

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
ANALISA KOEFISIEN GESEK PADA PADUAN
KUNINGAN DENGAN KECEPATAN PUTARAN
BERVARIASI

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

Disusun oleh :

NAMA : JUNAIDI
NPM : 1207230015



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

LEMBAR PENGESAHAN - I

TUGAS SARJANA

KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR

**ANALISA KOEFISIEN GESEK PADA PADUAN
KUNINGAN DENGAN KECEPATAN PUTARAN
BERVARIASI**

Disusun Oleh :

JUNAJDI
1207230015

Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II

(Khairul Umurani, S.T.,M.T.)

(Dr.Eng. Rakhmad Arief Srg)

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 MANUFAKTUR

**ANALISA KOEFISIEN GESEK PADA PADUAN
KUNINGAN DENGAN KECEPATAN PUTARAN
BERVARIASI**

Disusun Oleh :

JUNAI
1207230015

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 25 September 2017.

Disetujui Oleh :

Pembanding – I

Pembanding – II

(H. Muharnif M,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

Penelitian ini membahas tentang koefisien gesek pada paduan kuningan dengan kecepatan putaran bervariasi di mulai dari 600 rpm, 750 rpm, 900 rpm, 1050 rpm, 1200 rpm, 1300 rpm. Kuningan digunakan pada *bushing* rumah kopling vixion yang bergesekan dengan gear primer, *busing* rumah kopling vixion bersifat licin dan mempunyai koefisien gesek yang lebih kecil dibandingkan baja hal ini untuk mnghindari kerusakan yang lebih parah ketika *bushing* dengan gear primer bergesekan, kuningan dengan presentase kadar tembaga 60-90% lebih kuat dan lebih keras dari pada tembaga , tetapi tidak sekeras seperti baja, namun kuningan lebih tahan terhadap korosif dibanding baja. *Tribology pin-on-disc* menjadi metode untuk mendapatkan nilai koefisien gesek pada suatu material. Spesimen yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan paduan kuningan, hasil penelitian menunjukan semakin tinggi putaran pada motor maka semakin besar koefisien gesek yang terjadi pada spesimen saat pengujian.

Kata Kunci : Kuningan, *Tribology pin-on-disc*.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

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

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) diprogram Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul Tugas Sarjana ini adalah **“Analisa Koefisien Gesek Pada Paduan Kuningan Dengan Kecepatan Putaran Bervariasi”**

Sebagai mana manusia biasa, Penulis menyadari bahwa Tugas Sarjana ini masih banyak terdapat kekurangan, baik dalam 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 berterimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada Orang Tua yang disayangi (Sutrisno dan Ponishe) sebagaimana mereka telah memberikan dorongan semangat, nasihat serta doa atas perjuangan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
2. Kepada bapak Rahmatullah, S.T, MSc, 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 Khairul Umurani, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing -I yang telah membimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
5. Kepada Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Srg, selaku Dosen Pembimbing-II yang telah membimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
6. Kepada Bapak H.Muharnif M,ST.,M.Sc, selaku Dosen Pembimbing –I yang telah membrikan saran serta masukan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
7. Kepada Bapak Sudirman Lubis, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing –II yang tela memberikan saran serta masukan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

8. Kepada Bapak dan Ibu Dosen dan staff pegawai di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bekal pengetahuan dan bantuan hingga akhir studi.
9. Kepada Seluruh Asisten Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu dan memberikan arahan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
10. Kepada kakak dan abang Risna Wati dan Suwandi, yang memberi semangat dan nasihat untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
11. Kepada seluruh sahabat-sahabat dan rekan seperjuangan di Fakultas Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan yang utama pada kelas A1Pagi stambuk (2012), yang telah membantu menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
12. Kepada sahabat seperjuangan Ary Afrizal, Affandi Daulay, Bintoro Idikia, Abdullah Fandi Ahmad, yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Sarjana ini.
13. Kepada rekan satu tim (Tribology), Rizky Afrizal Pratama, Fadly Reza Prasetia Nst, Sandry Aprilianto, 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, Oktober 2017

Penulis

JUNAI
NIM : 1207230015

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	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR NOTASI	
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematik Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Material Kuningan	5
2.2 Klasifikasi Kuningan	5
2.2.1 Bahan Baku Kuningan	6
2.2.2 Jeni-Jenis Kuningan	7
2.2.3 Proses Manufaktur Pembuatan Kuningan	9
2.3 Klasifikasi Uji Tribometer	12
2.3.1 Pengertian Uji Tribometer	12
2.3.2 Jenis-Jenis Tribometer	12
2.4 Definisi Kecepatan Linear (Tangensial)	15
2.4.1 Laju Linear	17
2.4.2 Gaya Gesek Statis	18
2.4.3 Gaya Gesek Kinetis	19
2.5 Mekanika Kontak	20
2.6 Kontak Statis	21
2.7 Kontak Dinamis	23
2.8 Friction	24
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.1.1 Tempat Penelitian	26
3.1.2 Waktu Penelitian	26
3.2 Diagram Alir Penelitian	27
3.3 Bahan dan Alat	28
3.3.1 Alat Uji Tribology	28
3.3.2 Spesimen Uji Gesek	29

3.3.3	Sensor Kecepatan	30
3.3.4	Arduino	30
3.3.5	Sensor Beban	31
3.3.6	Inventer	31
3.3.7	Kabel USB Arduino	32
3.3.8	Laptop	32
3.3.9	Motor Listrik / <i>Three Phase</i>	33
3.4	Prosedur Penelitian	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Hasil Pembuatan Spesimen Uji Gesek	38
4.2	Hasil Pengujian Uji Gesek	39
4.2.1	Penerapan Rumus Putaran Motor	39
4.2.2	Tabel Putaran Bervariasi	42
4.2.3	Grafik Putaran Bervariasi	42
4.3	Hasil Spesimen Setelah Pengujian Uji Gesek	43
4.4	Penerapan Rumus Koefisien Gesek	44
4.4.1	Nilai Koefisien Gesek Dengan Kecepatan Bervariasi	50
4.4.2	Grafik Koefisien Gesek	50
BAB 5 PENUTUP		52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien Gesekan Antara Beberapa Permukaan	20
Tabel 3.1	Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian	26
Tabel 4.1	Putaran bervariasi pada spesimen uji kuningan	42
Tabel 4.2	Koefisien gesek pada kecepatan bervariasi	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tribometer <i>pin-on-disc</i>	13
Gambar 2.2	Tribometer <i>pin-on-ring</i>	14
Gambar 2.3	Tribometer <i>block-on-ring</i>	14
Gambar 2.4	Definisi percepatan linier	15
Gambar 2.5	Laju Linier	17
Gambar 2.6	Gaya Gesek Kinetis	19
Gambar 2.7	kontak dua permukaan	22
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	27
Gambar 3.2	Alat uji tribology	28
Gambar 3.3	Spesimen Kuningan	39
Gambar 3.4	Sensor kecepatan (rpm)	30
Gambar 3.5	Arduino	30
Gambar 3.6	Sensor beban (load cell)	31
Gambar 3.7	Inverter	31
Gambar 3.8	Kabel USB arduino	32
Gambar 3.9	Laptop	32
Gambar 3.10	Motor listrik 3 phase	33
Gambar 3.11	Pemasangan spesimen	34
Gambar 3.12	Pemasangan load cell	35
Gambar 3.13	Pemasangan sensor kecepatan	35
Gambar 3.14	Memasang arduino ke laptop	35
Gambar 3.15	Meratakan benda kerja	36
Gambar 3.16	Penyetelan program arduino	36
Gambar 3.17	Pemasangan beban	36
Gambar 3.18	Penyetelaan kecepatan	37
Gambar 3.19	Proses pengujian spesimen	37
Gambar 3.20	Penyimpanan data	37
Gambar 4.1	Spesimen uji gesek dari bahan kuningan	38
Gambar 4.2	Grafik putaran bervariasi uji gesek	42
Gambar 4.3	Hasil spesimen setelah selesai pengujian	43
Gambar 4.4	Grafik nilai koefisien gesek	50

DAFTAR NOTASI

m	= Massa (beban)
α	= Percepatan (m/s)
f_k	= Gaya gesek kinetis
μ_k	= Koefisien gesek
N	= Beban (kg)
R	= Jari-jari (m)
V	= Kecepatan keliling (m/s)
V_s	= Kecepatan Tangen Sial (m/s)
Δt	= Selang Waktu (s)
Δv	= Perubahan kecepatan (m/s)
NS	= Putaran Second (Hz)
A_t	= Percepatan Tangensial (m/s ²)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam perkembangan dunia industri, terutama yang berhubungan dengan penelitian bahan material bukan besi, maka kuningan merupakan salah satu logam bukan besi yang termasuk paling banyak digunakan di dunia industri. Karena beberapa manfaat yang didapat pada kuningan sebagai bahan industri atau sebagai bahan keteknikan, sehingga logam ini terus dikembangkan untuk berbagai penggunaan.

Kuningan merupakan material yang digunakan pada *bushing* rumah kopling vixion yang bergesekan dengan gear primer, *busihng* rumah kopling vixion kuningan bersifat licin dan mempunyai koefisien gesek yang lebih kecil dibandingkan baja hal ini untuk menghindari kerusakan yang lebih parah ketika *bushing* dengan gear primer bergesekan, kuningan dengan presentase kadar tembaga 60-96% lebih kuat dan lebih keras dari pada tembaga, tetapi tidak sekuat atau, sekeras seperti baja, namun kuningan lebih tahan terhadap korosif dibanding baja. Untuk mengetahui seberapa besar gesekan sifat mekanisme kuningan maka dilakukan suatu pengujian (uji gesek) pada specimen kuningan.

Dengan latar belakang ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul : “Analisa koefisien gesek pada paduan kuningan dengan kecepatan putaran bervariasi”

1.2. Rumusan Masalah

1. Seberapa besar terjadinya gesekan pada material kuningan terhadap kecepatan putaran bervariasi saat pengujian.

1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya masalah yang akan diuji, maka penulis akan membahas masalah yang berkaitan dengan pengujian uji gesek antara lain ;

1. Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah paduan kuningan
2. Mesin yang digunakan adalah Tribology
3. Diasumsikan kondisi semua spesimen adalah sama dalam pengujian, hanya kecepatan yang bervariasi
4. Pengaruh lingkungan (kelembapan, temperatur, angin) diabaikan.

1.4. Tujuan

1.4.1. Tujuan Umum

Untuk menganalisa koefisien gesek pada paduan kuningan terhadap variasi putaran mesin uji *tribology*.

1.4.2. Tujuan khusus

1. Untuk mengetahui koefisien gesek pada paduan kuningan dengan menggunakan mesin uji *tribology*.
2. Untuk menganalisa pengaruh putaran bervariasi terhadap koefisien gesek dengan mesin uji *tribology*

1.5. Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penyusunan tugas sarjana ini adalah :

1. Dapat bermanfaat untuk penulis selanjutnya sebagai bahan referensi untuk penyempurnaan mesin uji *tribology*.
2. Mendapatkan informasi tentang pengujian uji gesek kuningan dengan menggunakan mesin uji *tribology*.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran penulisan penelitian, 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 tentang 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 kuningan

2.2 Klasifikasi kuningan

Pengrajin logam kuno di daerah yang sekarang dikenal sebagai Syria atau Turki timur telah mengetahui bagaimana cara untuk mencairkan tembaga dengan timah untuk membuat logam yang disebut perunggu pada awal 3000 sebelum masehi. Kadang-kadang mereka juga membuat kuningan tanpa mereka sadari.

Pengrajin logam kuno di sekitar Laut *Mediterrania* mampu membedakan bijih timah seng dari yang mengandung seng dan mulai mencampurkan dengan tembaga untuk membuat koin kuningan atau benda lainnya. Sebagian besar seng itu diturunkan dengan memanaskan mineral yang dikenal sebagai kalamina, yang berisi berbagai senyawa seng. Dimulai pada sekitar 300 A.D, industri kuningan berkembang di tempat yang sekarang di kenal sebagai Jerman dan Belanda.

Meskipun pengrajin logam kuno hanya bisa mengenali perbedaan antara bijih seng dan bijih timah, mereka masih tidak mengerti logam seng. Sampai pada tahun 1746 seorang ilmuwan Jerman bernama *Andreas Sigismund Marggraf* (1709-1782) memperkenalkan logam seng yang diidentifikasi dan ditentukan sifat-sifatnya. Proses untuk menggabungkan logam tembaga dan seng untuk membuat kuningan telah dipatenkan di Inggris pada tahun 1781.

Penggunaan kuningan sebagai casing logam untuk senjata api pertama kali diperkenalkan pada tahun 1852. Berbagai macam logam dicoba, Hasilnya ternyata

kuningan yang paling berhasil. Properti ini menyebabkan perkembangan pesat dalam industri senjata api otomatis.

2.2.1 Bahan Baku Kuningan

Komponen utama kuningan adalah tembaga. Jumlah kandungan tembaga bervariasi antara 55% sampai dengan 95% menurut beratnya tergantung pada jenis kuningan dan tujuan penggunaan kuningan. Kuningan yang mengandung persentase tinggi tembaga terbuat dari tembaga yang dimurnikan dengan cara elektrik. Yang setidaknya menghasilkan kuningan murni 99,3% agar jumlah bahan lainnya bisa di minimalkan. Kuningan yang mengandung persentase rendah tembaga juga dapat dibuat dari tembaga yang dimurnikan dengan elektrik, namun lebih sering dibuat dari scrap tembaga. Ketika proses daur ulang terjadi, persentase tembaga dan bahan lainnya harus diketahui sehingga produsen dapat menyesuaikan jumlah bahan yang akan ditambahkan untuk mencapai komposisi kuningan yang diinginkan.

Komponen kedua dari kuningan adalah seng. Jumlah seng bervariasi antara 5% sampai dengan 40% menurut beratnya tergantung pada jenis kuningan. Kuningan dengan persentase seng yang lebih tinggi memiliki sifat lebih kuat dan lebih keras, tetapi juga lebih sulit untuk dibentuk, dan memiliki ketahanan kurang terhadap korosi. Seng yang digunakan untuk membuat kuningan bernilai komersial dikenal sebagai spelter.

Beberapa kuningan juga mengandung persentase kecil dari bahan lain untuk menghasilkan karakteristik tertentu, Hingga 3,8% menurut beratnya. Timbal dapat

ditambahkan untuk meningkatkan ketahanan. Penambahan timah meningkatkan ketahanan terhadap korosi, Membuat kuningan lebih keras dan membuat struktur internal yang lebih kecil sehingga kuningan dapat dibentuk berulang dalam proses yang disebut penempaan. Arsenik dan antimony kadang-kadang ditambahkan ke dalam kuningan yang mengandung seng lebih dari 20% untuk menghambat korosi. Bahan lain yang dapat digunakan dalam jumlah yang sangat kecil yaitu mangan, silikon, dan fosfor.

2.2.2 Jenis-Jenis Kuningan

- Kuningan Admiralty, Mengandung 30% seng, dan 1% timah.
- Kuningan Aich, Mengandung 60,66% tembaga, 36,58% seng, 1,02% timah, dan 1,74% besi. Dirancang untuk digunakan dalam pelayanan laut karena sifatnya yang tahan korosi, keras, dan tangguh.
- Kuningan Alpha, Memiliki kandungan seng kurang dari 35%. Bekerja dengan baik pada suhu dingin.
- Kuningan Alpha-beta (*Muntz*), sering juga disebut sebagai kuningan dupleks, mengandung 35-45% seng, Bekerja baik pada suhu panas.
- Kuningan Aluminium, Mengandung aluminium yang menghasilkan sifat peningkatan ketahanan korosi.
- Kuningan dr arsenikum, Berisi penambahan arsenik dan aluminium.
- Kuningan *Cartridge*, mengandung 30% seng, memiliki sifat kerja yang baik pada suhu dingin.
- Kuningan umum atau kuningan paku keling, mengandung 37% seng, murah dan standar sifat kerja baik pada suhu dingin.

- Kuningan DZR atau dezincification, adalah kuningan dengan persentase kecil arsenik.
- Kuningan Tinggi, mengandung 65% tembaga dan 35% seng, memiliki kekuatan tarik tinggi, banyak digunakan untuk pegas, sekrup, dan paku keling.
- Kuningan Bertimbal.
- Kuningan Bebas Timbal.
- Kuningan Rendah, paduan tembaga-seng mengandung 20% seng, memiliki sifat warna keemasan.
- Kuningan Mangan, kuningan yang digunakan dalam pembuatan koin dolar emas di Amerika Serikat. Mengandung 70% tembaga, 29% seng, dan 1,3% mangan.
- Kuningan nikel, terdiri dari 70% tembaga, 24,5% seng, dan 5,5% nikel. digunakan untuk membuat koin mata uang Poundsterling.
- Kuningan Angkatan Laut, mirip dengan kuningan admiralty, mengandung 40% seng dan 1% timah.
- Kuningan Merah, mengandung 85% tembaga, 5% timah, 5% timbal, dan 5% seng.
- Kuningan Tombac, mengandung 15% seng. Sering digunakan dalam aplikasi produk perhiasan.
- Kuningan Tonval (Juga disebut dengan CW617N atau CZ122 atau OT58), paduan tembaga-timbal-seng.
- Kuningan Putih, mengandung seng lebih dari 50%. Sifatnya sangat rapuh untuk penggunaan umum.

- Kuningan Kuning, adalah istilah Amerika untuk kuningan yang mengandung 33% seng.

2.2.3 Proses Manufaktur Pembuatan Kuningan

Proses Manufaktur atau Proses Produksi yang digunakan untuk memproduksi kuningan melibatkan kombinasi bahan baku yang sesuai ke dalam logam cair yang diperbolehkan untuk memperkuat. Bentuk dan sifat dari logam ini kemudian diubah melalui serangkaian operasi dengan hati-hati, dikendalikan untuk menghasilkan kuningan yang diinginkan.

Kuningan tersedia dalam berbagai bentuk termasuk pelat, lembaran, strip, foil, batang, bar, kawat, dan billet tergantung pada aplikasi akhir. Perbedaan antara pelat, lembaran, strip, dan foil adalah ukuran keseluruhan dan ketebalan bahan. Plate bersifat besar, datar, potongan persegi panjang dari kuningan dengan ketebalan lebih besar dari sekitar 5 mm. Seperti sepotong kayu yang digunakan pada konstruksi bangunan. Lembar biasanya memiliki ukuran keseluruhan yang sama seperti piring tetapi tipis. Strip terbuat dari lembaran yang telah dipotong-potong menjadi panjang. Foil seperti strip, hanya jauh lebih tipis. Beberapa foil kuningan bisa setipis 0,013 mm.

Proses manufaktur yang sebenarnya tergantung pada bentuk dan sifat kuningan yang diinginkan. Berikut ini adalah proses manufaktur yang biasa digunakan untuk memproduksi kuningan foil dan strip.

- Sejumlah bahan tembaga yang tepat sesuai takaran paduan ditimbang dan dipindahkan ke dalam tungku peleburan dalam suhu sekitar 1920° F (1050° C). Sejumlah seng yang sudah ditimbang agar sesuai paduan disiapkan, seng

ditambahkan setelah tembaga mencair. Sekitar 50% dari total seng dapat ditambahkan untuk mengkompensasi seng yang menguap selama operasi peleburan antara tembaga dan seng. Jika ada bahan lain yang diperlukan untuk perumusan kuningan tertentu mereka juga dapat ditambahkan.

- Logam cair paduan tembaga dan seng dituang ke dalam cetakan. Diperbolehkan untuk memperkuat ke dalam lembaran. Dalam beberapa operasi penuangan dilakukan terus-menerus untuk menghasilkan lembaran yang panjang.
- Bila logam cair paduan tembaga dan seng sudah cukup dingin untuk dipindahkan, mereka dikeluarkan dari cetakan dan dipindah ke tempat penyimpanan.

1. Hot Rolling

- Logam ditempatkan dalam tungku dan dipanaskan hingga mencapai suhu yang diinginkan. Suhu tergantung pada bentuk akhir dan sifat kuningan.
- Logam yang dipanaskan tersebut kemudian di teruskan menuju mesin penggilingan.
- kuningan, yang sekarang sudah dingin melewati mesin penggilingan yang disebut calo. Mesin ini akan memotong lapisan tipis dari permukaan luar kuningan untuk menghapus oksida yang mungkin telah terbentuk pada permukaan sebagai akibat dari paparan logam panas ke udara.

1. Annealing and Cold Rolling

- Pada proses hot rolling kuningan kehilangan kemampuan untuk diperpanjang lebih lanjut. Sebelum kuningan dapat diperpanjang lebih lanjut, terlebih dahulu kuningan harus dipanaskan untuk meringankan kekerasan dan membuatnya lebih ulet. Proses ini disebut annealing. Suhu annealing berbeda-beda sesuai dengan komposisi kuningan dan properti yang diinginkan. Dalam metode tersebut, suasana di dalam tungku diisi dengan gas netral seperti nitrogen untuk mencegah kuningan bereaksi dengan oksigen dan membentuk oksida yang tidak diinginkan pada permukaannya.
- Hasil dari proses sebelumnya kemudian melalui serangkaian rol lain untuk mengurangi ketebalan mereka menjadi sekitar 2,5 mm. Proses ini disebut rolling dingin karena suhu kuningan jauh lebih rendah dari suhu selama rolling panas. Rolling dingin mengakibatkan deformasi struktur internal dari kuningan, dan meningkatkan kekuatan dan kekerasan. Semakin ketebalan berkurang, semakin kuat kuningan yang tercipta.
- Langkah 1 dan 2 dari annealing and cold rolling dapat diulangi berkali-kali untuk mencapai ketebalan kuningan yang diinginkan, kekuatan, dan derajat kekerasan.
- Pada titik ini, proses diatas menghasilkan strip kuningan. Strip kuningan tersebut kemudian dapat diberi asam untuk membersihkannya.

2. Finish Rolling

- Strip kuningan mungkin akan diberi rolling dingin akhir untuk mengencangkan toleransi pada ketebalan atau untuk menghasilkan

permukaan akhir yang sangat halus. Mereka kemudian dipotong menurut ukuran, ditumpuk, dan dikirim ke rumah industri.

- Strip kuningan juga mungkin akan diberi rolling akhir sebelum dipotong panjang, digulung, dikirim ke gudang, dan disimpan.

2.3 Klasifikasi Uji Tribologi

2.3.1 Pengertian Uji Tribologi

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.

2.3.2 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 2.1 Tribometer *pin-on-disc*

2. Tribometer *Pin-on-Ring*

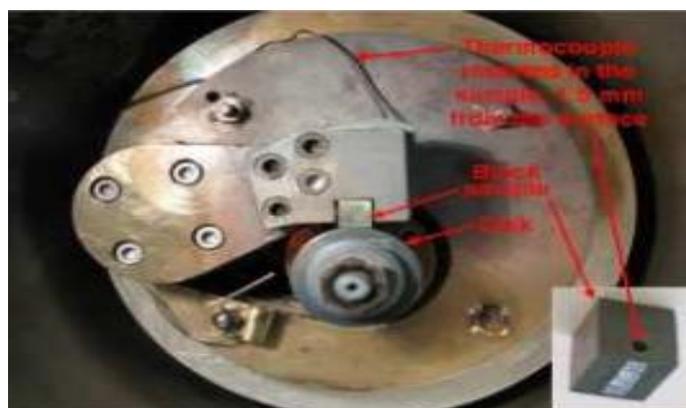
Tribometer *pin-on-ring* merupakan jenis tribometer yang menggunakan ring dan pin sebagai material yang berkontak. Ring melakukan rotasi sedangkan pin diberikan beban agar menekan *ring*. Sebagian tribometer *pin-on-ring*, pada bidang kontak dapat diberikan pelumas untuk mengukur nilai dari karakteristik minyak pelumas yang akan diuji. Gambar 2.2 menunjukkan tribometer jenis *pin-on-ring*.



Gambar 2.2 Tribometer *pin-on-ring*

3. Tribometer *Block-on-Ring*

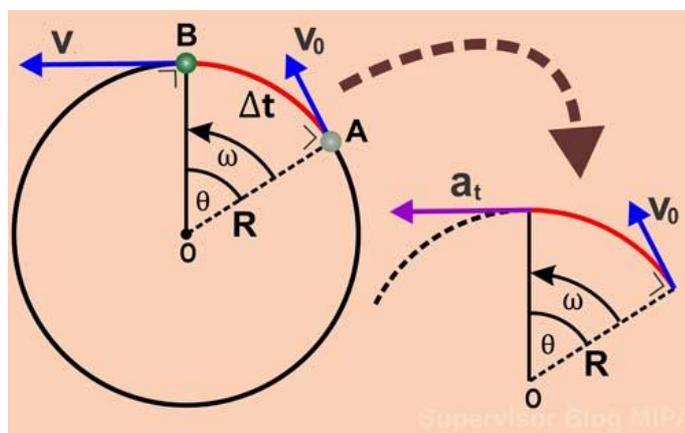
Pada tribometer *block-on-ring* material yang digunakan sebagai spesimen adalah sebuah block dan ring. Ring melakukan rotasi sedangkan block diberikan beban agar menekan ring. Sebagian tribometer *block-on-ring*, pada bidang kontak dapat diberikan pelumas untuk mengukur nilai dari karakteristik minyak pelumas yang akan diuji. Pada tribometer jenis ini, untuk mengatur bagian yang akan berkontak relatif lebih susah karena permukaannya kontakannya lebih besar. Gambar 2.3 menunjukkan tribometer jenis *block-on-ring*.



Gambar 2.3 Tribometer *block-on-ring*

2.4 Definisi Kecepatan Linier (*Tangensial*) Gerak Melingkar

Dalam gerak melingkar terdapat dua jenis kecepatan, yaitu kecepatan linear (*tangensial*) yang arahnya selalu menyinggung lingkaran dan juga kecepatan sudut (angular) yang arahnya mengikuti arah gerak benda sepanjang lintasan lingkaran. jadi bisa dikatakan, kecepatan tangensial dan kecepatan angular merupakan besaran yang sejenis akan tetapi memiliki arti fisis, nilai dan arah yang berbeda Percepatan pada gerak melingkar lebih unik lagi, karena ada tiga jenis percepatan, yaitu percepatan linear (*tangensial*), percepatan sudut (*angular*) dan percepatan sentripetal (*radial*). Namun dalam artikel ini hanya akan dibahas satu jenis percepatan saja, yaitu percepatan tangensial. Konsep percepatan tangensial pada gerak melingkar itu sama dengan konsep percepatan linear pada gerak lurus berubah beraturan yang biasa disebut dengan “percepatan” saja. Dalam gerak lurus berubah beraturan atau GLBB, percepatan dapat terjadi karena ada perubahan kecepatan. Hal yang serupa juga berlaku pada gerak melingkar. Untuk lebih jelas perhatikan gambar berikut ini :



Gambar 2.4 definisi percepatan linier

Sebuah partikel mula-mula bergerak dari titik A dengan kecepatan linear v_0 . Kemudian dalam selang waktu Δt , partikel tersebut mencapai titik B dengan kecepatan linear v dan kecepatan sudut ω . Posisi sudut yang ditempuh partikel tersebut dalam selang Δt sebesar θ . Dalam fisika, besarnya perubahan kecepatan linear partikel tersebut dalam selang waktu Δt selama bergerak melingkar disebut dengan percepatan linear atau tangensial (a_t) yang arahnya menyinggung lingkaran. Dengan demikian dapat kita simpulkan pengertian percepatan linear gerak melingkar yaitu sebagai berikut:

Dari definisi percepatan tangensial tersebut, maka kita dapat menuliskan rumus atau persamaan percepatan linear pada gerak melingkar yaitu sebagai berikut:

$$a_t = \frac{V-V_0}{\Delta t} \quad (2.1)$$

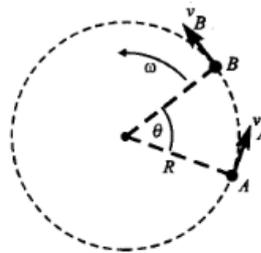
$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2.2)$$

Dalam kinematika gerak lurus, percepatan hanya dapat terjadi jika ada perubahan kecepatan pada gerak benda. Dengan kata lain benda melakukan gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Begitu juga dalam gerak melingkar, percepatan tangensial hanya terjadi jika ada perubahan kecepatan tangensial. Dengan kata lain, benda melakukan gerak melingkar berubah beraturan (GMBB). Percepatan tangensial atau linear mempengaruhi kecepatan putar benda yang bergerak melingkar. Semakin besar percepatan tangensial, maka benda. Arah percepatan tangensial (a_t) dapat sama atau berlawanan dengan arah kecepatan linear. Jika percepatan tangensial searah dengan kecepatan linear, maka benda akan mengalami percepatan sehingga semakin lama kecepatan putar benda akan

semakin meningkat. Sedangkan jika percepatan tangensial berlawanan arah dengan kecepatan linear maka benda akan mengalami perlambatan yang membuat kecepatan putar benda semakin menurun. Untuk lebih memahami tentang percepatan linear gerak melingkar,

2.4.1 Laju Linier

Sebuah partikel bergerak melingkar menempuh lintasan sepanjang keliling lingkaran $2\pi R$ dengan kelajuan tetap v , jari-jari lintasannya R , dengan waktu putar atau periode T .



Gambar 2.5 Laju Linier

Sebuah partikel bergerak melingkar menempuh lintasan sepanjang keliling lingkaran $2\pi R$ dengan kelajuan tetap v , jari-jari lintasannya R , dengan waktu putar atau periode T . Waktu yang diperlukan oleh sebuah titik untuk melakukan satu kali lingkaran penuh dari titik A kembali ke titik A lagi adalah T , yang disebut dengan satu periode. Panjang lintasan yang ditempuh adalah s , atau satu keliling lingkaran. Sedangkan frekuensi f adalah banyaknya lingkaran penuh yang dapat dilakukan dalam waktu satu sekon. Jadi, frekuensi merupakan kebalikan dari periode. Laju linier partikel v dapat dituliskan sebagai berikut :

$$v = \frac{2\pi R}{T} \text{ atau,} \quad (2.3)$$

$$v = 2\pi Rn \quad (2.4)$$

2.4.2 Gaya Gesek Statis

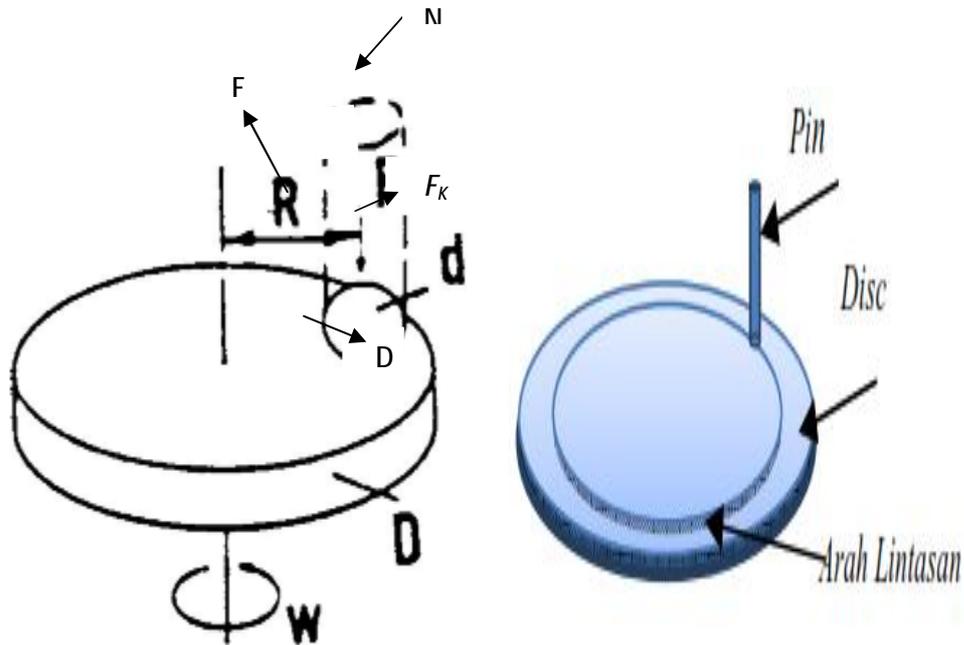
Gaya gesek statis adalah gesekan antara dua benda padat yang tidak bergerak relatif satu sama lainnya. Sebagai contoh, gesekan statis dapat mencegah benda meluncur ke bawah pada bidang miring. Koefisien gesek statis umumnya dinotasikan dengan μ_s , gaya gesek dinotasikan dengan F_f (friction of weight)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

$$F_s = \mu_s N \quad (2.5)$$

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.

2.4.3 Gaya Gesek Kinetis



Gambar 2.6 Gaya Gesek Kinetis

$$F_k = \mu_k N \quad (2.6)$$

$$\mu_k = \frac{f_k}{N} \quad (2.7)$$

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.

Tabel 2.1 Koefisien Gesekan Antara Beberapa Permukaan

BAHAN	μ_s	μ_k
Aluminium pada Baja	0,61	0,47
Tembaga pada Baja	0,51	0,36
Kuningan pada Baja	0,51	0,44
Seng pada besi	0,83	0,21
Tembaga pada Besi	1,01	0,29
Tembaga pada Kaca	0,68	0,53
Teflon Pada Teflon	0,04	0,04

2.5 Mekanika kontak

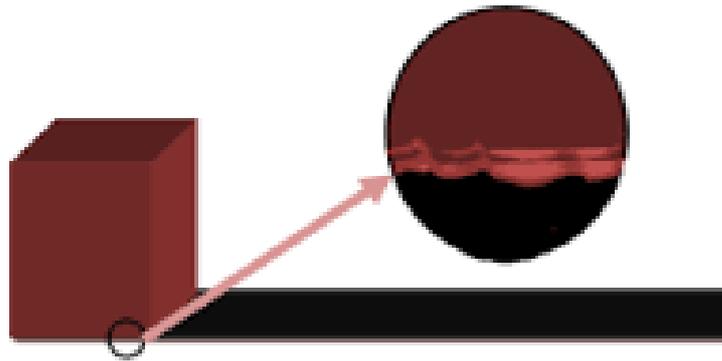
Mekanika Kontak Secara sederhana mekanika kontak (contact mechanics) mempelajari tentang kontak yang terjadi antar benda, yang merupakan bagian dari ilmu tribologi. Mekanika kontak mempelajari tentang tegangan dan deformasi yang ditimbulkan saat dua permukaan solid saling bersentuhan satu sama lain pada 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.

2.6 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 2.7 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 terlewati. 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.

2.7 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 bekisar antara 10⁻⁵ sampai 5x10⁻⁵

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, *Deformasi plastis* pada *asperiti* juga dapat menyebabkan hilangnya energi selama gerakan bergulir. Ditinjau dari sisi gaya gesek, permukaan yang halus mempunyai gaya gesek yang lebih kecil jika dibandingkan permukaan yang kasar. Hampir setiap kasus gesekan pada *rolling contact*, gaya gesek akan mengalami penurunan saat *running-in*.

2.8. 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 berkawan 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, sedangkan pada benda kerja dikerjakan dengan mesin sebagian besar mempunyai bentuk permukaan yang termasuk permukaan yang kasar.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

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

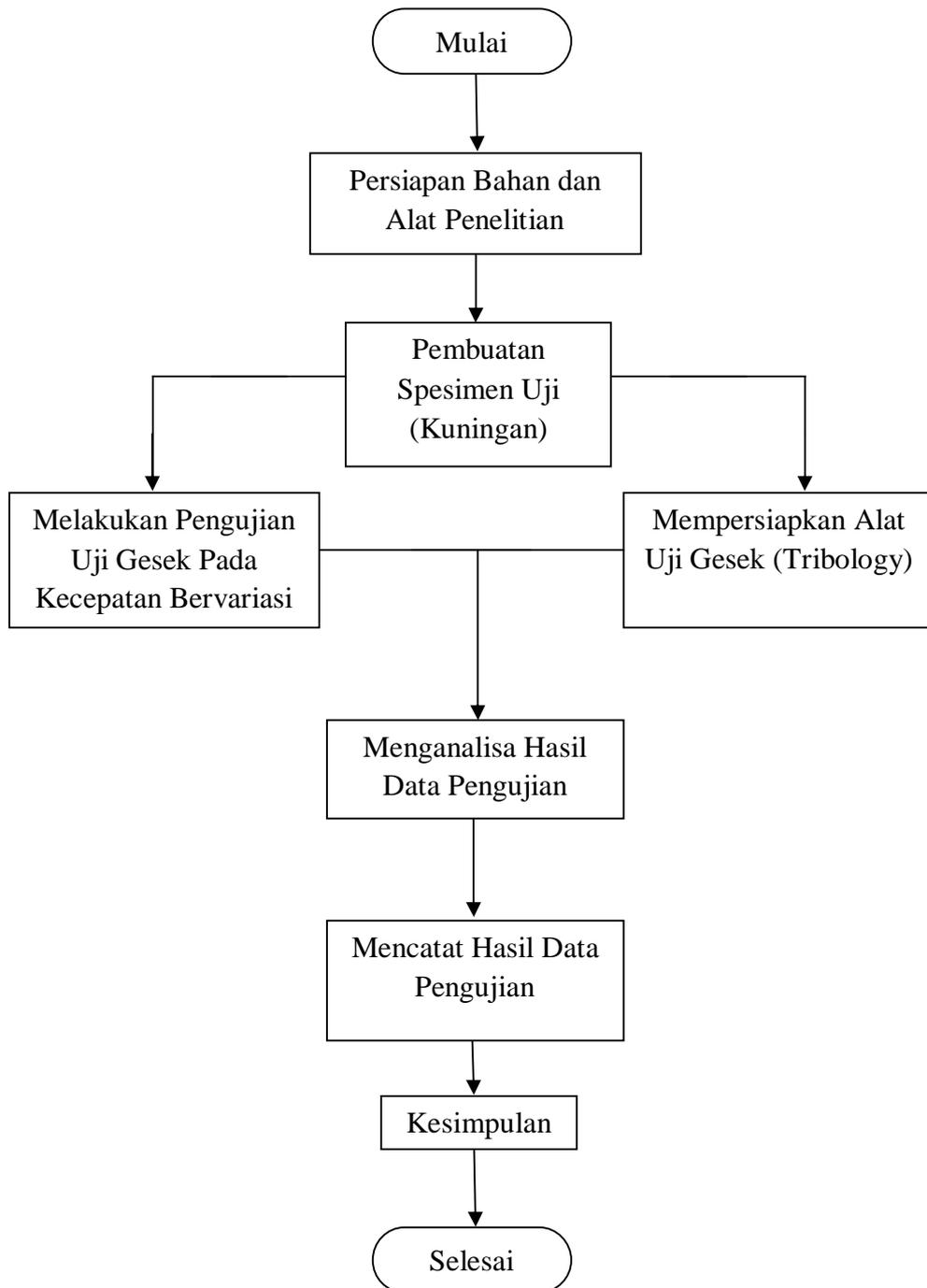
3.1.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu kegiatan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan pada gambar 3.1 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	Juni	Juli	Agus	Sept	
1.	Pengajuan Judul	■											
2.	Studi Literature		■	■									
3.	Perancangan Alat		■	■	■	■							
4.	Pembuatan Spesimen					■							
5.	PelaksanaanPengujian								■				
6.	Penyelesaian Skripsi						■	■	■	■	■	■	■

3.2 Diagram Alir Penelitian Pengujian Uji Gesek (*Tribology Pin-on-disc*)



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

Keterangan diagram alir penelitian :

Mempersiapkan bahan percobaan atau spesimen. Bahan yang digunakan ialah kuningan. 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 tribology Pin-on-disc

Merupakan alat uji yang akan digunakan untuk mengetahui koefisien gesek. Fungsinya ialah untuk mengetahui koefisien gesek dengan kecepatan bervariasi, yang di gerakan oleh motor listrik. dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Alat Uji Tribology Pin-on-disc

3.3.2 Spesimen Uji Gesek

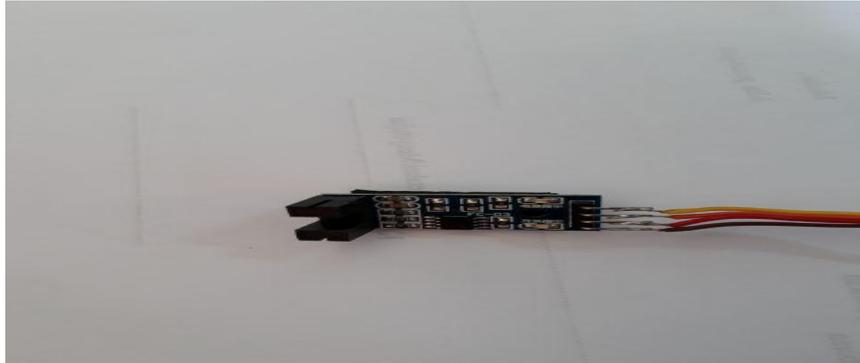
Spesimen berfungsi sebagai sample atau bahan material yang akan diuji yang diletakan di atas motor. Spesimen ini digunakan untuk mengetahui nilai kurva koefisien gesek pada putaran bervariasi. Bahan atau yang akan diuji, menggunakan kuningan, yang dibentuk bulat dengan tebal 2 MM dan diameter 13 CM .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



Gambar 3.3 Spesimen Kuningan

3.3.3 Sensor Kecepatan / velocity (RPM)

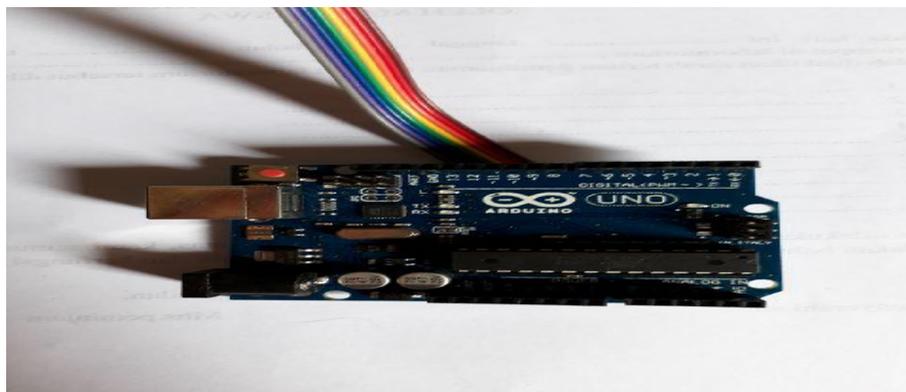
Sensor kecepatan atau velocity sensor merupakan suatu sensor yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan gerak benda untuk selanjutnya diubah kedalam bentuk sinyal elektrik, dapat dilihat pada gambar 3.4.



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 mengatur frekuensi yang diberikan pada pengujian uji gesek, dan nilai frekuensi yang diberikan pada pengujian ini adalah 20 Hz, 25 Hz 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz. dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Inverter

3.3.7 Kabel USB Arduino

digunakan sebagai pengantar muka pemograman 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 3.9 Laptop

3.3.9 Motor Listrik / *Three Phase*

Spesifikasi :

Merek : Tanika

Type : Y802-4

Voltase : 220/380 V

Frekuensi : 50 Hz

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 *tribology* (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 *tribology* , pada ujung dudukan motor listrik , dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Pemasangan Spesimen

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



Gambar. 3.12 Pemasangan *Load Cell*

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



Gambar 3.13 Pemasangan Kecepatan (RPM).

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



Gambar 3.14 Memasang Arduiono Ke Laptop

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



Gambar 3.15 Meratakan 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, bebang yang digunakan seberat 1,2 kg. Dapat dilihat pada gambar 3.17



Gambar 3.17 Pemasangan beban seberat 1,2kg

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



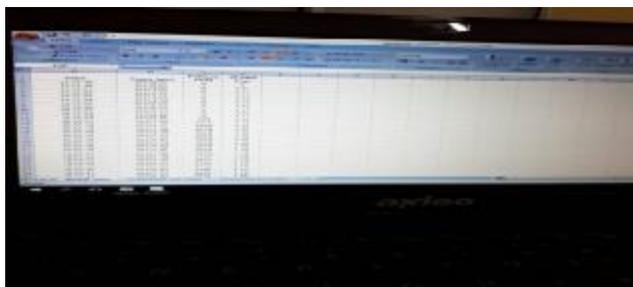
Gambar 3.18 Penyetelan kecepatan

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



Gambar 3.19 Proses Pengujian spesimen

11. Penyimpanan data plx dag setelah selesai pengujian, Dapat dilihat pada gambar3.20



Gambar 3.20 Penyimpanan data

12. Setelah selesai pengujian motor dimatikan dan inverter juga dimatikan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Spesimen Uji

Pembentukan atau pembuatan spesimen uji gesek bahan Kuningan, dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Spesimen Uji Gesek Dari Bahan Kuningan

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

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

4.2.1 Penerapan Rumus Putaran Motor

Motor induksi 3 fasa merupakan motor listrik yang bekerja berdasarkan perputaran 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 uji gesek dengan kecepatan putaran bervariasi dengan frekuensi 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz, dengan putaran dapat di peroleh.

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

Diketahui : frekuensi = 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz.

$$P = 4$$

1. Perhitungan dengan frekuensi 20 Hz

Diketahui : $f = 20$ Hz

$$P = 4$$

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

$$N_s = \frac{120 \times 20}{4}$$

$$N_s = 600 \text{ rpm}$$

Jadi frekuensi 20 Hz sama dengan putaran 600 rpm

2. Perhitungan dengan frekuensi 25 Hz

Diketahui : $f = 25$ Hz

$$P = 4$$

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

$$N_s = \frac{120 \times 25}{4}$$

$$N_s = 750$$

Jadi frekuensi 25 Hz sama dengan putaran 750 rpm

3. Perhitungan dengan frekuensi 30 Hz

Diketahui : $f = 30$ Hz

$$P = 4$$

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

$$N_s = \frac{120 \times 30}{4}$$

$$N_s = 900 \text{ rpm}$$

Jadi frekuensi 30 Hz sama dengan putaran 900 rpm

4. Perhitungan dengan frekuensi 35 Hz

Diketahui : $f = 35$ Hz

$$P = 4$$

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

$$N_s = \frac{120 \times 35}{4}$$

$$N_s = 1050 \text{ rpm}$$

Jadi frekuensi 35 Hz sama dengan putaran 1050 rpm

5. Perhitungan dengan frekuensi 40 Hz

Diketahui : $f = 40$ Hz

$$P = 4$$

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

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

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

Jadi frekuensi 40 Hz sama dengan putaran 1200 rpm

6. Perhitungan dengan frekuensi 45 Hz

Diketahui : $f = 45$ Hz

$$P = 4$$

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

$$N_s = \frac{120 \times 45}{4}$$

$$N_s = 1350 \text{ rpm}$$

Jadi frekuensi 45 Hz sama dengan putaran 1350 rpm

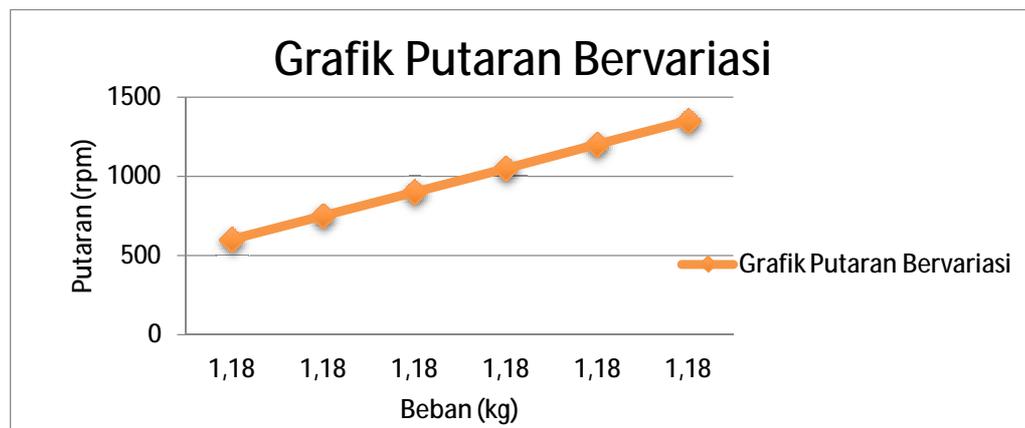
4.2.2 Tabel Putaran Bervariasi

Tabel 4.1 putaran bervariasi pada spesimen uji kuningan

Spesimen	Putaran (rpm)	Beban
1	600	1,18
2	750	1,18
3	900	1,18
4	1050	1,18
5	1200	1,18
6	1350	1,18

Berdasarkan Tabel 4.1 Karena tidak konstan putaran pada motor maka penulis hanya memanipulasikan putran dengan kecepatan 600 rpm, 750 rpm, 900 rpm, 1050 rpm, 1200 rpm, 1350 rpm dan beban 1.18 kg, adalah data putaran bervariasi pada paduan kuningan saat pengujian dilakukan.

4.2.3 Grafik Putaran Bervariasi



Gambar. 4.2 Grafik putaran bervariasi pada spesimen uji kuningan

Berdasarkan gambar 4.2 grafik putaran bervariasi pada uji gesek spesimen kuningan, dimana kecepatan 600 rpm, 750 rpm, 900 rpm, 1050 rpm, 1200 rpm, 1350 rpm dan beban 1,18 kg. Telah melakukan pengujian gaya gesek, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran rpm maka grafik yang dihasilkan akan semakin tegak lurus.

4.3 Hasil Spesimen Setelah Pengujian (Uji Gesek)

Percobaan 1



Percobaan 2



Percobaan 3



Percobaan 4



Percobaan 5



Percobaan 6



Gambar 4.3 Hasil spesimen setelah melakukan pengujian

Berdasarkan Gambar 4.3 Hasil spesimen setelah pengujian, dengan kecepatan 600 rpm, 750 rpm, 900 rpm, 1050 rpm, 1200 rpm, 1350 rpm dan beban 1.18 kg,

didapat data saat pengujian uji gesek pada spesimen kuningan. (dapat dilihat pada table 4.1 dan gambar 4.2).

4.4 Penerapan Rumus Koefisien Gesek Pada Putaran Bervariasi

Berdasarkan beberapa hasil percobaan yang telah dilakukan peneliti maka disini peneliti mengambil sample untuk penerapannya kedalam rumus gaya gesek.

1. Percobaan 1 (600 rpm)

Berdasarkan hasil pengujian 1 dengan kecepatan putaran 600 rpm dan beban 1.18 kg (11.5 N)

Diketahui : Kecepatan Keliling

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

$$R = 42 \text{ mm} = 0.042 \text{ m}$$

$$n = 600 \text{ rpm} = \frac{600}{60} \text{ rpm} = 10 \text{ rps}$$

$$V = 2\pi.R.n = 10 \text{ m/s}$$

Ditanya : Koefisien gesek (μ_k) ?

$$\text{Jawab : Percepatan } (\alpha) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10}{60} = 0.16 \text{ m/s}^2$$

$$F_k = m.a$$

$$= 11.5 \times 0.16 = 1.84 \text{ N}$$

$$F_k = 1.84 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{1.84}{11.5}$$

$$\mu_k = \frac{1.84}{11.5} = 0.16$$

Jadi Putaran 600 rpm Koefisien Geseknya 0,16

2. Percobaan 2 (750 rpm)

Berdasarkan hasil pengujian 2 dengan kecepatan putara 750 rpm dan beban 1.18 kg (11.5 N)

Diketahui : Kecepatan Keliling

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

$$R = 42 \text{ mm} = 0.042 \text{ m}$$

$$n = 600 \text{ rpm} = \frac{750}{60} \text{ rpm} = 12.5 \text{ rps}$$

$$V = 2\pi.R.n = 12.5 \text{ m/s}$$

Ditanya : Koefisien gesek (μ_k) ?

$$\text{Jawab : Percepatan } (\alpha) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12.5}{60} = 0.20 \text{ m/s}^2$$

$$F_k = m.a$$

$$= 11.5 \times 0.20 = 2.3 \text{ N}$$

$$F_k = 2.3 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{2.3}{11.5}$$

$$\mu_k = \frac{2.3}{11.5} = 0.2$$

Jadi Putaran 750 rpm Koefisien Geseknya 0,2

3. Percobaan 3 (900 rpm)

Bedasarkan hasil pengujian 3 dengan kecepatan putaran 900 rpm dan beban 1.18 kg (11.5 N)

Diketahui : Kecepatan Keliling

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

$$R = 42 \text{ mm} = 0.042 \text{ m}$$

$$n = 900 \text{ rpm} = \frac{900}{60} \text{ rpm} = 15 \text{ rps}$$

$$V = 2\pi.R.n = 15 \text{ m/s}$$

Ditanya : Koefisien gesek (μ_k) ?

$$\text{Jawab : Percepatan } (\alpha) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{15}{60} = 0.25 \text{ m/s}^2$$

$$F_k = m.a$$

$$= 11.5 \times 0.25 = 2.875 \text{ N}$$

$$F_k = 2.875 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{2.875}{11.5}$$

$$\mu_k = \frac{2.875}{11.5} = 0.25$$

Jadi Kecepatan 900 rpm Koefisien Geseknya 0,25

4. Percobaan 4 (1050 rpm)

Berdasarkan hasil pengujian 4 dengan kecepatan putaran 1050 rpm dan beban 1.18 kg (11.5 N)

Diketahui : Kecepatan Keliling

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

$$R = 42 \text{ mm} = 0.042 \text{ m}$$

$$n = 600 \text{ rpm} = \frac{1050}{60} \text{ rpm} = 17.5 \text{ rps}$$

$$V = 2\pi.R.n = 17.5 \text{ m/s}$$

Ditanya : Koefisien gesek (μ_k) ?

$$\text{Jawab : Percepatan } (\alpha) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{17.5}{60} = 0.29 \text{ m/s}^2$$

$$F_k = m.a$$

$$= 11.5 \times 0.29 = 3.335 \text{ N}$$

$$F_k = 3.335 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{3.335}{11.5}$$

$$\mu_k = \frac{3.335}{11.5} = 0.29$$

Jadi Kecepatan 150 rpm Koefisien Geseknya 0,29

5. Percobaan 5 (1200 rpm)

Berdasarkan hasil pengujian 5 dengan kecepatan putaran 1200 rpm dan beban 1.18 kg (11.5 N)

Diketahui : Kecepatan Keliling

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

$$R = 42 \text{ mm} = 0.042 \text{ m}$$

$$n = 600 \text{ rpm} = \frac{1200}{60} \text{ rpm} = 20 \text{ rps}$$

$$V = 2\pi.R.n = 20 \text{ m/s}$$

Ditanya : Koefisien gesek (μ_k) ?

$$\text{Jawab : Percepatan } (\alpha) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{60} = 0.33 \text{ m/s}^2$$

$$F_k = m.a$$

$$= 11.5 \times 0.33 = 3.795 \text{ N}$$

$$F_k = 3.795 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{3.795}{11.5}$$

$$\mu_k = \frac{3.795}{11.5} = 0.33$$

Jadi Kecepatan 1200 rpm Koefisien Geseknya 0,33

6. Percobaan 6 (1350 rpm)

Berdasarkan hasil pengujian 6 dengan kecepatan putaran 1350 rpm dan beban 1.18 kg (11.5 N)

Diketahui : Kecepatan Keliling

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

$$R = 42 \text{ mm} = 0.042 \text{ m}$$

$$n = 1350 \text{ rpm} = \frac{1350}{60} \text{ rpm} = 22 \text{ rps}$$

$$V = 2\pi.R.n = 22.5 \text{ m/s}$$

Ditanya : Koefisien gesek (μ_k) ?

$$\text{Jawab : Percepatan } (\alpha) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{22.5}{60} = 0.375 \text{ m/s}^2$$

$$F_k = m.a$$

$$= 11.5 \times 0.375 = 4.3125 \text{ N}$$

$$F_k = 4.3125 \text{ N}$$

$$\mu_k = \frac{fk}{N} = \frac{4.3125}{11.5}$$

$$\mu_k = \frac{43125}{11.5} = 0.375$$

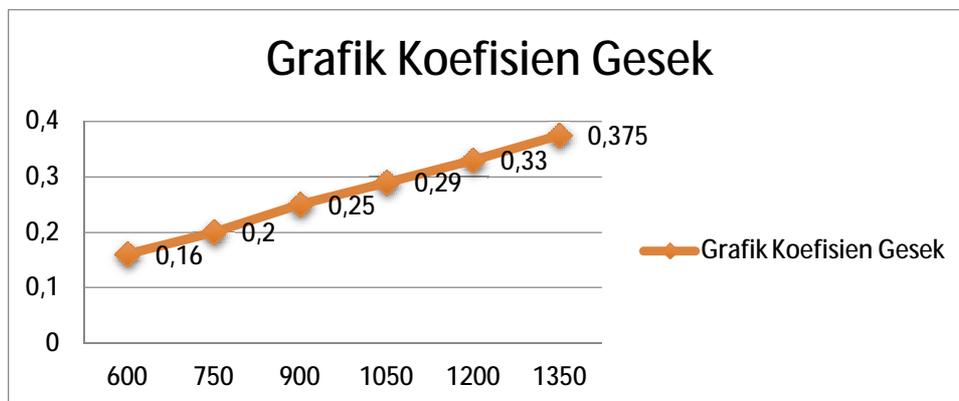
Jadi Kecepatan 1300 rpm Koefisien Geseknya 0,375

4.4.1 Nilai Koefisien Gesek Dengan Putaran Bervariasi

Tabel 4.2 Koefisien Gesek Pada Putaran Bervariasi

Putaran (rpm)	Nilai Koefisien Gesek (μ_k)
600	0.16
750	0.2
900	0.25
1050	0.29
1200	0.33
1350	0.375

4.4.2 Grafik Koefisien Gesek Pada Putaran Bervariasi



Gambar 4.3 Grafik hasil nilai koefisien gesek

Berdasarkan gambar 4.3 grafik koefisien gesek dengan kecepatan bervariasi pada spesimen kuningan, dimana kecepatan 600 rpm, 750 rpm, 900 rpm, 1050 rpm, 1200 rpm, 1350 rpm dan beban 1.18 kg (11.5 N). Telah melakukan pengujian gaya gesek, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran pada motor maka semakin besar pula koefisien gesek yang terjadi pada spesimen dan grafik yang dihasilkan semakin tegak lurus.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian analisa koefisien gesek pada paduan kuningan dengan kecepatan putaran bervariasi, maka dapat diambil kesimpulan beberapa hal sebagai berikut :

1. Gesekan yang terjadi akibat kecepatan putaran bervariasi pada spesimen uji, dapat dilihat pada nilai koefisien gesek sebagai berikut :
 - Putaran 600 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,16
 - Putaran 750 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,2
 - Putaran 900 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,25
 - Putaran 1050 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,29
 - Putaran 1200 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,33
 - Putaran 1350 rpm nilai koefisien geseknya sebesar 0,375
2. Semakin tinggi kecepatan putaran maka nilai koefisien geseknya semakin besar.

4.5 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian analisa koefisien gesek pada paduan kuningan dengan kecepatan putaran bervariasi, maka saya dapat menyarankan agar penulis berikutnya lebih baik dan dikembangkan lagi :

1. 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*.

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.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Junaidi
NPM : 1207230025
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 15 pebruari 1993
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jl. Suasa Selatan Psr III B No.218 Mabar Hilir
Nomor HP : 082168959691
Email : Junaidi@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Sutrisno
Ibu : Ponishe

PENDIDIKAN FORMAL

2000-2006 : SD SWASTA PELITA
2006-2009 : SMP SWASTA PELITA
2009-2012 : SMK SWASTA PAB 1 HELVETIA
2012-2017 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara