkatan Sifat-Sifat Fatik Baja NS-1045 *Chromized* dengan Proses Perlakuan Panas. 14(2).
- Siregar, A., Nasution, M., & Amrinsyah. (2012). Peningkatan Sifat-Sifat Fatik Baja *Chromized* dengan Proses Perlakuan Panas.
- Sukma, J. A. (2012). Pengerasan Permukaan Baja Karbon ST 40 dengan Metode Nitridasi Dalam Larutan Kalium Nitrat. <http://eprints.undip.ac.id/41534/>
- Sumarjo, J., Santosa, A., & Purbowo, R. (2017). Perancangan dan Pembuatan Alat Uji NDT *Ultrasonic Test* dengan Metode *Microcontroller*. *INFOMATEK*, 19(2), 49. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v19i2.626>
- Suprpto, A. (2015). Karakteristik dan Aktivasi Campuran Tanah Andisol / Lempung Bayat / Abu Sekam Sebagai Penjerap Logam Berat Kromium (Cr).
- Tauhid, A. (2019). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan *Flux Core Arc Welding* (Fcaw) Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Sambungan Las Baja SS 400. <http://repository.unmuhjember.ac.id/7220/>

LAMPIRAN

1. Pengujian Komposisi Kimia
 - a. Raw Material Baja SS400



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPLE RW BAJA
 CUSTOMER : Sdr. IQEAL MILPIN
 FURNACE : CI0357B01/14
 OPERATOR : FIYAN
 DATE / TIME : 03-SEP-2024 09:53:01
 TASK : Conc_Fei METHOD : FEGLFE

Q.C. PASSED

By: *[Signature]* Date: 03/24/2024

	Fe%	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	98,8515	0,0141	0,0395	0,1692	0,0173	0,0009	0,0117
2	98,8903	0,0141	0,0401	0,1512	0,0118	0,0004	0,0110
AVG	98,8709	0,0141	0,0398	0,1572	0,0146	0,0004	0,0114
SD	0,02744	0,00001	0,00042	0,00844	0,00363	0,00004	0,00050
SD%	0,03	0,04	1,05	5,37	26,31	9,91	4,35

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0,0285	0,0001	0,8176	-0,0012	0,0001	0,0142	0,0185
2	0,0178	-0,0000	0,8098	-0,0014	0,0001	0,0144	0,0182
AVG	0,0231	0,0000	0,8137	-0,0013	0,0001	0,0143	0,0183
SD	0,00756	0,00009	0,00552	0,00016	0,00000	0,00019	0,00026
SD%	32,68	253,04	0,68	11,99	0,00	0,92	1,41


	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0,0014	0,0108	0,0002	0,0008	0,0011	-0,0000	0,0001
2	0,0014	0,0108	0,0002	0,0004	0,0005	-0,0000	0,0001
AVG	0,0014	0,0108	0,0002	0,0006	0,0008	-0,0000	0,0001
SD	0,00004	0,00000	0,00002	0,00031	0,00043	0,00001	0,00000
SD%	3,13	0,01	11,93	50,18	52,19	25,76	0,00

	Zn	Co
1	0,0019	0,0029
2	0,0019	0,0027
AVG	0,0019	0,0028
SD	0,00001	0,00014
SD%	0,53	5,02


INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten, Gumulan, Klaten Tengah, Klaten 57417
 Jawa Tengah - Indonesia
 Phone : 0272 - 324208, 324038, Fax. 0272 - 324213

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

b. *Stainless Steel 304*



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPLE RW 33
 CUSTOMER : Sdr. IQBAL MILFIN
 FURNACE : CI0357B01/13
 OPERATOR : FIYAN
 DATE / TIME : 03-SEP-2024 09:49:21
 TASK : Conc_Fei METHOD : FEGLFE

O.C PASSED

By: *[Signature]* Date: 05/09/24

	Fe%	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	71,8867	0,0061	0,0067	0,0335	8,0320	0,0100	0,3957
2	71,8809	0,0060	0,0076	0,0323	8,0342	0,0099	0,3972
AVG	71,8838	0,0060	0,0071	0,0329	8,0336	0,0100	0,3965
<i>SD</i>	<i>0,00406</i>	<i>0,00001</i>	<i>0,00064</i>	<i>0,00086</i>	<i>0,00055</i>	<i>0,00003</i>	<i>0,00108</i>
<i>SD%</i>	<i>0,01</i>	<i>0,19</i>	<i>9,01</i>	<i>2,61</i>	<i>0,01</i>	<i>0,27</i>	<i>0,27</i>

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	18,2316	0,1146	0,8970	0,0085	0,0001	0,0361	0,0591
2	18,2267	0,1150	0,8989	0,0084	0,0001	0,0358	0,0590
AVG	18,2291	0,1148	0,8979	0,0085	0,0001	0,0360	0,0590
<i>SD</i>	<i>0,00343</i>	<i>0,00033</i>	<i>0,00129</i>	<i>0,00006</i>	<i>0,00000</i>	<i>0,00026</i>	<i>0,00011</i>
<i>SD%</i>	<i>0,02</i>	<i>0,29</i>	<i>0,14</i>	<i>0,76</i>	<i>0,00</i>	<i>0,72</i>	<i>0,18</i>

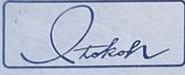
	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0,0018	0,0107	0,0006	0,0026	0,0037	0,0009	0,0093
2	0,0018	0,0167	0,0006	0,0029	0,0038	0,0010	0,0093
AVG	0,0019	0,0137	0,0006	0,0027	0,0038	0,0010	0,0093
<i>SD</i>	<i>0,00002</i>	<i>0,00425</i>	<i>0,00001</i>	<i>0,00020</i>	<i>0,00006</i>	<i>0,00010</i>	<i>0,00005</i>
<i>SD%</i>	<i>0,83</i>	<i>31,09</i>	<i>1,05</i>	<i>7,34</i>	<i>1,58</i>	<i>10,27</i>	<i>0,54</i>

	Zn	Co
1	0,0001	0,2593
2	0,0001	0,2589
AVG	0,0001	0,2591
<i>SD</i>	<i>0,00000</i>	<i>0,00026</i>
<i>SD%</i>	<i>0,00</i>	<i>0,10</i>


INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten, Gumulan, Klaten Tengah, Klaten 57417
 Jawa Tengah - Indonesia
 Phone : 0272 - 324208, 324038, Fax. 0272 - 324213

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

c. Spesimen *Electroplating*



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
SAMPLE NAME : BAJA SS 400 (ELEKTRO)
CUSTOMER : IQBAL / MILFAN
FURNACE : CQ2840B01/47
OPERATOR : SRI LANJAR
DATE / TIME : 28-OCT-2024 11:20:15
TASK : Conc_Fei METHOD : FEGLFE

O.C. PASSE
28/10/24 ✓

	Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	98,8033	0,0142	0,0381	0,1777	0,0112	-0,0000	0,0133
2	98,8068	0,0134	0,0388	0,1747	0,0112	0,0006	0,0133
AVG	98,8050	0,0138	0,0384	0,1762	0,0112	0,0003	0,0136
SD	0,00251	0,00053	0,00049	0,00207	0,00006	0,00040	0,00041
SD%	0,00	3,82	1,27	1,18	0,52	145,85	2,88

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0,0694	-0,0002	0,8232	-0,0018	0,0001	0,0145	0,0186
2	0,0549	-0,0001	0,8346	-0,0016	0,0001	0,0137	0,0192
AVG	0,0621	-0,0002	0,8289	-0,0017	0,0001	0,0141	0,0189
SD	0,01024	0,00008	0,00806	0,00021	0,00000	0,00054	0,00044
SD%	16,48	50,12	0,97	12,27	0,00	3,79	2,30


	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0,0012	0,0095	0,0002	0,0001	0,0009	-0,0001	0,0001
2	0,0013	0,0099	0,0002	0,0001	0,0014	-0,0001	0,0001
AVG	0,0013	0,0097	0,0002	0,0001	0,0012	-0,0001	0,0001
SD	0,00004	0,00027	0,00002	0,00000	0,00037	0,00003	0,00000
SD%	3,23	2,79	11,22	0,00	31,90	20,08	0,00

	Zn	Co
1	0,0018	0,0027
2	0,0017	0,0027
AVG	0,0017	0,0027
SD	0,00002	0,00005
SD%	1,20	1,70


INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten, Gumulan, Klaten Tengah, Klaten 57417
Jawa Tengah - Indonesia
Phone : 0272 - 324208, 324038, Fax. 0272 - 324213

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

d. Spesimen Pack Chromizing



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : BAJA 33400 1000C
 CUSTOMER : Sdr. Iqbal Muhammad Firdaus
 FURNACE : CJ1615E01/10
 OPERATOR : SRI LANJAR
 DATE / TIME : 16-OCT-2024 14:42:58
 TASK : Conc_Fei METHOD : FEGLFE

C/C PASSED

By *[Signature]* Date 16/10/24

	Fe%	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	96,0752	0,0356	0,0402	0,0259	0,0253	0,0012	0,0112
2	97,4918	0,0504	0,0391	0,0559	0,0342	0,0013	0,0112
AVG	97,7835	0,0430	0,0396	0,0409	0,0298	0,0013	0,0112
SD	0,41253	0,01047	0,00077	0,02122	0,00624	0,00004	0,00003
SD%	0,42	24,84	1,94	51,83	20,97	2,93	0,29

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0,9462	0,0006	0,7481	-0,0006	0,0001	0,0144	0,0233
2	1,4995	0,0008	0,7141	-0,0003	0,0001	0,0147	0,0250
AVG	1,2229	0,0007	0,7311	-0,0004	0,0001	0,0145	0,0246
SD	0,39123	0,00016	0,02400	0,00020	0,00000	0,00022	0,00155
SD%	31,99	23,27	3,28	44,85	0,00	1,49	7,52

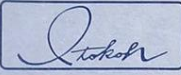
	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Hg
1	0,0013	0,0216	0,0003	0,0013	0,0019	-0,0001	0,0001
2	0,0012	0,0369	0,0003	0,0010	0,0019	-0,0001	0,0004
AVG	0,0012	0,0343	0,0003	0,0011	0,0019	-0,0001	0,0002
SD	0,00005	0,00376	0,00004	0,00017	0,00007	0,00001	0,00018
SD%	4,18	10,98	11,55	14,48	3,49	4,60	78,88

	Sn	Co
1	0,0012	0,0086
2	0,0003	0,0125
AVG	0,0011	0,0106
SD	0,00026	0,00276
SD%	24,30	26,14


INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten, Gumulan, Klaten Tengah, Klaten 57417
 Jawa Tengah - Indonesia
 Phone : 0272 - 324208, 324038, Fax. 0272 - 324213

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

e. Spesimen *Electrodeposition*



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : 32400 (ELECTRODEPO3)
 CUSTOMER : Sdr. IQBAL & MILEFIN
 FURNACE : CR2157E01/54
 OPERATOR : SRI LANJAR
 DATE / TIME : 21-NOV-2024 07:58:09
 TASK : Conc_Fei METHOD : PEGLEF

Q.C. PASSED
By: *[Signature]* Date: 21/11/24

	Fe%	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	97.9785	0.0864	0.0876	0.1202	0.6456	-0.0010	0.0188
2	97.9750	0.0867	0.0897	0.1221	0.8241	-0.0018	0.0107
AVG	97.9267	0.0875	0.0837	0.1211	0.7349	-0.0014	0.0123
SD	0.07313	0.00123	0.00559	0.00199	0.12619	0.00056	0.00224
SD%	0.07	1.43	16.61	1.14	17.17	40.27	16.31

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.1120	-0.0003	0.7697	-0.0014	0.0001	0.0131	0.0312
2	0.1127	-0.0006	0.6918	-0.0026	0.0001	0.0130	0.0529
AVG	0.1123	-0.0005	0.7258	-0.0020	0.0001	0.0131	0.0421
SD	0.00048	0.00026	0.06218	0.00087	0.00000	0.00011	0.01534
SD%	0.42	57.60	8.57	43.61	0.00	0.85	36.45

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0014	0.1814	0.0006	0.0001	0.0001	0.0014	0.0001
2	0.0012	0.1876	0.0005	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001
AVG	0.0013	0.1845	0.0005	0.0001	0.0001	0.0009	0.0001
SD	0.00017	0.00438	0.00008	0.00000	0.00000	0.00060	0.00000
SD%	12.93	2.38	15.28	0.00	0.00	98.32	0.00

	Er	Co
1	0.0020	0.0063
2	0.0018	0.0120
AVG	0.0019	0.0091
SD	0.00019	0.00398
SD%	9.55	43.51

INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten, Gumulan, Klaten Tengah, Klaten 57417
 Jawa Tengah - Indonesia
 Phone : 0272 - 324208, 324038, Fax. 0272 - 324213

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

2. Pengujian Kekerasan

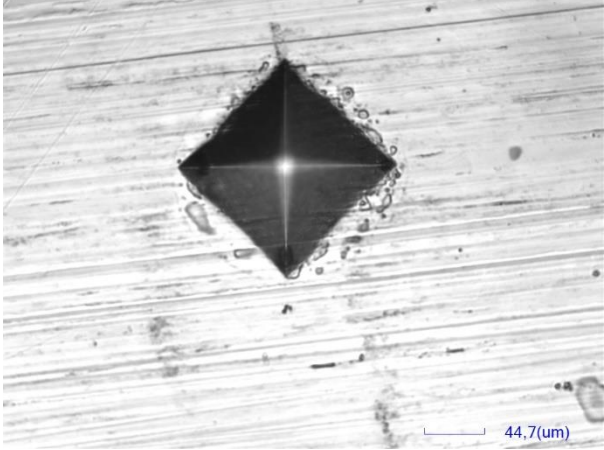
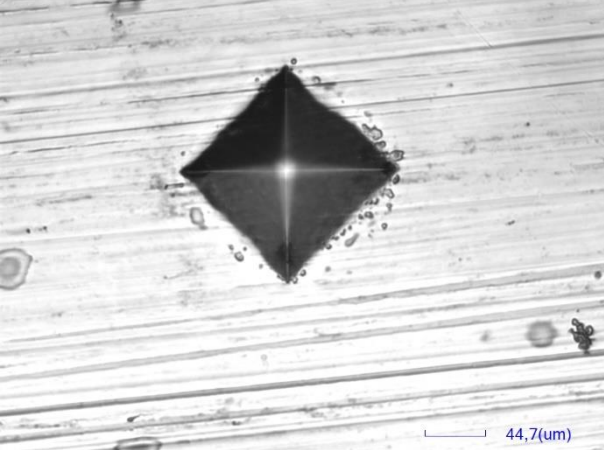

a. Raw Material Baja SS400

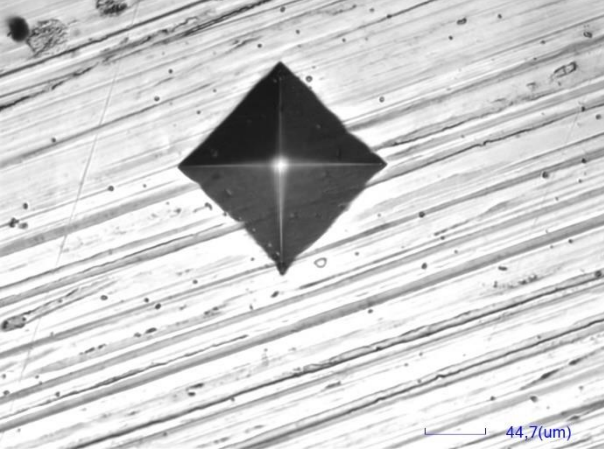
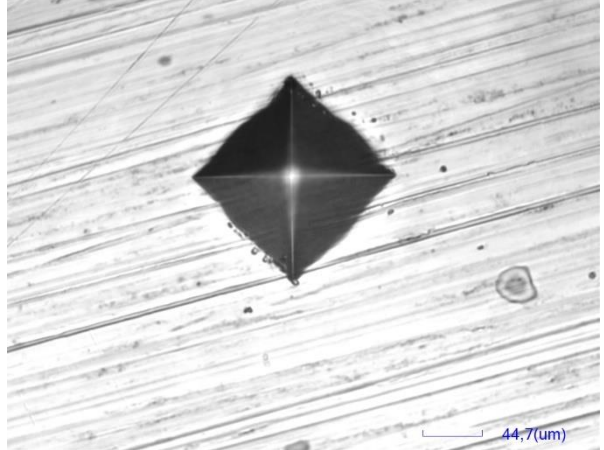
Report

<i>Sample Name</i>	<i>Raw Material Baja SS400</i>	<i>Sample Sn</i>	S 701
<i>Min Value</i>	0	<i>Max Value</i>	1000
<i>Inspection Company</i>	UII	<i>Inspection Date</i>	2024/10/24
<i>Tester</i>	Lab Mesin	<i>Reviewer</i>	Kalab
<i>Force</i>	0.2kgf	<i>Load Time (s)</i>	10

<i>Statistical data</i>							
NO	MAX	MIN	AVE	VAR	STD	Cp	Cpk
5	158,30	139,80	147,76	42,91	6,55	25,44	7,52

<i>Detailed data</i>								
#	D1(um)	D2(um)	Davg(um)	<i>Hardness type</i>	<i>Hardness value</i>	<i>Convett type</i>	<i>Convett value</i>	<i>Qualifi ed</i>
1	163,34	162,44	162,89	HV0.2	139,8	HV	139,8	YES
2	162,44	160,20	161,32	HV0.2	142,5	HV	142,5	YES
3	157,52	160,20	158,86	HV0.2	147,0	HV	147,0	YES
4	155,28	157,97	156,62	HV0.2	151,2	HV	151,2	YES
5	153,49	152,60	153,04	HV0.2	158,3	HV	158,3	YES

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Jejak Indentasi
139,8	
142,5	
147,0	

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Jejak Indentasi
151,2	
158,3	


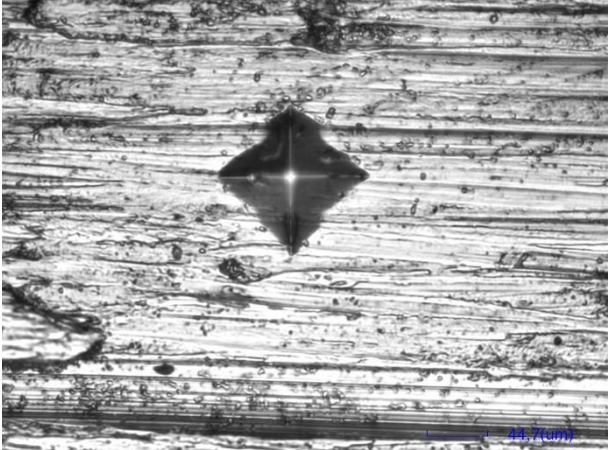
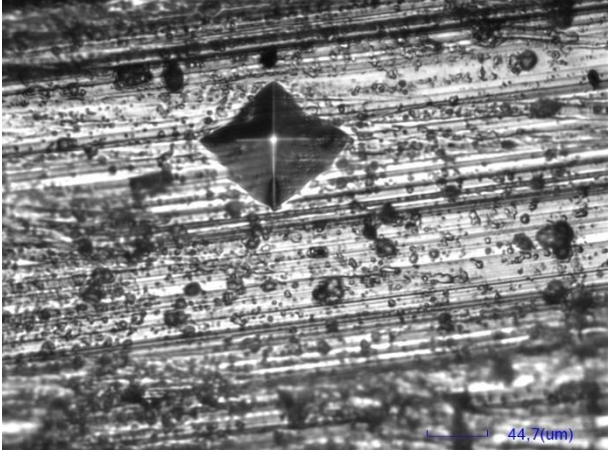
b. *Stainless Steel 304*

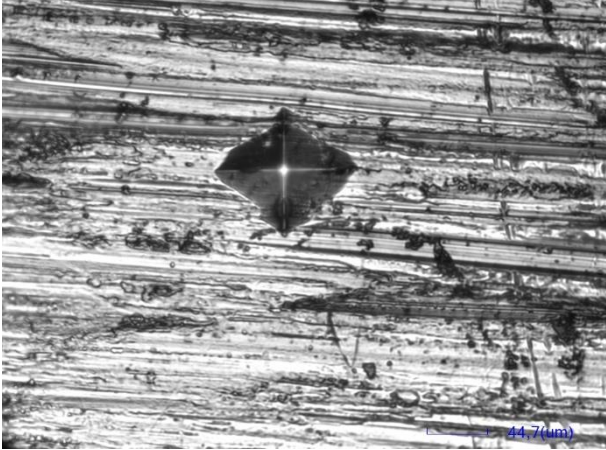
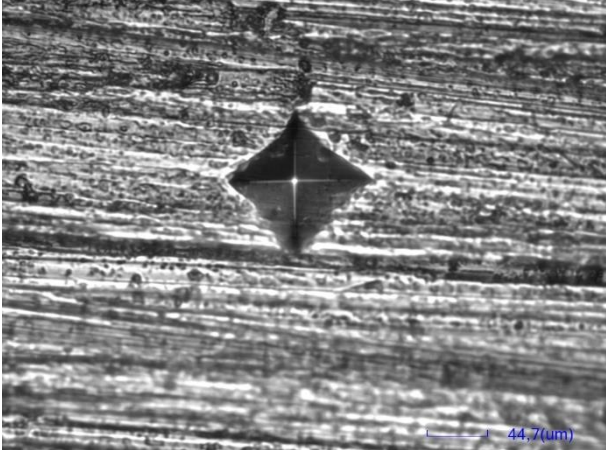
Report

<i>Sample Name</i>	<i>Stainless Steel 304</i>	<i>Sample Sn</i>	S 701
<i>Min Value</i>	0	<i>Max Value</i>	1000
<i>Inspection Company</i>	UII	<i>Inspection Date</i>	2024/12/20
<i>Tester</i>	Lab Mesin	<i>Reviewer</i>	Kalab
<i>Force</i>	0.2kgf	<i>Load Time (s)</i>	10

<i>Statistical data</i>							
NO	MAX	MIN	AVE	VAR	STD	Cp	Cpk
5	353,20	254,10	310,80	1278,25	35,75	4,66	2,90

<i>Detailed data</i>								
#	D1(um)	D2(um)	Davg(um)	Hardness type	Hardness value	Convett type	Convett value	Qualified
1	113,22	128,43	120,82	HV0.2	254,1	HV	254,1	YES
2	113,66	111,87	112,77	HV0.2	291,7	HV	291,7	YES
3	111,43	96,66	104,04	HV0.2	342,6	HV	342,6	YES
4	107,85	97,11	102,48	HV0.2	353,2	HV	353,2	YES
5	108,74	109,19	108,96	HV0.2	312,4	HV	312,4	YES

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Jejak Indentasi
254,1	
291,7	
342,6	

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Jejak Indentasi
353,2	
312,4	

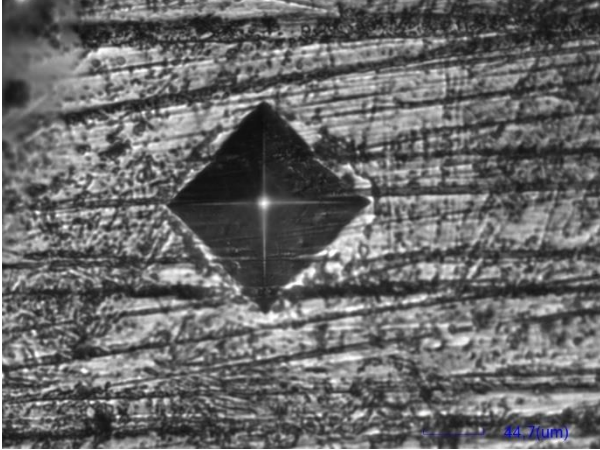


c. Spesimen *Electroplating*

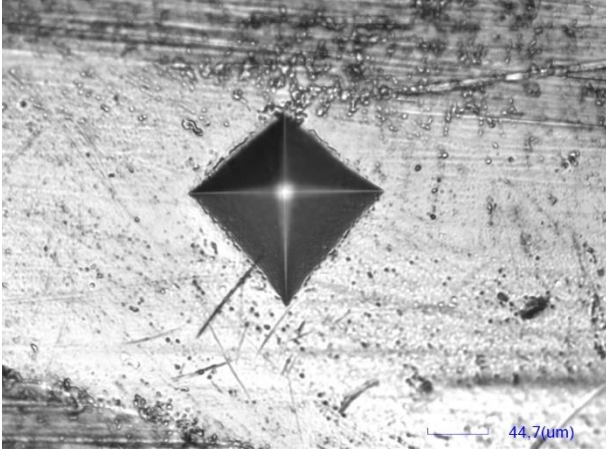
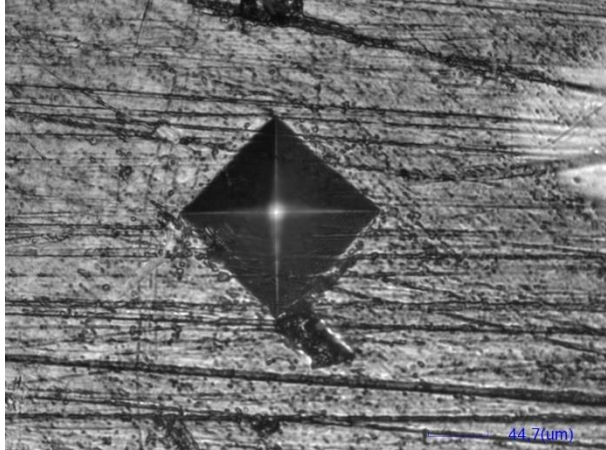
Report

<i>Sample Name</i>	<i>Electroplating</i>	<i>Sample Sn</i>	S 701
<i>Min Value</i>	0	<i>Max Value</i>	1000
<i>Inspection Company</i>	UII	<i>Inspection Date</i>	2024/12/30
<i>Tester</i>	Lab Mesin	<i>Reviewer</i>	Kalab
<i>Force</i>	0.2kgf	<i>Load Time (s)</i>	10

<i>Statistical data</i>							
NO	MAX	MIN	AVE	VAR	STD	Cp	Cpk
5	167,00	149,90	158,42	37,89	6,16	27,07	8,58

<i>Detailed data</i>								
#	D1(um)	D2(um)	Davg(um)	Hardness type	Hardness value	Conv type	Conv value	Qualified
1	152,60	157,97	155,28	HV0.2	153,8	HV	153,8	YES
2	153,49	152,60	153,04	HV0.2	158,3	HV	158,3	YES
3	157,97	156,62	157,29	HV0.2	149,9	HV	149,9	YES
4	156,62	141,41	149,02	HV0.2	167,0	HV	167,0	YES
5	150,36	151,25	150,81	HV0.2	163,1	HV	163,1	YES

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Jejak Indentasi
153,8	
158,3	
149,9	

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Jejak Indentasi
167,0	
163,1	

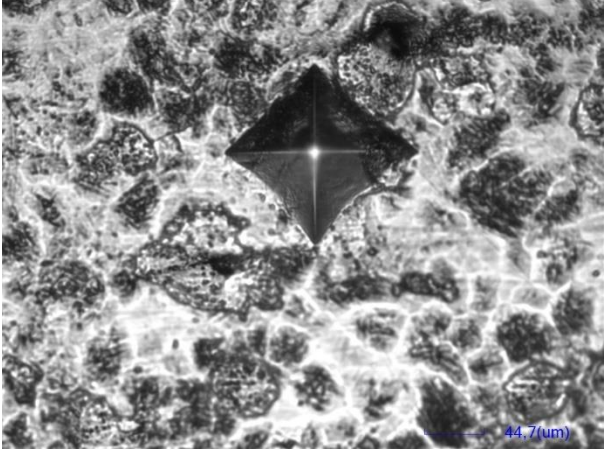
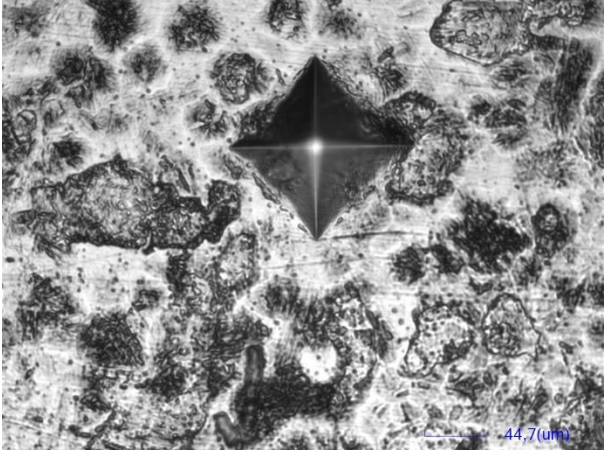
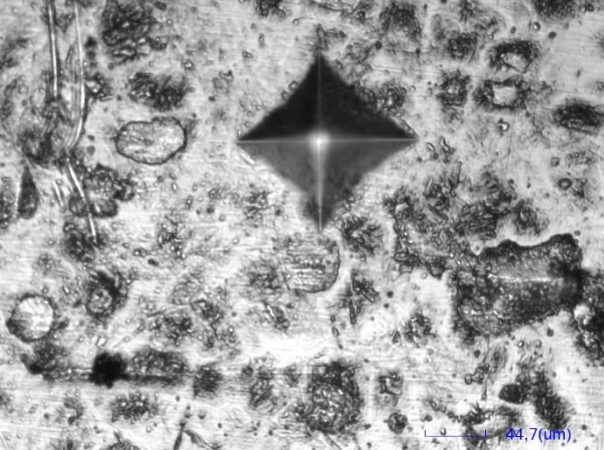
d. Spesimen Pack Chromizing

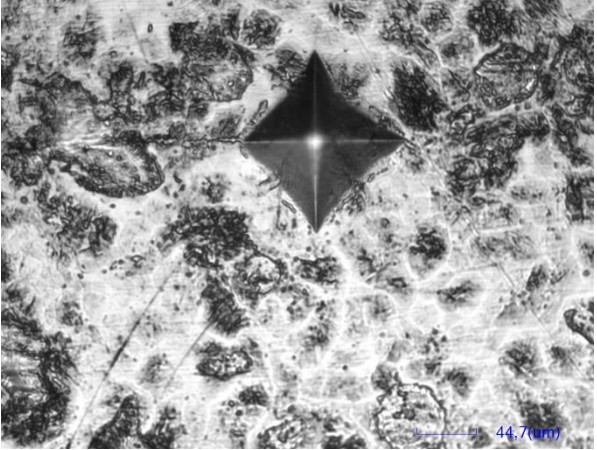
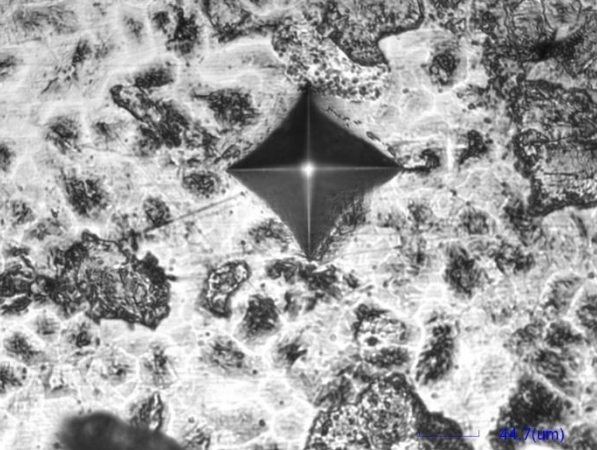
Report

<i>Sample Name</i>	Temperatur 1000°C	<i>Sample Sn</i>	S 701
<i>Min Value</i>	0	<i>Max Value</i>	1000
<i>Inspection Company</i>	UII	<i>Inspection Date</i>	2024/10/24
<i>Tester</i>	Lab Mesin	<i>Reviewer</i>	Kalab
<i>Force</i>	0.2kgf	<i>Load Time (s)</i>	10

<i>Statistical data</i>							
NO	MAX	MIN	AVE	VAR	STD	Cp	Cpk
5	226,40	195,20	214,66	110,14	10,49	15,88	6,82

<i>Detailed data</i>								
#	D1(um)	D2(um)	Davg(um)	Hardness type	Hardness value	Conv type	Conv value	Qualified
1	139,17	136,49	137,83	HV0.2	195,2	HV	195,2	YES
2	132,46	130,22	131,34	HV0.2	215,0	HV	215,0	YES
3	127,98	127,98	127,98	HV0.2	226,4	HV	226,4	YES
4	130,22	129,33	129,77	HV0.2	220,2	HV	220,2	YES
5	132,91	128,88	130,89	HV0.2	216,5	HV	216,5	YES

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Jejak Indentasi
195,2	
215,0	
226,4	

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Jejak Indentasi
220,2	
216,5	

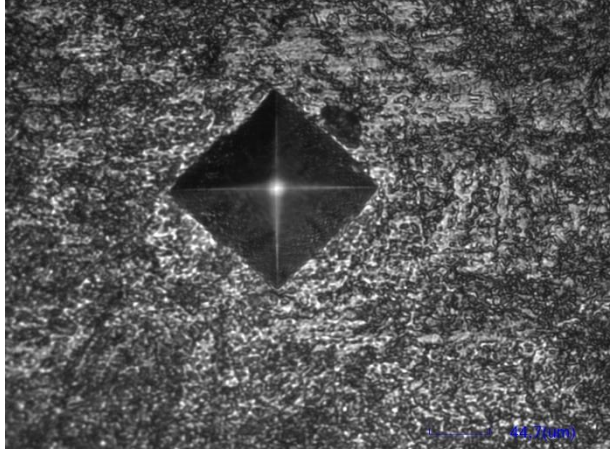
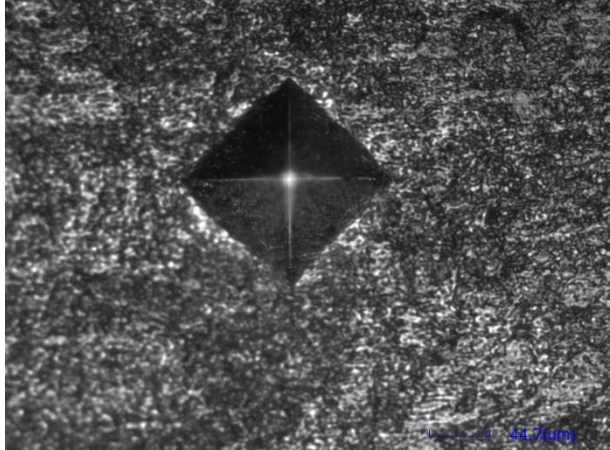

e. Spesimen *Electrodeposition*

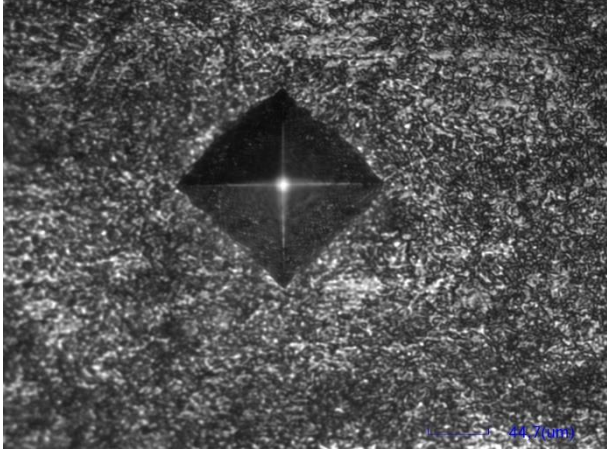
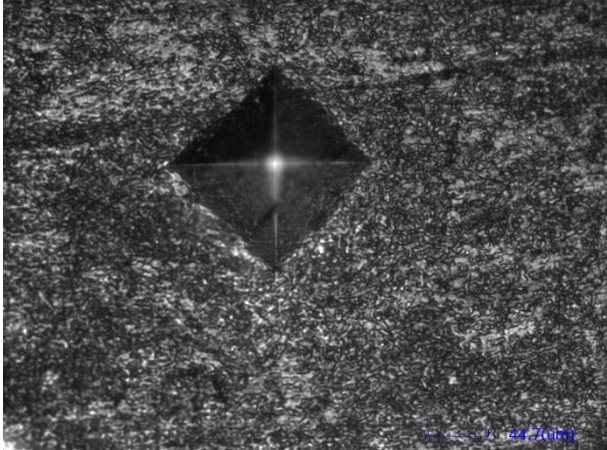
Report

<i>Sample Name</i>	Test Block	<i>Sample Sn</i>	S 701
<i>Min Value</i>	0	<i>Max Value</i>	1000
<i>Inspection Company</i>	UII	<i>Inspection Date</i>	2024/12/30
<i>Tester</i>	Lab Mesin	<i>Reviewer</i>	Kalab
<i>Force</i>	0.2kgf	<i>Load Time (s)</i>	10


<i>Statistical data</i>							
NO	MAX	MIN	AVE	VAR	STD	Cp	Cpk
5	164,50	156,10	160,36	9,29	3,05	54,67	17,53

<i>Detailed data</i>								
#	D1(um)	D2(um)	Davg(um)	<i>Hardness type</i>	<i>Hardness value</i>	<i>Conv type</i>	<i>Conv value</i>	<i>Qualified</i>
1	156,18	147,67	151,92	HV0.2	160,7	HV	160,7	YES
2	149,02	151,25	150,13	HV0.2	164,5	HV	164,5	YES
3	155,73	152,60	154,16	HV0.2	156,1	HV	156,1	YES
4	154,39	147,67	151,03	HV0.2	162,6	HV	162,6	YES
5	153,04	153,49	153,27	HV0.2	157,9	HV	157,9	YES

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Jejak Indentasi
160,7	
164,5	
156,1	

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Jejak Indentasi
162,6	
157,9	

3. Pengujian Keausan *Stainless Steel*



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN

Variasi Spesimen	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm ³)	Keausan (Ws; mm ³ /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm ³ /kg.m)
1	1	3.45	13.6	0.56	0.00371	0.00006	0.000056
	2	3.45	13.6	0.51	0.00275	0.00004	
	3	3.45	13.6	0.59	0.00427	0.00007	

1. Pengujian dilakukan tanggal 14 Januari 2025
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 6.36 kg


Yogyakarta 14 Januari 2025
Star Laboratorium Bahan Teknik

Pengujian & Analisa
Materi

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

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

Lembar asli tidak untuk digandakan

4. Pengujian Keausan



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

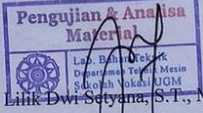
HASIL PENGUJIAN KEAUSAN

Variasi Spesimen	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm ³)	Keausan (Ws; mm ³ /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm ³ /kg.m)
1	1	3.45	13.6	0.69	0.00705	0.00011	0.000126
	2	3.45	13.6	0.80	0.01082	0.00017	
	3	3.45	13.6	0.67	0.00626	0.00010	
2	1	3.45	13.6	0.75	0.00880	0.00014	0.000116
	2	3.45	13.6	0.67	0.00626	0.00010	
	3	3.45	13.6	0.69	0.00705	0.00011	
3	1	3.45	13.6	0.72	0.00789	0.00012	0.000134
	2	3.45	13.6	0.75	0.00880	0.00014	
	3	3.45	13.6	0.75	0.00880	0.00014	
4	1	3.45	13.6	0.75	0.00880	0.00014	0.000124
	2	3.45	13.6	0.72	0.00789	0.00012	
	3	3.45	13.6	0.69	0.00705	0.00011	
5	1	3.45	13.6	0.67	0.00626	0.00010	0.000131
	2	3.45	13.6	0.72	0.00789	0.00012	
	3	3.45	13.6	0.80	0.01082	0.00017	
6	1	3.45	13.6	0.75	0.00880	0.00014	0.000140
	2	3.45	13.6	0.69	0.00705	0.00011	
	3	3.45	13.6	0.80	0.01082	0.00017	
7	1	3.45	13.6	0.72	0.00789	0.00012	0.000139
	2	3.45	13.6	0.85	0.01314	0.00021	
	3	3.45	13.6	0.64	0.00554	0.00009	

Lembar asli tidak untuk digandakan

1. Pengujian dilakukan tanggal 2 Desember 2024
 2. Pengujian menggunakan universal wear
 3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 6,36 kg

Yogyakarta 2 Desember 2024
 Staf Laboratorium Bahan Teknik



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

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

Keterangan:

1. *Raw material* : variasi spesimen 5
2. *Electroplating* : variasi spesimen 6
3. *Electrodeposition* : variasi spesimen 7
4. *Pack chromizing* : variasi spesimen 2