

**PENGARUH VARIASI *DEGREE OF AVAILABILITY (D.O.A)*
UREA PADA PROSES *PACK NITRIDING* TERHADAP SIFAT
FISIK DAN MEKANIK DARI *SPROCKET DRIVE* NON
PABRIK RESMI SEPEDA MOTOR**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Riza Yudhawan

No. Mahasiswa : 16525112

NIRM : 2016080702

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

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui karya tulis yang saya buat ini adalah hasil karya tulis saya sendiri kecuali kutipan ataupun ringkasan yang saya ambil sebagai referensi telah saya cantumkan sumber. Apabila dikemudian hari terbukti pengakuan saya tidak benar serta melanggar peraturan yang sah dalam hak kekayaan intelektual, maka saya bersedia mengikuti hukuman ataupun sanksi apapun sesuai dengan hukum yang diberlakukan Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta,

Penulis,



Muhammad Riza Yudhawan
Muhammad Riza Yudhawan

16525112

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENGARUH VARIASI *DEGREE OF AVAILABILITY (D.O.A)*
UREA PADA PROSES *PACK NITRIDING* TERHADAP SIFAT
FISIK DAN MEKANIK DARI *SPROCKET DRIVE* NON
PABRIK RESMI SEPEDA MOTOR**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Riza Yudhawan
No. Mahasiswa : 16525112
NIRM : 2016080702

Yogyakarta, 8 Mei 2022

Rembimbing I,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGARUH VARIASI *DEGREE OF AVAILABILITY (D.O.A)* UREA PADA PROSES *PACK NITRIDING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK DARI *SPROCKET DRIVE* NON PABRIK RESMI SEPEDA MOTOR

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Riza Yudhawan

No. Mahasiswa : 16525112

NIRM : 2016080702

Tim Penguji

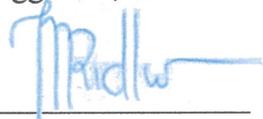
Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T.

Ketua


Tanggal : 7 Juni 2022

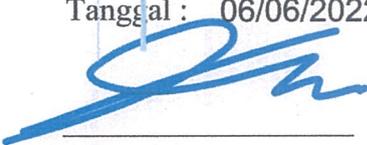
Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.

Anggota I


Tanggal : 06/06/2022

Arif Budi Wicaksono, S.T., M. Eng.

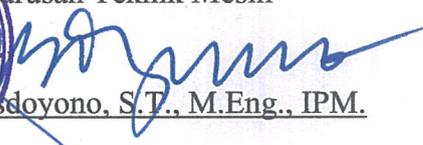
Anggota II


Tanggal : 3 Juni 2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Eng. H. Risdoyono, S.T., M.Eng., IPM.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. karena telah memberikan rahmat dan hidayah – Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik tanpa adanya kendala yang berarti, dan penulis ucapkan terima kasih kepada orang – orang yang telah membantu dan mendukung sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.

Terima kasih kepada Allah SWT. yang telah memberikan nikmat dan rahmat – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Terima kasih kepada kedua orang tua penulis, Bapak Juwari dan ibu Padmiyati yang selalu mendukung dan memotivasi serta mendoakan yang terbaik kepada penulis sampai saat ini.

Terima kasih kepada keluarga yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Terima kasih kepada bapak/ibu dosen pengajar, pembimbing dan penguji karena telah memberikan penulis ilmu dan pengalaman ketika menjalani kegiatan di Universitas Islam Indonesia.

Terima kasih kepada teman – teman seperjuangan di Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, dan semoga tugas akhir saya dapat berguna dan bermanfaat untuk generasi penerus kelak. Aamiin.

HALAMAN MOTTO

“Barang siapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR. MUSLIM)

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

(QS. Al – Hadid : 4)

“Musuh yang paling berbahaya di atas dunia adalah penakut dan bimbang, dan teman paling setia adalah keyakinan yang teguh.”

(Andrew Jackson)

“You can’t have a better tomorrow if you’re still thinking about yesterday.”

(Charles F. Kettering)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas rahmat, karunia – Nya sehingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir yang berjudul : **“PENGARUH VARIASI *DEGREE OF AVAILABILITY (D.O.A)* UREA PADA PROSES *PACK NITRIDING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK DARI *SPROCKET DRIVE NON PABRIK RESMI SEPEDA MOTOR*”**. Shalawat serta salam tak lupa kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita pada kehidupan yang lebih baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak, maka perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan segala nikmat dan rahmat – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Keluarga tercinta yang senantiasa memberikan segala dukungan, motivasi, kasih sayang dan semangat kepada penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan perhatian selama pelaksanaan tugas akhir.
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTI UII yang telah mengajarkan dan memberika ilmunya dengan sepenuh hati.
6. Bapak Lilik selaku pembimbing dalam melakukan pengujian material di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.
7. A. Rahman selaku teman ataupun rekan kerja pada penelitian ini.
8. Teman – teman seperjuangan Angkatan 2016 Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

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

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 8 Mei 2022

Penulis,

Muhammad Riza Yudhawan

16525112



ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi *degree of availability* (*D.O.A*) atau derajat ketersediaan media urea proses *nitriding* terhadap sifat fisik dan mekanik dari *sprocket* non – pabrikan resmi. Penelitian ini menggunakan metode *pack nitriding* (nitridasi padat). Proses *pack nitriding* menggunakan pupuk urea sebagai sumber nitrogen, suhu pemanasan 550°C dan waktu penahanan selama 2,5 jam. Kemudian proses pendinginan menggunakan air sebagai media pendinginan. Selanjutnya spesimen *sprocket* dilakukan pengujian keausan, kekerasan, komposisi kimia, pengamatan struktur mikro dan laju korosi. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa besarnya *degree of availability* dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari *sprocket* tersebut. Untuk nilai rata - rata keausan spesifik *sprocket* pabrikan resmi sebesar 0,00039 $mm^3/kg.m$ dan non – pabrikan resmi sebesar 0,00059 $mm^3/kg.m$. Selanjutnya hasil *sprocket* proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* 0,2 memiliki ketahanan aus yang terbaik yaitu 0,00010 $mm^3/kg.m$. Untuk nilai rata – rata kekerasan *sprocket* pabrikan resmi sebesar 346,68 *VHN* dan *sprocket* non – pabrikan resmi sebesar 266,76 *VHN*. Kemudian hasil nilai kekerasan paling tinggi dimiliki oleh *sprocket* proses *pack nitriding* dengan nilai sebesar 356,18 *VHN*. Hasil pengujian laju korosi *sprocket* dengan proses *pack nitriding* dan tanpa proses *pack nitriding* didapat hasil *excellent* (sangat baik). Hasil pengamatan struktur mikro pada *sprocket* dengan proses *pack nitriding* memiliki lapisan putih (*white layer*), untuk lapisan putih paling tebal dimiliki oleh *sprocket* dengan variasi *D.O.A* 0,2 dengan tebal sebesar 7,5 μm .

Kata kunci : *pack nitriding*, *sprocket*, *degree of availability*, keausan, kekerasan

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the effect of variations in the degree of availability (D.O.A) of urea nitriding process on the physical and mechanical properties of non-official sprockets. This research uses pack nitriding method (solid nitriding). The pack nitriding process uses urea as a nitrogen source, the heating temperature is 550°C and the holding time is 2,5 hours. Then the cooling process uses water as the cooling medium. Furthermore, the sprocket specimens were tested for wear, hardness, chemical composition, microstructure observations and corrosion rates. From this research, the key is that the level of availability can affect the physical and mechanical properties of the sprocket. For the average specific wear value of the official sprockets of 0,00039 mm³ / kg.m and non-official manufacturers of 0,00059 mm³ /kg.m. Furthermore, the results of the sprocket pack nitriding process with a variation of D.O.A 0.2 have the best wear resistance of 0,00010 mm³ /kg.m. For the average hardness value of the official factory sprocket is 346.68 VHN and the non-official sprocket is 266.76 VHN. Then the highest hardness results are owned by the sprocket pack nitriding process with a value of 356.18 VHN. The results of testing the corrosion rate of sprockets with the pack nitriding process and without the pack nitriding process obtained very good (very good) results. The results of the observation of the microstructure on the sprocket with the pack nitriding process have a white layer, for the white layer the thickest is owned by the sprocket with a variation of 0.2 D.O.A with a thickness of 7,5 µm.

Key word : *pack nitriding, sprocket, degree of availability, wear, hardness*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
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	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi	xv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	2
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	5
2.3 Nitridasi (<i>Nitriding</i>)	6
2.4 <i>Sprocket</i>	7
2.5 Baja	7
2.5.1 Baja Karbon	7
2.5.2 Baja Paduan	8
2.6 Pengujian Material	8
2.6.1 Pengujian <i>Vickers Microhardness</i>	9

2.6.2	Pengujian Keausan	10
2.6.3	Pengujian Metalografi	10
2.6.4	Pengujian Laju Korosi	11
2.6.5	Pengujian Komposisi Kimia.....	12
Bab 3	Metode Penelitian	13
3.1	Alur Penelitian	13
3.2	Peralatan dan Bahan.....	14
3.3	Pembuatan Spesimen	19
3.3.1	Proses Pemotongan.....	19
3.3.2	Persiapan Tabung Nitridasi	19
3.3.3	Proses <i>Pack Nitriding</i>	20
3.4	Proses Pengujian	22
3.4.1	Pengujian Keausan	22
3.4.2	Pengujian Kekerasan <i>Vickers Microhardness</i>	23
3.4.3	Pengamatan Struktur Mikro.....	23
3.4.4	Pengujian Komposisi Kimia.....	24
3.4.5	Pengujian Laju Korosi	24
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	25
4.1	Hasil dan Analisis Pengujian	25
4.1.1	Hasil Proses <i>Nitriding</i>	25
4.1.2	Uji Keausan	25
4.1.3	Uji Kekerasan <i>Vickers Microhardness</i>	27
4.1.4	Pengamatan Struktur Mikro.....	28
4.1.5	Uji Komposisi Kimia.....	30
4.1.6	Uji Laju Korosi.....	32
Bab 5	Penutup.....	34
5.1	Kesimpulan	34
5.2	Saran	35
Daftar Pustaka	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi (Afandi et al, 2015).....	11
Tabel 3- 1 Alat Penelitian.....	14
Tabel 3- 2 Bahan Penelitian.....	17
Tabel 3- 3 Jumlah Urea yang Digunakan	21
Tabel 3- 4 Jumlah Urea pada Spesimen Pengujian Komposisi Kimia	21
Tabel 4- 1 Parameter Proses Nitridasi	25
Tabel 4- 2 Komposisi Kimia <i>Sprocket</i> Pabrikan Resmi	30
Tabel 4- 3 Komposisi Kimia <i>Sprocket</i> Non - Pabrikan Resmi.....	30
Tabel 4- 4 Komposisi Kimia <i>Sprocket</i> dengan Proses <i>Pack Nitriding D.O.A 0,131</i>	
Tabel 4- 5 Komposisi Kimia <i>Sprocket</i> dengan Proses <i>Pack Nitriding D.O.A 0,15</i>	31
Tabel 4- 6 Komposisi Kimia <i>Sprocket</i> dengan Proses <i>Pack Nitriding D.O.A 0,231</i>	
Tabel 4- 7 Hasil Pengujian Korosi	32
Tabel 4- 8 Hasil Perhitungan Laju Korosi.....	33
Tabel 4- 9 Hasil Tingkat Ketahanan Korosi pada <i>Sprocket</i>	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Ilustrasi Proses Nitridasi Padat (<i>Pack Nitriding</i>)	6
Gambar 2- 2 Uji Kekerasan <i>Vickers Microhardness</i> (<i>Gunawan & Sriyono, 2016</i>)9	
Gambar 2- 3 Jejak Hasil Penekanan Indentor (<i>Gunawan & Sriyono, 2016</i>).....	9
Gambar 2- 4 Pengujian Keausan (<i>Wahyuni & Adnan, 2016</i>)	10
Gambar 2- 5 Mikroskop Metalografi (<i>Manurung et al, 2020</i>)	11
Gambar 3- 1 Alur Proses Penelitian	13
Gambar 3- 2 (a) Spesimen Nitridasi dan (b) Spesimen Nitridasi Pengujian Komposisi Kimia.....	19
Gambar 3- 3 Tabung Nitridasi.....	20
Gambar 3- 4 Proses dimasukkan tabung dalam <i>furnace</i> dan pendinginan cepat .	21
Gambar 3- 5 Hasil Spesimen Nitridasi	21
Gambar 3- 6 <i>Universal Friction Wear Tester</i>	22
Gambar 3- 7 Spesimen Uji Keausan	22
Gambar 3- 8 (a) Spesimen Uji Kekerasan dan (b) <i>Microvikers Hardness - M3 Microscope</i>	23
Gambar 3- 9 Spesimen Pengamatan Struktur Mikro.....	23
Gambar 3- 10 Spesimen Uji Komposisi Kimia	24
Gambar 3- 11 Spesimen Uji Laju Korosi	24
Gambar 4- 1 Hasil Proses Nitridasi	25
Gambar 4- 2 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Keausan Spesifik.....	26
Gambar 4- 3 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan <i>Vickers</i>	28
Gambar 4- 4 Pengamatan Struktur Mikro : (a) <i>Sprocket</i> Pabrikan Resmi dan (b) <i>Sprocket</i> Non - Pabrikan Resmi	29
Gambar 4- 5 Pengamatan Struktur Mikro <i>Sprocket</i> dengan Proses <i>Pack Nitriding</i> Variasi <i>D.O.A</i> : (a) <i>D.O.A</i> 0,1; (b) <i>D.O.A</i> 0,15 dan (c) <i>D.O.A</i> 0,2	29

DAFTAR NOTASI

<i>HV</i>	= <i>Hardness vickers</i>
<i>P</i>	= Beban yang diberikan
<i>L</i>	= Diagonal rata – rata
α	= Sudut puncak (136°)
<i>Ws</i>	= Keausan spesifik
<i>B</i>	= Lebar piringan pengaus
<i>bo</i>	= Lebar keausan spesimen
<i>r</i>	= Jari – jari piringan pengaus
<i>lo</i>	= Jarak tempuh pada proses pengausan
<i>CR</i>	= Laju korosi
<i>k</i>	= Konstanta ($8,76 \times 10^4$)
<i>W</i>	= Massa yang hilang
<i>D</i>	= Densitas
<i>A</i>	= Luas permukaan
<i>T</i>	= Waktu
<i>D.O.A</i>	= <i>Degree of availability</i> atau derajat ketersediaan
<i>m</i>	= Massa
<i>p</i>	= Panjang
<i>l</i>	= Lebar
<i>t</i>	= Tinggi

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepeda motor merupakan alat transportasi yang paling banyak digunakan saat ini di seluruh negara khususnya di Indonesia, karena selain harga dan bahan bakar yang murah juga dapat melewati jalan yang sempit dan menyusup diantara kemacetan dibandingkan dengan mobil. Menurut data yang disampaikan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), populasi jumlah sepeda motor yang beredar di Indonesia pada tahun 2020 sebanyak 115,02 juta unit. Dibandingkan dengan populasi jumlah sepeda motor pada tahun 2018 sebanyak 106,65 juta unit. Dari data tersebut, maka perkembangan industri sepeda motor di Indonesia berkembang dengan pesat.

Dengan semakin meningkatnya jumlah sepeda motor di Indonesia maka dibutuhkan suku cadang yang diproduksi akan semakin meningkat salah satunya ialah *sprocket*. *Sprocket* ialah komponen terbuat dari baja yang berpasangan dengan rantai guna meneruskan gaya putar antara poros depan dengan poros belakang bersamaan dengan rantai roda. (Hermawan, 2017)

Saat ini komponen *sprocket* yang digunakan pada masyarakat terdiri dari berbagai jenis merek, mulai dari *sprocket* pabrikan resmi yang harganya relatif mahal hingga *sprocket* non - pabrik resmi yang harganya relatif murah. Dengan hal tersebut tentu ada perbedaan kualitas dari jenis *sprocket* yang dipakai. (Novendra et al, 2018)

Untuk meningkatkan kualitas pada sifat mekanis dan sifat fisik dari *sprocket* yaitu dengan dilakukan proses *pack nitriding*. Proses *pack nitriding* ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja dengan menggunakan nitrogen dan bantuan senyawa organik sebagai sumber nitrogen dalam prosesnya. (Rumendi & Hermawan, 2014)

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis ingin melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi *degree of availability* (D.O.A) atau derajat

ketersediaan untuk media urea pada proses *pack nitriding* terhadap sifat fisik dan mekanik dari *sprocket* non – pabrik resmi sepeda motor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka penulis merumuskan masalah pada Tugas Akhir ini yaitu bagaimana pengaruh variasi *degree of availability* (D.O.A) atau derajat ketersediaan untuk media urea pada proses *pack nitriding* terhadap sifat fisik dan mekanik dari *sprocket* non – pabrik resmi sepeda motor.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Proses *pack nitriding* dilakukan menggunakan mesin *Furnace Wisetherm* yang terdapat pada Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia dengan pupuk urea sebagai sumber nitrogen, suhu pemanasan sebesar 550°C, waktu penahanan selama 2,5 jam dan media pendinginan menggunakan air.
2. *Sprocket* yang digunakan adalah sproket 428 – 15T non – pabrikan resmi
3. Proses *pack nitriding* yang menggunakan 3 macam variasi *degree of availability* (D.O.A) atau derajat ketersediaan untuk media urea yang berbeda, yaitu (0,1; 0,15; dan 0,2) *gr/mm²*.
4. Pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian komposisi kimia, pengujian keausan, pengujian kekerasan mikro *vickers*, pengujian korosi dan pengamatan struktur mikro.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

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

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi *degree of availability* (D.O.A) atau derajat ketersediaan untuk media urea pada proses *pack nitriding* terhadap sifat fisik dan sifat mekanik dari *sprocket* non – pabrik resmi.

2. Untuk membandingkan sifat fisik dan sifat mekanik *sprocket* non – pabrik resmi yang telah mengalami proses *pack nitriding* dengan *sprocket* non – pabrik resmi (*raw material*) dan *sprocket* pabrik resmi.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat yang didapat dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui sifat fisik maupun mekanik dari *sprocket* non – pabrik resmi yang telah dilakukan proses *pack nitriding* dengan variasi *degree of availability (D.O.A)*.

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

Pada tugas akhir yang ditulis oleh (M Intan, 2004) meneliti tentang pengaruh jumlah urea dan waktu proses *powder nitriding* baja karbon rendah. Proses *powder nitriding* pada penelitian ini menggunakan pupuk urea sebagai sumber nitrogen. Suhu pemanasan sebesar 520°C dan variabel yang berpengaruh yaitu D.O.A (*Degree of Availability*) /derajat ketersediaan urea 0,15 & 0,25 pada masing – masing *holding time* atau penahanan waktu selama (1; 1,5; 2; dan 2,5) jam. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa semakin tinggi D.O.A (*degree of availability*) dan semakin lama waktu penahanan proses *nitriding* maka semakin tebal lapisan *white layer*, dan semakin keras material.

Dalam jurnal penelitian yang ditulis oleh (Trisbenheiser, 2020) tentang pengaruh proses *nitriding* terhadap perubahan kekerasan dan keausan permukaan baja ST 40 dengan variasi waktu dan suhu. Proses *nitriding* pada penelitian ini ialah pupuk urea dengan variasi waktu 1; 3; dan 5 jam serta variasi suhu sebesar 450°C, 500°C, dan 550°C. Dari penelitian ini didapat hasil baik pada suhu 550°C dengan tahanan waktu selama 5 jam yaitu 116,51 HB dan 0,46 $mm^3/menit$ dibandingkan dengan suhu 450°C dengan tahanan waktu selama 1 jam sebesar 113,7 HB dan 1,41 $mm^3/menit$.

Penelitian ditulis oleh (Xue et al, 2020) yaitu peningkatan ketahanan aus dan erosi – korosi pada *inconel 718 alloy* dengan *liquid nitriding*. Proses *nitriding* pada penelitian ini menggunakan proses *liquid nitriding* yang spesimennya digantung dan direndam pada larutan garam serta dipanaskan pada suhu 500°C selama 16 jam. Untuk pengujian keausan nitridasi dilakukan pada suhu 25°C, 100°C, dan 200°C Hasil penelitian ini pada pengujian keausan adhesif dan abrasif menunjukkan tingkat keausan sampel nitridasi semuanya lebih kecil dibandingkan dengan sampel yang tidak diberikan perlakuan, sedangkan untuk pengujian korosi yang direndam pada larutan NaCl sebesar 3,5% dari massa dan

HCl sebesar 5% dari volume menunjukkan peningkatan sebesar 80,3% dalam ketahanan erosi – korosi pada sampel yang diberi perlakuan.

Dari jurnal dan penelitian mengenai pengaruh perlakuan panas pada permukaan khususnya pada proses nitridasi diatas. Penulis dalam penelitian ini akan mencoba melakukan proses perlakuan panas pada permukaan khusus pada proses *pack nitriding* dengan menggunakan media pupuk urea sebagai sumber nitrogen dan objek yang digunakan yaitu *sprocket* dengan tipe 428 – 15T. Parameter yang divariasikan pada penelitian ini ialah *degree of availability* (*D.O.A*) atau derajat ketersediaan dari media yang akan dipakai sebesar (0,1; 0,15; 0,2) *gr/mm²*. Selanjutnya objek spesimen dilakukan beberapa pengujian berupa pengujian keausan, pengujian kekerasan, pengamatan struktur mikro, pengujian komposisi kimia, dan pengujian laju korosi. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari objek spesimen yang diteliti.

2.2 Dasar Teori

Heat treatment (perlakuan panas) adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol dengan tujuan untuk mengubah sifat fisik dari logam. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat – sifat logam yang diinginkan. (Setiawan, 2012)

Proses perlakuan panas ada dua kategori, yaitu :

1. *Softening* (Pelunakan) : ialah usaha yang bertujuan untuk menurunkan sifat mekanik material agar material menjadi lunak dengan upaya mendinginkan material yang telah dipanaskan (*annealing*) dalam tungku pembakaran atau didinginkan pada udara terbuka (*normalizing*)
2. *Hardening* (Pengerasan) : ialah usaha yang bertujuan untuk meningkatkan sifat material, agar kekerasan material menjadi baik dengan melalui proses pendinginan cepat (*quenching*) dengan menggunakan media seperti air, air laut atau air garam, dan oli setelah proses pemanasan. (Pratama, 2019)

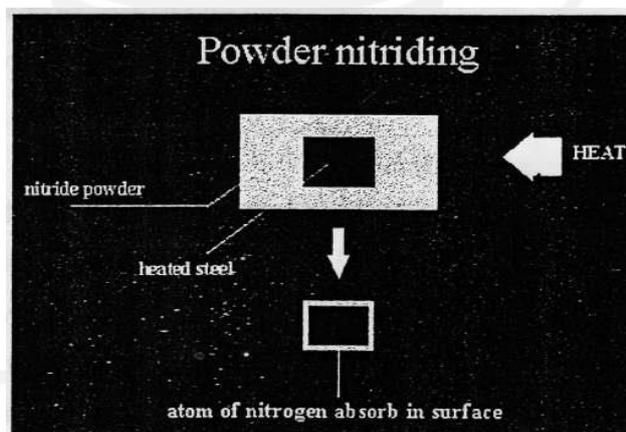
2.3 Nitridasi (*Nitriding*)

Proses nitridasi adalah salah satu proses perlakuan panas kimia (*thermo chemical treatment*) yang bertujuan meningkatkan kekerasan permukaan dengan mendifusikan atom nitrogen ke permukaan baja yang berada dalam fasa *ferit* pada temperatur (500 – 590) °C. (Setiawan & Purwadi, 2009)

Nitridasi bertujuan untuk :

1. Memperoleh kekerasan yang tinggi pada permukaan saja
2. Meningkatkan ketahanan aus
3. Meningkatkan ketahanan lelah
4. Meningkatkan ketahanan korosi (kecuali *stainless steel*)
5. Memiliki kekerasan yang relatif stabil sampai temperatur 600°C. (M Intan, 2004)

Nitridasi padat (*pack nitriding*) ialah proses meningkatkan kekerasan permukaan baja dengan menggunakan nitrogen dengan bantuan senyawa organik sebagai sumber nitrogen.



Gambar 2- 1 Ilustrasi Proses Nitridasi Padat (*Pack Nitriding*)

Dalam prosesnya baja yang akan diproses dimasukkan ke dalam wadah yang terbuat dari keramik, kaca ataupun logam bersamaan dengan media senyawa yang berfungsi sebagai sumber nitrogen. Dalam proses pemanasannya media senyawa bereaksi stabil dan terdifusi dengan logam pada suhu sampai dengan 570°C. Waktu proses yang dilakukan berkisar pada rentang waktu 2 – 16 jam. (Rumendi & Hermawan, 2014)

2.4 *Sprocket*

Sprocket ialah komponen yang terbuat dari baja guna mentranmisikan gaya putar antara dua poros yang roda gigi tidak dapat menjangkaunya. Pada kendaraan bermotor roda dua terdapat dua jenis *sprocket* yaitu *sprocket* kecil yang berada di bagian depan yang berfungsi sebagai meneruskan putaran dari transmisi ke rantai dan *sprocket* besar yang terletak pada bagian belakang yang berfungsi sebagai meneruskan putaran dari rantai ke roda. (Basselo et al, 2014)

2.5 **Baja**

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utama yang berfungsi sebagai unsur penguat untuk mencegah dislokasi pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Dalam baja ada pula unsur paduan lainnya seperti mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium, dan tungsten (Hermawan, 2017). Berdasarkan dari komposisi kimianya, material baja dibagi menjadi 2 (dua) kelompok yaitu baja karbon dan baja paduan. (Suarsana, 2014)

2.5.1 **Baja Karbon**

Baja karbon ialah material baja dengan unsur karbon sebagai unsur paduan utama. Baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya, yaitu :

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

Baja ini memiliki kandungan unsur karbon $<0,25\%$. Baja ini memiliki sifat mudah ditempa, mudah proses pemesinan, dan dilas. Sehingga baja ini memiliki keuletan yang baik namun kekerasan dan keausan yang rendah. Baja jenis ini biasa diaplikasikan pada bodi mobil, jembatan, dan lain – lain. (Hermawan, 2017)

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

Baja ini memiliki kandungan unsur karbon sebesar $0,25\% - 0,5\%$. Baja ini memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja ini biasa diaplikasikan pada *connecting rods*, *crank pins*, crankshaft, dan lain – lain. (Hermawan, 2017)

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

Baja ini memiliki kandungan karbon sebesar 0,5% - 1,7%. Baja ini memiliki sifat tahan panas yang tinggi, kekerasan yang tinggi, kekuatan tarik yang tinggi namun keuletan yang rendah. Baja ini sering diaplikasikan dalam pembuatan pegas dan alat – alat perkakas. (Hermawan, 2017)

2.5.2 Baja Paduan

Berdasarkan kandungannya pada unsur baja paduan dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu :

a. Baja Paduan Rendah (*Low Alloy Steel*)

Baja paduan rendah ialah baja yang memiliki unsur paduan rendah kurang dari <10% selain dari unsur karbon. Baja ini memiliki kekuatan dan keuletan yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon dengan kadar karbon yang sama. Baja ini memiliki kekerasan dan tahan korosi lebih baik pada umumnya. Aplikasi dari baja jenis ini biasa digunakan sebagai konstruksi mesin. (Suarsana, 2014)

b. Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*)

Baja paduan tinggi ialah baja yang memiliki unsur paduan sama atau lebih dari > 10% selain dari unsur karbon. Baja paduan ini memiliki sifat kekerasan dan kekuatan yang baik namun keuletan yang rendah. Selain itu memiliki sifat khusus tertentu, baja tahan panas (*stainless steel*), baja perkakas (*High Speed Steel*), baja tahan panas (*heat resisting steel*), dan lain – lain. (Suarsana, 2014)

2.6 Pengujian Material

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

1. Pengujian merusak : ialah pengujian yang bersifat merusak bahan material yang diuji. Contoh dari pengujian ini ialah uji tarik, uji keras, uji impak, uji leleh, dan uji mulur.

2. Pengujian tidak merusak : ialah pengujian yang tidak merusak benda bahan material yang diuji. Hal ini dilakukan hanya untuk melihat adanya cacat pada permukaan maupun dibawah bahan material yang diuji. (Hidayat, 2019)

2.6.1 Pengujian *Vickers Microhardness*

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui ketahanan material dari deformasi plastis dengan diberikan gaya atau beban dari luar. Pengujian *vickers* menggunakan indenter berbahan intan dan berbentuk piramida bujur sangkar dengan sudut puncak 136° serta beban yang biasanya dipakai antara 1 – 120 kg. Nilai kekerasan dapat diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$HV = \frac{2P \sin(\frac{\alpha}{2})}{L^2} = \frac{1854P}{L^2} \quad (2.1)$$

Dengan :

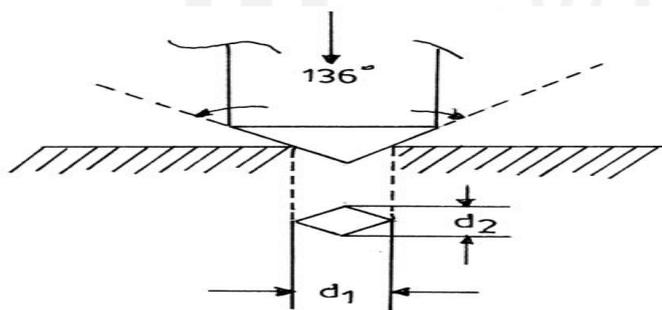
HV = *Hardness vickers*

P = Beban yang diberikan (kg)

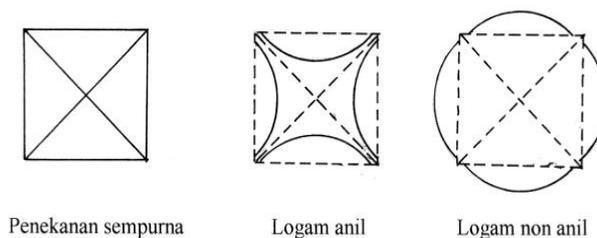
L = Diagonal rata – rata (mm)

α = Sudut puncak

Pada gambar 2 -2 merupakan ilustrasi dari pengujian *vickers* dan gambar 2-3 merupakan jejak hasil penekanan.



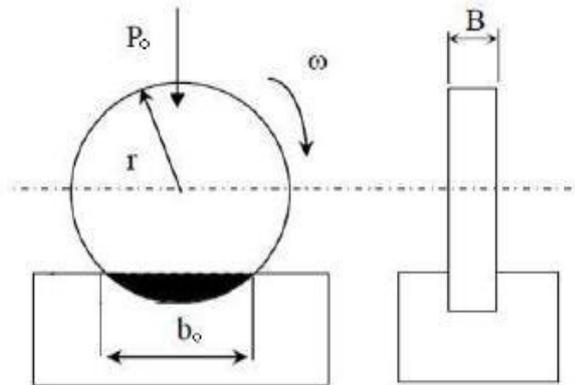
Gambar 2- 2 Uji Kekerasan *Vickers Microhardness* (Gunawan & Sriyono, 2016)



Gambar 2- 3 Jejak Hasil Penekanan Indentor (Gunawan & Sriyono, 2016)

2.6.2 Pengujian Keausan

Keausan dapat didefinisikan sebagai kerusakan pada permukaan yang disebabkan oleh hilangnya material akibat adanya gaya mekanik yang berhubungan dalam bentuk padat, cair, ataupun gas (Hamzah & Iqbal, 2008). Tujuan dari uji keausan ialah untuk mengetahui daya tahan tingkat keausan permukaan benda terhadap goresan atau gesekan.



Gambar 2- 4 Pengujian Keausan (Wahyuni & Adnan, 2016)

Nilai keausan spesifik dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Ws = \frac{B \times bo^3}{8 \times r \times Po \times lo} \left(\frac{mm^3}{kg.m} \right) \quad (2.2)$$

Dengan :

Ws = Keausan spesifik $\left(\frac{mm^3}{kg.m} \right)$

B = Lebar piringan pengaus (mm)

bo = Lebar keausan spesimen (mm)

r = Jari – jari piringan pengaus (mm)

Po = Gaya tekan pada proses keausan (kg)

lo = Jarak tempuh pada proses pengausan (m)

2.6.3 Pengujian Metalografi

Metalografi ialah suatu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang struktur dan hubungannya dengan sifat – sifat logam dan paduannya. (Gunawan & Sriyono, 2016)

Metalografi dibedakan menjadi dua jenis yaitu makrografi dan mikrografi. Makrografi digunakan untuk mempelajari struktur logam dan paduannya

menggunakan mata telanjang ataupun dapat menggunakan lensa dengan perbesaran 15 kali dan hasil dari pengamatan makrografi disebut makrostruktur. Sedangkan mikrografi digunakan untuk mempelajari struktur logam dan paduannya menggunakan mikroskop dengan perbesaran 20 – 2000 kali dengan tujuan untuk mengetahui kandungan unsur kimia, menemukan cacat mikro dan menentukan ukuran bentuk butir kristal, hasil dari pengamatan mikrografi disebut mikrostruktur. (Manurung et al, 2020)



Gambar 2- 5 Mikroskop Metalografi (Manurung et al, 2020)

2.6.4 Pengujian Laju Korosi

Korosi merupakan peristiwa rusaknya material yang dipengaruhi oleh reaksi kimia atau elektro kimia dengan lingkungannya. Kerusakan material yang disebabkan oleh fisik disebut dengan erosi atau aus. (Yusuf, 2008)

Laju korosi ialah kecepatan penurunan atau rambatan kualitas bahan terhadap waktu. Satuan yang digunakan pada laju korosi adalah mm/th untuk standar internasional dan *mill/year (mpy)* untuk standar *british*. Pada tabel 2-1 merupakan tingkat ketahanan korosi berdasarkan laju korosi. (Afandi, 2015)

Tabel 2- 1 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi (Afandi et al, 2015)

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

Untuk mendapatkan nilai laju korosi digunakan metode pengukuran kehilangan berat, kehilangan berat kupon logam dalam satuan waktu dapat disebut dengan besarnya korosi. Hal itu dapat ditulis secara matematis dengan persamaan berikut :

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

Dengan :

- CR = Laju korosi (*mm/year*)
- k = Konstanta ($8,76 \times 10^4$)
- W = Massa yang hilang (g)
- D = Densitas (g/cm^3)
- A = Luas permukaan (cm^2)
- T = Waktu (jam) (Yusuf, 2008)

2.6.5 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui/menentukan unsur kandungan yang terdapat pada sampel uji. Pengujian ini dapat menentukan kadar komposisi, struktur, sifat fisik, fungsi senyawa. Dalam pengujian komposisi kimia dibedakan menjadi 2 jenis yaitu kualitatif dan kuantitatif.

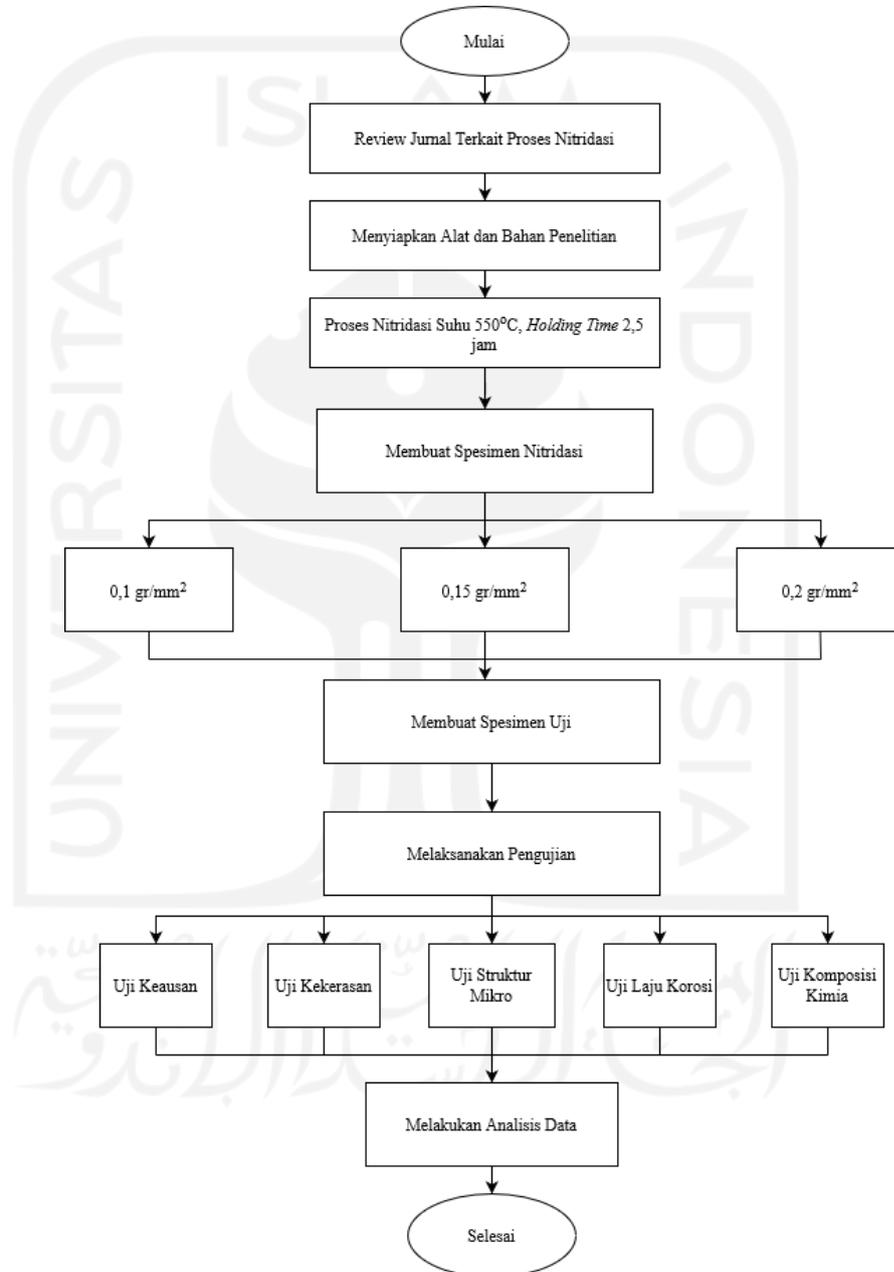
1. Kualitatif bertujuan untuk mengetahui keberadaan suatu ion, unsur maupun senyawa pada suatu sampel.
2. Kuantitatif bertujuan untuk mengetahui jumlah suatu unsur maupun senyawa yang berada pada suatu sampel. (Sembiring et al, 2019)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

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



Gambar 3- 1 Alur Proses Penelitian

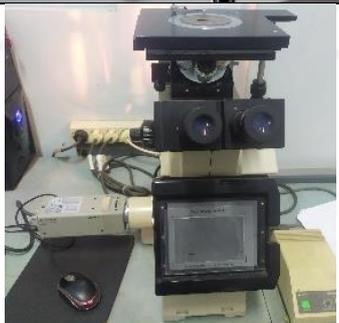
3.2 Peralatan dan Bahan

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 (APD)		Melindungi diri pada saat melakukan proses pemotongan dan nitridasi
2	Mesin <i>Furnace</i>		Proses pemanasan pada benda kerja
3	Tabung Nitridasi		Wadah spesimen dan media proses nitridasi
4	Gerinda		Memotong benda kerja

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

No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
10	Penjepit dan Sikat Kawat		Menjepit tabung nitridasi dan pembersih kerak pada <i>furnace</i>
11	Mesin Gripo 2M		Menghaluskan benda uji secara rata
12	Microvickers Hardness – M3 Microscope		Untuk melihat hasil uji kekerasan
13	Universal Friction Wear Tester		Alat melakukan uji keausan
14	Stereo Zoom Microscope		Alat pengamat struktur mikro

No.	Nama Alat	Gambar	Kegunaan
15	Mikroskop Optik & Monitor		Mengamati goresan uji keausan
16	<i>Spectrometer</i>		Alat penguji komposisi kimia
17	Laptop		Mengolah data

Tabel 3- 2 Bahan Penelitian

No.	Nama Bahan	Gambar
1	<i>Sprocket</i> pabrik resmi Yamaha tipe 93822 - 15069	

No.	Nama Bahan	Gambar
2	Sprocket 428 – 15T non pabrik resmi	
3	Pupuk urea	
4	Resin dan katalis	
5	Plastisin, kaca, cetakan dan lem	
6	Air laut	

No.	Nama Bahan	Gambar
7	Autosol dan cairan etsa NaOH 50%	

3.3 Pembuatan Spesimen

3.3.1 Proses Pemotongan

Pada penelitian ini spesimen yang digunakan ialah *sprocket* non pabrikan resmi dengan tipe 428 – 15T yang dipotong dengan gerinda. Dimensi spesimen (27 x 8 x 7) mm agar memudahkan dalam proses nitridasi, sedangkan untuk spesimen pengujian komposisi kimia berdimensi (30 x 13 x 7) mm, hal ini dikarenakan pada menyesuaikan dengan minimal dimensi proses pada saat pengujian.



(a)



(b)

Gambar 3- 2 (a) Spesimen Nitridasi dan (b) Spesimen Nitridasi Pengujian
Komposisi Kimia

3.3.2 Persiapan Tabung Nitridasi

Pada penelitian ini tabung nitridasi digunakan untuk sebagai wadah spesimen dan juga media nitridasi. Tabung yang digunakan terbuat dengan bahan baja galvanis dengan ukuran \varnothing 2,5 inci x 150 mm, pada permukaan tabung bagian

dalam dilapisi dengan semen tahan api dan *flinkote* agar nitrogen tidak terdifusi pada tabung.



Gambar 3- 3 Tabung Nitridasi

3.3.3 Proses *Pack Nitriding*

Proses nitridasi dilakukan menggunakan metode *pack nitriding* atau nitridasi padat. Pada proses ini menggunakan mesin *Furnace Wisetherm* yang berada di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia seperti pada gambar 3-5. Pada tahap awal yang dilakukan ialah menghitung banyaknya urea yang akan digunakan untuk mendapatkan *D.O.A* (*degree of availability*) atau derajat ketersediaan urea dengan menggunakan rumus :

$$D.O.A = \frac{m}{A} (gr/mm^2) \quad (3.1)$$

Dengan :

D.O.A = *Degree of availability* atau derajat ketersediaan (gr/mm^2)

m = Massa media nitridasi (gram)

A = Luas permukaan spesimen (mm^2)

Luas permukaan spesimen yang akan dinitridasi yaitu luas permukaan balok :

$$A = 2((p \times l) + (p \times t) + (l \times t)) \quad (3.2)$$

Dengan :

A = Luas permukaan (mm^2)

p = Panjang (mm)

l = Lebar (mm)

t = Tinggi (mm)

Maka luas permukaan pada spesimen uji nitridasi ialah 922 mm^2 dan spesimen yang digunakan pada pengujian komposisi kimia ialah 1382 mm^2 . Berdasarkan dengan luas permukaan yang telah didapatkan maka massa urea untuk derajat ketersediaan 0,1 ialah 92,2 gram dan untuk spesimen uji komposisi kimia ialah 138,2 gram.

Tahap selanjutnya menuangkan media nitridasi yaitu pupuk urea ke dalam tabung nitridasi sebesar dengan D.O.A masing – masing yaitu :

Tabel 3- 3 Jumlah Urea yang Digunakan

D.O.A	Jumlah Urea (gram)
0,1	92,2
0,15	138,3
0,2	184,4

Tabel 3- 4 Jumlah Urea pada Spesimen Pengujian Komposisi Kimia

D.O.A	Jumlah Urea (gram)
0,1	138,2
0,15	207,3
0,2	276,4

Kemudian tabung dimasukkan ke dalam mesin *furnace* untuk dilakukan proses *heat treatment* dengan suhu 550°C dan waktu penahanan selama 2,5 jam. Setelah proses pemanasan selesai, tabung dikeluarkan dari *furnace* dan spesimen dikeluarkan dari tabung lalu dilakukan proses pendinginan cepat agar menghasilkan kekerasan yang baik.



Gambar 3- 4 Proses dimasukkan tabung dalam *furnace* dan pendinginan cepat



Gambar 3- 5 Hasil Spesimen Nitridasi

3.4 Proses Pengujian

3.4.1 Pengujian Keausan

Pengujian keausan penelitian dilakukan di laboratorium D3 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada dengan menggunakan alat *Universal Friction Wear Tester*. Pengujian keausan ini menggunakan metode *ogoshi*, yaitu untuk mensimulasikan keausan abrasif pada spesimen uji. Tujuan dari dilakukan pengujian ini agar mengetahui ketahanan aus spesimen terhadap goresan ataupun gesekan.



Gambar 3- 6 Universal Friction Wear Tester

Untuk spesimen uji keausan, spesimen yang diuji berjumlah 5 buah (2 *raw material* (*sprocket* pabrikan resmi dan non – pabrikan resmi) dan 3 spesimen variasi). Spesimen hasil nitridasi diberikan resin sebagai dudukan pada saat proses pengujian seperti gambar 3-8. Spesifikasi pada pengujian keausan, yaitu jarak pengausan sepanjang 15 meter dan beban yang diberikan sebesar 6,36 kg. bekas goresan yang terbentuk akibat gesekan spesimen dengan piringan (*disc*) akan dilihat dan diukur menggunakan *Stereo Zoom Microscope*.



Gambar 3- 7 Spesimen Uji Keausan

3.4.2 Pengujian Kekerasan *Vickers Microhardness*

Pengujian kekerasan *Vickers Microhardness* dilakukan di laboratorium D3 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada dengan menggunakan alat *Microvickers Hardness – M3 Microscope*. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui nilai kekerasan dari spesimen uji. Untuk spesimen uji hasil nitridasi diberikan resin sebagai dudukan pada saat proses pengujian seperti pada gambar 3-9. Pada pengujian kekerasan ini dilakukan pada 3 titik dan spesifikasi pada pengujian menggunakan pembebanan sebesar 200 gf.



(a)



(b)

Gambar 3- 8 (a) Spesimen Uji Kekerasan dan (b) *Microvickers Hardness - M3 Microscope*

3.4.3 Pengamatan Struktur Mikro

Pada pengamatan struktur mikro ini dilakukan pada laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada. Spesimen uji sama seperti dengan spesimen uji keausan dan kekerasan. Sebelum diuji, permukaan spesimen dihaluskan menggunakan mesin Gripo 2M, kemudian spesimen dipoles menggunakan autosol dan diberikan cairan etsa HNO_3 dengan kadar 2,5% seperti pada gambar 3-10. Pengamatan dilakukan menggunakan *Stereo Zoom Microscope* dengan perbesaran lensa 100x dan 200x di bagian tepi spesimen agar hasil nitridasi dapat terlihat.



Gambar 3- 9 Spesimen Pengamatan Struktur Mikro

3.4.4 Pengujian Komposisi Kimia

Pada pengujian komposisi kimia dilakukan di PT. Itokoh Ceperindo dengan menggunakan alat *Optical Emission Spectrometer (OES)*. Tahap awal sebelum dilakukan pengujian komposisi kimia, yaitu spesimen diberikan resin sebagaiudukan agar pengujian mudah dan spesimen dapat terbaca pada alat uji. Kemudian spesimen dilakukan pengamplasan hingga permukaan halus dan datar. Spesimen benda uji memiliki ukuran penampang 40 mm x 35 mm seperti pada gambar 3-11. Spesimen yang diuji berjumlah 5 buah dengan 3 spesimen variasi dan 2 *raw material* (*sprocket* pabrikan resmi dan non – pabrikan resmi).



Gambar 3- 10 Spesimen Uji Komposisi Kimia

3.4.5 Pengujian Laju Korosi

Pengujian korosi dilakukan untuk mengetahui ketahanan material logam ketika terpapar reaksi kimia dari lingkungan. Proses pengujian dilakukan dengan mencelupkan spesimen kedalam wadah yang berisi air laut selama 40 hari yang dimana setiap 10 hari spesimen diukur menggunakan timbangan untuk mengetahui penurunan berat. Pada pengujian ini menggunakan air laut yang diambil dari Pantai Parangtritis, Yogyakarta.



Gambar 3- 11 Spesimen Uji Laju Korosi

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis Pengujian

Penelitian ini dilakukan beberapa jenis pengujian yang bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari material hasil proses nitridasi dengan variasi *degree of availability (D.O.A)*. Hasil dan analisis dari pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

4.1.1 Hasil Proses Nitriding

Hasil dari *sprocket* yang telah dilakukan proses *pack nitriding* seperti pada gambar 4-1 berikut ini:



Gambar 4- 1 Spesimen *Sprocket* Hasil Proses Nitridasi

Parameter yang digunakan pada proses *pack nitriding* penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4-1:

Tabel 4- 1 Parameter Proses Nitridasi

No.	Parameter	Parameter yang digunakan
1.	Media nitridasi	Pupuk urea
2.	Waktu penahanan	2,5 jam
3.	Suhu pemanasan	550°C
4.	Media pendinginan	Air
5.	<i>Degree of availability (D.O.A)</i>	(0,1; 0,15; dan 0,2)gr/mm ²

4.1.2 Uji Keausan

Pengujian keausan pada spesimen *sprocket* menggunakan *Universal Wear Tester* dengan metode *ogoshi*. Pengujian ini dilakukan pada 2 (dua) spesimen *raw material* yaitu *sprocket* pabrikan resmi dan *sprocket* non pabrikan resmi serta 3 spesimen variasi proses *nitriding*. Pengujian ini dilakukan pada permukaan spesimen dengan jarak pengausan sepanjang 15 meter dan diberi beban sebesar

6,36 kg. Setelah itu lebar dari area yang tergores diukur untuk dilakukan perhitungan keausan spesifik. Untuk perhitungan keausan spesifik dapat menggunakan persamaan (2.2). Hasil dari pengujian keausan dapat dilihat pada lampiran hasil pengujian keausan. Berikut adalah salah satu contoh untuk perhitungan dari keausan spesifik dengan sampel spesimen variasi *sprocket* dengan D.O.A 0,1 :

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

Pada titik 1 :

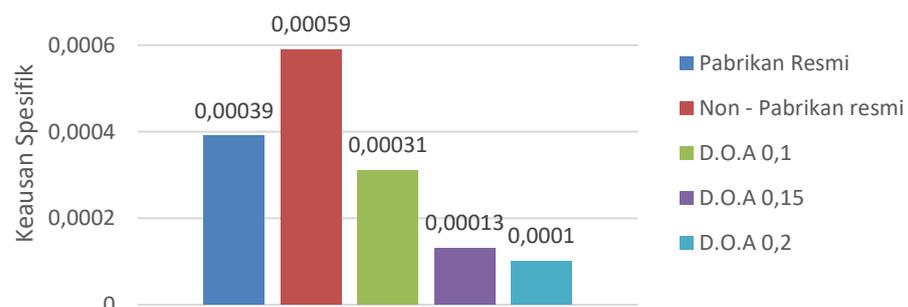
$$W_s = \frac{3,45 \times (0,8)^3}{8 \times 13,6 \times 6,36 \times 15} = 0,00017 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$$

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

$$\overline{W_s} = \frac{0,00017 + 0,00040 + 0,00035}{3} = 0,00031 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$$

Berdasarkan hasil pengujian keausan spesimen *raw material sprocket* dari pabrikan resmi memiliki rata - rata nilai sebesar $0,00039 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ dan non – pabrikan resmi sebesar $0,00059 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$. Untuk 3 spesimen dengan variasi *degree of availability (D.O.A)* memiliki nilai rata – rata sebesar $0,00031 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ untuk D.O.A 0,1; $0,00013 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ untuk D.O.A 0,15; dan $0,00010 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ untuk D.O.A 0,2.

Pada gambar 4-2 menunjukkan grafik perbandingan nilai rata – rata keausan spesifik antara *sprocket* pabrikan resmi, non – pabrikan resmi dan *sprocket* yang telah dilakukan proses *pack nitriding*.



Gambar 4- 2 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Keausan Spesifik

Dari gambar 4-2 menunjukkan peningkatan ketahanan aus pada *sprocket* dengan proses *pack nitriding* dibandingkan dengan *raw material sprocket* pada pabrikan resmi maupun non – pabrikan resmi. Nilai ketahanan aus paling baik diperoleh oleh *sprocket* dengan proses *pack nitriding* dengan *D.O.A* 0,2 yaitu $0,00010 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$. Hal ini menunjukkan bahwa *degree of availability (D.O.A)* atau derajat ketersediaan dengan media urea berpengaruh terhadap nilai ketahanan aus pada material logam. Semakin besar nilai *degree of availability (D.O.A)* maka semakin meningkat ketahanan aus dari material logam tersebut, hal ini dikarenakan banyaknya unsur nitrogen yang terdifusi pada permukaan material logam.

4.1.3 Uji Kekerasan *Vickers Microhardness*

Pengujian kekerasan *Vickers Microhardness* dilakukan menggunakan alat *Microvickers Hardness – M3 Microscope*. Pengujian pada 2 spesimen *raw material* yaitu *sprocket* pabrikan resmi dan non – pabrikan resmi serta 3 spesimen variasi *degree of availability (D.O.A)* dilakukan pada 3 titik dengan pembebanan sebesar 200 gf. 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 *sprocket* variasi *D.O.A* 0,1 :

Pada titik 1 :

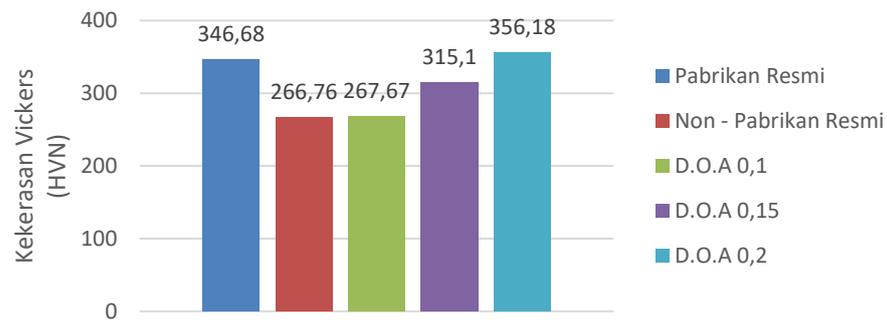
$$HV = \frac{1854 \times 200}{(37,08)^2} = 269,64 \text{ HVN}$$

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

$$\overline{HV} = \frac{269,64 + 263,68 + 269,64}{3} = 267,65 \text{ HVN}$$

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan spesimen *raw material sprocket* dari pabrikan resmi memiliki rata - rata nilai sebesar 346,68 HVN dan non – pabrikan resmi sebesar 266,76 HVN. Untuk 3 spesimen dengan variasi *degree of availability (D.O.A)* memiliki nilai rata – rata sebesar 267,65 HVN untuk *D.O.A* 0,1; 315,10 HVN untuk *D.O.A* 0,15; dan 356,18 HVN untuk *D.O.A* 0,2. Berikut

grafik perbandingan nilai kekerasan antara *sprocket* pabrikan resmi, non – pabrikan resmi dan *sprocket* yang telah dilakukan proses *pack nitriding*.

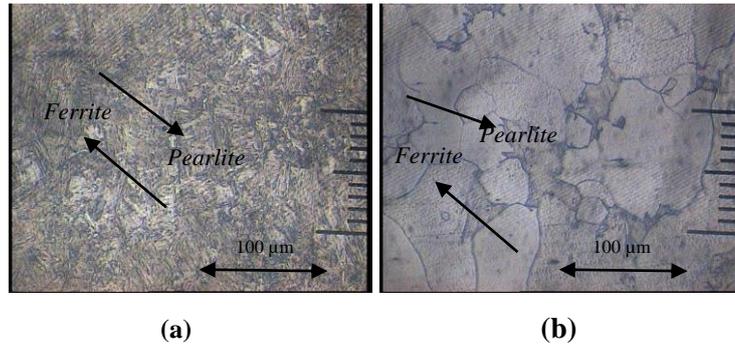


Gambar 4- 3 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Vickers

Berdasarkan grafik pada gambar 4-3 bahwa nilai kekerasan *sprocket* yang mengalami proses *pack nitriding* meningkat dibandingkan dengan *sprocket* non - pabrikan resmi. Nilai kekerasan paling baik diperoleh oleh *sprocket* yang telah mengalami proses *pack nitriding* dengan *D.O.A* 0,2 sebesar 356,18 HVN. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai *degree of availability* atau derajat ketersediaan dari media nitridasi dapat meningkatkan nilai kekerasan pada material logam tersebut.

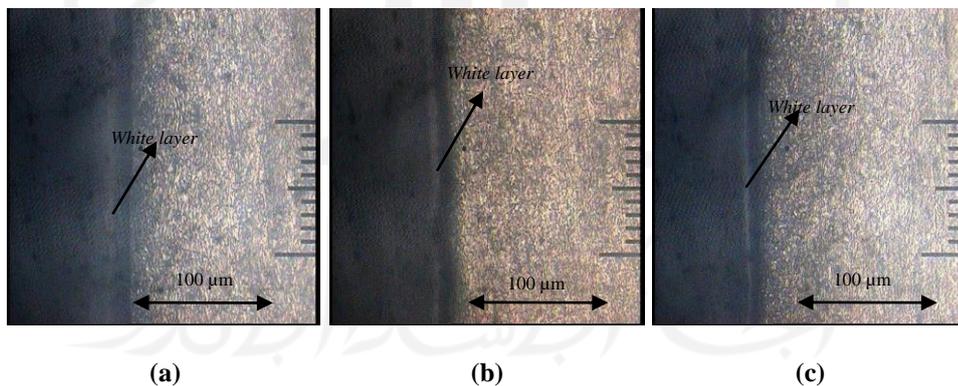
4.1.4 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur yang terbentuk pada suatu material. Pengamatan ini menggunakan *Stereo Zoom Microscope* dengan perbesaran lensa sebesar 100x. pengamatan ini dilakukan pada 5 spesimen yang terdiri dari 2 spesimen *raw material sprocket* pabrikan resmi dan non – pabrikan resmi serta 3 spesimen variasi *D.O.A* yang telah dilakukan proses *pack nitriding*. Pada gambar 4-4 menunjukkan struktur mikro dari *raw material sprocket*.



Gambar 4- 4 Pengamatan Struktur Mikro : (a) *Sprocket* Pabrikan Resmi dan (b) *Sprocket* Non - Pabrikan Resmi

Berdasarkan pada gambar 4-4 yang merupakan struktur mikro pada *sprocket* pabrikan resmi dan non – pabrikan resmi (*raw material*) terlihat bahwa struktur material terdiri dari *ferrite* yang berwarna putih atau terang dan *pearlite* yang berwarna hitam atau gelap. Kedua struktur ini terlihat adanya perbedaan dari banyaknya *ferrite* dan juga *pearlite*. Pada *sprocket* pabrikan resmi memiliki jumlah *pearlite* yang lebih banyak dibandingkan dengan non – pabrikan resmi sehingga berdampak pada nilai kekerasan. Semakin banyak jumlah *pearlite* pada material maka semakin keras material tersebut. Pada gambar 4-5 menunjukkan struktur mikro pada spesimen *sprocket* yang telah dilakukan proses *pack nitriding*.



Gambar 4- 5 Pengamatan Struktur Mikro *Sprocket* dengan Proses *Pack Nitriding* Variasi *D.O.A* : (a) *D.O.A* 0,1; (b) *D.O.A* 0,15 dan (c) *D.O.A* 0,2

Dari hasil pengamatan struktur mikro pada gambar 4-5 menunjukkan adanya lapisan putih (*white layer*) berupa senyawa nitrida (Fe_4N) yang terbentuk pada permukaan spesimen akibat difusi nitrogen selama proses *heat treatment* sehingga atom nitrogen yang berasal dari urea terurai. Untuk ketebalan lapisan

putih (*white layer*) pada masing – masing spesimen yaitu 2,5 μm pada spesimen dengan *D.O.A* 0,1; 5 μm pada spesimen dengan *D.O.A* 0,15 dan 7,5 μm pada spesimen dengan *D.O.A* 0,2. Adanya lapisan putih (*white layer*) berpengaruh pada kekerasan dan ketahanan aus dari material tersebut semakin tinggi karena lapisan tersebut membentuk ikatan logam dan non – logam dengan besi seperti ikatan keramik yang mebuat material komposit.

4.1.5 Uji Komposisi Kimia

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

Tabel 4- 2 Komposisi Kimia *Sprocket* Pabrikan Resmi

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	98,7296	P	0,0217
S	0,0102	Cu	0,0077
Al	0,0330	Ti	0,0011
C	0,6893	N	0,1639
Ni	0,0053	B	0
Nb	-0,0005	Pb	0,0001
Si	0,0074	Sb	0,0001
Cr	0,0323	Ca	0
V	0,0004	Mg	0,0001
Mn	0,2998	Zn	0,0007
Mo	-0,0010	Co	0,0018
W	0,0001		

Hasil pengujian komposisi kimia pada *sprocket* non – pabrikan resmi dapat dilihat pada tabel 4-3.

Tabel 4- 3 Komposisi Kimia *Sprocket* Non - Pabrikan Resmi

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	97,9580	P	0,0125
S	0,0107	Cu	0,0117
Al	0,0194	Ti	0,0094
C	0,5290	N	0,1044
Ni	0,0090	B	0,0004
Nb	0,0162	Pb	0,0001
Si	0,1044	Sb	0,0025
Cr	0,0110	Ca	0
V	0,0005	Mg	0,0001
Mn	1,1952	Zn	0,0011
Mo	-0,0016	Co	0,0042
W	0,0001		

Hasil pengujian komposisi kimia pada *sprocket* yang telah dilakukan proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* 0,1 dapat dilihat pada tabel 4-4.

Tabel 4- 4 Komposisi Kimia *Sprocket* dengan Proses *Pack Nitriding D.O.A* 0,1

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	97,7923	P	0,0244
S	0,0126	Cu	0,0102
Al	0,0492	Ti	0,0022
C	0,3885	N	0,1336
Ni	0,0737	B	0,0002
Nb	0,0171	Pb	0,0001
Si	0,1047	Sb	0,0016
Cr	0,1323	Ca	0,0012
V	0,0010	Mg	0,0001
Mn	1,2535	Zn	0,0006
Mo	-0,0008	Co	0,0041
W	0,0001		

Hasil pengujian komposisi kimia pada *sprocket* yang telah dilakukan proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* 0,15 dapat dilihat pada tabel 4-5.

Tabel 4- 5 Komposisi Kimia *Sprocket* dengan Proses *Pack Nitriding D.O.A* 0,15

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	97,6270	P	0,0227
S	0,0125	Cu	0,0095
Al	0,0484	Ti	0,0022
C	0,4893	N	0,1938
Ni	0,0735	B	0,0002
Nb	0,0169	Pb	0,0001
Si	0,1040	Sb	0,0014
Cr	0,1319	Ca	0,0016
V	0,0009	Mg	0,0001
Mn	1,2489	Zn	0,0006
Mo	-0,0008	Co	0,0041
W	0,0001		

Hasil pengujian komposisi kimia pada *sprocket* yang telah dilakukan proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* 0,2 dapat dilihat pada tabel 4-6.

Tabel 4- 6 Komposisi Kimia *Sprocket* dengan Proses *Pack Nitriding D.O.A* 0,2

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	97,6852	P	0,0223
S	0,0126	Cu	0,0101
Al	0,0495	Ti	0,0023
C	0,4251	N	0,1996
Ni	0,0737	B	0,0002
Nb	0,0175	Pb	0,0001
Si	0,1054	Sb	0,0020
Cr	0,1322	Ca	0,0016
V	0,0011	Mg	0,0001
Mn	1,2555	Zn	0,0006
Mo	-0,0007	Co	0,0042
W	0,0001		

Berdasarkan dari hasil dari pengujian komposisi kimia, *sprocket* yang telah dilakukan proses *pack nitriding* mengalami peningkatan kadar kandungan nitrogen (N). Untuk kadar nitrogen pada *sprocket* proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* 0,1 yang terdapat pada tabel 4-4 mengalami peningkatan sebesar 28%, kemudian pada *sprocket* proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* 0,15 meningkat sebesar 86% dan untuk *sprocket* proses *pack nitriding* dengan variasi 0,2 meningkat sebesar 91%. Meningkatnya kadar kandungan nitrogen disebabkan oleh nitrogen yang terkandung dalam pupuk urea terdifusi ke permukaan logam selama proses *pack nitriding* berlangsung.

4.1.6 Uji Laju Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan untuk mengetahui ketahanan korosi dari suatu material logam. Dalam pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung kehilangan massa spesimen *sprocket* secara berkala setiap 10 hari dan pengujian ini berlangsung selama 40 hari. Hasil dari hilangnya massa spesimen dapat dilihat pada tabel 4-7.

Tabel 4- 7 Hasil Pengujian Korosi

Jenis Spesimen	Massa Awal (gram)	Massa 10 hari ke – (gram)			
		1	2	3	4
Pabrikan Resmi	11,45	11,45	11,45	11,44	11,44
Non – Pabrikan Resmi	11,40	11,38	11,38	11,37	11,37
<i>D.O.A</i> 0,1	11,40	11,40	11,39	11,38	11,38
<i>D.O.A</i> 0,15	11,40	11,40	11,40	11,39	11,38
<i>D.O.A</i> 0,2	11,40	11,40	11,40	11,39	11,38

Berdasarkan hasil penimbangan setiap minggunya pada *sprocket* pabrikan resmi dan non – pabrikan resmi (*raw material*) serta *sprocket* dengan proses *pack nitriding* tidak mengalami perbedaan yang begitu jauh, karena komponen *sprocket* merupakan salah satu komponen yang memiliki ketahanan korosi yang baik. Pada tabel 4-7 terlihat bahwa *sprocket* pabrikan resmi mengalami kehilangan massa lebih kecil dibandingkan dengan *sprocket* non – pabrikan resmi. *Sprocket* proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* mengalami peningkatan ketahanan korosi. Untuk memastikan hal tersebut dilakukan perhitungan untuk laju korosi dengan menggunakan persamaan (2.3). berikut

salah satu contoh perhitungan laju korosi dengan sampel spesimen pada *sprocket* proses *pack nitriding* dengan *D.O.A* 0,1 pada hari ke 20 :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } W &= 0,01 \text{ gram} \\ D &= 7,53 \text{ gr/cm}^3 \\ T &= 24 \times 10 = 240 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$CR = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,01}{7,53 \times 9,22 \times 240} = 0,05 \text{ mm/year}$$

Untuk hasil perhitungan laju korosi dari *sprocket* pabrikan resmi, non – pabrikan resmi dan *sprocket* proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* dapat dilihat pada tabel 4-8.

Tabel 4- 8 Hasil Perhitungan Laju Korosi

Jenis Spesimen	Laju Korosi 10 Hari ke – (<i>mm/year</i>)			
	1	2	3	4
Pabrikan Resmi	0	0	0,05	0
Non – Pabrikan Resmi	0,11	0	0,05	0,05
<i>D.O.A</i> 0,1	0	0,05	0,05	0
<i>D.O.A</i> 0,15	0	0	0,05	0,05
<i>D.O.A</i> 0,2	0	0	0,05	0,05

Setelah menghitung laju korosi, kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan tingkat ketahanan korosi untuk melihat kualitas laju korosi. Tingkat ketahanan korosi dapat dilihat pada tabel 4-9.

Tabel 4- 9 Hasil Tingkat Ketahanan Korosi pada *Sprocket*

<i>Relative Corrosion Resistance</i>	Standar (<i>mm/year</i>)	Laju Korosi (<i>mm/year</i>)				
		Pabrikan Resmi	Non – Pabrikan Resmi	<i>D.O.A</i> 0,1	<i>D.O.A</i> 0,15	<i>D.O.A</i> 0,2
<i>Outstanding</i>	< 0,02					
<i>Excellent</i>	0,02 – 0,1	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05
<i>Good</i>	0,1 – 0,5					
<i>Fair</i>	0,5 – 1					
<i>Poor</i>	1 - 5					
<i>Unacceptable</i>	5 +					

Dari hasil perbandingan tingkat ketahanan korosi, semua spesimen memiliki ketahanan korosi yang sangat baik. Tetapi dapat dilihat nilai laju korosi pada *sprocket* dengan dilakukan proses *pack nitriding* mengalami peningkatan ketahanan terhadap laju korosi. Hal ini dikarenakan perlakuan panas yang terjadi menyebabkan pengurangan tegangan sisa akibat proses pembentukan struktur pada material.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. *Degree of availability (D.O.A)* atau derajat ketersediaan dari media proses *pack nitriding* mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari material logam.
2. Spesimen *sprocket* hasil proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* 0,2 *gr/mm²* memiliki hasil yang paling baik dalam kekerasan dengan nilai rata – rata sebesar 356,18 *VHN* dibandingkan dengan *raw material sprocket* dari pabrikan resmi dan non – pabrikan resmi dengan memiliki nilai sebesar 346,68 *VHN* dan 266,76 *VHN*.
3. Spesimen *sprocket* hasil proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* 0,2 *gr/mm²* memiliki hasil yang paling baik dalam ketahanan aus dengan nilai rata – rata sebesar 0,00010 *mm³/kg.m* dibandingkan dengan *raw material sprocket* dari pabrikan resmi dan non – pabrikan resmi dengan memiliki nilai sebesar 0,00039 *mm³/kg.m* dan 0,00059 *mm³/kg.m*.
4. Pada pengamatan struktur mikro, pada permukaan spesimen hasil nitridasi ada lapisan putih (*white layer*) yang disebut dengan lapisan nitrida (Fe_4N), spesimen dengan *D.O.A* 0,2 *gr/mm²* memiliki lapisan paling tebal dengan tebal sebesar 7,5 μm . Lapisan ini mempengaruhi kekerasan dan ketahanan aus dari material.
5. Spesimen *sprocket* hasil proses *pack nitriding* dengan variasi *D.O.A* 0,2 *gr/mm²* memiliki peningkatan kadar kandungan nitrogen paling besar yaitu sebanyak 91% dengan nilai kandungan 0,1996% dibandingkan dengan spesimen sebelum dilakukannya proses *pack nitriding* dengan nilai kandungan nitrogen sebesar 0,1044%.
6. Dari hasil pengujian laju korosi, semua spesimen mengalami kehilangan massa dan berada pada tingkat ketahanan laju korosi paling baik (*excellent*).

5.2 Saran

1. Dalam pembuatan tabung nitridasi perlu diperhatikan dari bahan pembuatannya yaitu harus tahan panas dan pada saat pembuatannya dibuat agar tidak bocor pada saat melakukan proses nitridasi.
2. Sebelum melakukan proses *pack nitriding*, perlu proses pengamplasan pada permukaan spesimen agar pada saat pengujian tidak perlu dilakukan pengamplasan kembali karena akan berdampak pada lapisan nitrida yang akan terkikis.



DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K et al. 2015. Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan *Coating*. Jurnal Teknik ITS. Vol 4, No. 1. Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Basselo, D et al. 2014. Optimasi Diameter Poros Terhadap Variasi Diameter *Sprocket* Pada Roda Belakang Sepeda Motor. Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat. Vol. 3, No. 1. Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Gunawan, P. H., & Sriyono. 2016. Uji Mekanik Material Struktur Alumunium Tangki Reaktor Untuk Menentukan Keandalan Operasionalnya. *Prosiding dari Seminar Nasional TEKNOKA FT UHAMKA*, Jakarta: 6 Juni 2016. Hal. 149 – 161.
- Hamzah, M. S., & Iqbal, M. 2008. Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah Dengan Metode *Carburizing*. Jurnal SMARTek. Vol. 6, No. 3. Hal: 169 – 175. Teknik Mesin Universitas Tadulako. Manado.
- Hermawan, D. 2017. “Karakterisasi Material *Sprocket* Pada Sepeda Motor”. Skripsi. Fakultas Teknik. Teknik Mesin, Universitas Pasundan Bandung. Bandung.
- Hidayat, W. 2019. Klasifikasi dan Sifat Material Teknik Serta Pengujian Material. <http://dx.doi.org/10.31227/osf.io/6bmfu>
- M Intan, G. 2004. “Pengaruh Jumlah Urea Dan Waktu Proses Pada *Powder Nitriding* Baja Karbon Rendah”. Skripsi. Teknik Mesin Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Manurung, V. AT et al. 2020. Panduan Metalografi. LP2M POLITEKNIK MANUFAKTUR ASTRA. Jakarta.
- Novendra et al. 2018. Analisis Perbandingan Kekerasan Baja Pada *Sprocket* Depan Dan Belakang Sepeda Motor Supra X *Hardening* Dengan Menggunakan Media Pendinginan Bervariasi. *Journal Automotive Engineering Series*. Vol. 7, No. 2. Teknik Otomotif Universitas Padang. Padang.
- Rumendi, U., & Hermawan, H. 2014. Analisis Pengerasan Permukaan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1045 Melalui Proses Nitridasi Menggunakan

- Media Urea. Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ. Teknik Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bandung. Bandung.
- Sembiring, T et al. 2019. Alat Penguji Material. Guepedia.com
- Setiawan, A. B., & Wiwik Purwadi. 2009. Pengaruh Temperatur Dan Waktu Proses Nitridasi Terhadap Kekerasan Permukaan FCD 700 Dengan Media Nitridasi Urea. Seminar Nasional Kluster Riset Teknik Mesin. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung. Bandung.
- Setiawan, H. 2012. Pengaruh Proses *Heat Treatment* Pada Kekerasan Material *Special K (K100)*. Jurnal Simetris. Vol. 2, No. 1. Teknik Mesin Universitas Muria Kudus. Kudus.
- Suarsana, I KT. 2014. Diktat Pengetahuan Material Teknik. Teknik Mesin Universitas Udayana. Denpasar.
- Trisbenheiser. 2020. Pengaruh Proses *Nitriding* Terhadap Perubahan Kekerasan dan Keausan Permukaan Baja ST 40 Dengan Variasi Suhu Dan Waktu. Jurnal Sinergi. Vol. 18, No.2. Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Ujung Pandang.
- Wahyuni, N., & Adnan, M. 2016. Ketahanan Aus Dan Kekerasan Komposit Matrik Aluminium (Amcs) Paduan Alumunium Al – Si Ditambah Penguat Sic Dengan Metode *Stir Casting*. *Prosiding dari Seminar Teknik Elektro dan Informatika*. Makassar: 3 November 2016. Hal. 361 – 369.
- Xue, L et al. 2020. *Enchaancement Of Wear And Erosion – Corrosion Resistance Of Inconel 718 Alloy By Liquid Nitriding*. *Journal: Material Research Express*.
- Yusuf, S. 2008. “Laju Korosi Pipa Baja Karbon A106 Sebagai Fungsi Temperatur Dan konsertasi NaCl Pada Fluida Yang Tersaturasi Gas CO_2 ”. Tesis Magister Ilmu Material. Fakultas Matematika Dan Ilmu Alam. Ilmu Material. Universitas Indonesia. Jakarta.

LAMPIRAN

1. Hasil Pengujian Keausan



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN

Variasi Produk	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)
Asli	1	3.45	13.6	1.12	0.02970	0.00047	0.00039
	2	3.45	13.6	1.01	0.02200	0.00035	
	3	3.45	13.6	1.01	0.02200	0.00035	
Imitasi	1	3.45	13.6	1.25	0.04162	0.00065	0.00059
	2	3.45	13.6	1.23	0.03902	0.00061	
	3	3.45	13.6	1.15	0.03187	0.00050	

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 24 Januari 2022
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 6,36 kg

Yogyakarta, 24 Januari 2022

Staf Laboratorium Bahan Teknik

Pengujian & Analisa
Lab. Bahan Teknik
Departemen Teknik Mesin
Dr. Lili Dwi Setyana, S.T., M.T.
NIP. 197703312002121002

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)
DOA 0,1	1	3.45	13.6	0.80	0.01082	0.00017	0.00031
	2	3.45	13.6	1.07	0.02566	0.00040	
	3	3.45	13.6	1.01	0.02200	0.00035	
DOA 0,15	1	3.45	13.6	0.80	0.01082	0.00017	0.00013
	2	3.45	13.6	0.75	0.00880	0.00014	
	3	3.45	13.6	0.59	0.00427	0.00007	
DOA 0,2	1	3.45	13.6	0.56	0.00371	0.00006	0.00010
	2	3.45	13.6	0.72	0.00789	0.00012	
	3	3.45	13.6	0.69	0.00705	0.00011	

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 3 Januari 2022
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m. Beban pengujian 6.36 kg

Yogyakarta, 3 Januari 2022
 Staf Laboratorium Bahan Teknik


 Pengujian Keausan
 Materi 1
 Lab. Bahan Teknik
 Dr. Lili Dwi Setyaningrum, S.T., M.T
 NIP. 197703312002121002

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

2. Hasil Pengujian Kekerasan



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEKERASAN

No	Variasi Produk	Titik	Diagonal (mm)		Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata-rata (VHN)
		Uji	D1	D2		
1	Asli	1	32.5	31.7	360.2	346.7
		2	34.2	35.0	310.0	
		3	30.0	33.3	369.8	
2	Imitasi	1	36.7	39.2	257.9	266.8
		2	33.3	37.5	295.6	
		3	37.5	40.0	246.9	

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 24 Januari 2022
2. Menggunakan metode Micro Vickers dengan pembebanan 200 gf

Yogyakarta, 24 Januari 2022

Staf Laboratorium Bahan Teknik

Pengujian & Analisa Material

Lab. Bahan Teknik
Departemen Teknik Mesin
Dr. Lilik Dwi Setyanah, S.T., M.T
NIP. 197703312002121002

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

.PENGUJIAN KEKERASAN VICKERS

Daerah Uji	Titik Uji	D1 (mm)	D2 (mm)	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)
DOA 0,1	1	37.50	36.67	37.08	269.64
	2	37.50	37.50	37.50	263.68
	3	37.50	36.67	37.08	269.64
DOA 0,15	1	33.33	35.00	34.17	317.64
	2	35.83	33.33	34.58	310.03
	3	35.00	33.33	34.17	317.64
DOA 0,2	1	33.33	34.17	33.75	325.53
	2	34.17	31.67	32.92	342.22
	3	29.17	31.67	30.42	400.79

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 3 Januari 2022
2. Pengujian menggunakan Universal hardness tester
3. Pembebanan menggunakan 200 gf

Yogyakarta, 3 Januari 2022
Staf Laboratorium Bahan Teknik

Pengujian & Analisa
Mutakhir
Lab. Bahan Teknik
Departemen Teknik Mesin
Dr. Liliy Eky Setyaningrum, S.T., M.T.
NIP. 19770531200221002

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

3. Hasil Pengujian Komposisi Kimia



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



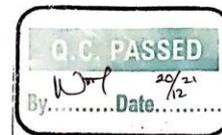
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPLE ASLI
 CUSTOMER : Sdr A. RAMHAN
 FURNACE : B14006A02/90
 OPERATOR : WENDY
 DATE / TIME : 20-DEC-2021 14:35:40
 TASK : Conc_Fea METHOD : FEGLFE

	Fe%	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	98.7121	0.0108	0.0348	0.6922	0.0055	-0.0004	0.0078
2	98.7471	0.0098	0.0315	0.6864	0.0052	-0.0005	0.0078
AVG	98.7296	0.0102	0.0330	0.6893	0.0053	-0.0005	0.0074
SD	0.02475	0.00058	0.00216	0.00408	0.00016	0.00011	0.00039
SD%	0.03	5.12	6.54	0.59	3.35	24.72	7.95

	Cu	V	Mn	Mo	W	P	Du
1	0.0325	0.0004	0.2366	-0.0009	0.0001	0.0222	0.0077
2	0.0321	0.0004	0.2023	-0.0011	0.0301	0.0211	0.0078
AVG	0.0323	0.0004	0.2198	-0.0010	0.0001	0.0217	0.0077
SD	0.00030	0.00000	0.00433	0.00008	0.00000	0.00081	0.00012
SD%	0.92	0.41	1.45	5.26	0.00	3.71	1.57

	Ti	H	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0012	0.1760	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
2	0.0010	0.1493	0.0000	0.0001	0.0001	-0.0001	0.0001
AVG	0.0011	0.1639	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
SD	0.00015	0.01953	0.00001	0.00000	0.00000	0.00014	0.00000
SD%	14.05	12.16	33.10	0.00	0.00	294.94	0.00

	Ni	Co
1	0.0007	0.0018
2	0.0006	0.0017
AVG	0.0007	0.0018
SD	0.00004	0.00001
SD%	5.56	0.45



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



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



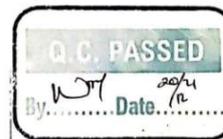
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPLE IMITASI
 CUSTOMER : Sdr. A. RAHMAN
 FURNACE : ELS006A02/91
 OPERATOR : WENDY
 DATE / TIME : 20-DEC-2021 14:36:13
 TASK : Cond_Fei METHOD : PEGLFE

	Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	97.9940	0.0113	0.0198	0.5400	0.0092	0.0164	0.1048
2	97.9720	0.0101	0.0190	0.5179	0.0092	0.0159	0.1042
AVG	97.9560	0.0107	0.0194	0.5290	0.0090	0.0162	0.1044
SD	0.01664	0.00080	0.00055	0.01566	0.00024	0.00041	0.00020
SD%	0.02	7.46	2.85	2.96	2.65	2.58	0.20

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.0113	0.0005	1.1863	-0.0018	0.0001	0.0126	0.0119
2	0.0107	0.0006	1.2041	-0.0017	0.0001	0.0128	0.0116
AVG	0.0110	0.0005	1.1952	-0.0016	0.0001	0.0125	0.0117
SD	0.00045	0.00005	0.01262	0.00003	0.00000	0.00024	0.00023
SD%	4.04	14.66	1.06	1.61	0.00	1.93	1.95

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0095	0.1141	0.0003	0.0001	0.0026	0.0000	0.0001
2	0.0092	0.0946	0.0005	0.0001	0.0024	-0.0000	0.0001
AVG	0.0094	0.1044	0.0004	0.0001	0.0025	-0.0000	0.0001
SD	0.00017	0.01362	0.00016	0.00000	0.00014	0.00006	0.00000
SD%	1.83	13.24	41.41	0.00	5.60	6279.95	0.00

	Zn	Co
1	0.0011	0.0041
2	0.0010	0.0042
AVG	0.0011	0.0042
SD	0.00005	0.00001
SD%	4.35	0.20



INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57417, Jateng - Indonesia
 Phone : (0271) 224208, 224028 Fax : (0271) 224213 E-mail : itokohci@indosat.net.id



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPLE D.O.A 0.1
 CUSTOMER : A. RAHMAN
 FURNACE : RA0447001/49
 OPERATOR : WENDY
 DATE / TIME : 04-JAN-2022 07:52:51
 TASK : Cons_Fea METHOD : FEGLIE

	Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	97.8150	0.0128	0.0488	0.2890	0.0741	0.0172	0.1047
2	97.7866	0.0124	0.0489	0.4061	0.0782	0.0170	0.1047
AVG	97.7923	0.0126	0.0492	0.3665	0.0737	0.0171	0.1047
SD	0.03634	0.00023	0.00089	0.02765	0.00059	0.00010	0.00000
SD%	0.04	1.50	1.80	7.12	0.72	0.57	0.00

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.1329	0.0010	1.2518	-0.0008	0.0001	0.0248	0.0104
2	0.1312	0.0010	1.2551	-0.0008	0.0001	0.0242	0.0100
AVG	0.1323	0.0010	1.2535	-0.0008	0.0001	0.0244	0.0102
SD	0.00159	0.00001	0.00234	0.00003	0.00000	0.00022	0.00031
SD%	1.14	1.15	0.19	3.64	0.00	0.91	3.06

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Hf
1	0.0022	0.1280	0.0002	0.0001	0.0017	0.0012	0.0001
2	0.0022	0.1298	0.0002	0.0001	0.0014	0.0012	0.0001
AVG	0.0022	0.1336	0.0002	0.0001	0.0016	0.0012	0.0001
SD	0.00001	0.00754	0.00002	0.00000	0.00026	0.00009	0.00000
SD%	0.32	5.84	9.59	0.00	16.55	7.42	0.00

	Er	Co
1	0.0006	0.0041
2	0.0006	0.0041
AVG	0.0006	0.0041
SD	0.00000	0.00005
SD%	0.31	1.22



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



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPEL D.O.A 0.15
 CUSTOMER : A.RAHMAN
 FURNACE : AA0447001/48
 OPERATOR : WENDY
 DATE / TIME : 04-JAN-2022 07:54:58
 TASK : Comp_Fe1 METHOD : FEGLFE

	Fe%	S	Mn	C	Ni	Nb	Si
1	97.6270	0.0130	0.0486	0.4931	0.0739	0.0169	0.1041
2	97.6667	0.0121	0.0480	0.4747	0.0730	0.0171	0.1039
AVG	97.6468	0.0125	0.0484	0.4839	0.0735	0.0169	0.1040
SD	0.00008	0.00004	0.00056	0.01308	0.00001	0.00020	0.00019
SD%	0.0%	0.0%	1.1%	2.6%	0.0%	1.2%	0.1%

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.1923	0.0009	1.2479	-0.0007	0.0001	0.0228	0.0090
2	0.1914	0.0003	1.2500	-0.0010	0.0001	0.0226	0.0090
AVG	0.1919	0.0009	1.2489	-0.0006	0.0001	0.0227	0.0090
SD	0.00076	0.00001	0.00131	0.00020	0.00000	0.00011	0.00016
SD%	0.3%	0.7%	0.1%	24.7%	0.0%	0.5%	2.7%

	Ti	H	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0022	0.2023	0.0002	0.0001	0.0016	0.0018	0.0001
2	0.0022	0.1949	0.0002	0.0001	0.0011	0.0018	0.0001
AVG	0.0022	0.1938	0.0002	0.0001	0.0014	0.0016	0.0001
SD	0.00001	0.01273	0.00000	0.00000	0.00032	0.00016	0.00000
SD%	0.5%	6.5%	1.3%	0.0%	23.0%	9.8%	0.0%

	Sn	Co
1	0.0006	0.0041
2	0.0006	0.0040
AVG	0.0006	0.0041
SD	0.00000	0.00004
SD%	0.5%	1.0%



INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57417, Jateng - Indonesia



PT. ITOKOH CEPERINDO
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



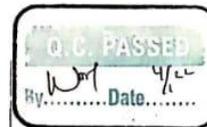
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SAMPLE D.O.A 0.2
 CUSTOMER : A. RAHMAT
 FURNACE : BA0497001/46
 OPERATOR : WENDY
 DATE / TIME : 04-JAN-2022 07:56:42
 TASK : Conc_Fed METHOD : FEGLFE

	Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	97.7086	0.0129	0.0499	0.4087	0.0786	0.0171	0.1080
2	97.8606	0.0128	0.0492	0.4415	0.0788	0.0173	0.1080
AVG	97.6862	0.0126	0.0495	0.4251	0.0737	0.0175	0.1054
SD	0.03486	0.00046	0.00046	0.02316	0.00017	0.00045	0.00056
SD%	0.04	0.65	0.68	5.45	0.28	2.75	0.46

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.1324	0.0012	1.2580	-0.0007	0.0001	0.0223	0.0085
2	0.1320	0.0011	1.2580	-0.0006	0.0001	0.0217	0.0102
AVG	0.1322	0.0011	1.2555	-0.0007	0.0001	0.0223	0.0101
SD	0.00027	0.00006	0.00053	0.00006	0.00000	0.00031	0.00029
SD%	0.20	5.10	0.28	0.95	0.00	3.63	2.69

	Ti	H	B	Pb	Sb	Ca	Hg
1	0.0029	0.1927	0.0002	0.0001	0.0021	0.0018	0.0001
2	0.0029	0.2065	0.0002	0.0001	0.0020	0.0015	0.0001
AVG	0.0023	0.1996	0.0002	0.0001	0.0020	0.0016	0.0001
SD	0.00000	0.00977	0.00000	0.00000	0.00003	0.00021	0.00000
SD%	0.06	4.89	0.17	0.00	3.52	12.71	0.00

	Sn	Co
1	0.0006	0.0042
2	0.0006	0.0042
AVG	0.0006	0.0042
SD	0.00001	0.00001
SD%	1.16	0.34



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