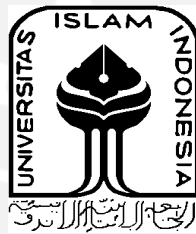


**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PADA PROSES *PACK NITRIDING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK DARI *SPROCKET NON PABRIKAN RESMI* SEPEDA MOTOR**

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : A. Rahman**

**No. Mahasiswa : 17525062**

**NIRM : 1707060816**

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

**2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : A. Rahman

NIM : 17525062

Program Studi : S1 Teknik mesin Universitas Islam Indonesia

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Suhu Pada Proses *Pack Nitriding*  
Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Dari *Sprocket Non*  
Pabrikan Resmi Sepeda Motor

Dengan ini menyatakan bahwa semua yang saya tulis pada laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri, kecuali ringkasan atau kutipan yang saya gunakan sebagai referensi dan telah saya cantumkan sumbernya. Apabila dikemudian hari pengakuan saya terbukti tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 20 Januari 2022



A. Rahman (17525062)



**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PADA PROSES *PACK*  
*NITRIDING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK DARI  
*SPROCKET NON* PABRIKAN RESMI SEPEDA MOTOR**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

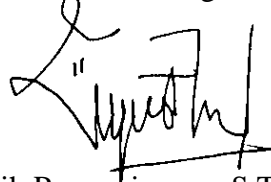
**Nama : A. Rahman**

**No. Mahasiswa : 17525062**

**NIRM : 1707060816**

Yogyakarta, 17 Mei 2022

Pembimbing



Yustiasih Purwaningrum S.T., M.T.

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PADA PROSES *PACK NITRIDING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK DARI *SPROCKET NON PABRIKAN RESMI SEPEDA MOTOR***

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : A. Rahman**

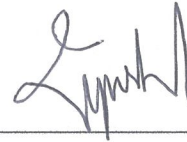
**No. Mahasiswa : 17525064**

**NIRM : 1707060816**

**Tim Penguji**

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

**Ketua**



**Tanggal : 31 Mei 2022**

**Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc**

**Anggota I**



**Tanggal : 31 Mei 2022**

**Irfan Aditya Dharma S.T., M. Eng., Ph.D**

**Anggota II**



**Tanggal : 31 Mei 2022**

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Mesin**



**Dr. Eng. Risdiyono, ST., M.Eng**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT berkat segala rahmat dan juga kesempatan menghadirkan orang-orang yang berarti di sekeliling saya, yang selalu memberi semangat dan do'a sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Karya tulis sederhana ini kupersembahkan untuk :

*Kedua orang tua yang senantiasa memberikan dukungan dan doa hingga Tugas Akhir ini selesai.*

*Saudara-saudara saya yang selalu memberi dukungan dan solusi dalam menghadapi permasalahan semasa kuliah*

*Ibu Yustiasih Purwaningrum S.T., M.T, selaku pembimbing yang dengan sabar memberikan masukan, nasihat dan ilmu sehingga pengerjaan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar.*

*M. Riza Yudhawan sebagai rekan/partner dalam menjalankan penelitian Tugas Akhir ini.*

*Teman-teman Teknik Mesin UII, yang selalu memberi bantuan, nasihat, doa dukungan dan lainnya hingga selesainya Tugas Akhir ini.*

## HALAMAN MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”

(QS Al Baqarah 286)

“Belajarlah kamu, dan mengajarlah kamu semua, dan hormatilah gurumu, serta berlaku baiklah terhadap orang yang mengajarkanmu.”

(HR. Tabrani)

No God no peace, know God know peace.”

(dr. Zakir Naik)

“Pendidikan terbaik adalah tindakan, bukan kata-kata”.

(Charlie Chaplin)

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahiim*, puji syukur kehadiran Allah SWT. atas berkat rahmat dan karunia-Nya lah Penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan S-1 Teknik Mesin di Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa proses penyelesaian laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari segala bantuan dan bimbingan banyak pihak. Penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah ikut berkontribusi dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini dan secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, dan tak lupa kepada Nabi besar Muhammad SAW sebagai nabi akhir zaman dan suri tauladan bagi umat Islam.
2. Bapak dan Ibu serta seluruh keluarga tercinta yang senantiasa selalu memberikan dukungan dan do'a dalam menempuh pendidikan.
3. Dr. Risdiyono S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia
4. Yustiasih Purwaningrum S.T., M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
5. Dr. Lilik Dwi Setyana S.T., M.T. sebagai pembimbing dalam melaksanakan pengujian material di Laboratorium D3 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada
6. M. Riza Yudhawan sebagai rekan seperjuangan dalam menjalankan penelitian Tugas Akhir ini.
7. Seluruh mahasiswa Teknik Mesin FTI UII dan semua pihak yang telah berjasa membantu penulis menyelesaikan tugas akhir dan tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis.

Semoga segala dukungan dan bantuan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Laporan Tugas Akhir ini dicatat oleh Allah SWT sebagai amal ibadah. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari laporan ini, oleh karena itu penulis mohon maaf untuk kesalahan-kesalahan yang terdapat pada penulisan laporan Tugas Akhir ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya, mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman penulis, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan akan penulis terima dengan senang hati. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, 20 Januari 2022

A. Rahman





## ABSTRAK

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pada proses *pack nitriding* terhadap sifat fisik dan mekanik dari *sprocket non* pabrikan resmi sepeda motor. Metode yang digunakan yaitu *pack nitriding* atau biasa disebut nitridasi padat dan menggunakan urea sebagai medianya. Proses nitridasi padat ini menggunakan 4 variasi temperatur yaitu 525°C, 550°C, 575°C dan 600°C dengan derajat ketersediaan urea (*degree of availability*) sebesar 0.2 gr/mm<sup>2</sup> dan waktu penahanan (*holding time*) 2.5 jam serta pendinginan cepat menggunakan media air. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa besarnya nilai temperatur dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari *sprocket* tersebut. Pada pengujian kekerasan diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata *sprocket* pabrikan resmi sebesar 346.7 VHN dan *sprocket non* pabrikan resmi (*raw material*) 266.8 VHN. Kemudian pada *sprocket* yang dilakukan proses nitridasi padat mengalami peningkatan dan memiliki rata-rata nilai kekerasan tertinggi yang terjadi pada temperatur 600°C dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 381.8 HVN. Untuk pengujian keausan, nilai rata-rata keausan pada *sprocket* pabrikan resmi sebesar 0.00039 mm<sup>3</sup>/kg.m dan *sprocket non* pabrikan resmi sebesar 0.00059 mm<sup>3</sup>/kg.m sedangkan pada *sprocket* yang dilakukan proses nitridasi nilai rata-rata keausan terbaik juga terjadi pada temperatur 600°C dengan nilai rata-rata keausan sebesar 0.00007 mm<sup>3</sup>/kg.m. Pada pengamatan struktur mikro diketahui bahwa *sprocket* yang dilakukan proses nitridasi mengandung lapisan putih (*white layer*) dimana lapisan yang paling tebal terjadi pada temperatur 600°C dengan tebal sebesar 5.83 µm. Untuk hasil pengujian komposisi kimia diketahui bahwa *sprocket* yang dilakukan proses nitridasi pada temperatur 600°C memiliki unsur nitrogen tertinggi dengan kadar 0.2436%. Selanjutnya untuk hasil pengujian korosi baik pada *sprocket* tanpa nitridasi (*raw material*) dan yang diproses nitridasi sama-sama ditingkat ketahanan korosi yang sangat baik (*excellent*).

**Kata kunci :** *nitridasi padat, sprocket, temperatur, kekerasan micro vickers, keausan, korosi.*

## **ABSTRACT**

*This study aims to determine the effect of temperature variations on the pack nitriding process on the physical and mechanical properties of non-official motorcycle sprocket manufacturers. The method used is pack nitriding or commonly called solid nitriding and uses urea as the medium. This solid nitriding process uses 4 temperature variations, namely 525°C, 550°C, 575°C and 600°C with a degree of availability of urea (degree of availability) of 0.2 gr/mm<sup>2</sup> and holding time of 2.5 hours and rapid cooling using water media. From this research, it can be concluded that the temperature value can affect the physical and mechanical properties of the sprocket. In the hardness test, it is known that the average hardness value of the official factory sprocket is 346.7 VHN and the non-official factory sprocket (raw material) is 266.8 VHN. Then on the sprocket that was carried out by the solid nitriding process, it increased and had the highest average hardness value that occurred at a temperature of 600°C with an average hardness value of 381.8 HVN. For wear testing, the average wear value on the official factory sprockets is 0.00039 mm<sup>3</sup>/kg.m and the non-official sprockets is 0.00059 mm<sup>3</sup>/kg.m while on the sprockets that are carried out by the nitriding process the best average wear value also occurs at a temperature of 600°C. with an average wear value of 0.00007 mm<sup>3</sup>/kg.m. From the observation of the microstructure, it is known that the sprocket carried out by the nitriding process contains a white layer where the thickest layer occurs at a temperature of 600°C with a thickness of 5.83 μm. For the results of the chemical composition test, it is known that the sprocket which was carried out by the nitriding process at a temperature of 600°C had the highest nitrogen element with a content of 0.2436%. Furthermore, for the corrosion test results, both the sprockets without nitriding (raw material) and those processed by nitriding have both excellent corrosion resistance levels (excellent).*

**Keywords:** *pack nitriding, sprocket, temperature, micro vickers hardness, wear, corrosion.*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
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 Singkatan .....	xv
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 .....	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Baja ( <i>steel</i> ) .....	6
2.2.2 <i>Pack Nitriding</i> .....	8
2.2.3 <i>Sprocket</i> .....	9
2.2.4 Pengujian Material .....	9
BAB 3 Metode Penelitian .....	14
3.1 Alur Penelitian .....	14
3.2 Lokasi penelitian .....	15
3.3 Peralatan dan Bahan .....	15

3.4	Pembuatan Spesimen .....	19
3.4.1	Proses Pemotongan.....	19
3.4.2	Pembuatan Tabung Nitridasi .....	20
3.4.3	Proses <i>Pack Nitriding</i> .....	21
3.5	Proses Pengujian .....	22
3.5.1	Pengujian Komposisi Kimia.....	22
3.5.2	Pengujian Kekerasan <i>Microhardness Vickers</i> .....	23
3.5.3	Pengujian Keausan .....	24
3.5.4	Pengamatan Struktur Mikro .....	25
3.5.5	Pengujian Laju Korosi .....	25
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	27
4.1	Hasil Proses Nitridasi.....	27
4.2	Pengujian Komposisi Kimia .....	27
4.2.1	Hasil Pengujian komposisi kimia <i>sprocket</i> pabrikan resmi dan <i>sprocket non</i> pabrikan resmi ( <i>raw material</i> ) .....	27
4.2.2	Hasil Pengujian komposisi kimia <i>sprocket non</i> pabrikan resmi setelah dilakukan proses nitridasi .....	29
4.3	Uji Kekerasan <i>Microhardness Vickers</i> .....	30
4.4	Uji Keausan.....	32
4.5	Pengamatan Struktur Mikro .....	34
4.6	Uji Laju Korosi .....	36
Bab 5	Penutup.....	38
5.1	Kesimpulan .....	38
5.2	Saran.....	39
	Daftar Pustaka .....	40
	LAMPIRAN .....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Nilai konstanta berdasarkan satuan laju korosi.....	13
Tabel 2-2 Standar tingkat ketahanan laju korosi .....	13
Tabel 3-1 Alat Penelitian.....	15
Tabel 3-2 Bahan Penelitian .....	18
Tabel 3-3 Berat urea pada setiap spesimen uji .....	21
Tabel 4-1 Parameter proses nitridasi .....	27
Tabel 4-2 komposisi kimia <i>sprocket</i> pabrikan resmi dan <i>sprocket non</i> pabrikan resmi ( <i>raw material</i> ) .....	28
Tabel 4-3 komposisi kimia <i>sprocket</i> hasil proses nitridasi.....	29
Tabel 4-4 Pengamatan struktur mikro <i>sprocket</i> hasil proses nitridasi padat variasi temperatur.....	34
Tabel 4-5 Pengurangan berat spesimen proses nitridasi.....	36
Tabel 4-6 Perhitungan laju korosi spesimen <i>sprocket</i> .....	37
Tabel 4-7 Tingkat ketahanan korosi pada spesimen <i>sprocket</i> .....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Ilustrasi proses <i>pack nitriding</i> .....	8
Gambar 2-2 <i>Sprocket</i> sepeda motor .....	9
Gambar 2-3 <i>Optical Emission Spectrometers (OES)</i> .....	10
Gambar 2-4 Indentor kekerasan mikro <i>vickers</i> .....	11
Gambar 2-5 Ilustrasi uji keausan metode Ogoshi.....	12
Gambar 2-6 Mikroskop SEM dan mikroskop optik.....	12
Gambar 3-1 Diagram Alur Penelitian.....	14
Gambar 3-2 Spesimen uji nitridasi .....	20
Gambar 3-3 Tabung nitridasi.....	20
Gambar 3-4 <i>Furnace</i> Gambar 3-5 Berat urea Gambar 3-6 Seting parameter ..	21
Gambar 3-7 Proses pengeluaran tabung dan pendinginan cepat .....	22
Gambar 3-8 Hasil spesimen nitridasi .....	22
Gambar 3-9 Spesimen uji komposisi kimia.....	23
Gambar 3-10 <i>Micro Vickers Hardness -M3 Microscope</i> & Spesimen uji kekerasan.....	23
Gambar 3-11 Spesimen uji keausan dan <i>Universal Friction Wear Tester</i> .....	24
Gambar 3-12 Spesimen uji struktur mikro .....	25
Gambar 3-13 Uji spesimen laju korosi.....	26
Gambar 4-1 Hasil spesimen setelah proses nitridasi .....	27
Gambar 4-2 Bekas Penekanan spesimen uji kekerasan.....	30
Gambar 4-3 Perbandingan nilai rata-rata kekerasan spesimen <i>sprocket</i> .....	31
Gambar 4-4 Perbandingan nilai laju keausan spesimen <i>sprocket</i> .....	33
Gambar 4-5 Struktur mikro <i>sprocket</i> pabrikan resmi dan <i>non</i> pabrikan resmi ...	34

## DAFTAR SINGKATAN

VHN : *Vickers Hardness*

W : Volume tergores

Ws : Laju keausan

B : Tebal disc

b : Panjang permukaan tergores

r : Jari-jari *disc*

Po : Beban penekanan

lo : Jarak pengausan

DOA : (*degree of availability*)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Setiap tahun kebutuhan material logam di industri terus mengalami peningkatan salah satunya yaitu baja karbon (Bukhari, 2015). Baja karbon sendiri banyak dimanfaatkan untuk bidang konstruksi, alat perkakas dan komponen otomotif pada kendaraan mobil atau sepeda motor. Dari data yang disampaikan Badan Pusat Statistik bahwa pada tahun 2020 perkembangan jumlah kendaraan sepeda motor di Indonesia sebanyak 115,02 juta unit dimana dalam hal ini meningkat lagi dari 2 tahun sebelumnya yang sebesar 112,77 juta unit dan 106,65 juta unit.

Meningkatnya produktivitas kendaraan menyebabkan kebutuhan *spare part* atau suku cadang bertambah dan memicu munculnya produk-produk *non* pabrikan resmi untuk masuk ke pasar industri guna menyediakan kebutuhan *spare part* dengan harga yang relatif lebih murah. Salah satu *sparepart* yang diproduksi yaitu *sprocket* berfungsi untuk meneruskan tenaga putar antara poros depan (*head silinder*) dengan poros belakang (roda) bersama-sama rantai (Prpto, 2018).

Komponen *Sprocket* yang diproduksi pabrikan *non* resmi dengan pabrikan resmi jelas memiliki karakteristik yang berbeda. Dimana produk yang dihasilkan dari pabrikan resmi dinilai lebih unggul. Oleh karena itu dibutuhkan ketersediaan peralatan dan biaya yang lebih bagi pabrikan *non* resmi untuk memproduksi *sprocket* yang memiliki ketahanan aus dan kekerasan yang tinggi.

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas dari komponen *non* pabrikan resmi adalah dengan metode *surface hardening* yang terdiri dari *carburizing*, *nitriding*, *boronizing*, dan *carbonitriding*. Dalam hal ini kami menggunakan proses *pack nitriding* yang dinilai lebih efektif dengan rekayasa sifat yang ditentukan serta biaya proses yang relatif murah. Metode ini merupakan proses menambahkan kadar nitrogen sehingga bagian permukaan material akan keras, tahan aus dan meminimalisir korosi dengan demikian bagian dalam dari material tersebut tetap



ulet. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses *pack nitriding* adalah media nitridasi, berat media, temperatur dan *holding time* (Prapto, 2018).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis melakukan penelitian mengenai “Pengaruh Variasi Temperatur 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 rumusan masalahnya adalah bagaimana pengaruh variasi temperatur pada proses *pack nitriding* terhadap sifat fisik dan mekanik dari *sprocket non* pabrik resmi sepeda motor ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini dibuat agar tidak menyimpang terhadap apa yang di bahas dimana meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Proses *pack nitriding* menggunakan *furnace* yang terletak di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
2. Proses *pack nitriding* dilakukan dengan empat variasi temperatur yang berbeda yaitu 525°C, 550°C, 575°C dan 600°C.
3. DOA (*degree of availability*) yang digunakan pada proses *pack nitriding* yaitu 0.2 gr/mm<sup>2</sup> dan *holding time* (waktu penahanan) 2.5 jam.
4. *Sprocket* yang digunakan adalah tipe 15T dari *non* pabrik resmi.
5. Pengujian yang dilakukan pada spesimen *sprocket* adalah pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan *micro vickers*, pengujian keausan, pengamatan struktur mikro dan pengujian korosi.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh variasi temperatur pada proses *pack nitriding* terhadap sifat fisik dan mekanik dari *sprocket non* pabrikan resmi sepeda motor.
2. Membandingkan sifat fisik dan mekanik *sprocket non* pabrikan resmi sebelum (*raw material*) dan setelah proses *pack nitriding* serta *sprocket* pabrikan resmi.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Hasil penelitian dapat menambah informasi mengenai metode proses *heat treatment* khususnya proses *nitriding*.
2. Hasil penelitian dapat digunakan untuk mengetahui temperatur yang optimal dalam melaksanakan proses *pack nitriding*.
3. Hasil penelitian dapat digunakan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari *sprocket non* pabrikan resmi yang telah dilakukan proses *pack nitriding*.
4. Hasil penelitian dapat digunakan untuk mengetahui perbandingan sifat fisik dan mekanik *sprocket non* pabrikan resmi sebelum (*raw material*) dan setelah proses *pack nitriding* serta *sprocket* pabrikan resmi.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan penelitian ini diuraikan bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya. Pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi lima bab yaitu :

1. Bab I Pendahuluan berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.
2. Bab II Tinjauan Pustaka berisi mengenai kajian pustaka dari hasil yang telah dicapai dan penelitian sebelumnya serta teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam pemecahan masalah pada tugas akhir ini.
3. Bab III Metodologi Penelitian berisi langkah-langkah dan metode yang digunakan dalam tugas akhir ini.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan merupakan data dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.
5. Bab V Penutup berisi kesimpulan dari semua uraian yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya yang dilengkapi dengan saran-saran agar penelitian selanjutnya dapat lebih baik.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Dalam melakukan penelitian ini penulis mempelajari kajian pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai dasar bahan acuan penelitian. Adapun kajian pustaka yang penulis pelajari sebagai berikut

Pada tahun 2010, (Sulystio et al, 2010) melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi temperatur terhadap kekerasan baja AISI 420 dengan metode *pack nitriding*. Variasi temperatur yang digunakan yaitu 420<sup>0</sup>C, 470<sup>0</sup>C, 520<sup>0</sup>C, 570<sup>0</sup>C dan 620<sup>0</sup>C. Pada penelitian ini diketahui bahwa kekerasan tertinggi terjadi pada temperatur 570<sup>0</sup>C dengan nilai 566 HVN. Hal ini disebabkan karena difusi nitrogen kedalam baja lebih banyak sehingga menyebabkan permukaannya menjadi lebih keras.

Penelitian yang dilakakukan oleh (Rumendi et al, 2019) tentang pengaruh jumlah urea dan lama waktu penahanan proses *pack nitriding* terhadap ketahanan aus material FC 25. Variabel yang digunakan yaitu doa (*degree of availibility*) 0.1 gr/mm<sup>2</sup> dan 0.2 gr/mm<sup>2</sup> dengan waktu penahanan 1.5 jam, 2.5 jam dan 3.5 jam. Disimpulkan bahwa pada doa 0.2 gr/mm<sup>2</sup> dan waktu penahanan 2.5 jam didapatkan nilai keausan dengan proses selisih kehilangan berat terkecil dibanding yang lain yaitu 0.0036 gr/jam untuk keausan basah dan 0.1472 gr/jam untuk keausan kering. Selain itu juga memiliki lapisan nitridasi yang paling tebal dibanding yang lain dengan nilai 11.024  $\mu$ m.

Pada jurnal yang diletiti oleh (Godec et al, 2022) mengenai pengaruh variasi temperatur terhadap struktur mikro dan sifat permukaan baja maraging 18Ni300 buatan aditif. Metode yang digunakan adalah plasma nitriding dengan variasi temperatur 440<sup>0</sup>C, 480<sup>0</sup>C dan 520<sup>0</sup>C disimpulkan bahwa ketahan aus geser metode keausan abrasif meningkat dengan temperatur nitridasi yang lebih tinggi yaitu 520<sup>0</sup>C.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Purwadi et al, 2015) yaitu peningkatan kekerasan permukaan besi cor (FCD 700) metode nitridasi padat. Diketahui bahwa temperatur yang divariasikan meliputi 530<sup>0</sup>C, 550<sup>0</sup>C, 580<sup>0</sup>C, 600<sup>0</sup>C dan 620<sup>0</sup>C dengan parameter *holding time* tetap 2.5 jam dan didapatkan hasil dimana pada temperatur 580<sup>0</sup>C memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 733 HVN dan ketebalan lapisan *white layer* di temperatur 620<sup>0</sup>C dengan nilai 4.83  $\mu$ m.

Berdasarkan jurnal dan penelitian yang penulis kaji, penulis dalam penelitian ini akan mencoba untuk melakukan proses *surface hardening* khususnya *pack nitriding* dengan media urea pada *sprocket* dengan tipe 428 15T (kode ketebalan nomor rantai dan *gear* serta banyaknya mata gigi). Dengan menggunakan metode *pack nitriding* bagian permukaan material akan keras, tahan aus dan meminimalisir korosi dengan demikian bagian dalam dari material tersebut tetap ulet. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Soeleman, 2008) bahwa kekerasan *sprocket* pabrikan resmi standar berada pada nilai 344 - 490 VHN hal ini dapat menjadi acuan apakah nilai kekerasan tersebut sesuai dengan hasil nilai uji kekerasan dari penelitian yang akan kami lakukan. Parameter yang divariasikan adalah temperatur 525<sup>0</sup>C, 550<sup>0</sup>C, 575<sup>0</sup>C dan 600<sup>0</sup>C. Kemudian spesimen/objek yang diteliti tersebut dilakukan pengujian meliputi kekerasan, komposisi kimia, keausan, struktur mikro dan juga laju korosi untuk mengetahui dan membandingkan sifat fisik dan mekanik dari specimen *sprocket* pabrikan resmi, non pabrikan resmi (*raw material*) dan non pabrikan resmi setelah proses *pack nitriding*.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Baja (*steel*)**

Baja merupakan logam paduan yang terdiri dari besi sebagai unsur dasar dan carbon sebagai unsur paduan utamanya. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*). Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah kromium, mangan, tungsten dan vanadium. Dengan memvariasikan

kandungan karbon dan unsur paduan didapatkan kualitas baja yang bervariasi (Manurung et al, 2020).

Berdasarkan komposisi kimianya baja dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan (Suarsana, 2017)

**a. Baja Karbon (*carbon steel*)**

Baja karbon merupakan paduan besi dan karbon dimana unsur karbonnya sangat menentukan sifatnya. Digolongkan menjadi 3 yaitu :

- **Baja Karbon Rendah (*low carbon steel*)**

Baja karbon rendah mengandung unsur karbon  $<0.25\%$  dan sulit untuk dilakukan proses perlakuan panas. Baja karbon rendah memiliki ketangguhan dan keuletan yang tinggi namun memiliki ketahanan aus yang rendah. Baja jenis ini memiliki sifat mampu las yang baik sehingga banyak digunakan untuk struktur bangunan.

- **Baja Karbon Sedang (*medium carbon steel*)**

Baja karbon menengah adalah baja yang mengandung unsur karbon antara  $0.25\% - 0.5\%$ , baja jenis ini dapat diproses *heat treatment* dengan pendinginan cepat dan diikuti metode *tempering* untuk memperbaiki sifat mekaniknya. Baja ini memiliki ketangguhan dan ketahanan aus yang cukup tinggi. Biasa digunakan untuk pembuatan roda gigi ataupun komponen mesin.

- **Baja Karbon Tinggi (*high carbon steel*)**

Baja karbon tinggi merupakan baja yang mengandung unsur karbon  $>0.6\%$  dan memiliki sifat baja yang paling keras dan tangguh namun keuletannya rendah. Baja jenis ini memiliki ketahanan gesek yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk alat perkakas dan *dies* (Manurung et al, 2020).

**b. Baja Paduan (*alloy steel*)**

Baja paduan merupakan baja yang mengandung unsur lain atau dengan kadar lebih daripada baja lainnya atau baja karbon. Dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu :

- **Baja Paduan Rendah (*low alloy steel*)**

Baja paduan rendah adalah baja yang mengandung unsur paduan kurang dari  $10\%$ . Baja paduan memiliki keuletan yang tinggi tanpa mengurangi kekuatan tarik dan biasanya lebih tahan terhadap temperatur dibanding baja karbon dengan

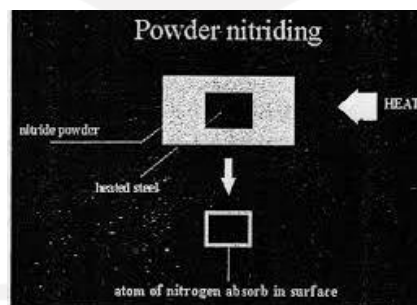
kadar yang sama. Baja jenis ini biasa digunakan untuk bahan jembatan, roda kereta api dan konstruksi mesin.

- Baja Paduan Tinggi (*high alloy steel*)

Baja paduan tinggi memiliki kadar unsur yang paling tinggi biasanya lebih dari 10% dan memiliki sifat yang sangat keras serta ketahanan aus yang sangat tinggi. Biasanya baja jenis ini digunakan pada kondisi yang telah dikeraskan (*hardened*). Aplikasi dari material baja ini seperti pahat HSS, komponen mesin, peralatan potong dan sejenisnya (Suarsana, 2017).

### 2.2.2 *Pack Nitriding*

*Pack nitriding* atau bisa juga disebut *powder nitriding* merupakan salah satu metode dari *heat treatment* khususnya *surface hardening* (pengerasan permukaan) yang prosesnya menggunakan nitrogen padat sebagai sumber nitrida misalnya urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) untuk di difusikan kedalam sebuah material logam seperti ditunjukkan pada gambar 2-1. Jumlah serbuk nitrida yang diberikan bergantung pada luas permukaan benda kerja yang dinitridasi (Setiawan A & Purwadi 2009).



Gambar 2-1 Ilustrasi proses *pack nitriding*  
(Setiawan A & Purwadi, 2009)

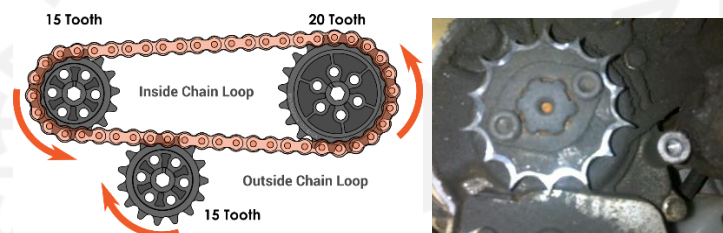
Metode nitridasi memiliki resistensi terhadap *fatigue* atau kelelahan selain itu kemungkinan terjadi distorsi juga kecil dan permukaannya akan lebih tahan terhadap korosi. Selain dari nitridasi padat, metode nitridasi juga terdiri dari nitridasi cair yang menggunakan larutan garam sianida yang mengandung 60% - 70% NaCN sebagai unsur nitrogen dan nitridasi gas yang menggunakan gas amonia ( $\text{NH}_3$ ). Perbedaan dari ketiga jenis metode ini hanya pada proses pengerjaannya (Rumendi & Hermawan, 2014).



### 2.2.3 Sprocket

*Sprocket* merupakan komponen yang berfungsi meneruskan tenaga putar antara poros depan (*head silinder*) dengan poros belakang (roda) bersama-sama rantai ditunjukkan pada gambar 2-2. Proses pembuatan *sprocket* biasanya menggunakan material baja karbon sedang (*medium carbon steel*). Salah satu jenis yang masuk dalam kelompok tersebut adalah baja AISI 1045 dengan kekuatan tarik 570 - 700 Mpa dan kekerasan antara 7-17 HRC (Prapto, 2018).

Selain itu baja jenis ini juga memiliki sifat mampu las dan mampu mesin serta kekerasan yang tinggi sehingga sesuai untuk material pembuatan *sprocket*.



Gambar 2-2 *Sprocket* sepeda motor

([https://docs.revrobotics.com/15mm/transmitting-and-transforming-motion/sprocket s-and-chain](https://docs.revrobotics.com/15mm/transmitting-and-transforming-motion/sprocket-s-and-chain))

Proses produksi *sprocket* biasanya dihasilkan dari proses manufaktur meliputi proses *milling*, *sintering*, *punching*, pengecoran dan sejenisnya.

### 2.2.4 Pengujian Material

Pengujian material merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat fisik, sifat mekanik, cacat, dan lain – lain dari suatu material. Berdasarkan sifatnya, pengujian material dibedakan menjadi dua yaitu pengujian destruktif dan non destruktif. Pengujian destruktif merupakan pengujian yang hasil akhirnya menyebabkan cacat pada material dan dilakukan dengan cara memberikan beban kepada benda uji sampai rusak dan diperoleh sifat mekanik bahan. Contohnya pengujian kekerasan, pengujian dampak, pengujian tarik. Sedangkan pengujian *non* destruktif ialah teknik pengujian tanpa merusak benda uji. Pengujian ini bertujuan mendeteksi secara dini timbulnya keretakan atau cacat dan sejenisnya pada material. Contoh pengujian ini yaitu pengujian visual, cairan penetran, pengujian radiografi, *eddy current*, ultrasonik dan lainnya (Sembiring et al, 2019).



Pada penelitian yang kami lakukan pengujian yang digunakan meliputi pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan *microhardness vickers*, pengujian keausan, pengujian struktur mikro dan pengujian korosi.

### a. Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia (*chemical composition*) merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menganalisa/memeriksa/menentukan kandungan unsur dari suatu sampel dengan tujuan penentuan kadar suatu komponen, struktur, sifat kimia, komposisi dan sejenisnya (Sembiring et al, 2019). Salah satu alat yang digunakan untuk melakukan proses analisis komposisi kimia yaitu *Optical Emission Spectrometers (OES)* seperti ditunjukkan pada gambar 2-3.



Gambar 2-3 *Optical Emission Spectrometers (OES)*

(<https://www.dynatech-int.com/id/pasar/product/9-optical-emission-spectrometers-oes>)

Secara umum analisa komposisi kimia dibagi menjadi dua yaitu :

- **Analisis Kimia Kualitatif**

Analisis kimia kualitatif adalah analisis yang ditujukan untuk mengetahui keberadaan (identifikasi) suatu unsur, senyawa kimia ataupun ion baik organik maupun anorganik pada sampel yang kita analisa.

- **Analisis Kimia Kuantitatif**

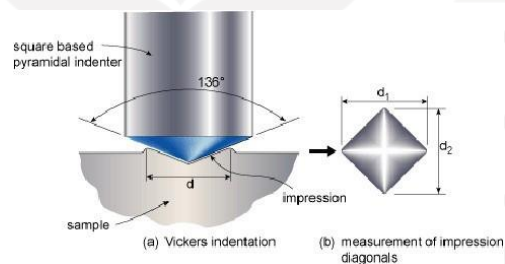
Analisis kimia kuantitatif merupakan analisis yang bertujuan untuk mengetahui jumlah suatu unsur atau senyawa dalam sampel yang kita analisa. Contohnya kita ingin mengetahui berapa kadar nitrogen dalam suatu logam maka yang kita gunakan adalah analisis kuantitatif (Sembiring et al, 2019).

## b. Pengujian Kekerasan *Vickers Microhardness*

Pada dasarnya ketahanan terhadap deformasi/perubahan bentuk dinyatakan dengan sifat kekerasan, untuk logam dengan sifat tersebut ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastis terjadi pada permukaan benda yang lunak atau deformasi permanen pada permukaan benda yang keras.

Pengujian kekerasan merupakan kegiatan untuk mengetahui kemampuan material dalam menahan goresan (*scratch*) dan menahan deformasi elastis dibawah indentasi. Salah satu metode pengujian kekerasan yang banyak digunakan adalah metode *vickers microhardness* dikarenakan spesimen uji/material yang akan diuji tipis dan luas area yang akan diamati sangat kecil serta pembacaan hasil dari jejak ujinya dapat lebih akurat. Selain itu rentang beban uji yang dipakai pada pengujian *mikro vickers* ini adalah kecil, yakni antara 1 gf sampai 1000 gf (Bagas N, 2018).

Pengujian kekerasan *vickers microhardness* bertujuan menentukan kekerasan material dalam bentuk ketahanan material terhadap intan piramida dengan sudut puncak 136 derajat seperti pada gambar 2-4 yang ditekankan pada permukaan benda uji (Sari N H, 2018).

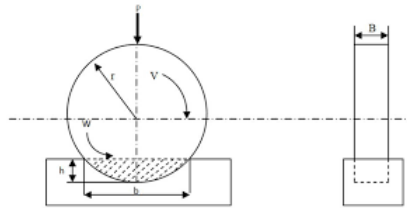


Gambar 2-4 Indentor kekerasan mikro *vickers*

## c. Pengujian Keausan

Keausan merupakan proses kehilangan substansi secara progresif dari permukaan operasi dari benda akibat gesekan terhadap permukaan benda lain (Nitha, 2021). Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai teknik dan metode dimana semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi aktual. Salah satu dari metode tersebut adalah dengan metode Ogoshi dimana benda uji akan dikenai beban gesek dari piringan yang berputar ditunjukkan pada gambar 2-5. Pembebanan gesek tersebut yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji.

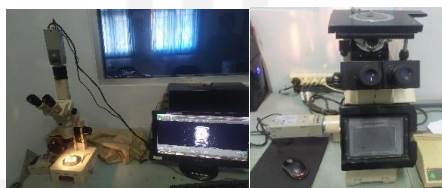
Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material dimana semakin dalam dan besar jejak tegores maka semakin besar volume material uji yang terlepas (Wardoyo & Sumpena, 2018).



Gambar 2-5 Ilustrasi uji keausan metode Ogoshi  
(Wardoyo & Sumpena, 2018)

#### d. Pengujian Metalografi

Metalografi diartikan sebagai pengamatan struktur dan bentuk material yang bertujuan sebagai kontrol kualitas. Pengujian metalografi merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui/mempelajari karakteristik mikrostruktur serta hubungannya dengan sifat material dari logam, paduan logam dan material lainnya dengan bantuan alat seperti mikroskop SEM (*scanning electron microscope*), mikroskop optik dan sejenisnya (M Sarifuddin, 2021). Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-6.



Gambar 2-6 Mikroskop SEM dan mikroskop optik

Pengamatan metalografi diklasifikasikan menjadi dua yaitu pengamatan dengan perbesaran 10-30 kali (makroskopi), biasanya digunakan untuk kondisi struktur material yang terdapat potongan/patahan kemudian pengamatan mikroskopi yaitu pengamatan dengan perbesaran lebih dari 30 kali tergantung sifat struktur yang akan diamati. Dapat dilakukan dengan mikroskop optik, mikroskop SEM dan mikroskop TEM.

## e. Pengujian Korosi

Kata korosi berasal dari bahasa latin “*corredere*” yang artinya perusakan, dalam hal ini adalah perusakan logam atau berkarat. Menurut istilah korosi merupakan degradasi atau penurunan kualitas material yang diakibatkan karena interaksi dengan lingkungan (Siregar T et al, 2021). Disisi lain korosi dapat diartikan sebagai pembusukan material oleh reaksi kimia atau biologi. Prinsip dari korosi yaitu terjadi oksidasi pada material sedangkan oksigen dan udara mengalami reduksi (Ahmad 2006).

Salah satu metode pengukuran laju korosi yaitu metode kehilangan berat (*Weight Loss*). Prinsip dari metode ini adalah menghitung berapa banyak material yang hilang selepas pengujian dilakukan. Dalam hal ini dapat dikatakan ssebagai kecepatan penurunan kualitas material terhadap waktu. Pada perhitungan laju korosi ini biasa menggunakan satuan mm/y untuk konstantanya seperti ditunjukkan pada tabel 2-2. Selain itu standar tingkat ketahanan korosi material dapat dilihat pada tabel 2-1.

Tabel 2-1 Nilai konstanta berdasarkan satuan laju korosi

Satuan laju korosi ( <i>corrosion rate</i> )	Kostanta
Mils per year (mpy)	$3,45 \times 10^6$
Inches per year (ipy)	$3,45 \times 10^3$
Inches per month (ipm)	$2,87 \times 10^2$
Milimeters per year (mm/y)	$8,76 \times 10^4$
Picometers per second (pm/s)	$8,76 \times 10^7$

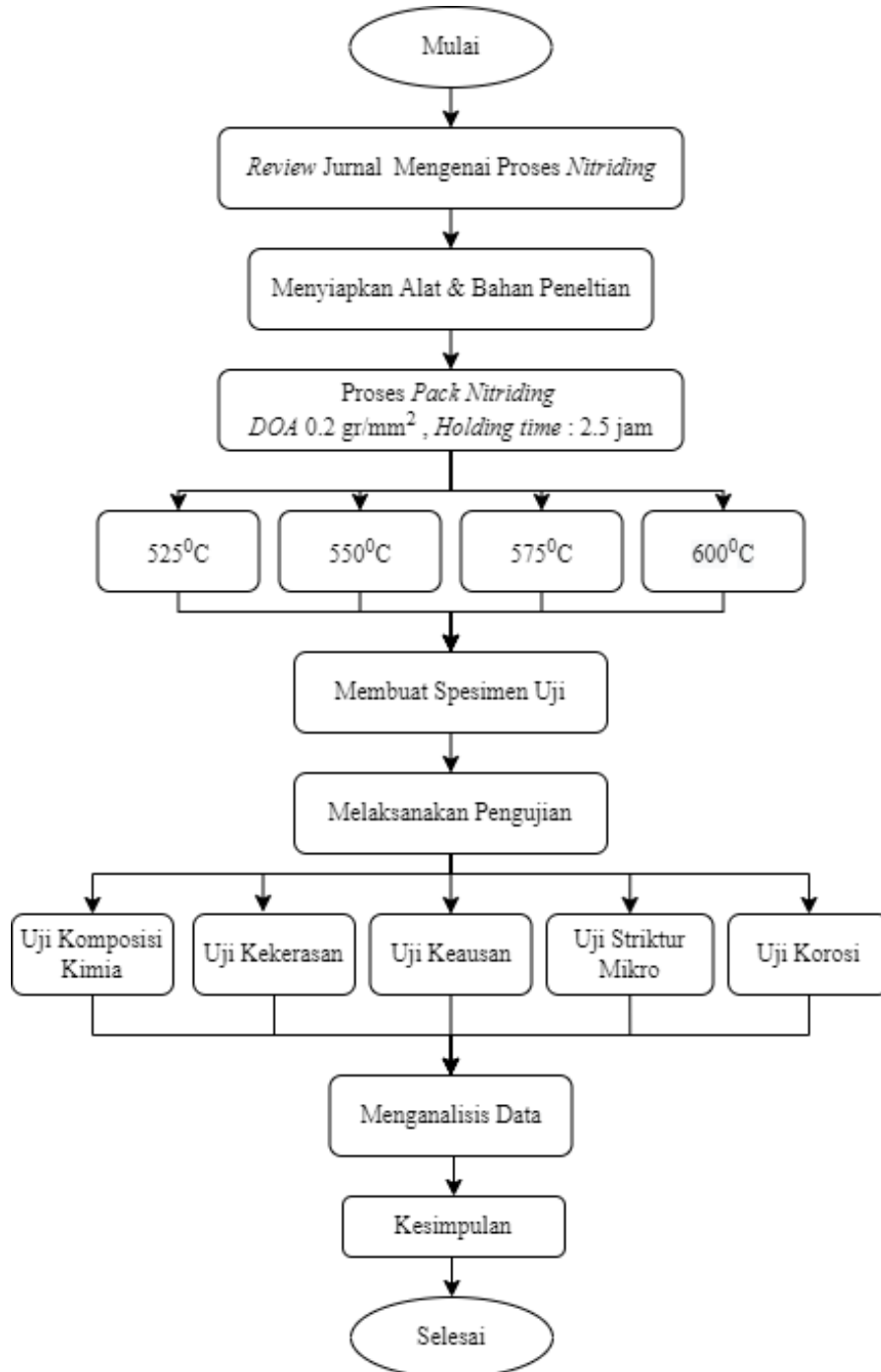
Tabel 2-2 Standar tingkat ketahanan laju korosi

<i>Relative corrosion resistance</i>	<i>Approximate metic equivalent</i>				
	mpy	mm/yr	$\mu\text{m/yr}$	mm/yr	pm/s
<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	1 - 5	1000 - 5000	100 - 500	50 – 200
<i>Unacceptable</i>	200+	5+	5000+	500+	200+

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 3-1 diagram alur di bawah



Gambar 3-1 Diagram Alur Penelitian





### 3.2 Lokasi penelitian







Penelitian dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

### 3.3 Peralatan dan Bahan







Dalam melakukan pengerjaan penelitian tugas akhir ini, digunakan beberapa peralatan dan bahan untuk mendukung penelitian seperti ditunjukkan pada tabel 3-1 dan 3-2

Tabel 3-1 Alat Penelitian


No.	Nama Alat	Gambar	Fungsi
1	Alat pelindung diri		Melindungi pada saat proses pemotongan dan proses nitridasi
2	Mesin <i>furnace wisetherm</i>		Melakukan proses pemanasan pada benda kerja/sproket
3	Gerinda		Untuk memotong benda kerja
4	Ragum		Mencekam benda kerja

No.	Nama Alat	Gambar	Fungsi
5	<i>Toolbox</i>		Membantu proses nitridasi
6	Tabung nitridasi		Sebagai wadah spesimen dan urea saat proses nitridasi
7	Timbangan digital		Untuk menimbang urea & berat benda kerja (uji korosi)
8	Jangka sorong		Mengukur benda kerja
9	Amplas 180, 400 & 800		Menghaluskan benda kerja
10	Penjepit & sikat kawat		Sebagai penjepit tabung & sikat pembersih <i>furnace</i>







No.	Nama Alat	Gambar	Fungsi
11	<i>Universal friction wear tester</i>		Melakukan pengujian keausan
12	<i>Stereo zoom microscope</i>		Alat untuk mengamati struktur mikro 100 & 200 pembesaran
13	Mikroskop optik & monitor		Untuk mengamati goresan uji keausan
14	<i>Micro vickers hardness -M3 Microscope</i>		Digunakan untuk uji kekerasan
15	<i>Optical Emission Spectrometers (OES)</i>		Untuk uji komposisi
16	<i>Mesin gripo 2m</i>		Menghaluskan spesimen secara rata



No.	Nama Alat	Gambar	Fungsi
17	Laptop		Untuk pengolahan data

Tabel 3-2 Bahan Penelitian

No.	Nama Bahan	Gambar
1	<i>Sprocket non</i> pabrikan resmi tipe 428 15T (kode ketebalan nomor rantai dan gear serta banyaknya mata gigi)	
2	<i>Sprocket</i> pabrikan resmi tipe 428 15T (kode ketebalan nomor rantai dan gear serta banyaknya mata gigi)	
3	Pupuk urea (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO)	
4	Resin & katalis serta <i>freshcare</i>	

5	Plastisin, kaca, cetakan & lem	
6	Air laut	
7	Flinkote dan semen	
8	Autosol	
9	Cairan etsa HNO <sub>3</sub> 2.5%	

### 3.4 Pembuatan Spesimen

#### 3.4.1 Proses Pematangan

Dalam penelitian ini spesimen yang digunakan adalah *sprocket non* pabrikan resmi tipe 428 15T (kode ketebalan nomor rantai dan gear serta banyaknya mata gigi) yang dipotong menggunakan alat gerinda. Acuan spesimen yang dibuat tidak memiliki standar dikarenakan pengujian kekerasan *micro vickers* ini cenderung digunakan pada lembaran logam tipis dan spesimen yang kecil dan

juga beban yang diberikan rentangnya juga minim (mulai dari 10 grf – 5 kgf) Selain itu menyesuaikan dengan kemampuan alat uji dikarenakan pengujiannya berbeda dengan pengujian tarik ataupun bending yang memiliki standar dimensi. Dimensi spesimen 27 mm x 7 mm x 8 mm (panjang x lebar x tinggi) agar memudahkan proses nitridasi dan pengujian, sedangkan untuk pengujian komposisi kimia dibuat spesimen khusus dengan ukuran 30 mm x 13 mm x 7 mm (panjang x lebar x tinggi) hal ini dikarenakan menyesuaikan dengan minimal dimensi yang dapat diuji dari alat uji sebesar 10 mm x 30 mm. Bentuk spesimen uji seperti ditunjukkan pada gambar 3-2



Gambar 3-2 Spesimen uji nitridasi

### 3.4.2 Pembuatan Tabung Nitridasi

Setelah proses pemotongan spesimen dilakukan dilanjutkan dengan proses penentuan banyaknya kadar urea yang akan digunakan untuk proses nitridasi yang akan dibahas pada sub bab proses *pack nitriding*. Hal ini dilakukan juga untuk menentukan dimensi dari tabung yang akan digunakan sebagai wadah untuk proses nitridasi. Ketika kadar urea diketahui maka dimensi tabung yang digunakan akan menyesuaikan dengan pipa yang tersedia di pasaran dan pabrikan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3-3 merupakan tabung baja galvanis dengan diameter 63.5 mm (2.5 inch) dan panjang 150 mm kemudian dilapisi semen dan *flinkote* agar media urea tidak terdifusi ke dalam baja. Baja galvanis ini mampu menahan temperatur variasi lebih dari seperti yang ditentukan sebelumnya.



Gambar 3-3 Tabung nitridasi

### 3.4.3 Proses *Pack Nitriding*

Pada proses *pack nitriding* ini menggunakan mesin *Furnace Wisetherm* yang terletak di lab proses produksi teknik mesin Universitas Islam Indonesia yang ditunjukkan pada gambar 3-3. Proses pertama yang dilakukan adalah menghitung luas permukaan dari spesimen dengan menggunakan persamaan berikut

$$(2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t) \dots \dots \dots (3.1)$$

Dengan menggunakan persamaan diatas dimana nilai panjang (p), lebar (l) dan tinggi (t) dapat dilihat pada sub bab proses pemotongan maka akan didapatkan nilai luas permukaan spesimen uji kekerasan, keausan, struktur mikro dan korosi serta komposisi kimia sebesar ditunjukkan pada tabel 3-3.

Setelah dihitung luas permukaan kemudian menghitung kadar berat urea yang akan dituangkan dengan menggunakan persamaan dibawah ini

$$DOA \text{ (gr/mm}^2\text{)} = \frac{\text{Berat urea (gr)}}{\text{Luas permukaan (mm}^2\text{)}} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dari perhitungan dengan rumus tersebut didapatkan berat urea sebesar yang ditunjukkan pada tabel 3-3

Tabel 3-3 Berat urea pada setiap spesimen uji

DOA	Berat urea	Luas Permukaan	Spesimen
0.2 gr/ mm <sup>2</sup>	184.4 gr	922 mm <sup>2</sup>	Kekerasan, keausan, struktur mikro dan laju korosi
0.2 gr/ mm <sup>2</sup>	276.4 gr	1382 mm <sup>2</sup>	Komposisi kimia

Kemudian pupuk urea dimasukkan kedalam tabung nitridasi seperti pada gambar 3-5 sebanyak 184.4 gr dan 276.4 gr untuk spesimen komposisi kimia. Lalu tabung dimasukkan kedalam *furnace* ditunjukkan pada gambar 3-4 untuk dipanaskan sampai temperatur 525<sup>0</sup>C, 550<sup>0</sup>C, 575<sup>0</sup>C dan 600<sup>0</sup>C dan ketika mencapai temperatur tersebut dilakukan penahan selama 2.5 jam untuk semua variasi temperatur seperti ditunjukkan pada gambar 3-6.



Gambar 3-4 *Furnace*    Gambar 3-5 Berat urea    Gambar 3-6 Seting parameter

Setelah proses pemanasan selesai kemudian tabung dikeluarkan dari *furnace* dan spesimen dikeluarkan dari tabung lalu dilakukan pendinginan cepat pada spesimen menggunakan air dari lab proses produksi Teknik Mesin UII (air PDAM dengan kadar keasaman 7-7.5 pH dan temperatur berkisar 27-32 °C sumber dari penelitian Rohmawati, 2020) seperti ditunjukkan pada gambar 3-7. Untuk hasil dari spesimen proses *pack nitriding* terlihat pada gambar 3-8



Gambar 3-7 Proses pengeluaran tabung dan pendinginan cepat



Gambar 3-8 Hasil spesimen nitridasi

## 3.5 Proses Pengujian

### 3.5.1 Pengujian Komposisi Kimia

Langkah pertama yang dilakukan sebelum melakukan pengujian komposisi yaitu kita membuat spesimen uji yang diberi lapisan resin disekelilingnya sebagai dukungan seperti gambar 3-9 agar memudahkan proses pengujian. Proses ini dilakukan dengan membuat cetakan dari plat tipis ukuran 40 mm x 35 mm kemudian spesimen diletakan didalamnya. Selanjutnya menuangkan cairan resin dan katalis yang telah diaduk kedalam cetakan sampai cairan tersebut kering dan mudah dilepaskan. Langkah selanjutnya menghaluskan permukaan dukungan resin agar rata dengan cara diampelas. Spesimen yang diuji pada pengujian ini adalah 4 spesimen dengan variasi temperatur yang berbeda, dan 2 spesimen *raw material* dari *sprocket* pabrikan resmi dan *non* pabrikan resmi.



Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan alat *Optical Emission Spectrometers (OES)* di PT. Itokoh Ceperindo, Yogyakarta.



Gambar 3-9 Spesimen uji komposisi kimia

### 3.5.2 Pengujian Kekerasan *Microhardness Vickers*

Pengujian kekerasan *micro vickers* ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari spesimen dan diuji menggunakan alat *Micro Vickers Hardness - M3 Microscope* pada gambar 3-10 agar hasil yang didapatkan lebih akurat. Spesimen hasil dari proses nitridasi digabungkan dan dibuat cetakan dari resin sebagai dukungan untuk memudahkan proses pengujian ditunjukkan pada gambar 3-9 juga. Pengujian kekerasan ini dilakukan pada 3 titik setiap spesimen dari 4 spesimen variasi temperatur dan 2 spesimen raw material (*sprocket* pabrikan resmi dan *non pabrikan resmi*) dengan pembebanan sebesar 200 gf.



Gambar 3-10 *Micro Vickers Hardness -M3 Microscope* & Spesimen uji kekerasan

Untuk menghitung nilai kekerasan *vickers* dapat digunakan persamaan berikut

$$HV = \frac{2 F \sin(a/2)}{d^2} = \frac{1.854 F}{d^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan : HV = nilai kekerasan vickers (VHN)

F = gaya (kg)

a = sudut puncak ( $136^0$ )

d = diameter jejak indentansi rerata (mm)

### 3.5.3 Pengujian Keausan

Pengujian keausan ditujukan untuk mengetahui ketahanan aus dari suatu material dengan cara mensimulasikannya seperti kondisi aktual. Pada penelitian ini, pengujian keausan menggunakan alat *Universal Friction Wear Tester* seperti pada gambar kedua 3-11 yang terletak di Laboratorium D3 Teknik mesin Universitas Gajah Mada. Pengujian keausan ini menggunakan metode Ogoshi yang mensimulasikan keausan abrasif pada spesimen uji. Spesimen yang digunakan serupa dengan spesimen uji kekerasan.

Pada uji keausan diberikan pembebanan sebesar 6.36 kg sesuai dengan kekerasan spesimen dengan jarak pengausan sebesar 15 m. Jejak goresan yang terbentuk oleh *disc* (piringan) yang berputar akan diukur menggunakan *Stereo Zoom Microscope*.



Gambar 3-11 Spesimen uji keausan dan *Universal Friction Wear Tester*

Pada pengujian keausan volume tergores pada spesimen dapat dihitung menggunakan persamaan 3.4 berikut

$$W = \frac{B \times b^3}{12 \times r} \dots\dots\dots(3.4)$$

- Dengan
- W = volume tergores (mm<sup>3</sup>),
  - B = tebal *disc* (mm)
  - b = panjang permukaan tergores (mm)
  - r = jari-jari *disc* (mm)

Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan laju keausan pada spesimen dengan persamaan 3.5 sebagai berikut

$$W_s = \frac{B \times b^3}{8 \times r \times P_o \times l_o} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

$W_s$  = nilai laju keausan ( $\text{mm}^3/\text{kg.m}$ ),

$B$  = tebal *disc* (mm),

$b$  = panjang permukaan tergores (mm),

$r$  = jari-jari *disc* (mm)

$P_o$  = beban penekanan (kg)

$l_o$  = jarak pengausan (m)

### 3.5.4 Pengamatan Struktur Mikro

Pada pengujian struktur mikro spesimen yang digunakan adalah spesimen untuk kekerasan dimana spesimen tersebut dihaluskan menggunakan amplas yang berputar di mesin Gripo 2M sehingga permukaan uji akan rata dan selanjutnya dilakukan proses autosol (*polishing*) lalu diberikan cairan etsa  $\text{HNO}_3$  2.5% dipermukaan dan ditunggu hingga kering, spesimen ditunjukkan pada gambar 3-12. Pengujian dilakukan dengan *Stereo Zoom Microscope* pembesaran 100x dan 200x dibagian tepi spesimen sehingga lapisan hasil nitridasi akan dapat terlihat. Pada pengujian struktur mikro ini spesimen yg diuji juga seperti pada sebelumnya yaitu meliputi 4 spesimen variasi temperatur, 1 spesimen pabrikan resmi dan 1 spesimen *non* pabrikan resmi.



Gambar 3-12 Spesimen uji struktur mikro

### 3.5.5 Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi pada spesimen *Sprocket* dilakukan agar dapat mengetahui ketahanan material dari *sprocket* apabila terkena reaksi kimia lingkungan. Pada penelitian sebelumnya belum dilakukan proses pengujian laju korosi. Namun dalam penelitian kali ini dilakukan pengujian laju korosi dikarenakan korosi termasuk salah satu faktor yang menyebabkan usia/ketahanan dari *sprocket* berkurang. Untuk prosesnya sendiri dengan menyelupkan spesimen



kedalam wadah berisi air laut seperti ditunjukkan pada gambar 3-13 yang diambil dari pantai Parangtritis Yogyakarta dan didiamkan selama 40 hari dimana setiap 10 hari diukur menggunakan timbangan digital untuk mengetahui penurunan berat dari spesimen uji. Selain itu digunakan air laut karena memiliki ion klorida yang sifatnya agresif membentuk senyawa asam yang bereaksi dengan selaput pasif dari logam yang bersifat basa sehingga akan rusak dan menyebabkan terjadinya korosi. Pengujian korosi dengan air laut dilakukan sebagai refleksi dari aplikasi penerapan *sprocket* pada sepeda motor yang kita gunakan biasanya sering dicuci dan terkena air hujan atau bahkan tenggelam karena banjir. Adapun untuk perbandingan dengan menggunakan zat/cairan kimia selain air laut dinilai lebih mempercepat proses korosi seperti metode elektrokimia dengan cara mengukur beda potensial objek dimana kita dapat langsung mengetahui nilai laju korosi pada saat diukur dan memperkirakan laju tersebut dalam waktu yang panjang akan tetapi menggunakan air laut dinilai lebih efektif dikarenakan hemat biaya dan lebih ramah lingkungan.



Gambar 3-13 Uji spesimen laju korosi

Data dari hasil tersebut akan dihitung nilai laju korosinya dengan menggunakan persamaan 3.6 berikut

$$CR \text{ (mmpy)} = \frac{k \times w}{D \times A \times T} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan : CR = *corrothion rate* (mm/y)

W = *weight loss* (gr)

K = konstanta laju korosi ( $8.76 \times 10^4$ )

D = denstitas ( $\text{gr/cm}^3$ )

A = luas permukaan ( $\text{cm}^2$ )

T = *holding time* (jam)

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Proses Nitridasi

Pada penelitian ini dilakukan beberapa proses pengujian untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari material/spesimen *sprocket* hasil proses nitridasi dengan variasi temperatur. Berikut hasil ini yang ditunjukkan pada gambar 4-1 yaitu spesimen *sprocket* hasil dari proses nitridasi. Adapun parameter proses dari penelitian ini ditunjukkan pada tabel 4-1



Gambar 4-1 Hasil spesimen setelah proses nitridasi

Tabel 4-1 Parameter proses nitridasi

No	Parameter	Digunakan
1	Media nitridasi	Urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )
2	Temperatur	525°C, 550°C, 575°C dan 600°C
3	<i>Holding time</i>	2.5 jam
4	DOA ( <i>degree of availability</i> )	0.2
5	Media pendinginan cepat	Air

#### 4.2 Pengujian Komposisi Kimia

##### 4.2.1 Hasil Pengujian komposisi kimia *sprocket* pabrikan resmi dan *sprocket non pabrikan resmi (raw material)*

Pengujian komposisi kimia dari spesimen hasil nitridasi diuji menggunakan alat *Spectro Meter* yang dilakukan di PT. ITOKOH Ceperindo. Pengujian dilakukan pada spesimen *sprocket* pabrikan resmi dan *sprocket non pabrikan resmi* sebelum (*raw material*) dan sesudah proses nitridasi.

Adapun hasil pengujian komposisi dari *sprocket* pabrikan resmi dan *sprocket non* pabrikan resmi (*raw material*) ditunjukkan pada tabel 4-2.

Tabel 4-2 komposisi kimia *sprocket* pabrikan resmi dan *sprocket non* pabrikan resmi (*raw material*)

Unsur	Komposisi (%) <i>sprocket</i> pabrikan resmi	Komposisi (%) <i>sprocket non</i> pabrikan resmi
Fe	98.7296	97.9580
S	0.0102	0.0107
Al	0.0330	0.0194
C	0.6893	0.5290
Ni	0.0053	0.0090
Nb	0.0005	0.0162
Si	0.0074	0.1044
Cr	0.0323	0.0110
V	0.0004	0.0005
Mn	0.2998	1.1952
Mo	0.0010	0.0016
W	0.0001	0.0001
P	0.0217	0.0125
Cu	0.0077	0.0117
Ti	0.0011	0.0009
N	0.1639	0.1044
B	0	0.0004
Pb	0.0001	0.0001
Sb	0.0001	0.0025
Ca	0	0
Mg	0.0001	0.0001
Zn	0.0007	0.0011
Co	0.0018	0.0042

Berdasarkan data hasil pengujian komposisi kimia diketahui bahwa *sprocket* pabrikan resmi termasuk kedalam baja karbon tinggi dimana memiliki kadar karbon sebesar 0.6893% (lebih dari 0.6%) sedangkan *sprocket non* pabrikan resmi sebesar 0.5290% dan termasuk kedalam baja karbon menengah. Lebih tepatnya termasuk pada baja AISI 1069 dan AISI 1053. Selain itu untuk kadar nitrogen *sprocket* pabrikan resmi memiliki kandungan nitrogen sebesar 0.1639% sedangkan nitrogen dari *sprocket non* pabrikan resmi (*raw material*) sebesar 0.1044%.

## 4.2.2 Hasil Pengujian komposisi kimia *sprocket non* pabrikan resmi setelah dilakukan proses nitridasi

Tabel 4-3 komposisi kimia *sprocket* hasil proses nitridasi

Unsur	Komposisi (%) spesimen di temperatur 525°C	Komposisi (%) spesimen di temperatur 550°C	Komposisi (%) spesimen di temperatur 575°C	Komposisi (%) spesimen di temperatur 600°C
Fe	97.9268	97.6852	98.0566	97.8874
S	0.0107	0.0126	0.0129	0.0114
Al	0.0160	0.0495	0.0116	0.0117
C	0.4604	0.4251	0.1823	0.3099
Ni	0.0079	0.0737	0.0069	0.0070
Nb	0.0189	0.0175	0.0314	0.0317
Si	0.1199	0.1054	0.1390	0.1409
Cr	0.0146	0.1322	0.0140	0.0140
V	0.0003	0.0011	0.0012	0.0013
Mn	1.1849	1.2555	1.3061	1.3068
Mo	0.0016	0.0007	0.0022	0.0019
W	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
P	0.0140	0.0223	0.0171	0.0161
Cu	0.0114	0.0101	0.0099	0.0103
Ti	0.0105	0.0023	0.0019	0.0019
N	0.1983	0.1996	0.2057	0.2436
B	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002
Pb	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Sb	0.0015	0.0020	0.0016	0.0020
Ca	0.0008	0.0016	0.0002	0.0002
Mg	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Zn	0.0009	0.0006	0.0007	0.0007
Co	0.0042	0.0042	0.0045	0.0046

Pada tabel 4-3 ditunjukkan data komposisi dari spesimen *sprocket* yang telah dilakukan proses nitridasi. Diketahui bahwa terjadi penurunan kadar karbon (c) pada setiap spesimen nitridasi dibandingkan dengan spesimen *raw material* yang disebabkan dikarenakan saat proses pengujian komposisi cenderung mendeteksi bagian permukaan spesimen yang permukaannya telah terdapat lapisan nitrida yang menyebabkan kandungan nitrogen meningkat sehingga adanya kemungkinan tidak mendeteksi sempurna ke lapisan dalam material. Selain itu pada pengujian kekerasan indentasi dari pembebanan tidak menembus tebal dari *whitelayer* sehingga kekerasan yang terbentuk adalah identitas dari struktur baru yang terbentuk yaitu *martensite* yang bentuknya seperti jarum yang tak beraturan sehingga menyebabkan nilai kekerasan meningkat dikarenakan sifat *martensite* yang keras. Kemudian pada pengujian komposisi meningkat juga kadar unsur nitrogen. Pada spesimen proses nitridasi dengan temperatur 525°C mengalami

kenaikan kadar nitrogen dalam persentase sebesar 89.94% dari nilai awal (*sprocket non* pabrikan resmi *raw material* = 0.1044%) sehingga besarnya yaitu 0.1983%. Sedangkan untuk temperatur 550°C mengalami kenaikan dari nilai awal sebesar 91.18% (0.1996%), pada temperatur 557°C kenaikan sebesar 97.03% (0.2057%) serta temperatur 600°C mengalami kenaikan dari nilai unsur awal sebesar 133.33% dengan kadar nitrogen 0.2436%. Peningkatan kadar nitrogen yang terjadi disebabkan karena terdifusinya kadar nitrogen urea kedalam spesimen pada saat dilakukan proses nitridasi. Peningkatan kadar nitrogen ini mempengaruhi sifat dari *sprocket* seperti pada ketahanan korosi maupun keausan.

### 4.3 Uji Kekerasan *Microhardness Vickers*

Pengujian kekerasan pada permukaan material dilakukan menggunakan alat *Micro Vickers Hardness -M3 Microscope* yang ditekan oleh indentor intan piramid 136° dengan pembebanan 200 gf selama 5 detik. Pada setiap spesimen uji dilakukan penekanan di 3 titik dengan selisih pergeseran jarak per titik sebesar 1 mm dari tengah spesimen. Adapun bekas penekanan diagonal yang dilakukan pada spesimen seperti ditunjukkan pada gambar 4-2



Gambar 4-2 Bekas Penekanan spesimen uji kekerasan

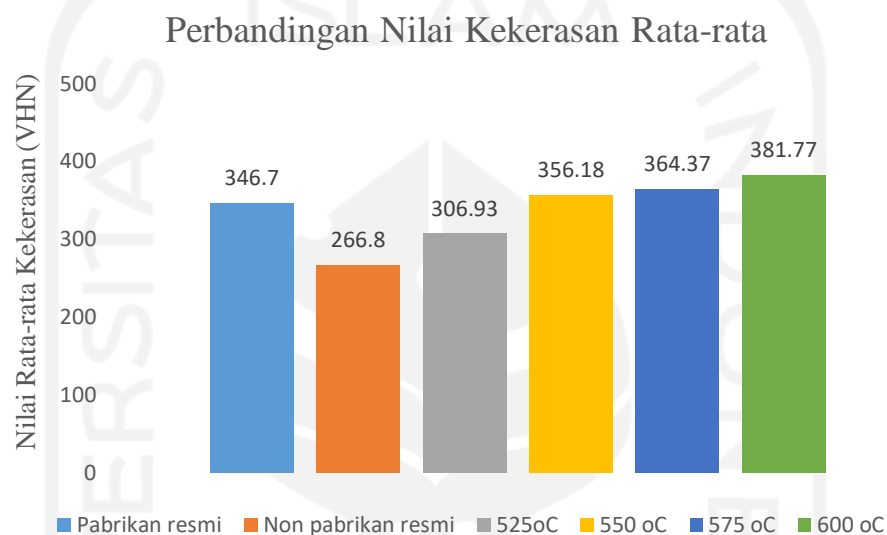
Bekas penekanan tersebut akan diukur dan dijadikan data untuk menghitung nilai kekerasan setiap daerah spesimen menggunakan persamaan (3.3). Salah satu contoh perhitungan pada *sprocket* hasil nitridasi padat dengan temperatur 525°C pada titik 1 sebagai berikut

$$HV = \frac{1854 (200)}{33^2} = 340.5 \text{ HVN}$$

Kemudian dihitung nilai rata-rata dari 3 titik uji pada spesimen sebagai contoh pada spesimen hasil nitridasi dengan temperatur 525°C berikut

$$HV = \frac{340.5+294.2+286.1}{3} = 306.9 \text{ HVN}$$

Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan pada 3 titik uji spesimen dapat dilihat pada bagian lampiran. Nilai kekerasan yang telah dihitung akan di rata-rata sehingga kita mengetahui nilai kekerasan ideal tertinggi spesimen seperti ditunjukkan pada gambar 4-3



Gambar 4-3 Perbandingan nilai rata-rata kekerasan spesimen *sprocket*

Dari data yang ditunjukkan pada gambar 4-3 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan pada permukaan *sprocket* hasil proses nitridasi dengan variasi temperatur mengalami peningkatan dari *raw* materialnya (*sprocket non* pabrik resmi). Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada temperatur 600°C dengan nilai sebesar 381.77 VHN atau meningkat 43.09% dibanding nilai kekerasan awal (*raw* material). Hal ini menunjukkan bahwa variasi suhu pada proses nitridasi berpengaruh terhadap kekerasan permukaan material *sprocket* yang mana dalam kasus penelitian ini semakin tinggi suhu yang digunakan (525°C, 550°C, 575 °C dan 600°C) berbanding lurus dengan nilai kekerasan permukaan *sprocket*.

#### 4.4 Uji Keausan

Pengujian keausan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan spesimen *sprocket* dalam menahan beban goresan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Friction Wear Tester* menggunakan metode Ogoshi. Pembebanan yang diberikan pada pengujian ini yaitu sebesar 6.36 kg dengan jarak pengausan 15 meter. Kemudian panjang/lebar dari area tergores pada spesimen akan diukur dan dihitung volume tergoresnya dengan persamaan (3.4) yang dilanjutkan dengan mencari nilai laju keausan menggunakan persamaan (3.5).

Hasil dari pengujian keausan dapat dilihat pada lampiran. Salah satu contoh perhitungan volume tergores dan nilai laju keausan pada spesimen uji hasil proses nitridasi pada temperatur 525°C di titik uji 1 sebagai berikut  
Diketahui tebal *disc* (B) adalah 3.45 mm dan jari-jari (r) sebesar 13.6 mm dengan panjang goresan 0.85 mm

$$W = \frac{3.45 \times 0.85^3}{12 \times 13.6} = 0.01314 \text{ mm}^3$$

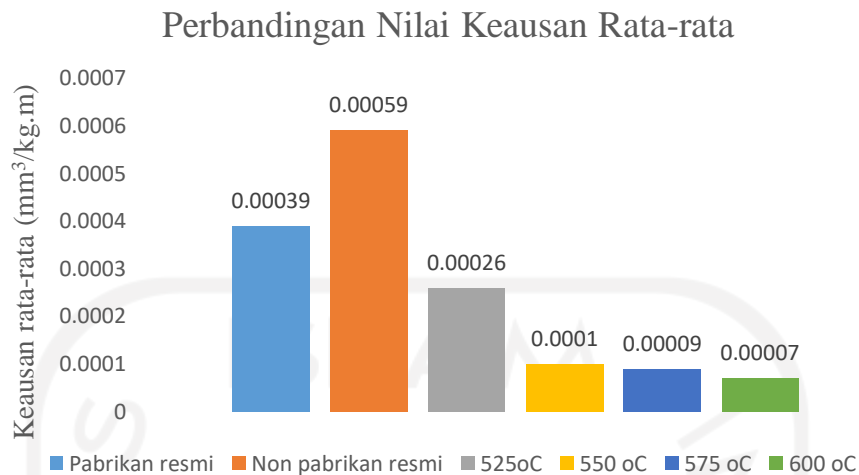
$$W_s = \frac{3.45 \times 0.85^3}{8 \times 13.6 \times 6.36 \times 15} = 0.00021 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$$

Kemudian dihitung nilai rata-rata dari 3 titik uji pada spesimen sebagai contoh pada spesimen hasil nitridasi dengan temperatur 525°C berikut

$$W_s = \frac{0.00021 + 0.00023 + 0.00035}{3} = 0.00026 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$$



Berikut merupakan perbandingan nilai keausan pada spesimen uji



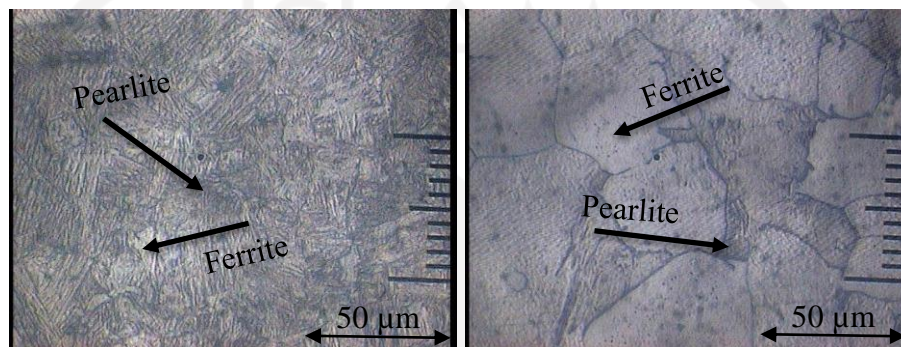
Gambar 4-4 Perbandingan nilai laju keausan spesimen *sprocket*

Berdasarkan gambar 4-4 dapat dilihat bahwa perbandingan nilai laju keausan antara *sprocket* raw material pabrik resmi dan pabrik *non* resmi yaitu 0.00039 mm<sup>3</sup>/kg.m berbanding 0.00059 mm<sup>3</sup>/kg.m dimana *sprocket* pabrik resmi unggul dalam hal ketahanan aus.

Selain itu terjadi peningkatan ketahanan aus terhadap spesimen *sprocket non* pabrik resmi yang telah diproses nitridasi dengan variasi temperatur dimana nilai ketahanan aus paling baik terjadi pada temperatur 600°C dengan nilai 0.00007 mm<sup>3</sup>/kg.m diikuti temperatur 575°C (0.00009 mm<sup>3</sup>/kg.m), 550°C (0.00010 mm<sup>3</sup>/kg.m) dan 525°C (0.00026 mm<sup>3</sup>/kg.m). Hal ini menunjukkan bahwa variasi temperatur pada proses nitridasi berpengaruh terhadap nilai ketahanan aus *sprocket*.

## 4.5 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur yang terbentuk dari sebuah spesimen *sprocket*. Spesimen yang diamati yaitu spesimen dari masing-masing *raw material* dan spesimen variasi temperatur. Pengamatan ini menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200x. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4-5 yang merupakan foto struktur mikro dari spesimen *sprocket* pabrikan resmi dan *non* pabrikan resmi.



Gambar 4-5 Struktur mikro *sprocket* pabrikan resmi dan *non* pabrikan resmi

Pada gambar 4-5 dapat dilihat struktur mikro dari kedua *sprocket* dimana terdiri dari *pearlite* yang tampak gelap atau berwarna hitam dan juga *ferrite* yang berwarna putih atau terang. Pada struktur mikro spesimen pabrikan resmi mengandung unsur *pearlite* lebih banyak dibanding struktur mikro spesimen *non* pabrikan resmi. Hal ini berdampak pada nilai kekerasan yang semakin tinggi. Adapun untuk struktur mikro spesimen *sprocket* hasil proses nitridasi variasi suhu dapat dilihat pada table 4-4

Tabel 4-4 Pengamatan struktur mikro *sprocket* hasil proses nitridasi padat variasi temperatur

Variasi temperatur	Struktur mikro
525°C	

Variasi temperatur	Struktur mikro
550°C	<p>A micrograph showing the surface structure of a sprocket at 550°C. The image displays a dark, granular matrix labeled 'martensite' and a distinct, lighter-colored layer on the surface labeled 'white layer'. A scale bar at the bottom indicates 50 μm.</p>
575°C	<p>A micrograph showing the surface structure of a sprocket at 575°C. The image displays a dark, granular matrix labeled 'martensite' and a distinct, lighter-colored layer on the surface labeled 'white layer'. A scale bar at the bottom indicates 50 μm.</p>
600°C	<p>A micrograph showing the surface structure of a sprocket at 600°C. The image displays a dark, granular matrix labeled 'martensite' and a distinct, lighter-colored layer on the surface labeled 'white layer'. A scale bar at the bottom indicates 50 μm.</p>

Berdasarkan pada tabel 4-4 yaitu pengamatan struktur mikro *sprocket* hasil nitridasi padat variasi temperatur dimana foto struktur yang diambil adalah pada bagian atas dan tepi spesimen, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui struktur yang terbentuk dan tebal lapisan nitrida (*white layer*) pada spesimen tersebut. Diketahui bahwa terbentuk struktur baru yaitu *martensite* yang bentuknya seperti jarum yang tak beraturan sehingga menyebabkan nilai kekerasan meningkat dikarenakan sifat *martensite* yang keras. Hal ini terjadi karena proses pemanasan dan proses *quenching* yang dilakukan serta transformasinya berlangsung sangat cepat sehingga tidak memungkinkan terjadinya difusi karbon (Prpto, 2018).

Selain itu berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan di bagian tepi spesimen diketahui bahwa tebal lapisan *white layer* terbesar dimiliki oleh spesimen pada temperatur 600°C dengan nilai 5.83  $\mu\text{m}$  kemudian temperatur 575°C dan 550°C sebesar 5  $\mu\text{m}$  lalu diikuti temperatur 525°C (3.33  $\mu\text{m}$ ) tebal *whitelayer* ini sendiri mempengaruhi nilai ketahanan aus dan ketahanan korosi dari permukaan material.

#### 4.6 Uji Laju Korosi

Pada pengujian laju korosi dilakukan dengan cara spesimen dидiamkan didalam wadah berisi air laut selama 40 hari dimana setiap 10 hari ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mengetahui penurunan berat dari spesimen uji. Alasan dilakukan pengujian laju korosi dikarenakan korosi termasuk salah satu faktor yang menyebabkan usia/ketahanan dari *sprocket* berkurang. Selain itu digunakan air laut karena memiliki ion klorida yang sifatnya agresif membentuk senyawa asam yang bereaksi dengan selaput pasif dari logam yang bersifat basa sehingga akan rusak dan menyebabkan terjadinya korosi. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4-5 mengenai pengurangan berat dari setiap spesimen uji laju korosi.

Tabel 4-5 Pengurangan berat spesimen proses nitridasi

Spesimen <i>sprocket</i>	Berat awal (gr)	Berat spesimen 10 hari ke – (gr)				Penyusutan berat total (gr)
		1	2	3	4	
Pabrikan resmi	11.45	11.45	11.45	11.44	11.44	0.01
<i>Non</i> pabrikan resmi	11.4	11.38	11.38	11.37	11.37	0.03
525°C	11.4	11.4	11.39	11.38	11.37	0.03
550°C	11.4	11.4	11.4	11.39	11.38	0.02
575°C	11.4	11.4	11.4	11.39	11.39	0.01
600°C	11.4	11.4	11.4	11.4	11.39	0.01

Pada tabel 4-5 diketahui bahwa penurunan berat yang terjadi pada *sprocket* pabrikan resmi dan pabrikan *non* resmi sebelum (*raw material*) dan setelah proses nitridasi mengalami penurunan berat dimana penurunan berat total yang paling besar terjadi pada *sprocket non* pabrikan resmi dan *sprocket* hasil nitridasi temperatur 525°C dengan nilai 0.03 gr. Selain itu pada *sprocket non* pabrikan resmi (*raw material*) mengalami penurunan berat yang lebih besar dibanding dua jenis *sprocket* yang lain yang disebabkan permukaan spesimen tidak dilakukan proses nitridasi. Hal ini mengindikasikan bahwa spesimen hasil proses nitridasi mengalami peningkatan ketahanan korosi. Untuk memastikan peningkatan



tersebut perlu dilakukan perhitungan laju korosi yang dapat dicari menggunakan persamaan 3-6. Sebagai salah satu contoh nilai laju korosi pada spesimen uji proses nitridasi pada temperatur 600 °C untuk 10 hari pertama.

Diketahui :  $W = 0,01 \text{ gr}$ ,  $K = 8.76 \times 10^4$

$D = 7,53 \text{ gr/cm}^3$ ,  $T = 24 \times 10 = 240 \text{ jam}$

$A = 992 \text{ mm}^2$

$$\text{CR (mmpy)} = \frac{k \times w}{D \times A \times T} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.01}{7.53 \times 9.22 \times 240} = 0.052 \text{ mmpy}$$

Untuk proses perhitungan laju korosi pada *sprocket* pabrikan resmi, non pabrikan resmi (*raw material*) dan non pabrikan resmi hasil proses nitridasi ditunjukkan pada tabel 4-6

Tabel 4-6 Perhitungan laju korosi spesimen *sprocket*

Spesimen <i>sprocket</i>	Laju korosi 10 hari ke – (mmpy)			
	1	2	3	4
Pabrikan resmi	0	0	0.052	0.052
Non pabrikan resmi	0.105	0	0.052	0.052
525°C	0	0.052	0.052	0.052
550°C	0	0	0.052	0.052
575°C	0	0	0.052	0
600°C	0	0	0	0.052

Setelah nilai laju korosi spesimen diketahui selanjutnya dikategorikan nilai laju korosi pada tabel standar laju korosi material untuk mengetahui dimanakah tingkat ketahanan laju korosi spesimen uji seperti ditunjukkan pada tabel 4-7

Tabel 4-7 Tingkat ketahanan korosi pada spesimen *sprocket*

Relative corrosion resistance	Laju korosi (mmpy)						
	mmpy	Pabrikan resmi	Non pabrikan resmi	525°C	550°C	575°C	600°C
<i>Outstanding</i>	< 0.02						
<i>Excellent</i>	0.02 – 0.1	0.052	0.07	0.052	0.052	0.052	0.052
<i>Good</i>	0.1 – 0.5						
<i>Fair</i>	0.5 - 1						
<i>Poor</i>	1 - 5						
<i>Unacceptable</i>	5+						

Dapat dilihat pada tabel 4-7 bahwa semua spesimen *sprocket* memiliki ketahanan korosi ditingkat yang sangat baik. Terlebih lagi ketika spesimen telah dilakukan proses nitridasi dengan variasi temperatur mengalami sedikit penurunan berat dibanding *sprocket non* pabrikan resmi (*raw material*). Hal ini terjadi karena

pada saat proses nitridasi kandungan nitrogen pada permukaan material/spesimen terdifusi dan bertambah sehingga menyebabkan ketahanan terhadap korosi menjadi lebih baik.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

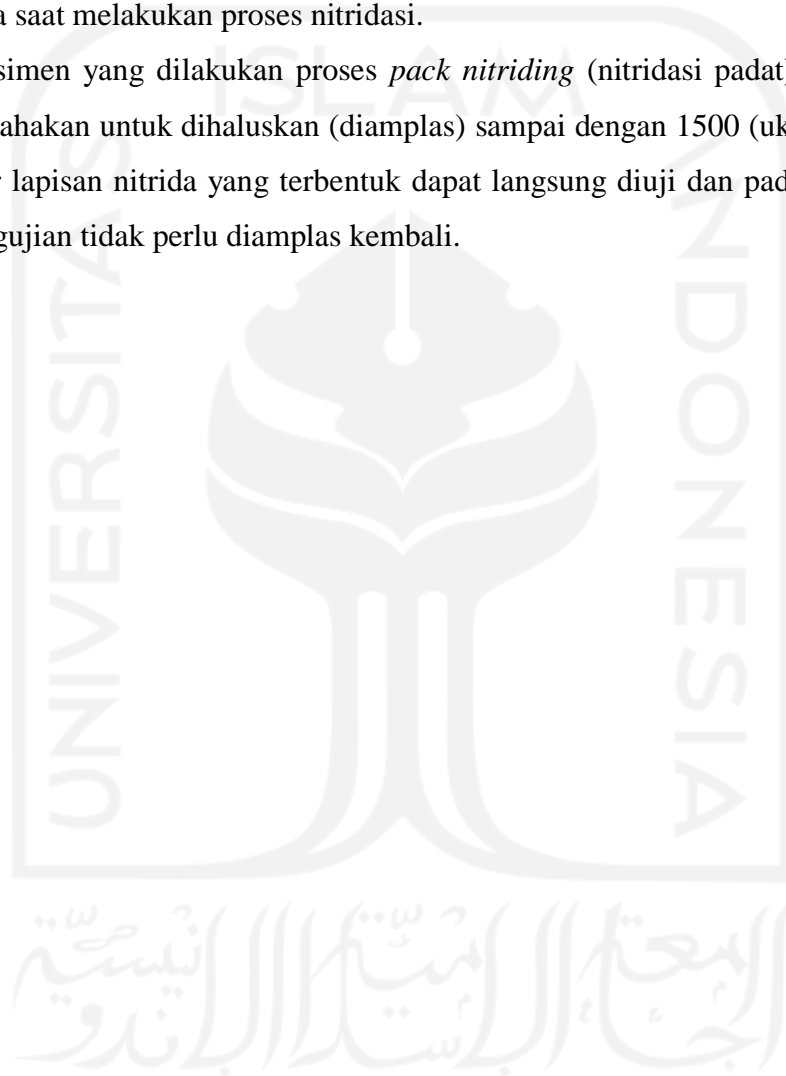
Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter temperatur pada proses *pack nitriding* (nitridasi padat) mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari material *sprocket*.
2. Pada pengujian komposisi kimia spesimen proses nitridasi dengan temperatur 525°C mengalami kenaikan kadar nitrogen dalam persentase sebesar 89.94% dari nilai awal (*sprocket non* pabrikan resmi *raw material* = 0.1044%) sedangkan untuk temperatur 550°C sebesar 91.18% (0.1996%) lalu temperatur 557°C kenaikan sebesar 97.03% (0.2057%) serta temperatur 600°C mengalami kenaikan dari nilai unsur awal sebesar 133.33% dengan kadar nitrogen 0.2436%.
3. Pada pengamatan struktur mikro spesimen *sprocket* hasil proses nitridasi terdapat lapisan putih (*white layer*) yang disebut lapisan nitrida ( $Fe_4N$ ) dimana lapisan yang paling tebal terjadi pada variasi temperatur 600°C dengan tebal sebesar 5.83  $\mu m$ .
4. Hasil proses *pack nitriding* pada spesimen *sprocket* dengan variasi temperatur 600°C memiliki nilai rata-rata kekerasan tertinggi yaitu 381.77 VHN dibandingkan dengan *sprocket* pabrikan resmi (346.7 VHN) dan *sprocket non* pabrikan resmi *raw material* (266.8 VHN).
5. *Sprocket* hasil proses *pack nitriding* dengan variasi temperatur 600°C memiliki nilai rata-rata keausan terbaik yaitu 0.00007  $mm^3/kg.m$  dibandingkan dengan *sprocket* pabrikan resmi (0.00039  $mm^3/kg.m$ ) *non* pabrikan resmi *raw material* (0.00059  $mm^3/kg.m$ ).

6. Dari hasil pengujian korosi, semua spesimen mengalami sedikit penurunan berat dan berada pada tingkat ketahanan korosi yang paling baik.

## 5.2 Saran

1. Pemilihan material tabung atau wadah untuk proses nitridasi harus diperhatikan dimana dibutuhkan material tahan panas yang lebih agar medianya tidak bocor pada saat melakukan proses nitridasi.
2. Spesimen yang dilakukan proses *pack nitriding* (nitridasi padat) sebelumnya diusahakan untuk dihaluskan (diamplas) sampai dengan 1500 (ukuran amplas) agar lapisan nitrida yang terbentuk dapat langsung diuji dan pada saat proses pengujian tidak perlu diamplas kembali.





## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Z. (2006). Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control. Elsevier B.V. Vol. 1 | No. 1
- Bagas, N. 2018. Pengaruh Variasi Beban Indentor Vickers Hardness Tester Terhadap Hasil Uji Kekerasan Material Aluminium dan Besi Cor. Volume 1, No 1 (2018)
- Godec M, dkk. 2022. The influence of the plasma-nitriding temperature on the microstructure evolution and surface properties of additive-manufactured 18Ni300 maraging steel. Elsevier B.V. doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.128089 Received 29 November 2021
- Manurung V, et al. 2020. Panduan Metalografi. LP2M Politeknik Manufaktur Astra. Jakarta. Cetakan Pertama, April 2020. ISBN: 978-602-71320-9-2
- Nitha. 2021. Pengaruh Proses Pack Carburizing Arang Tulang Kerbau Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon. Zahira Media Publisher. CV. ZT Corpora. Terbit 106 halaman
- Prapto R. 2018. Peningkatan Kekerasan *Sprocket* Imitasi Melalui Proses Karburasi Cair Dengan Temperatur 850°C. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta Terbit 90 halaman.
- Purwadi W, et al. 2015. Peningkatan Kekerasan Permukaan Ferro Casting Ductile (Fcd) 700 Melalui Proses Nitridasi Dengan Media Urea. Volume 1 No. 1. Desember 2015 hal 64-78
- Qadri S et al. 2021. High Nitrogen Alloying Of Aisi 316 L Stainless Steel Powder By Nitriding. Halaman 456-463
- Rumendi U et al. 2019. Analisa Pengaruh Jumlah Urea dan Holding Time Proses Powder Nitriding terhadap Ketahanan Aus Material FC 25. Politeknik Manufaktur Bandung. Vol. 1 | No. 1 | Tahun 2019
- Rumendi U & Hermawan H. 2014. Analisis Pengerasan Permukaan Dan Struktur Mikro Baja Aisi 1045 Melalui Proses Nitridasi Menggunakan Media Urea. Edisi terbit II – April 2014 terbit 46 halaman
- Sarifuddin M. 2021. Mengenal Logam Sebagai Bahan Teknik. Deeppublish. CV Budiutama. Terbit 143 halaman

- Sari N H. 2018. Material Teknik. CV Budi Utama. Cetakan pertama januari 2018.  
Terbit 290 halaman
- Sembiring T et al. 2019. Alat Penguji Material. Guapedia.com. Halaman 1-30
- Setyawan AB & Purwadi W. 2009. Pengaruh Temperatur Dan Waktu Proses Nitridasi Terhadap Kekerasan Permukaan Fcd 700 Dengan Media Nitridasi Urea. Seminar Nasional Kluster Riset Teknik Mesin 2009 hal 35-40
- Siregar T et al. 2021. Korosi dan Pencegahannya. Yayasan Kita Menulis. Cetakan 1 April 2021. Terbit 176 Halaman
- Suarsana, I. 2017. Diktat Pengetahuan Material Teknik. Teknik Mesin Universitas Udayana. Terbit 71 halaman
- Sulistyo E et al. 2010. Proses Pack Nitriding Dengan Variasi Temperatur Dan Media Pupuk Nitrogen Terhadap Kekerasan AISI 420. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.1 No. 1. Hal 17-20
- Wardoyo & Sumpena. 2018. Pengaruh Variasi Temperatur Quenching Pada Aluminium Paduan Almgisi - Fe12% Terhadap Keausan. Jurnal ENGINE Vol. 2 No. 1, Mei 2018, pp no: 33-39.

# LAMPIRAN

## 1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

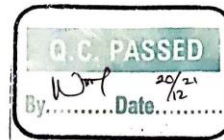


**PT. ITOKOH CEPERINDO**  
Stainless Steel & Alloy Steel Casting



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO  
 SAMPLE NAME : SAMPLE ASLI  
 CUSTOMER : Pak A. RAHMAN  
 FURNACE : 3L2006A02/50  
 OPERATOR : WENDY  
 DATE / TIME : 20-DEC-2021 14:35:40  
 TASK : Conc\_Fei METHOD : FEGLIE

	Fe*	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	98.7121	0.0108	0.0346	0.6822	0.0055	-0.0004	0.0078
2	98.7471	0.0096	0.0315	0.6864	0.0052	-0.0003	0.0070
AVG	98.7296	0.0102	0.0330	0.6893	0.0053	-0.0005	0.0074
SD	0.02478	0.00053	0.00216	0.00405	0.00015	0.00011	0.00019
SD%	0.03	8.12	6.54	0.59	3.35	24.72	7.95
	Cu	V	Mn	Mo	W	P	Ca
1	0.0325	0.0004	0.2966	-0.0009	0.0001	0.0222	0.0077
2	0.0321	0.0004	0.3029	-0.0011	0.0301	0.0211	0.0078
AVG	0.0323	0.0004	0.2998	-0.0010	0.0001	0.0217	0.0077
SD	0.00050	0.00005	0.00435	0.00008	0.00000	0.00031	0.00012
SD%	0.52	0.41	1.45	8.26	0.00	3.71	1.57
	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0012	0.1780	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
2	0.0010	0.1458	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	0.01995	0.00001	0.00000	0.00000	0.00014	0.00000
SD%	14.08	12.16	36.10	0.00	0.00	294.94	0.00
	Sn	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	0.0119	0.0198	0.5400	0.0092	0.0164	0.1048
2	97.9720	0.0101	0.0190	0.5179	0.0089	0.0159	0.1042
AVG	97.9560	0.0107	0.0194	0.5290	0.0090	0.0162	0.1044
SD	0.00264	0.00080	0.00055	0.01566	0.00024	0.00041	0.00020
SD%	0.02	7.96	2.85	2.96	2.65	2.58	0.20

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.0119	0.0005	1.1869	-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	1.98	1.95

	Ti	H	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0095	0.1141	0.0003	0.0001	0.0025	0.0000	0.0001
2	0.0089	0.0946	0.0003	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	0.01862	0.00016	0.00000	0.00014	0.00006	0.00000
SD%	1.83	18.24	41.41	0.00	5.60	6279.95	0.00

	Sn	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

**Q.C. PASSED**  
 By: *WY* Date: *20/12/21*

INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten 57417, Jateng - Indonesia  
 Phone : (0271) 224208, 224209 Fax : (0271213) E-mail : itokohci@indosat.net.id



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



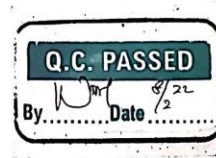
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO  
 SAMPLE NAME : SPROCKET Suhu 525  
 CUSTOMER : Sdr. MUHAMMAD RIZA  
 FURNACE : AB0647A01/69  
 OPERATOR : MENDY  
 DATE : TIME : 09-FEB-2022 09:38:28  
 TASK : Cond\_Fea METHOD : FEGLFE

	Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	97.9280	0.0111	0.0189	0.4664	0.0086	0.0181	0.1201
2	97.9286	0.0104	0.0167	0.4848	0.0071	0.0188	0.1187
AVG	97.9268	0.0107	0.0160	0.4604	0.0079	0.0189	0.1199
SD	0.00251	0.00047	0.00057	0.00652	0.00101	0.00021	0.00023
SD%	0.00	4.40	6.05	1.65	12.54	1.10	0.24

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.0165	0.0009	1.1865	-0.0014	0.0001	0.0141	0.0119
2	0.0127	0.0009	1.1884	-0.0019	0.0001	0.0138	0.0112
AVG	0.0146	0.0009	1.1849	-0.0016	0.0001	0.0140	0.0114
SD	0.00249	0.00002	0.00217	0.00035	0.00000	0.00021	0.00028
SD%	15.43	6.62	0.18	21.26	0.00	1.51	2.05

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0105	0.1897	0.0001	0.0001	0.0018	0.0008	0.0001
2	0.0104	0.2088	0.0001	0.0001	0.0014	0.0009	0.0001
AVG	0.0105	0.1983	0.0001	0.0001	0.0015	0.0008	0.0001
SD	0.00011	0.01205	0.00001	0.00000	0.00015	0.00021	0.00000
SD%	1.05	6.10	7.85	0.00	10.02	26.98	0.00

	En	Co
1	0.0009	0.0042
2	0.0009	0.0042
AVG	0.0009	0.0042
SD	0.00000	0.00000
SD%	0.17	0.04



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



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



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO  
 SAMPLE NAME : SAMPLE D.O.A 0.2  
 CUSTOMER : A. RAHMAT  
 FURNACE : AA0447001/46  
 OPERATOR : WENDY  
 DATE / TIME : 04-JAN-2022 07:56:42  
 TASK : Cond\_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	97.6606	0.0129	0.0492	0.4415	0.0789	0.0179	0.1080
AVG	97.6852	0.0126	0.0495	0.4251	0.0737	0.0175	0.1084
SD	0.03486	0.00046	0.00046	0.02316	0.00017	0.00049	0.00030
SD%	0.04	3.65	0.88	5.45	0.23	2.75	0.46

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.1324	0.0012	1.2580	-0.0007	0.0001	0.0229	0.0099
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	0.00353	0.00006	0.00000	0.00081	0.00029
SD%	0.20	5.10	0.28	8.95	0.00	3.63	2.89

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
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	0.0018	0.0001
AVG	0.0023	0.1996	0.0002	0.0001	0.0020	0.0018	0.0001
SD	0.00000	0.00977	0.00000	0.00000	0.00003	0.00021	0.00000
SD%	0.05	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	0.39



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





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



COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO  
 SAMPLE NAME : SPROCKET 878  
 CUSTOMER : Bpk MUHAMMAD RIDA  
 FURNACE : AB1148901/89  
 OPERATOR : WENNY  
 DATE / TIME : 11-FEB-2022 11:11:41  
 TASK : Cond\_Fea METHOD : FEGLFE

	Fe	S	Al	C	Mn	Nb	Si
1	98.0237	0.0188	0.0114	0.2069	0.0069	0.0314	0.1878
2	98.0028	0.0119	0.0113	0.1876	0.0069	0.0313	0.1400
AVG	98.0566	0.0129	0.0116	0.1923	0.0069	0.0314	0.1396
SD	0.04634	0.00129	0.00026	0.03853	0.00001	0.00004	0.00243
SD%	0.05	10.01	2.24	19.42	0.15	0.14	1.07

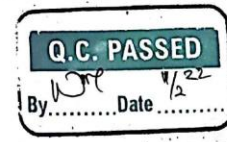
	Cr	V	Mn	Mo	N	P	Cu
1	0.0198	0.0011	1.3007	-0.0022	0.0001	0.0170	0.0028
2	0.0141	0.0018	1.3113	-0.0021	0.0001	0.0172	0.0109
AVG	0.0140	0.0012	1.3061	-0.0022	0.0001	0.0171	0.0099
SD	0.00018	0.00012	0.00787	0.00008	0.00000	0.00016	0.00038
SD%	1.11	9.36	0.59	2.87	0.00	0.58	5.88

	Ti	N	B	Fb	Sb	Ca	Mg
1	0.0018	0.2211	0.0001	0.0001	0.0018	0.0002	0.0001
2	0.0019	0.1903	0.0001	0.0001	0.0016	0.0002	0.0001
AVG	0.0019	0.2057	0.0001	0.0001	0.0016	0.0002	0.0001
SD	0.00004	0.02174	0.00001	0.00000	0.00011	0.00004	0.00000
SD%	1.96	10.57	4.62	0.00	6.78	20.49	0.00

	Zn	Co
1	0.0007	0.0045
2	0.0007	0.0045
AVG	0.0007	0.0045
SD	0.00001	0.00003
SD%	0.99	1.67



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





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



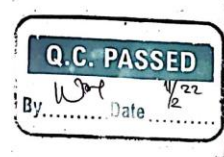
COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO  
 SAMPLE NAME : 3SROCKET 800  
 CUSTOMER : Pda MUHAMMAD RIZA  
 FURNACE : AB1146FC1-96  
 OPERATOR : WENDY  
 DATE / TIME : 11-FEB-2022 11:09:55  
 TASK : CChem\_Fel METHOD : FEGLIFE

	Fe	S	Al	C	Mn	Nb	Si
1	97.8888	0.0117	0.0117	0.3088	0.0070	0.0318	0.1410
2	97.9189	0.0111	0.0117	0.2885	0.0069	0.0317	0.1408
AVG	97.8874	0.0114	0.0117	0.3099	0.0070	0.0317	0.1409
SD	0.04938	0.00044	0.00062	0.03738	0.00065	0.00011	0.00019
SD%	0.05	0.55	0.15	12.05	0.77	0.58	0.12

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0.0140	0.0018	1.3048	-0.0019	0.0001	0.0161	0.0104
2	0.0140	0.0018	1.3090	-0.0019	0.0001	0.0160	0.0103
AVG	0.0140	0.0018	1.3068	-0.0019	0.0001	0.0161	0.0103
SD	0.00003	0.00004	0.00314	0.00001	0.00000	0.00003	0.00003
SD%	0.20	2.80	0.24	0.45	0.00	0.45	0.87

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0.0019	0.2508	0.0002	0.0001	0.0021	0.0001	0.0001
2	0.0019	0.2369	0.0002	0.0001	0.0020	0.0002	0.0001
AVG	0.0019	0.2436	0.0002	0.0001	0.0020	0.0002	0.0001
SD	0.00000	0.00853	0.00001	0.00000	0.00005	0.00003	0.00000
SD%	0.10	3.51	8.04	0.00	2.44	19.63	0.00

	Zn	Co
1	0.0007	0.0046
2	0.0006	0.0046
AVG	0.0007	0.0046
SD	0.00001	0.00000
SD%	1.46	0.03



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

## 2. Hasil Pengujian 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**

**HASIL PENGUJIAN KEKERASAN**

No	Variasi Suhu	Diagonal (mm)		Kekerasan (VHN)	Kekerasan rata-rata (VHN)
		D1	D2		
1	525° C	32.0	34.0	340.5	306.9
2		35.0	36.0	294.2	
3		35.0	37.0	286.1	
4	575° C	33.0	35.0	320.8	364.4
5		31.0	32.0	373.7	
6		30.0	31.0	398.6	
7	600° C	30.0	32.0	385.8	381.8
8		31.0	32.0	373.7	
9		31.0	31.0	385.8	

Lembar asli, tidak untuk digandakan

**Keterangan:**

1. Pengujian dilakukan tanggal 05 Februari 2022
2. Menggunakan metode Micro Vickers dengan pembebanan 200 gf

Yogyakarta, 05 Februari 2022  
- Staf Laboratorium Bahan Teknik

**Pengujian & Analisa**  
**Material**

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

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

### 3. 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 <sup>3</sup> )	Keausan (Ws; mm <sup>3</sup> /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm <sup>3</sup> /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**  
**Ilmu**  
Lab. Bahan Teknik  
Departemen Teknik Mesin  
Dr. Uluk Dwi Setyana, S.T., M.T  
NIP. 197703312002121002





**LABORATORIUM BAHAN TEKNIK**  
**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI**  
**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**HASIL PENGUJIAN KEAUSAN**

Variasi Temperatur	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm <sup>3</sup> )	Keausan (Ws; mm <sup>3</sup> /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm <sup>3</sup> /kg.m)
525°C	1	3.45	13.6	0.85	0.01314	0.00021	0.00026
	2	3.45	13.6	0.88	0.01441	0.00023	
	3	3.45	13.6	1.01	0.02200	0.00035	
550°C	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	
575°C	1	3.45	13.6	0.67	0.00626	0.00010	0.00009
	2	3.45	13.6	0.69	0.00705	0.00011	
	3	3.45	13.6	0.59	0.00427	0.00007	
600°C	4	3.45	13.6	0.61	0.00488	0.00008	0.00007
	5	3.45	13.6	0.59	0.00427	0.00007	
	6	3.45	13.6	0.56	0.00371	0.00006	

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 7 Februari 2022
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 6,36 kg

Yogyakarta, 7 Februari 2022  
Staf Laboratorium Bahan Teknik

**Pengujian Analisa**  
**Materi**  
Lab. Bahan Teknik  
Departemen Teknik Mesin  
Sekolah Vokasi G. 1  
M.T  
NIP. 197703312002121002