

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
ANALISA PENGARUH PELUMASAN TERHADAP
GAYA GESEK DAN KEAUSAN PADA PADUAN
NIKEL DENGAN PEMBEBANAN BERVARIASI

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

NAMA : FADLY REZA PRASETIA NST

NPM : 1207230161



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

LEMBAR PENGESAHAN- I

TUGAS SARJANA

KONSTRUKSI DAN MANUFAKTURE

**ANALISA PENGARUH PELUMASAN TERHADAP
GAYA GESEK DAN KEAUSAN PADA PADUAN
NIKEL DENGAN PEMBEBANAN BERVARIASI**

Disusun Oleh :

FADLY REZA PRASETIA NST

1207230161

Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II

(Rahmat K. Simanjuntak, S.T.,M.T)

(H.Muharnif M,S.T.,M.Sc)

Diketahui Oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

LEMBAR PENGESAHAN- II

TUGAS SARJANA

KONSTRUKSI DAN MANUFAKTURE

**ANALISA PENGARUH PELUMASAN TERHADAP
GAYA GESEK DAN KEAUSAN PADA PADUAN
NIKEL DENGAN PEMBEBANAN BERVARIASI**

Disusun Oleh :

FADLY REZA PRASETIA NST

1207230161

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 16 September 2017

Disetujui Oleh :

Pembanding – I

Pembanding – II

(Rahmatullah, S.T., M.Sc)

(Sudirman Lubis, S.T., M.T)

Diketahui Oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

Abstrak

Nikel digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri, seperti: pelindung baja (*stainless steel*), pelindung tembaga, industri baterai, elektronik, aplikasi industri pesawat terbang, industri tekstil, turbin pembangkit listrik bertenaga gas, pembuat magnet kuat, pembuatan alat-alat laboratorium (*nikrom*), kawat lampu listrik, katalisator lemak, pupuk pertanian dan berbagai fungsi lain. Di Indonesia, tempat ditemukan nikel adalah Sulawesi Tengah dan Sulawesi Tenggara. Nikel yang dijumpai berhubungan erat dengan batuan peridotit. Logam yang tidak ditemukan dalam peridotit itu sendiri, melainkan sebagai hasil lapukan dari batuan tersebut. Mineral nikelnya adalah garnierit. Tribometer *pin-on-disc* menjadi metode untuk mendapatkan nilai koefisien gesek pada suatu material. Spesimen yang dipakai menggunakan bahan material nikel, yang pada titik tengahnya di beri lubang 8 mm untuk mengikat padaudukan motor agar spesimen tidak lepas pada saat pengujian gesek. Gesekan yang terjadi akibat kecepatan putaran 1200 rpm pada spesimen uji yang dimana bebannya 9,81 N, setelah melakukan uji gesek nilai koefisien geseknya 0,32. Lalu pengujian kedua dengan kecepatan putaran 1100 rpm dan beban 4,41 N, setelah melakukan uji nilai koefisien geseknya 0,3. Lalu pengujian ketiga dengan kecepatan putaran 1003 rpm dan beban 19,6 N, setelah melakukan uji nilai koefisien geseknya 0,26. Semakin berat pembebanan putaran motor semakin lambat, dan koefisien gesek pada spesimen semakin kecil, begitu juga sebaliknya.

Kata kunci :*Paduan Nikel, Tribometer Pin-On-Disc.*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji dan syukur pertama dan utama Penulis sampaikan kepada sang Rabb Alam Semesta, yakni Allah SWT Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang, yang telah memberikan Berkah, Rahmat dan Hidayah-Nya kepada Penulis, sehingga Tugas Sarjana ini dapat diselesaikan.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul Tugas Sarjana ini adalah **“Analisa Pengaruh Pelumasan terhadap Gaya Gesek dan Keausan pada paduan Nikel dengan pembebana bervariasi”**

Penulis menyadari bahwa Tugas Sarjana ini masih banyak terdapat kekurangan, baik dalam cara penyajian materi, maupun dalam penganalisaan data. Hal ini mungkin disebabkan oleh keterbatasan buku-buku literatur yang digunakan, maka demi kesempurnaan Tugas Sarjana ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sekalian.

Penyelesaian Tugas Sarjana ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak, dan sangat berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada Orang Tua yang disayangi (Syafar Ali Nst dan Sumari) sebagaimana mereka telah memberikan dorongan semangat, nasihat serta doa atas perjuangan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
2. Kepada Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Kepada Bapak Affandi S.T, Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Kepada Bapak Rahmat Kartolo Simanjuntak, S.T.,M.T, Selaku Dosen Pembimbing - I yang telah membimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
5. Kepada Bapak H. Muharnif M, S.T.,M.Sc, Selaku Dosen Pembimbing - II yang telah memimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
6. Kepada Bapak dan Ibu Dosen dan staff pegawai di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bekal pengetahuan dan bantuan hingga akhir studi.
7. Kepada Seluruh Asisten Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu dan memberikan arahan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

8. Kepada abang kandung, yang memberi semangat dan nasihat tuntut menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
9. Kepada seluruh sahabat-sahabat dan rekan seperjuangan di Fakultas Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan yang utama pada kelas A1 Pagi stambuk (2012), yang telah membantu menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
10. Kepada sahabat seperjuangan Ary Afrizal, Affandi Daulay, Bintoro Idikia, Abdullah Fandi Ahmad, yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Sarjana ini.
11. Kepada sahabat Iskandar Syah, Muhammad Arifi S.T, Arya Rudi Nst S.T, M. Irwnsyahputra S.T, sebagai penyemangat dan memotivasi untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
12. Kepada keluarga besar UKM SEPAK BOLA UMSU yang telah mendukung dan memberi semangat.
13. Kepada rekan satu tim (Tribometer), mas Junaidi, Rizki Afrizal Pratma, Sandry Apriliano, yang telah berjuang dari awal hingga akhir untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

Semoga Tugas Sarjana ini dapat memberikan manfaat dan tambahan ilmu bagi pembaca.

Medan, 2017

penulis

FADLY REZA PRASETIA NST
NIM : 1207230161

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN – 1	i
LEMBAR PENGESAHAN – 2	ii
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	iv
LEMBAR ASISTENSI TUGAS SARJANA	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	1
DAFTAR TABEL	1
DAFTAR GAMBAR	1
DAFTAR NOTASI	1
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematik Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Material Nikel	5
2.2 Klasifikasi Nikel	7
2.2.1 Nikel	7
2.2.2 Sifat Nikel	7
2.2.3 Manfaat Penggunaan Nikel	7
2.2 Pelumasan	8
2.3.1 Fungsi dan Tujuan Pelumasan	8
2.3.2 Jenis-Jenis Pelumasan	8
2.3.3 Penggunaan Pelumasan	11
2.4 Keausan	11
2.4.1 Pengertian Keausan	12
2.4.2 Jenis-Jenis Keausan dan Penyebabnya	13
2.4.3 Keausan yang disebabkan perilaku mekanis (mechanical)	13
2.4.4 Keausan yang disebabkan perilaku kimia	16
2.5 Klasifikasi Uji Tribometer	17
2.5.1 Pengertian Uji Tribometer	17
2.5.2 Jenis-Jenis Tribometer	17
2.6 Gaya Gesek	20
2.6.1 Gaya Gesek Statis	21
2.6.2 Gaya Gesek Kinetis	22
2.7 Mekanika Kontak	23
2.8 Kontak Statis	24
2.9 Kontak Dinamis	25
2.10 Friction	27

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.1.1 Tempat Penelitian	28
3.1.2 Waktu Penelitian	28
3.2 Diagram Alir Penelitian	29
3.3 Bahan dan Alat	30
3.3.1 Alat Uji Tribology	30
3.3.2 Spesimen Uji Gesek	31
3.3.3 Sensor Kecepatan	31
3.3.4 Arduino	32
3.3.5 Sensor Beban	33
3.3.6 Inverter	33
3.3.7 Kabel USB Arduino	33
3.3.8 Laptop	34
3.3.9 Motor Listrik / <i>Three Phase</i>	35
3.4 Prosedur Penelitian	38
 BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	 41
4.1 Hasil Pembuatan Spesimen Uji	41
4.2 Hasil Pengujian	41
4.2.1 Percobaan Spesimen 1,2,3,4,5 dan 6	43
4.3 Penerapan Rumus Putaran Motor	44
4.4 Penerapan Rumus Koefisien Gesek Beban Bervariasi	45
4.5 Hasil Koefisien Gesek	50
 BAB 5 PENUTUP	 52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53
 DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian	28
Tabel 4.1	Data Nilai Kecepatan Putaran dan Pembebanan	43
Tabel 4.2	Bebanan bervariasi pada spesimen uji paduan nikel	43
Tabel 4.3	hasil nilai koefisien gesek	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh komponen yang saling kontak	12
Gambar 2.2	Mekanisme pada <i>abrasive wear</i>	14
Gambar 2.3	Proses perpindahan logam karena <i>adhesive wear</i>	14
Gambar 2.4	Penggambaran retak awal dan merambat retak permukaan	16
Gambar 2.5	<i>Corrosive wear</i> patah geser pada lapisan lentu	17
Gambar 2.6	<i>Corrosive wear</i> pengelupasan pada lapisan rapun	17
Gambar 2.7	Tribometer <i>pin-on-disc</i>	18
Gambar 2.8	Tribometer <i>pin-on-ring</i>	19
Gambar 2.9	Tribometer <i>block-on-ring</i>	20
Gambar 2.10	Gaya gesek kinetis	22
Gambar 2.11	Kontak dua permukaan	25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2	Alat uji tribology	30
Gambar 3.3	Spesimen uji gesek dengan bahan nikel	31
Gambar 3.4	Sensor kecepatan / velocity (RPM)	32
Gambar 3.5	Arduino	32
Gambar 3.6	Sensor beban / load cell	33
Gambar 3.7	Inverter	33
Gambar 3.8	Kabel USB arduino	34
Gambar 3.9	Laptop	34
Gambar 3.10	Motor listrik 3 phase	35
Gambar 3.11	Pemasangan spesimen	36
Gambar 3.12	pemasangan load cell	37
Gambar 3.13	Pemasangan sensor kecepatan	37
Gambar 3.14	Memasang arduino ke laptop	38
Gambar 3.15	Meratakan benda kerja	38
Gambar 3.16	Penyetelan program arduino	39
Gambar 3.17	Pemasangan beban bervariasi	39
Gambar 3.18	Penyetelan kecepatan	40
Gambar 3.19	Proses Pengujian spesimen	40
Gambar 4.1	Spesimen uji gesek dari bahan Paduan Nikel	41
Gambar 4.2	Hasil spesimen setelah melakukan pengujian	42
Gambar 4.3	Grafik beban bervariasi pada spesimen uji	44
Gambar 4.4	Grafik hasil koefisien gesek	50

DAFTAR NOTASI

Δv Perubahan Kecepatan (m/s^2)

Δt Waktu (s)

m massa (kg)

a percepatan (m/s^2)

f_k gesek kinetis

μ_k Koefisien Gesek

N beban

R jari-jari (m)

V kecepatan keliling (m/s)

n putaran (rpm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia pertambangan, Indonesia memang dikenal sebagai negara yang kaya dengan kandungan mineral yang siap diangkat kapan saja. Indonesia menempati posisi produsen terbesar kedua untuk komoditas timah, posisi terbesar keempat untuk komoditas tembaga, posisi kelima untuk komoditas nikel, posisi terbesar ketujuh untuk komoditas emas, dan posisi kedelapan untuk komoditas batubara. Berbagai macam bahan tambang tersebar di Indonesia dari sabang sampai merauke banyak kita temukan tambang-tambang yang mengeksploitasi sumberdaya alam Indonesia mulai dari emas, timah, tembaga, perak, intan, batubara, minyak, bauksit, dan lain - lain, semuanya terdapat di Indonesia. Cadangan nikel Indonesia sekitar 2,9% dari cadangan nikel dunia, dan merupakan peringkat ke-8 sedangkan dari sisi produksi adalah 8,6% dan merupakan peringkat ke-4 dunia. Nikel adalah unsur kimia metalik dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ni dan nomor atom 28. Nikel tergolong dalam grup logam besi kobal, yang dapat menghasilkan alloy yang sangat berharga. Dengan latar belakang ini maka penulisan tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul : “ Analisa Pengaruh Terhadap Gaya Gesek Dan Keausan Pada Paduan Nikel Dengan Pembebanan Bervariasi”

1.2 Rumusan Masalah

Untuk pembahasan analisa pengaruh gaya gesek pada paduan nikel terhadap pembebanan bervariasi, ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu :

- a. Seberapa besar terjadinya gaya gesek pada material nikel terhadap pembebanan yang bervariasi saat pengujian ?

1.3 Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan pada gaya gesek dengan pembebanan yang bervariasi, Diperlukan batasan-batasan yang akan dibahas mengingat tempat, waktu, dan minimumnya pengalaman penulis.

Adapun yang merupakan batasan-batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah nikel
2. Mesin yang digunakan adalah mesin uji Tribometer
3. Diasumsikan kondisi semua spesimen adalah sama dalam pengujian, hanya pembebanannya yang bervariasi
4. Pengaruh lingkungan (kelembaban, temperature, angin)

1.4 Tujuan

- a. Tujuan Umum

Untuk menganalisa gaya gesek pada paduan nikel terhadap pembebanan bervariasi mesin uji Tribometer

- b. Tujuan Khusus

1. Untuk menguji gaya gesek menggunakan mesin uji Tribometer dengan pembebanan bervariasi.

2. Untuk menganalisa pengaruh pebebanan terhadap gaya gesek dengan mesin uji Tribometer

1.5 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penyesunan tugas sarjana ini adalah :

1. Dapat bermanfaat untuk penulis selanjutnya sebagai bahan referensi untuk penyempurnaan mesin uji Tribometer Mendapatkan informasi tentang pengujian uji gaya gesek nikel dengan menggunakan mesin uji Tribometer

1.6 Sistemstika Penulisan

Untuk memberikan gambaran penulisan, secara singkat diuraikan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan perencanaan meliputi tujuan umum dan tujuan khusus, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang dasar teori yang digunakan seperti karakteristik, gambar berupa skema, perencanaan, komponen utama dan bentuk.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang tempat dan waktu percobaan, bahan yang akan diuji, bentuk tiap komponen-komponen utama.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi spesifikasi uji gesek dan mengurai perhitungan, bagian-bagian utama uji gesek.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran yang di peroleh dari pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Nikel

Nikel digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri, seperti: pelindung baja (*stainless steel*), pelindung tembaga, industri baterai, elektronik, aplikasi industri pesawat terbang, industri tekstil, turbin pembangkit listrik bertenaga gas, pembuat magnet kuat, pembuatan alat-alat laboratorium (*nikrom*), kawat lampu listrik, katalisator lemak, pupuk pertanian dan berbagai fungsi lain. Di Indonesia, tempat ditemukan nikel adalah Sulawesi Tengah dan Sulawesi Tenggara. Nikel yang dijumpai berhubungan erat dengan batuan peridotit. Logam yang tidak ditemukan dalam peridotit itu sendiri, melainkan sebagai hasil lapukan dari batuan tersebut. Mineral nikelnya adalah garnierit. Unsur nikel berhubungan dengan batuan basa yang disebut norit. Nikel ditemukan dalam mineral pentlandit, dalam bentuk lempeng-lempeng halus dan butiran kecil bersama pyrrhotin dan kalkopirit. Nikel biasanya terdapat dalam tanah yang terletak di atas batuan basa. Adapun jenis dan pengaruh unsur-unsur paduan terhadap perbaikan sifat nikel antara lain:

1. Silikon (Si)

Dengan atau tanpa paduan lainnya silikon mempunyai ketahanan terhadap korosi. Bila bersama aluminium ia akan mempunyai kekuatan yang tinggi setelah perlakuan panas, tetapi silikon mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang jelek, selain itu juga mempunyai ketahanan koefisien panas yang rendah.

2. Tembaga (Cu)

Dengan unsur tembaga pada aluminium akan meningkatkan kekerasannya dan kekuatannya karena tembaga bisa memperhalus struktur butir dan akan mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu tempa, keuletan yang baik dan mudah dibentuk.

3. Magnesium (Mg)

Dengan unsur magnesium pada aluminium akan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu las serta kekuatannya cukup.

4. Nikel (Ni)

Dengan unsur nikel aluminium dapat bekerja pada temperature tinggi, misalnya piston dan silinder head untuk motor.

5. Mangan (Mn)

Dengan unsur mangan aluminium sangat mudah dibentuk, tahan korosi baik, sifat dan mampu lasnya baik.

6. Seng (Zn)

Umumnya seng ditambahkan bersama-sama dengan unsur tembaga dalam prosentase kecil. Dengan penambahan ini akan meningkatkan sifat- sifat mekanik pada perlakuan panas, juga kemampuan mesin.

7. Ferro (Fe)

Penambahan ferro dimaksud untuk mengurangi penyusutan, tapi penambahan ferro (Fe) yang besar akan menyebabkan struktur perubahan butir yang kasar, namun hal ini dapat diperbaiki dengan Mg atau Cr.

8. Titanium (Ti)

Penambahan titanium pada aluminium dimaksud untuk mendapat struktur butir yang halus. Biasanya penambahan bersama-sama dengan Cr dalam prosentase 0,1%, titanium juga dapat meningkatkan mampu mesin.

2.2 Klarifikasi Nikel

2.2.1 Nikel

Komponen yang banyak ditemukan dalam meteorit dan menjadi ciri komponen yang membedakan meteorit dari mineral lainnya. Meteorit besi atau siderit, dapat mengandung alloy besi dan nikel berkadar 5-25%. Nikel diperoleh secara komersial dari pentlandit dan pirotit di kawasan Sudbury Ontario, sebuah daerah yang 30% kebutuhan nikel dunia.

2.2.2 Sifat Nikel

Nikel adalah unsur kimia metalik dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ni dan nomor atom 28. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras, mudah ditempa, sedikit ferromagnetis, dan merupakan konduktor yang agak baik terhadap panas dan listrik. Nikel tergolong dalam grup logam besi-kobal, yang dapat menghasilkan alloy yang sangat berharga.

2.2.3 Manfaat Penggunaan Nikel

Nikel digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri, seperti: pelindung baja (*stainless steel*), pelindung tembaga, industri baterai, elektronik,

aplikasi industri pesawat terbang, industri tekstil, turbin pembangkit listrik bertenaga gas, pembuat magnet kuat, pembuatan alat-alat laboratorium (*nikrom*), kawat lampu listrik, katalisator lemak, pupuk pertanian, dan berbagai fungsi lain.

2.3 Pelumasan

Pelumasan adalah zat kimia, yang umumnya cairan, yang diberikan di antara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek. Zat ini merupakan fraksi hasil destilasi minyak bumi yang memiliki suhu 105-135 derajat celsius. Pelumas berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan. Umumnya pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan. Salah satu penggunaan pelumas paling utama adalah oli mesin yang dipakai pada mesin pembakaran dalam.

2.3.1 Fungsi dan Tujuan Pelumasan

Pada berbagai jenis mesin dan peralatan yang sedang bergerak, akan terjadi peristiwa pergesekan antara logam. Oleh karena itu akan terjadi peristiwa pelepasan partikel partikel dari pergesekan tersebut. Keadaan dimana logam melepaskan partikel disebut aus atau keausan. Untuk mencegah atau mengurangi keausan yang lebih parah yaitu memperlancar kerja mesin dan memperpanjang usia dari mesin dan peralatan itu sendiri, maka bagian bagian logam dan peralatan yang mengalami gesekan tersebut diberi perlindungan ekstra.

2.3.2 Jenis Jenis Pelumasan

Terdapat berbagai jenis minyak pelumas. Jenis jenis minyak pelumas dapat dibedakan penggolongannya berdasarkan bahan dasar (*base oil*), bentuk fisik, dan tujuan penggunaan.

1. Dilihat dari bentuk fisiknya :

- Minyak pelumas , Gemuk pelumas , Cairan pelumas

2. Dilihat dari bahan dasarnya :

- Pelumas dari bahan nabati , Pelumas dari bahan hewani , Pelumas sintetis

3. Dilihat dari penggunaannya :

- Pelumas kendaraan , Pelumas industri , Pelumas perkapalan , Pelumas penerbangan

2.3.3 Penggunaan Pelumasan

Untuk memperoleh hasil yang maksimal atau memuaskan di dalam sistem pelumasan ini maka mutlak diperlukan adanya selektifitas penggunaan pelumas itu sendiri, yaitu menentukan jenis pelumas yang tepat untuk mesin dan peralatan yang akan dilumasi. Hal ini untuk mencegah salah pilih dari pelumas yang akan dipakai yang dapat berakibat fatal.

1. Hal hal yang perlu diperhatikan :

- Rekomendasi pabrik pembuat mesin

Biasanya pabrik pembuat mesin seperti pabrik kendaraan bermotor dan pabrik mesin industri memberi petunjuk jenis pelumas yang direkomendasikan untuk digunakan. Petunjuk ini sangat terperinci sedemikian rupa bagi pelumasan masing masing bagian dalam jangka waktu tertentu.

- Bahan bakar yang digunakan

Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah bahwa pelumasan untuk mesin dengan bahan bakar bensin berbeda dengan pelumasan untuk mesin

berbahan bakar solar atau gas. Apabila tidak ada ketentuan ukuran atau aturan penggunaan pelumas oleh pembuat mesin, maka anjuran dalam penggunaan pelumas biasanya dilaksanakan oleh para teknisi pabrik dengan melihat pada :

– Data teknis dari mesin – Pengetahuan tentang pelumasan dari para teknisi – Pengalaman dari para teknisi

c. Perkembangan teknis pelumas

Hasil kemajuan yang dicapai di bidang pelumas ini, pada dasarnya adalah hasil kerjasama antara pabrik pembuat mesin, pembuat pelumas, dan pembuat bahan tambahan. Walaupun terdapat beragam pelumas berkualitas tinggi, namun pada intinya yang menentukan mutu dan daya guna suatu pelumas terdiri dari 3 faktor :

1. Bahan dasar (*based oil*).
2. Teknik dan pengolahan bahan dasar dalam pembuatan pelumas.
3. Bahan bahan yang digunakan atau dicampurkan kedalam bahan dasar untuk mengembangkan sifat tertentu guna tujuan tertentu. Sebenarnya base oil mempunyai segala kemampuan dasar yang dibutuhkan dalam pelumasan, sebenarnya minyak dasar sudah mampu menjalankan tugas-tugas pelumasan. Namun unjuk kerjanya belum begitu sempurna dan tidak dapat digunakan dalam waktu lama

2.4 Keausan

Keausan ini terjadi akibat kontak antara satu sama lain yang dapat berupa kontak statis (*static contact*) maupun kontak mekanis seperti *rolling contact*, *sliding contact*, atau *rolling-sliding contact*. Dalam skala kecil kita dapat mengetahui bahwa *asperity* terdeformasi selama terjadi kontak ketika dua permukaan benda ditekan bersamaan. Dalam skala besar, informasi ini mungkin berguna dalam menganalisa gesekan (*friction*), keausan (*wear*), pelumasan (*lubrication*), dan sebagainya.

Ilmu mekanika kontak (*contact mechanics*) merupakan bagian dari ilmu tribologi yang membahas mengenai deformasi dan tegangan dua benda yang bersinggungan satu sama lain. Kontak yang terjadi antara dua benda dapat berupa titik (*point*), garis (*line*) ataupun permukaan (*surface*). Jika kontak yang terjadi diteruskan dengan dikenai suatu beban kontak, maka kontak yang awalnya berupa suatu titik dapat berubah menjadi bentuk ataupun permukaan yang lain. Fenomena ini juga dapat dikembangkan dalam ilmu mekanika kontak sehingga dapat diterapkan di industri untuk menganalisa kasus kegagalan atau kerusakan pada komponen mesin yang saling kontak. Contoh penerapan kasus kontak misalkan gesekan yang terjadi pada roda kereta api dengan rel, kemudian gesekan antara *gear* yang saling berputar dan lain sebagainya seperti yang terlihat pada gambar

2.1



(a)

(b)

Gambar 2.1 Contoh komponen-komponen mekanikal yang saling kontak (a) gesekan dua buah gear , (b) roda kereta api dengan rel(Klikunic.com 2010)

2.4.1 Pengertian Keausan

Definisi paling umum dari keausan yang telah dikenal sekitar 50 tahun lebih yaitu hilangnya bahan dari suatu permukaan atau perpindahan bahan dari permukaannya ke bagian yang lain atau Bergeraknya bahan pada suatu permukaan. Definisi lain tentang keausan yaitu sebagai hilangnya bagian dari permukaan yang saling berinteraksi yang terjadi sebagai hasil gerak relatif pada permukaan. Keausan yang terjadi pada suatu material disebabkan oleh adanya beberapa mekanisme yang berbeda dan terbentuk oleh beberapa parameter yang bervariasi meliputi bahan, lingkungan, kondisi operasi, dan geometri permukaan benda yang terjadi keausan

2.4.2 Jenis-Jenis Keausan dan Penyebabnya

Mekanisme keausan dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu keausan yang penyebabnya didominasi oleh perilaku mekanis dari bahan dan keausan yang penyebabnya didominasi oleh perilaku kimia dari bahan [5], sedangkan menurut

Koji Kato, tipe keausan terdiri dari tiga macam, yaitu *mechanical, chemical and thermal wear* [6].

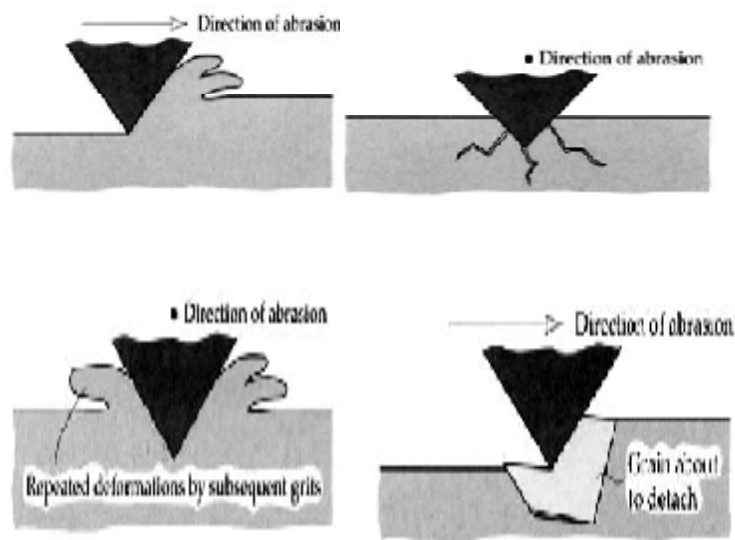
2.4.3 Keausan yang disebabkan perilaku mekanis (*mechanical*)

Digolongkan lagi menjadi *abrasive, adhesive, flow and fatigue wear*.

1. *Abrasive wear*.

Keausan ini terjadi jika partikel keras atau permukaan keras yang kasar menggerus dan memotong permukaan sehingga mengakibatkan hilangnya material yang ada di permukaan tersebut (*earth moving equipment*).

Contoh : *micro-cutting, wedge forming, dan ploughing*

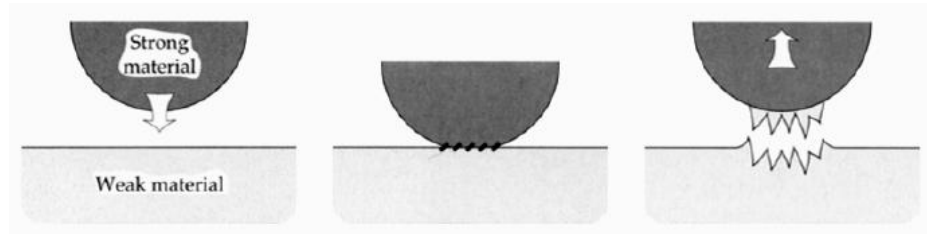


Gambar

2.2 Mekanisme pada *abrasive wear* a) *cutting*, b) *fracture*, c) *fatigue by repeating ploughing* dan d) *grain pull-out* (Almen, J.O 1950)

2. *Adhesive wear*.

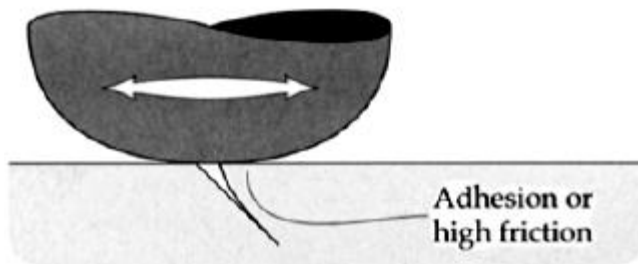
Keausan ini terjadi jika partikel permukaan yang lebih lunak menempel atau melekat pada lawan kontak yang lebih keras



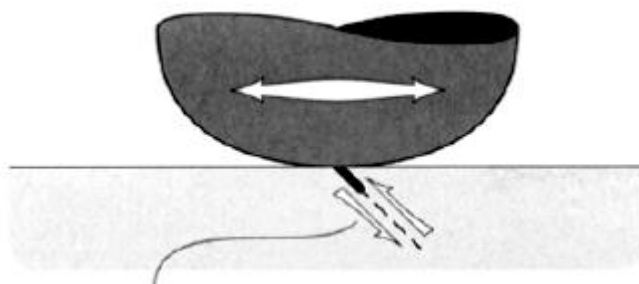
Gambar 2.3 Proses perpindahan logam karena *adhesive wear* (Zum Gah.1987)

3. *Fatigue wear*

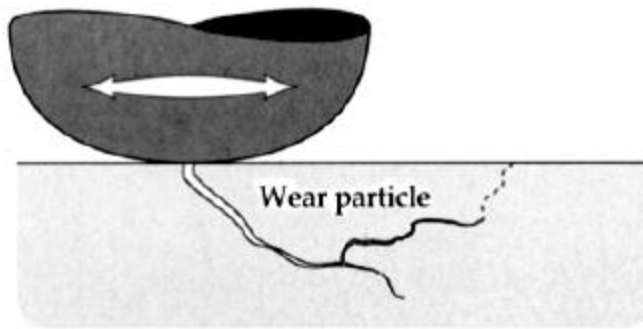
Fenomena keausan ini didominasi akibat kondisi beban yang berulang (*cyclic loading*). Ciri-cirinya perambatan retak lelah biasanya tegak lurus pada permukaan tanpa deformasi plastis yang besar, seperti: *ball bearings*, *roller bearings* dan lain sebagainya.



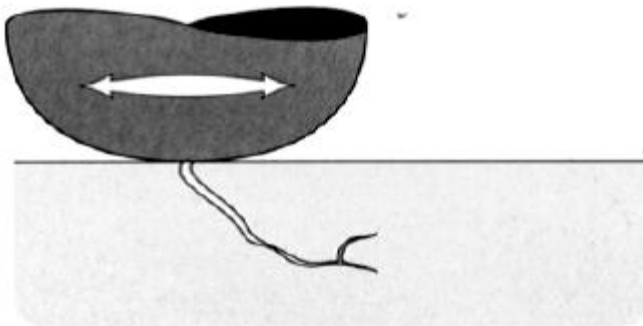
a. Permulaan retak sebagai hasil dari proses fatik.



b. Retak primer merambat sepanjang bidang *slip*.



c. Retak tambahan dari permulaan retak.



d. Tambahan retak merambat dan terbentuklah partikel keausan.

Gambar 2.4 Skema penggambaran proses retak dari awal retak dan merambatnya retak permukaan (Kato. K 1989)

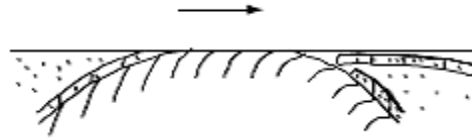
2.4.4 Keausan yang disebabkan perilaku kimia

1. *Oxidative wear.*

Pada peningkatan kecepatan *sliding* dan beban rendah, lapisan oksida tipis, tidak lengkap, dan rapuh terbentuk. Pada percepatan yang jauh lebih tinggi, lapisan oksida menjadi berkelanjutan dan lebih tebal, mencakup seluruh permukaan. Contoh: Permukaan luncur di dalam lingkungan yang oksidatif

2. Corrosive wear.

Mekanisme ini ditandai oleh batas butir yang korosif dan pembentukan lubang. Misalnya, permukaan *sliding* di dalam lingkungan yang korosif.



Gambar 2.5 *Corrosive wear* karena patah geser pada lapisan lentu (Almen J.O 1950)



Gambar 2.6 *Corrosive wear* karena pengelupasan yang terjadi pada lapisan yang rapuh (Almen J.O 1950)

2.5 Klasifikasi Uji Tribometer

2.5.1 Pengertian Uji Tribometer

Tribometer adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur gesekan dan keausan antara dua permukaan. Ada beberapa desain pada tribometer, tapi yang paling sering digunakan adalah permukaan datar atau bulat yang bergerak berulang-ulang di seluruh muka material. Sebuah material diberikan tepat pada bagian bergerak selama tes. Pengukuran terakhir menunjukkan keausan pada bahan dan sering digunakan untuk menentukan kekuatan dan panjang umur. Tribometer merupakan bagian integral dari manufaktur dan rekayasa.

Dalam industri dan manufaktur, tribometer dapat digunakan untuk berbagai produk. Kebanyakan yang terkait dengan tribometer adalah pada pengujian bagian bagian mesin yang berkontak. Aplikasi lain yang sering dilakukan adalah pengujian pada implan medis dan pelumas.

2.5.2 Jenis-Jenis Tribometer

Jenis tribometer ada banyak, tiga diantara jenis tribometer yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

1. Tribometer Pin-on-Disc

Tribometer *pin-on-disc* adalah tribometer yang menggunakan pin dan lempengan plat datar sebagai material yang bergesekan. Disc akan berotasi dan pin diberikan beban agar permukaan pin menekan pada permukaan disc . Pada sebagian tribometer, pin dikondisikan untuk diam tetapi pada tribometer yang lain juga ada yang menggerakkan pin ketika diberi beban agar terjadi sliding .Gambar 2.1 menunjukkan tribometer jenis *pin-on-disc*.



Gambar 2.7 Tribometer *pin-on-disc*

2. Tribometer Pin-on-Ring

Tribometer *pin-on-ring* merupakan jenis tribometer yang menggunakan ring dan pin sebagai material yang berkontak. Ring melakukan rotasi sedangkan pin diberikan beban agar menekan *ring*. Sebagian tribometer *pin-on-ring*, pada bidang kontak dapat diberikan pelumas untuk mengukur nilai dari karakteristik



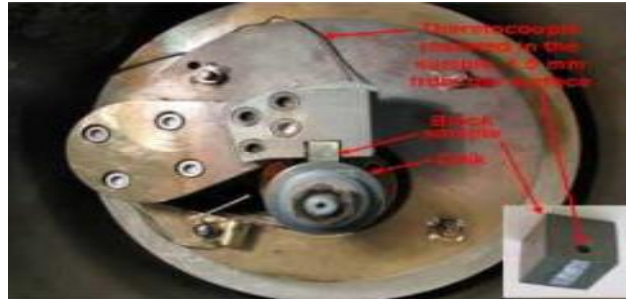
Gambar 2.8 Tribometer *pin-on-ring*

minyak pelumas yang akan diuji. Gambar 2.2 menunjukkan tribometer jenis *pin-on-ring*.

3. Tribometer Block-on-Ring

Pada tribometer *block-on-ring* material yang digunakan sebagai spesimen adalah sebuah block dan ring. Ring melakukan rotasi sedangkan block diberikan beban agar menekan ring. Sebagian tribometer *block-on-ring*, pada bidang kontak dapat diberikan pelumas untuk mengukur nilai dari karakteristik minyak pelumas yang akan diuji. Pada tribometer jenis ini, untuk mengatur bagian yang

akanberkontak relatif lebih susah karena permukaan kontaknya lebih besar. Gambar 2.3 menunjukkan tribometer jenis *block-on-ring*.



Gambar 2.9

Tribometer *block-on-ring* (University arington)

2.6 Gaya Gesek

Gaya gesek adalah gaya yang berarah melawan gerak benda atau arah kecenderungan benda akan bergerak. Gaya gesek muncul apabila dua buah benda bersentuhan. Benda-benda yang dimaksud disini tidak harus berbentuk padat, melainkan dapat pula berbentuk cair ataupun gas. Gaya gesek antara dua buah benda padat misalnya adalah gaya gesek *statis* dan *kinetis*, sedangkan gaya antara benda padat dan cairan serta gas adalah gaya *stokes*. Gaya gesek dapat merugikan atau bermanfaat. Panas pada poros yang berputar, engsel pintu yang berderit dan sepatu yang aus adalah contoh kerugian yang disebabkan oleh gaya gesek. Akan tetapi tanpa gaya gesek manusia tidak dapat berpindah tempat karena gerakan kakinya hanya akan menggelincir di lantai. Tanpa adanya gaya gesek kita tidak akan pernah bisa berjalan. Gaya gesek merupakan akumulasi interaksi mikro antar kedua permukaan yang saling bersentuhan. Permukaan yang sangat halus akan menyebabkan gesek menjadi lebih kecil nilainya dibandingkan dengan permukaan yang kasar, akan tetapi tidak lagi demikian. Kontruksi mikro ataupun nano pada permukaan benda dapat menyebabkan gesekan menjadi minimum, bahkan cairan

tidak lagi dapat membasahi (Khusnul, 2009). Gesekan juga dipengaruhi oleh beban dan kondisi permukaan. Topografi permukaan suatu material sebenarnya jika dilihat secara mikro adalah tidak rata. Koefisien gesek antara permukaan secara normal meningkat dengan meningkatnya temperatur dan menurunnya beban. Hilangnya energi pada gesekan dapat mendorong ke arah meningkatnya temperatur atau deformasi kontak area. Pada hampir semua kasus koefisien gesek rendah akan mendorong ke arah menurunnya laju keausan.

Hukum Amonton :

1. Gaya gesek secara langsung sebanding gaya normal.
2. Gaya gesek tidak tergantung kontak area .
3. Gesekan kinetis tidak tergantung kecepatan sliding.

Gesekan dipengaruhi oleh:

1. Adanya partikel keausan dan partikel dari luar pada arena luncur
2. Kekerasan relatif material pada daerah kontak.
3. Gaya luar dan perpindahan sistem.
4. Kondisi lingkungan dan suhu pelumasan.
5. Topografi permukaan.
6. Struktur mikro dan morfologi dari material.

2.6.1 Gaya Gesek Statis

Gaya gesek statis adalah gesekan antara dua benda padat yang tidak bergerak relatif satu sama lainnya. Sebagai contoh, gesekan statis dapat mencegah benda meluncur ke bawah pada bidang miring. Koefisien gesek statis umumnya dinotasikan dengan f_s , gaya gesek dinotasikan dengan F_w (friction of weight) dan

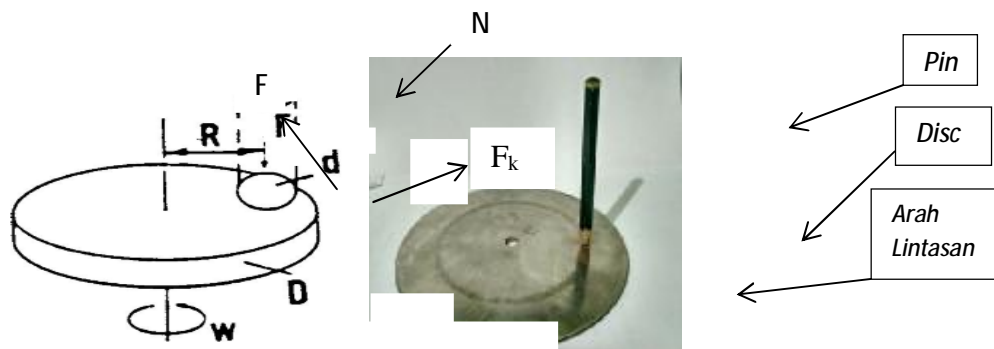
gaya normal dinotasikan dengan F_n (friction of normal). Gaya gesek statis dihasilkan dari sebuah gaya yang diaplikasikan tepat sebelum benda tersebut bergerak. Gaya gesekan maksimum antara dua permukaan sebelum gerakan terjadi adalah hasil dari koefisien gesek statis dikalikan gaya normal.

$$F_s = \mu_s N \quad (2.1)$$

Dimana F_s gaya gesek statis, μ_s koefisien gesek statis benda, N gaya normal.

Ketika tidak ada gerakan yang terjadi, gaya gesek dapat memiliki nilai dari nol hingga gaya gesek maksimum. Setiap gaya yang lebih kecil dari gaya gesek maksimum yang berusaha untuk menggerakkan salah satu benda akan dilawan oleh gaya gesekan yang setara dengan besar gaya tersebut namun berlawanan arah. Setiap gaya yang lebih besar dari gaya gesek maksimum akan menyebabkan gerakan terjadi.

2.6.2 Gaya Gesek Kinetis



Gambar 2.10 Gaya gesekkinetis (1950 J. F. Archard)

$$F_k = \mu_k N \quad (2.2)$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} \quad (2.3)$$

Dimana F_k gaya gesek kinetis, μ_k koefisien gesek kinetis benda, N gaya normal

Gaya gesek kinetis (dinamis) terjadi ketika dua buah benda bergerak relatif satu sama lainnya dan saling bergesekan. Koefisien gesek kinetis umumnya dinotasikan dengan f_k dan pada umumnya selalu lebih kecil dari gaya gesek statis untuk material yang sama.

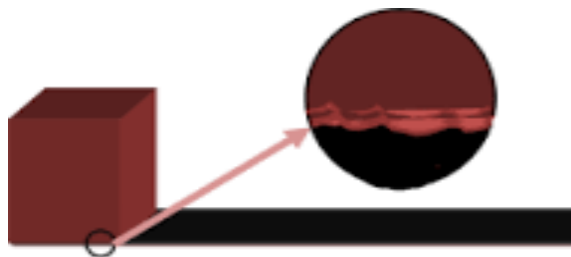
2.7 Mekanika kontak

Mekanika Kontak Secara sederhana mekanika kontak (contact mechanics) mempelajari tentang kontak yang terjadi antar benda, yang merupakan bagian dari ilmu tribologi. Mekanika kontak mempelajari tentang tegangan dan deformasi yang ditimbulkan saat dua permukaan solid saling bersentuhan satu sama lain pada satu titik atau lebih, dimana gerakan kedua benda atau lebih dibatasi oleh suatu constraint. Kontak yang terjadi antara dua benda dapat berupa titik, garis ataupun permukaan. Jika kontak yang terjadi diteruskan dan dikenai suatu beban kontak, maka kontak yang awalnya berupa titik dapat berubah menjadi bentuk ataupun permukaan yang lain tergantung besar tegangan yang terjadi saat terjadinya kontak (Yanto, 2010). Hampir setiap permukaan dapat dipastikan menerima beban kontak, dimana tegangan paling besar terdapat pada area titik atau permukaan tertentu. Jenis konfigurasi pembebanan pada batas elastis dinamakan Hertzian Contact. Kita mengetahui bahwa ketika dua permukaan yang terkena kontak terdapat tekanan yang terbentuk pada suatu titik maupun garis. Kita dapat melihat titik atau garis kontak pada permukaan lengkung saat kontak keduanya mempunyai gerakan memutar. Kondisi ini akan muncul seperti halnya roda bertemu dengan suatu permukaan dan bagian yang saling kontak pada roda

gigi transmisi dan kontak yang terjadi pada screw conveyor dengan bahan yang di angkut. Saat dua permukaan benda, diletakkan dan diberi beban bersama-sama dan diamati dengan skala mikron maka akan terbentuk deformasi pada kedua permukaan tersebut. Dengan pengamatan skala mikron setiap benda memiliki kekasaran permukaan, sehingga kontak aktual terjadi pada asperities dari kedua dan sifat materialnya, asperities akan mengalami deformasi elastis, elastis plastis, atau fully plastis.

2.8 Kontak Statis

Kontak statis bermula ketika beban dikenakan pada benda. Dalam skala mikro, surface yang merupakan sekumpulan dari asperiti-asperiti akan mengalami deformasi. Daerah kontak akan bertambah banyak seiring dengan meningkatnya jumlah asperiti yang saling kontak karena peningkatan beban. Akibat selanjutnya adalah muncul fenomena deformasi. Deformasi yang terjadi karena beban vertikal yang didefinisikan Jackson et al (2005) dapat berupa elastis, elastis plastis atau plastis (Yayankhancoet, 2013).



Gambar 2.11 Kontak dua permukaan (Yayankhancoet, 2013)

Rejim elastis mengacu pada ketiadaan defomasi plastis, yaitu ketika beban yang dikenakan pada benda dihilangkan, maka benda tersebut dapat kembali ke bentuk asal. Rejim elastis plastis ialah keadaan transisi dari elastis ke plastis. Dalam

rejim ini benda terdeformasi plastis, tetapi daerah kontak masih berada pada daerah elastis serta kondisi ketiga adalah kondisi plastis (fully plastic). Kondisi ini terjadi apabila daerah kontak telah terjadi luluh sepenuhnya, yaitu nilai modulus elastisitas suatu material sudah terlewat. Untuk mempermudah dalam menganalisa kontak, para peneliti membangun sebuah model. Model dapat berupa formula matematis ataupun bentuk asperiti. Bentuk Asperiti dapat disederhanakan dengan memodelkannya dalam bentuk bola (sphere), setengah bola (hemisphere), elips (ellips) ataupun bentuk datar (flat). Pendekatan model ini dapat diperoleh dengan finite element dan juga data hasil percobaan. Fenomena beralihnya keadaan dari elastis menuju plastis pada tingkat asperiti sangat menarik untuk dikaji. Zhao et al (2000) menggunakan parameter ω sebagai kedalaman penetrasi untuk kedalaman menganalisanya.

2.9 Kontak Dinamis

Kontak dinamis terbagi menjadi dua bagian. Bagian pertama tentang kontak luncur (*sliding contact*) dan yang kedua tentang kontak bergulir (*rolling contact*).

1. Kontak luncur (*Sliding Contacts*)

Kontak ini terjadi karena adanya beban tangensial sehingga gerakan luncur bisa terjadi. Sedangkan pada kontak statis hanya ada gaya normal saja. Beberapa peneliti mengkombinasikan antara kedua beban tersebut. Kerena pada kenyataannya gerakan sliding yang merupakan awal terjadinya gesekan, bermula dari kontak statis.

2. Kontak Bergulir (*Rolling Contacts*)

Gerakan dalam rolling contact diklasifikasikan menjadi (Halling, 1976): 1. Bergulir bebas. 2. Bergulir dengan tujuan untuk traction. 3. Bergulir dalam alur. 4. Bergulir disekitar kurva. Setiap gerakan yang bergulir, jenis free rolling pasti terjadi, sedangkan jenis 2, 3 dan 4 terjadi secara terpisah atau dapat juga kombinasi, tergantung pada situasinya. Kasus berputarnya roda mobil adalah melibatkan gerakan 1 dan 2. Gesekan karena rolling adalah resistansi terhadap gerakan yang berlangsung ketika sebuah permukaan bergulir terhadap permukaan yang lain. Terminologi gesekan rolling umumnya terbatas pada benda dengan bentuk yang mendekati sempurna dengan tingkat kekasaran permukaan yang relatif kecil. Pada material yang keras, koefisien gerak rolling antara sebuah silinder dan benda bulat atau dengan benda datar adalah berkisar antara 10⁻⁵ sampai 5x10⁻⁴

Koefisien dari *sliding friction* pada kondisi benda tanpa pelumas dari 0,1 sampai lebih besar dari 1 (Bushan, 1999). Jika kontak dari dua buah benda *non-conformal* adalah jenis titik, keadaan rolling murni berlaku disini. Gesekan karena gerakan gulir dapat disebabkan oleh berbagai kasus, tetapi walau bagaimanapun, *slipping/sliding* lebih dominan sebagai penyebabnya (Robinowicz, 1995). Kekasaran adalah sebuah parameter penting dalam kontak bergulir dalam hubungannya dengan gesekan dan aus. Kesempurnaan geometri *rolling* dapat dikurangi dengan kekasaran sehingga *microslip* yang terjadi pada tingkat kekasaran saja. *Deformasi plastis* pada *asperiti* juga dapat menyebabkan hilangnya energi selama gerakan bergulir.

2.10 Friction

Friction adalah gaya gesek yang timbul karena adanya kontak antara dua permukaan yang saling bersinggungan. Hal ini akan selalu timbul meskipun pada permukaan yang stationary (diam) tapi akan sangat kelihatan ketika salah satu permukaan saling bergesekan satu sama lain. Jenis dari permukaan sangat menentukan gaya gesek yang terjadi pada permukaan yang kasar akan mengalami friction yang lebih besar dari pada permukaan yang halus. Ketika sebuah permukaan dikatakan sebagai permukaan yang halus, maka permukaan yang tidak teratur hanya sedikit. Jika sebuah usaha membuat dua permukaan saling bergeser maka bukit-bukit pada kedua permukaan akan cenderung saling mengunci dan mengalami pergerakan yang berkawanan arah. Permukaan yang kasar akan kelihatan sangat jelas mengalami tahanan dan akan mengalami tahanan geser lebih besar dibandingkan dengan permukaan yang halus. Permukaan benda kerja yang dikerjakan dengan mesin akan mempunyai hasil permukaan yang halus. Ada bermacam-macam ukuran kehalusan tergantung dari kegunaan benda kerja yang dihaluskan. Journal pada crank shaft yang bertumpu pada bearing harus mempunyai kehalusan permukaan yang baik untuk mengurangi gesekan seminimal mungkin.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan.

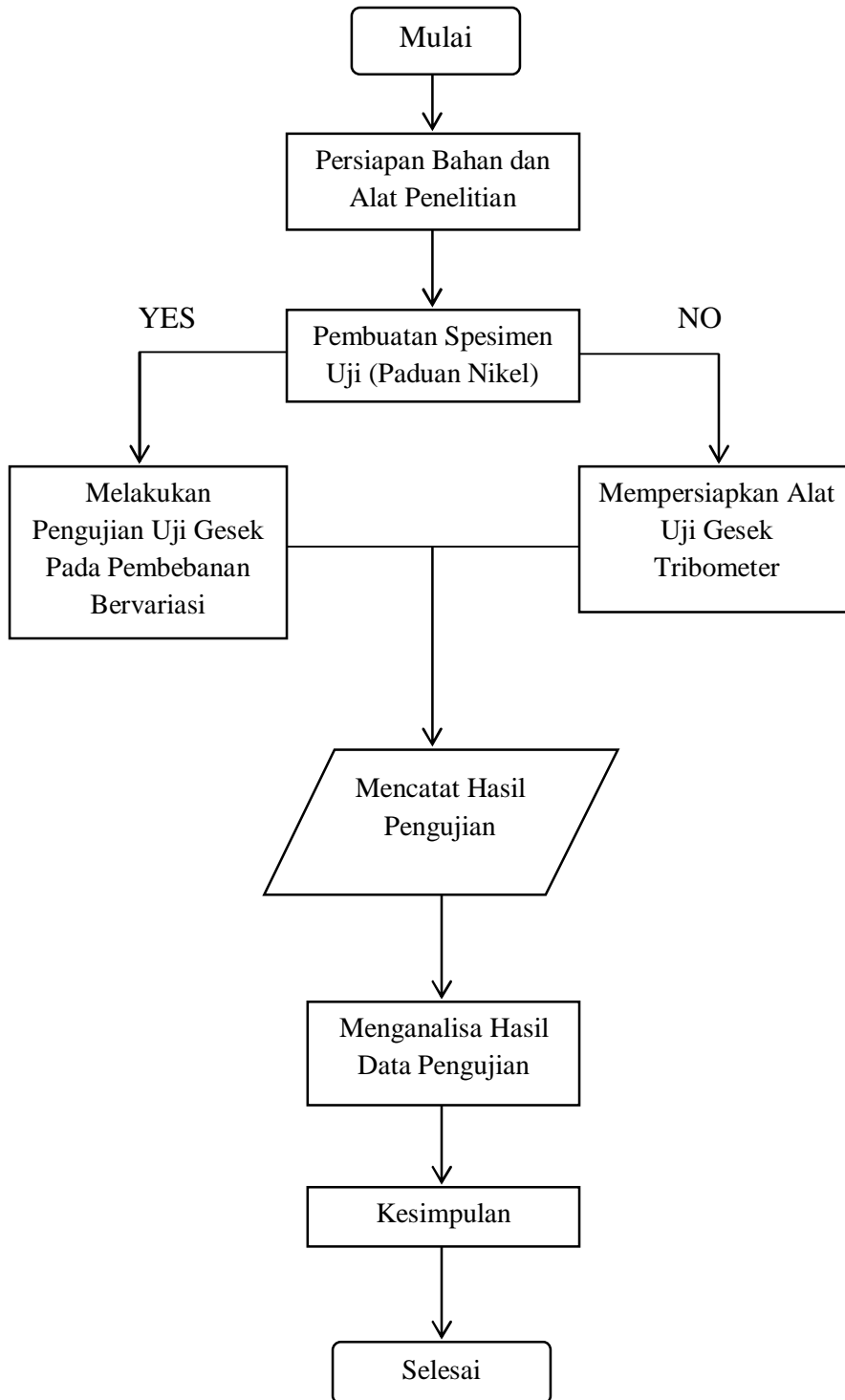
3.1.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu kegiatan pelaksanaan penelitian dilaksanakan selama sebelas bulan seperti pada tabel 3.1 dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan pada data dibawah ini :

Tabel 3.1 : jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Bulan (Tahun 2016-2017)										
		Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep
1.	Pengajuan Judul	■										
2.	Studi Literature			■	■	■	■					
3.	Perancangan Alat			■	■	■	■	■	■	■	■	
4.	Pembuatan Spesimen										■	
5.	Pelaksanaan Pengujian										■	
6.	Penyelesaian Skripsi										■	■

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Keterangan diagram alir penelitian :

Mempersiapkan bahan percobaan atau spesimen. Bahan yang digunakan ialah Nikel. Setelah membentuk spesimen, melakukan penelitian dengan pengujian yang menggunakan kecepatan yang bervariasi. Setelah itu, mencatat hasil data dari pengujian yang dilakukan.

3.3 Bahan dan Alat

Adapun bahan yang digunakan dalam yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

3.3.1 Alat uji tribometer

Merupakan alat uji yang akan digunakan untuk mengetahui koefisien gesek. Fungsinya ialah untuk mengetahui koefisien pengaruh pelumasan terhadap gaya gesek dengan pembebanan bervariasi, yang digerakkan oleh motor listrik. dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2Alat Uji Tribometer

3.3.2 Spesimen Uji Gesek

Spesimen berfungsi sebagai sample atau bahan material yang akan diuji yang diletakan di atas motor. Spesimen ini digunakan untuk mengetahui nilai kurva koefisien gesek pada pembebanan bervariasi. Bahan atau yang akan diuji, menggunakan Paduan Nikel, yang dibentuk bulat dengan tebal 2 MM dan diameter 13 CM . Dimensi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3Spesimen Paduan Nikel

3.3.3 Sensor Kecepatan / velocity (RPM)

Sensor kecepatan atau velocity sensor merupakan suatu sensor yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan gerak benda untuk selanjutnya diubah kedalam bentuk sinyal elektrik, dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Sensor Kecepatan / velocity (RPM)

3.3.4 Arduino

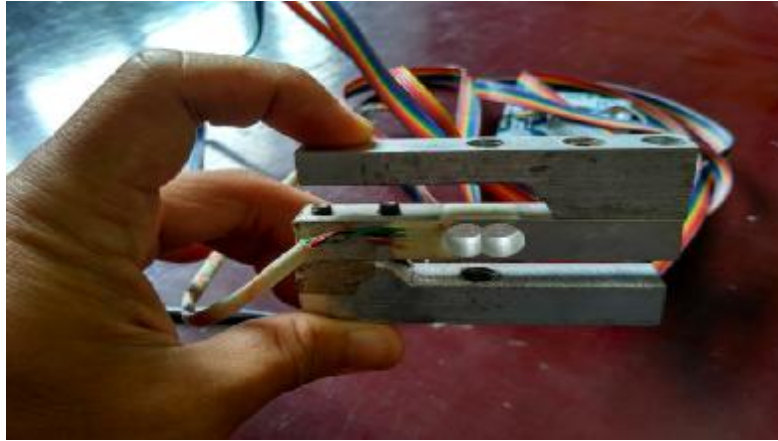
Arduino digunakan untuk membaca sensor ke PC dan arduino uno sebagai sistem aplikasipembuat program / pengatur program sistem kerja sensor pada rpm dan load cell dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Arduino

3.3.5 Sensor Beban / Load Cell

Load cell digunakan untuk membaca beban pada uji roda gigi lurus dan seberapa beban yang akan di berikan pada pengujian ini dan beban yang di berikan pada pengujian ini adalah 1kg . dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Sensor beban / Load cell

3.3.6 Inverter

Digunakan untuk membaca frekuensi dengan mengatur seberapa besar putaran yang diberikan pada pengujian uji gesek, dan nilai putaran yang diberikan pada pengujian ini adalah 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm. dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Inverter

3.3.7 Kabel USB Arduino

digunakan sebagai pengantar muka pemrograman atau komunikasi ke PC (Laptop).



Gambar 3.8 Kabel USB Arduino

3.3.8 Laptop

Laptop ASUS digunakan pada saat proses pengujian dan dihubungkan dengan arduino uno yang akan menampilkan hasil kecepatan (Rpm) dan pembebanan dari load cell yang terjadi pada saat pengujian. dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9Laptop

3.3.9 Motor Listrik / *Three Phase*

- Spesifikasi dari motor penggerak

Merek : Tanika

Type : Y802-4

Voltase : 220/380 V

Frekuensi : 50Hz

Kuat arus : 3.5/2.0 Ampere

Power : 0,75 KW

Putaran :1390 rpm



Gambar 3.10 Motor Listrik 3 Phase

3.4 Prosedur Penelitian

Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu melakukan pembentukan lubang pada titik tengah spesimen yang akan diuji dengan ukuran diameter 12mm, Untuk pemasangan spesimen ke dudukan motor alat uji *tribology*. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan kecepatan dan pembebebanan yang bervariasi, dengan menggunakan alat uji tribometer (uji gesek) dengan cara sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat uji serta bahan-bahan yang akan digunakan untuk pengujian.
2. Memasang spesimen uji gesek pada alat uji tribometer, pada ujung dudukan motor listrik , dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11Pemasangan Spesimen

3. Memasang Load Cell pada alat uji tribometer, dapat dilihat pada gambar 3.12.



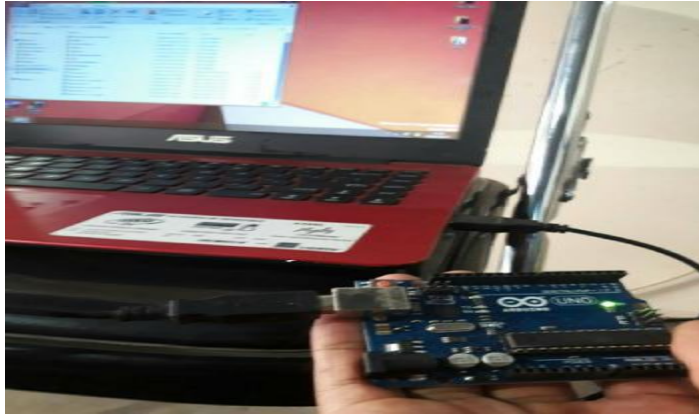
Gambar. 3.12Pemasangan Load Cell

4. Memasang sensor kecepatan (Rpm) , dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13Pemasangan Kecepatan (RPM).

5. memasang sensor Arduino Uno pada PC (laptop) menggunakan kabel USB Arduino. dapat dilihat pada gambar 3.14.



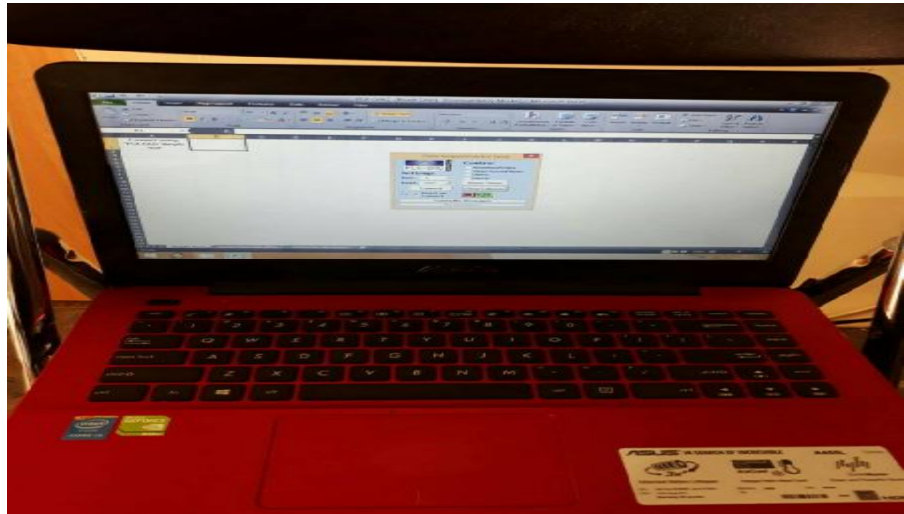
Gambar 3.14Memasang Arduiono Ke Laptop

6. Meratakan benda kerja pada spesimen yang akan diuji dengan menggunakan water pass. dapat dilihat pada garmbar 3.15.



Gambar 3.15Meratakan Benda kerja

7. Penyetelan program arduino uno pada laptop, yang akan menghasilkan angka kecepatan (Rpm) dan pembebanan dari load cell yang terjadi saat pengujian. dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Penyetelan Program Arduino

8. pemasangan beban, beban yang digunakan seberat 1kg, 1,5kg, 2kg, 2,5kg, 3kg, dan 3,5kg. Dapat dilihat pada gambar 3.17



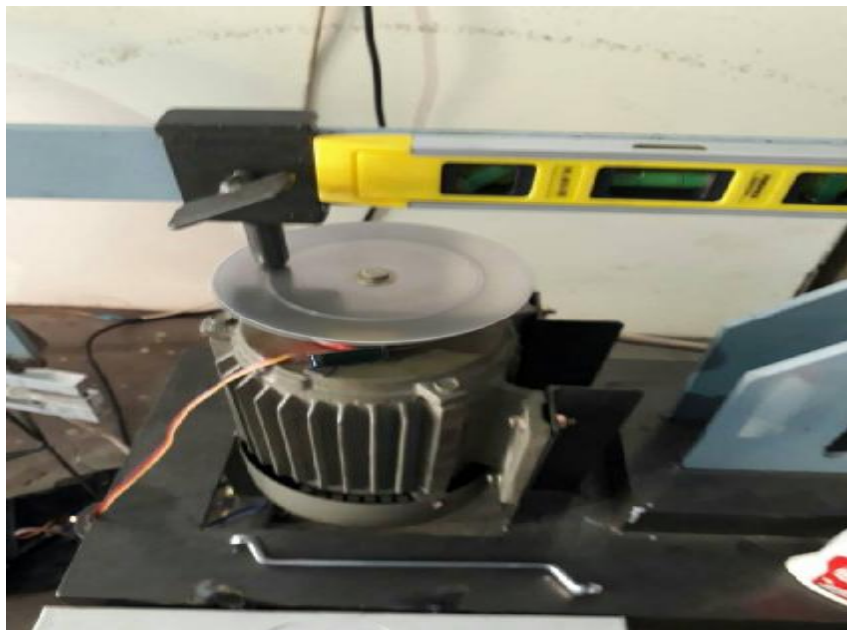
Gambar 3.17 Pemasangan beban bervariasi

9. Penyetelan putaran dengan mengatur tombol pada Inverter . Dapat dilihat pada gambar 3.18



Gambar 3.18Penyetelan kecepatan

10. Proses pengujian spesimen dengan kecepatan dan pembebanan bervariasi. Dapat dilihat pada gambar 3.19



Gambar 3.19Proses Pengujian spesimen

11. Setelah data di dapat langsung save data dan proses pengujian uji gesek selesai.
12. Setelah itu motor dimatikan dan inventer juga dimatikan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Spesimen Uji

Pembentukan atau pembuatan specimen uji gesek bahan Paduan Nikel, dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.

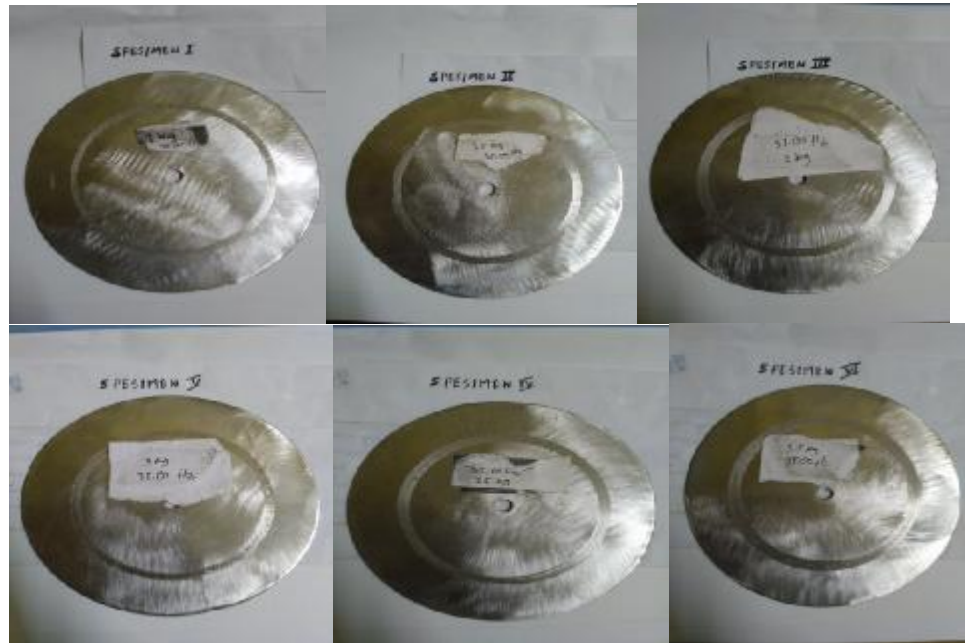


Gambar 4.1 Spesimen Uji Gesek Dari Bahan Paduan Nikel

Berdasarkan gambar 4.1. pada titik tengah di lubang menggunakan mata bor 8 mm, untuk mengikat baut pada dudukan motor listrik, agar spesimen terikat kuat pada dudukan motor listrik tersebut.

4.2 Hasil Pengujian Uji Gesek *Tribometer pin-on-disc*

Berdasarkan gambar 4.2 pengujian dengan Pembebana 1kg, 1,5kg , 2kg, 2,5kg, 3kg, 3,5kg dan kecepatan 1200 rpm. Spesimen uji yang mengalami gesekan yang disebabkan gaya gesek. Hasil pengujian pada spesimen saat pengujian adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Hasil spesimen setelah melakukan pengujian

Karena ketidak konstannya pada putaran motor, maka penulis hanya memanipulasikan putaran pada spesimen uji bahan Paduan Nikel, dengan pembebanan 1kg, 1,5kg, 2kg, 2,5kg, 3kg, 3,5kg, didapat data berdasarkan gesekan yang terjadi terhadap kecepatan 1200 rpm pada spesimen uji (dapat dilihat pada table 4.2, 4.3 dan gambar 4.3, 4.4).

Hasil pengujian yang telah dilakukan di labolatorium Mekanika Kekuatan Material di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan. Data percobaan pada uji gesek ini dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini

Tabel 4.1 Data Nilai Kecepatan Putaran dan pembebanan

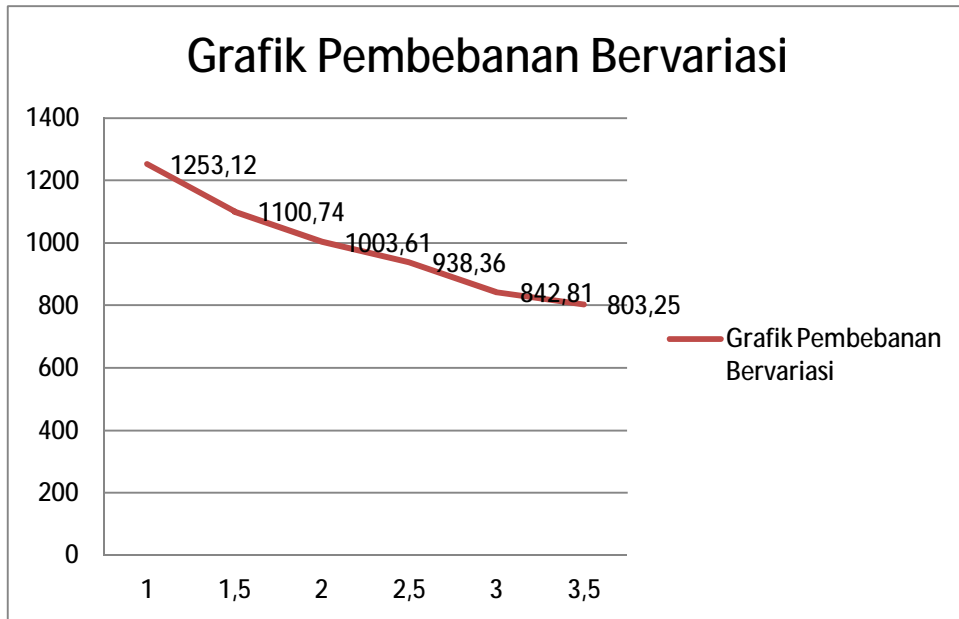
Putaran 1200rpm		
No	Putaran (rpm)	Beban (kg)
1	1200	1 kg
2	1100	1,5 kg
3	1003	2 kg
4	938	2,5 kg
5	842	3 kg
6	803	3,5 kg

4.2.1 Percobaan Spesimen 1,2,3,4,5 dan 6

Pada percobaan ini beban yang digunakan 1 kg, 1,5 kg, 2 kg, 2,5kg, 3kg, 3,5kg dengan kecepatan 1200rpm , karena semakin besar beban yang diberikan maka semakin kecil pula putarannya

Tabel 4.2 pembebana bervariasi pada spesimen uji Paduan Nikel

Spesimen	Kecepatan (rpm)	Beban (kg)
I	1253,12	1
II	1100,74	1,5
III	1003,61	2
IV	938,36	2,5
V	842,81	3
VI	803,25	3,5



Gambar. 4.3 Grafik beban bervariasi pada spesimen uji paduan nikel

Berdasarkan gambar 4.3 grafik beban bervariasi pada uji gesek spesimen paduan nikel dengan kecepatan 1200 rpm dan telah melakukan pengujian gaya gesek, dapat disimpulkan bahwa semakin berat beban yang diberikan maka semakin rendah pula putaran pada motor

4.3 Penerapan Rumus Perputaran Motor

Motor induksi 3 fase merupakan motor listrik yang bekerja berdasarkan putaran medan elektromagnetik yang di induksikan dari kumparan stator ke rotornya. Kecepatan putaran magnet ini dipengaruhi oleh frekuensi sumber yang masuk ke motor. Dimana pada pengujian dengan putaran frekuensi 40Hz. Dapat kita peroleh :

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

Diketahui : frekuensi = 40 Hz

$$P = 4 \text{ kutup}$$

1. Pehitungan dengan frekuensi 40 Hz

Diketahui : $f = 40 \text{ Hz}$

$$P = 4$$

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 40}{4}$$

$$N_s = 1200 \text{ rpm}$$

Jadi frekuensi 40 Hz sama dengan putaran 1200 rpm

4.4 Penerapan Rumus Koefisien Gesek Pada Pembejana Bervariasi

Berdasarkan beberpa hasil percobaan yang telah dilakukan penelitian maka disini penelitian mengambil sampel untuk penerapan kedalam rumus koefisien gesek.

1. Percobaan 1

Berdasarkan hasil pengujian 1 dengan beban 1 kg (9,81 N) dan kecepatan putaran 1200 rpm

Diketahui : kecepatan keliling

$$V = 2\pi \cdot R \cdot n$$

$$R = 42 \text{ mm} = 0,042 \text{ m}$$

$$n = 1200 \text{ rpm} = \frac{1200}{60} = 20 \text{ rps}$$

$$v = 2\pi \cdot R \cdot n = 20 \text{ m/s}$$

$$\text{Percepatan (a)} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{60} = 0,33 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = m \cdot a$$

$$= 9,81 \times 0,33 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = 3,23 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{3,23}{9,81}$$

$$\mu_k = 0,32$$

Jadi dengan beban 1kg dan kecepatan 1200 rpm maka didapat koefisien geseknya sebesar 0,32

2. Percobaan 2

Berdasarkan hasil pengujian 1 dengan beban 1,5 kg (14,7 N) dan kecepatan putaran 1100 rpm

Diketahui : kecepatan keliling

$$V = 2\pi \cdot R \cdot n$$

$$R = 42 \text{ mm} = 0,042 \text{ m}$$

$$n = 1100 \text{ rpm} = \frac{1100}{60} = 18,3 \text{ rps}$$

$$v = 2\pi \cdot R \cdot n = 18,3 \text{ m/s}$$

$$\text{Percepatan (a)} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{18,3}{60} = 0,30 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = m \cdot a$$

$$= 14,7 \times 0,30 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = 4,41 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{4,41}{14,7}$$

$$\mu_k = 0,3$$

Jadi dengan beban 1,5kg dan kecepatan 1100 rpm maka didapat koefisien geseknya sebesar 0,3

3. Percobaan 3

Berdasarkan hasil pengujian 1 dengan beban 2 kg (19,6 N) dan kecepatan putaran 1003 rpm

Diketahui : kecepatan keliling

$$V = 2\pi.R.n$$

$$R = 42 \text{ mm} = 0,042 \text{ m}$$

$$n = 1003 \text{ rpm} = \frac{1003}{60} = 16,7 \text{ rps}$$

$$v = 2\pi.R.n = 16,7\text{m/s}$$

$$\text{Percepatan (a)} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{16,7}{60} = 0,27 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = m.a$$

$$= 19,6 \times 0,27 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = 5,29 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{f_k}{N} = \frac{5,29}{19,6}$$

$$\mu_k = 0,26$$

Jadi dengan beban 2kg dan kecepatan 1003 rpm maka didapat koefisien geseknya sebesar 0,26

4. Percobaan 4

Berdasarkan hasil pengujian 1 dengan beban 2,5 kg (24,5 N) dan kecepatan putaran 938 rpm

Diketahui : kecepatan keliling

$$V = 2\pi.R.n$$

$$R = 42 \text{ mm} = 0,042 \text{ m}$$

$$n = 938 \text{ rpm} = \frac{938}{60} = 15,6 \text{ rps}$$

$$v = 2\pi.R.n = 15,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Percepatan (a)} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{15,6}{60} = 0,26 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = m.a$$

$$= 24,5 \times 0,26 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = 6,37 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{6,37}{24,5}$$

$$\mu_k = 0,26$$

Jadi dengan beban 2,5kg dan kecepatan 938 rpm maka didapat koefisien geseknya sebesar 0,26

5. Percobaan 5

Berdasarkan hasil pengujian 1 dengan beban 3 kg (29,4 N) dan kecepatan putaran 842 rpm

Diketahui : kecepatan keliling

$$V = 2\pi.R.n$$

$$R = 42 \text{ mm} = 0,042 \text{ m}$$

$$n = 842 \text{ rpm} = \frac{842}{60} = 14,0 \text{ rps}$$

$$v = 2\pi.R.n = 14,0 \text{ m/s}$$

$$\text{Percepatan (a)} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{14,0}{60} = 0,23 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = m \cdot a$$

$$= 29,4 \times 0,23 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = 6,76 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{6,76}{20,4}$$

$$\mu_k = 0,23$$

Jadi dengan beban 3kg dan kecepatan 842 rpm maka didapat koefisien geseknya sebesar 0,23

6. Percobaan 6

Berdasarkan hasil pengujian 3 dengan beban 3,5 kg (34,3 N) dan kecepatan putaran 803 rpm

Diketahui : kecepatan keliling

$$V = 2\pi \cdot R \cdot n$$

$$R = 42 \text{ mm} = 0,042 \text{ m}$$

$$n = 803 \text{ rpm} = \frac{803}{60} = 13,3 \text{ rps}$$

$$v = 2\pi \cdot R \cdot n = 13,3 \text{ m/s}$$

$$\text{Percepatan (a)} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{13,3}{60} = 0,22 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = m \cdot a$$

$$= 34,3 \times 0,22 \text{ m/s}^2$$

$$f_k = 7,54 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{7,54}{34,3}$$

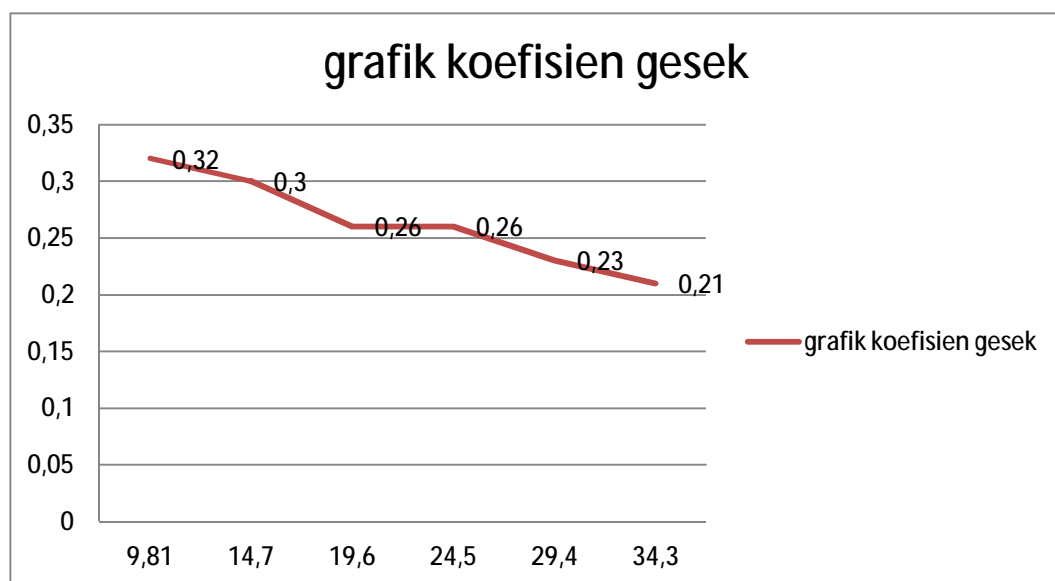
$$\mu_k = 0,21$$

Jadi dengan beban 3,5kg dan kecepatan 803 rpm maka didapat koefisien geseknya sebesar 0,21

4.5 Hasil Koefisien Gesek dengan Beban Bervariasi

Tabel 4.4 hasil nilai koefisien gesek

Beban (N)	Kefisien Gesek (μ_k)
9,81	0,32
14,7	0,3
19,6	0,26
24,6	0,26
29,4	0,23
34,3	0,21



Gambar 4.4 Grafik hasil koefisien gesek

Berdasarkan gambar 4.4 grafik hasil nilai kefisien gesek, pada uji gesek spesimen paduan nikel, dimana menggunakan beban bervariasi, telah melakukan pengujian uji gesek, dapat disimpulkan bahwa semakin berat beban maka putaran motor semakin lambat dan gaya gesek yang terjadi semakin besar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian analisa Pengaruh Pelumasan terhadap Gaya Gesek dan Keausan pada paduan Nikel dengan pembebanan bervariasi, maka dapat diambil kesimpulan beberapa hal sebagai berikut :

1. Nikel digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri, seperti: pelindung baja (stainless steel), pelindung tembaga, industri baterai, elektronik, aplikasi industri pesawat terbang, industri tekstil, turbin pembangkit listrik bertenaga gas, pembuat magnet kuat, pembuatan alat-alat laboratorium (nikrom), kawat lampu listrik, katalisator lemak, pupuk pertanian dan berbagai fungsi lain
2. Tribometer *pin-on-disc* adalah tribometer yang menggunakan pin dan lempengan plat datar sebagai material yang bergesekan. Disc akan berotasi dan pin diberikan beban agar permukaan pin menekan pada permukaan disc .
3. Spesimen yang dipakai menggunakan bahan material nikel, yang pada titik tengahnya di beri lubang 8 mm untuk mengikat pada dudukan motor agar spesimen tidak lepas pada saat pengujian gesek.
4. Gesekan yang terjadi akibat pembebanan dan putaran bervariasi pada spesimen uji, dapat dilihat pada nilai koefisien gesek sebagai berikut :
 - kecepatan 1200 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,32
 - kecepatan 1200 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,32

- kecepatan 1100 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,3
 - kecepatan 1003 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,26
 - kecepatan 938 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,26
 - kecepatan 842 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,22
 - kecepatan 803 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,21
5. Semakin besar pembebanan semakin rendah putaran maka nilai koefisien geseknya semakin besar .

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian Analisa Pengaruh Pelumasan terhadap Gaya Gesek dan Keausan pada paduan Nikel dengan pembebanan bervariasi, maka saya dapat menyarankan agar penulis berikutnya lebih baik dan dikembangkan lagi :

1. Agar melengkapi peralatan-peralatan untuk pengujian suatu material. Sehingga penulis dapat melanjutkan penelitian-penelitian yang lebih baik, supaya dapat dilakukan di Lab Mekanika Kekuatan Material Fakultas Teknik UMSU.
2. Bagi penulis selanjutnya diharapkan dalam melakukan perencanaan atau pengujian, sangat dibutuhkan ketelitian agar tidak terjadi kesalahan dalam pengambilan data.
3. Bagi penulis yang ingin melanjutkan penelitian tentang alat *tribology pin on disc* khususnya pengujian uji gesek, hendaknya melakukan penyempurnaan pada sistem pengoperasian data *Arduino Uno*.
4. Keselamatan kerja selalu diutamakan

DAFTAR PUSTAKA

- N. Tasneem, 2002, *Journal study of wave shaping technique os tribology using finite element analiysis*, 2002, 93 Pages.
- Lindholm, U. S., 1971, Chapter 3, *Journal Appendix A in techniques of metals research*, Vol.5, Pt.1 (Ed. by R. Bunshah), John Wiley & sons.
- Umatsu, 2002, introduction. *Journal of Materials Processing Technology* 234,2016,280-455
- Hutchings, I.M., 1992, *Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials*, Licensing Agency Ltd., London
- Stolarski, T.A., 1990, *Journal Tribology in Machine Design*, Licensing Agency Ltd., London.
- Mutlu, I., Eldogan, O., and Findik, F, 2006, *Journal Tribological Properties of Some Phenolic Composites Suggested for Automotive Brakes*, *Tribology International*, 39, 317-325.
- Shukla, A., and Dally, J.W, 2010, *Experimental Solid Mechanics*, Chapter 17, College House Enterprices, L.L.C, 5713 Glen Cove Drive. Koxville, TN 37919, 2010, U.S.A.
- Yayancancoet, 2013, *Journal Contact Mecanics, Journal of Materials Processing Technology* 234 2016, 380-389
- IR.Sularso dan Kiyokatshu Suga Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin, pradnya paramita, jakarta, 1994
- Tata Surdia, dan Shinroku Saito, 2005, *Pengetahuan Bhan Teknik*. PT. Praditiya Paramita, Jakarta.
- Andreas Sigismund Marggraf, 1782, logam kuningan *Finishing* Proses Poduksi.htm. Diakses Supermetalcraft 28 Juli 2010.