

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penulisan laporan akhir dibutuhkan suatu penelitian terlebih dahulu, untuk di jadikan sebuah refrensi untuk diobservasi. Dimana penelitian terdahulu adalah yang berkaitan dengan judul yang akan di ambil. Adapun judul yang akan di ambil yaitu pengujian nilai koefisien gesek oli mesin *multi grade* . Dimana jurnal yang dapat dijadikan sebuah refrensi yaitu penelitian dari Najamudin, Agus, dan Bahar fitrianto .

Najamudin, 2010, melakukan penelitian terhadap 5 macam merk pelumas dengan mencari koefisien gesek dengan prinsip persamaan gaya tangensial, momen puntir dan gaya gesek yang terjadi pada alat. Nilai koefisien gesek ini memiliki kaitan dengan besarnya momen yang terjadi..

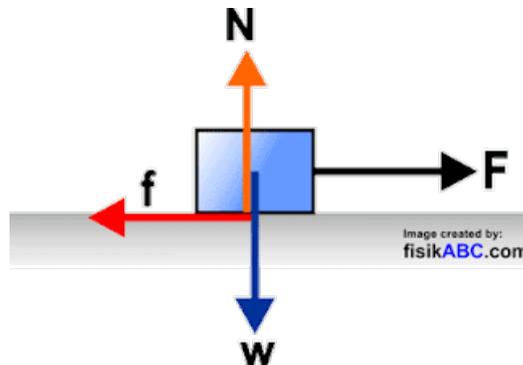
Bahar fitrianto, 2015, menganalisa karakteristik pengaruh suhu dan kontaminan terhadap viskositas oli, dan mengetahui oli mana yang cepat cair ketika dipanaskan juga oli mana yang baik digunakan jika mengalami peningkatan suhu sebesar 800⁰ C.

Agus, 2012, menentukan karakterisasi koefisien gesek permukaan baja st 37 pada bidang datar terhadap viskositas pelumas, menggunakan jenis logam st 37 dan pelumas *single grade*, tujuannya untuk mengetahui pengaruh viskositas pelumas terhadap gaya gesek pada kekasaran permukaan yang berbeda-beda.

2.2 Koefisien Gesek

Gaya gesek atau koefisien gesek adalah gaya yang terjadi ketika dua permukaan benda saling bersentuhan atau bersinggungan. Gaya gesek disimbolkan dengan huruf *f* (*friction*). Jika pada sebuah benda bekerja gaya tertentu sehingga benda bergerak, maka arah gaya gesek selalu berlawanan dengan arah gerak benda. Untuk lebih jelasnya, perhatikan diagram gaya yang bekerja pada benda berikut ini.

Gaya gesekan yang timbul pada benda yang diam disebut gaya gesekan statis (f). sebagai contoh, mekanisme gambar di bawah ini bias menjelaskan gaya gesek statis:



Gambar 2.1 gaya yang terjadi pada balok

<https://www.fisikabc.com/2017/07/gaya-gesek.html>

Pada gambar sebuah balok yang memiliki berat W terletak diatas bidang datar kasar dan ditarik oleh gaya sebesar F . gaya reaksi bidang terhadap balok sebesar N dengan arah vertical keatas tegak lurus bidang sentuh. Gesekan antara balok dan bidang sentuh menyebabkan balok belum dapat bergerak. Gaya gesekan yang mempertahankan balok tetap diam disebut gaya gesekan statis. Jika gaya F mendatar pada balok diperbesar maka pada gaya yang sama gaya gesek statis pada lantai juga ikut naik. Ini terus berlangsung sampai balok dalam keadaan tepat akan bergerak. Besar gaya gesek statis f berbanding lurus dengan gaya normal N .

$$f = \mu \cdot N \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

f : gaya gesek (N)

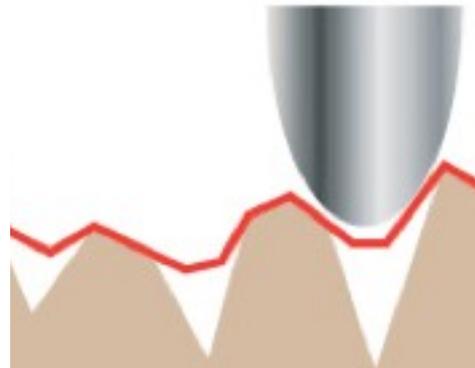
μ : koefisien gesek

N : Gaya normal

2.3 Pengertian Pelumasan

Pada dasarnya pelumasan adalah pemisahan dari dua permukaan benda padat yang bergerak secara tangensial terhadap satu sama lain dengan cara menempatkan suatu zat diantara kedua benda padat tadi yang :

- a. Mempunyai jumlah yang cukup dan secara terus menerus dan dapat memisahkan kedua benda sesuai dengan kondisi beban dan suhu.
- b. Tetap membasahi permukaan kedua benda.
- c. Mempunyai sifat netral secara kimia terhadap kedua benda.
- d. Mempunyai komposisi tetap stabil secara kimia pada kondisi operasional.



Gambar 2.2 permukaan logam
(<https://www.doitpoms.ac.uk>)

Suatu benda atau logam yang tampak halus, sebenarnya tidak pernah mempunyai permukaan yang rata secara sempurna, seperti yang terlihat dengan mata biasa, tetapi jika dilihat dengan mikroskop akan terlihat bahwa pada permukaan tersebut merupakan tonjolan-tonjolan dan lekukan-lekukan mikroskopis. Sehingga bila kedua permukaan tersebut bersinggungan satu dengan yang lain, bagian yang merupakan tonjolan dan lekukan pada kedua benda akan saling mengait. Sehingga apabila kedua permukaan tadi bergerak satu dengan yang lain maka terjadi suatu tahanan yang besar karena tonjolan dan lekukan yang saling mengait harus saling mematahkan. Patahnya tonjolan dan lekukan tadi akan menimbulkan panas, dan tahanan tadi disebut tahanan gesekan. Dan gesekan yang tadi di sebut gesekan kering.

Permukaan yang kasar tidak dapat dihaluskan seluruhnya dengan cara digosok atau diampelas, karena tonjolan dan lekukan tadi sangat tidak teratur, sehingga efek keausan akan berjalan terus.

Kalau pemisahan antara kedua permukaan dengan menggunakan pelumas, gesekan masih tetap ada, yang di sebut gesekan cair. Nilai gesekan cair jauh lebih kecil dibandingkan gesekan kering.

2.3.1 Fungsi Pelumasan

Fungsi utama pelumas adalah melindungi bagian mesin yang bergerak dengan cara mencegah kontak atau gesekan langsung dua logam yang berhubungan. Berikut ini fungsi lengkap pelumas:

- Mengurangi gesekan komponen mesin motor satu dengan yang lain. Gesekan yang terjadi dapat menyebabkan komponen mesin menjadi cepat aus, mengurangi tenaga yang dihasilkan, menghasilkan kotoran dan panas. Supaya gesekan dapat dikurangi maka bagian saling bergesekan dilapisi oli pelumas.
- Sebagai pendingin dari panas yang dihasilkan proses pembakaran di dalam silinder dan panas yang dihasilkan dari gesekan antar komponen.
- Sebagai perapat celah antara piston dengan silinder. Pelumas dapat mengurangi kebocoran kompresi maupun tekanan hasil pembakaran dengan membuat lapisan oli yang mengisi celah antara piston dan silinder.
- Sebagai peredam getaran dan suara bising hasil benturan piston, batang piston dan poros engkol. Pelumas untuk melapisi antara bagian tersebut dan meredam benturan yang terjadi sehingga suara mesin lebih halus.
- Sebagai pembersih kotoran hasil gesekan antar komponen mesin. Pelumas membantu membawa kotoran tersebut sehingga bagian yang bergesekan tetap bersih.
- Sebagai anti karat, pelumas melapisi bagian logam sehingga menghindari kontak langsung dengan udara atau air.

2.3.2 Karakteristik Pelumas

a. Viskositas

Viskositas adalah sifat dari suatu fluida, sebagai gesekan internal, yang menyebabkan fluida tersebut melawan untuk mengalir.

b. Viskositas Index

Viskositas index adalah suatu ukuran perubahan viskositas dari minyak terhadap suhu dibandingkan dengan dua macam minyak referensi yang mempunyai viskositas yang sama pada suhu tertentu.

c. Pour Point

Pour point atau suhu tuang , atau titik tuang ialah suhu terendah dimana minyak dapat mengalir.

d. Flash Point

Flash point atau titik nyala adalah suhu dimana minyak harus dipanaskan didalam alat percobaan, sehingga timbul uap yang dapat menyala sebentar bila suatu nyala api kecil didekatkan pada uap tadi.

Titik nyala minyak pelumas yang digunakan pada motor berkisar antara 175° C sampai 260° C tergantung pada penggunaan motor dan jenis minyak pelumasnya.

e. Carbon Residu

Carbon residu ialah berat sisa dari minyak pelumas yang telah terbakar.

f. Acidity atau Neutralization Number

Acidity atau keasaman dinyatakan sebagai jumlah dalam milligram dari potassium hydroxide, yang diperlukan untuk menetralkan suatu gram minyak.

g. Warna

Warna minyak pelumas berguna hanya untuk tujuan identifikasi, dan bukan menunjukkan kualitas suatu minyak.

2.3.3 Klasifikasi Pelumas

Dulu klasifikasi API (MM,ML,DG,DM,DS) digunakan untuk klasifikasi service minyak pelumas. Kadang-kadang hal ini kurang jelas dan perincian kondisinya untuk kemampuan pelumasan tidak selalu berhubungan dengan situasi sebenarnya. Untuk hal

inilah tiga organisasi di Amerika Serikat (SAE,API,ASTM) bergabung untuk mengembangkan system klasifikasi yang baru, yang telah diresmikan pemakaiannya sejak juli. 1970. Klasifikasi yang dulu, dibagi menjadi golongan motor bensin dan motor diesel ; dan diklasifikasikan sebagai SA, SD, dengan huruf S pada huruf pertama menyatakan commercial, kedua duanya dari golongan-golongan tersebut mempunyai 4 (empat) kelas berturut-turut.

SAE : Society of Automotive Engineers

API : American Petroleum Institute

Sumber (www.bppp-tegal.com)

2.4 Definisi Suhu

Suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda dan alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah thermometer. Dalam kehidupan sehari-hari masyarakat untuk mengukur suhu cenderung menggunakan indera peraba. Tetapi dengan adanya perkembangan teknologi maka diciptakanlah thermometer untuk mengukur suhu dengan valid.

Suhu juga disebut temperatur yang diukur dengan alat [termometer](#). Empat macam thermometer yang paling dikenal adalah [Celsius](#), [Reaumur](#), [Fahrenheit](#) dan [Kelvin](#). Perbandingan antara satu jenis thermometer dengan thermometer lainnya mengikuti:

$$C:R:(F-32) = 5:4:9$$

$$K = C + 273.(\text{derajat})$$

Karena dari Kelvin ke derajat Celsius, Kelvin dimulai dari 273 derajat, bukan dari -273 derajat. Dan derajat Celsius dimulai dari 0 derajat. Suhu Kelvin sama perbandingannya dengan derajat Celsius yaitu 5:5, maka dari itu, untuk mengubah suhu tersebut ke suhu yang lain, sebaiknya menggunakan atau mengubahnya ke derajat Celsius terlebih dahulu, karena jika kita menggunakan Kelvin akan lebih rumit untuk mengubahnya ke suhu yang lain.

2.4.1 Alat Ukur Suhu

Secara kualitatif, kita dapat mengetahui bahwa suhu adalah sensasi dingin atau hangatnya sebuah benda yang dirasakan ketika menyentuhnya. Secara kuantitatif, kita dapat mengetahuinya dengan menggunakan [termometer](#). Suhu dapat diukur dengan menggunakan thermometer yang

berisi [air raksa](#) atau [alkohol](#). Kata termometer ini diambil dari dua kata yaitu *thermo* yang artinya panas dan *meter* yang artinya mengukur (*to measure*).

Tipe-Tipe Termometer

- [termometer alkohol](#)
- [termometer basal](#)
- [termometer merkuri](#)
- [termometer oral](#)
- [termometer Galileo](#)
- [termometer infra merah](#)
- [termometer cairan kristal](#)
- [termistor](#)
- *bi-metal mechanical thermometer*
- *electrical resistance thermometer*
- *reversing thermometer*
- *silicon bandgap temperature sensor*
- *six's thermometer*, juga dikenal sebagai *maximum minimum thermometer*
- [termokopel](#)
- *coulomb blockade thermometer*

| Dari | ke | | | |
|------------|-----------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| | Celsius | Reamur | Fahrenheit | Kelvin |
| Celsius | | $\frac{4}{5}C$ | $\frac{9}{5}C + 32$ | $C + 273$ |
| Reamur | $\frac{5}{4}R$ | | $\frac{9}{4}R + 32$ | $\frac{5}{4}R + 273$ |
| Fahrenheit | $\frac{5}{9}(F - 32)$ | $\frac{4}{9}(F - 32)$ | | |
| Kelvin | $K - 273$ | $\frac{4}{5}(K - 273)$ | | |

Gambar 2.3 Daftar rumus skala suhu

2.5 Prinsip mekanika

2.5.1 Motor

Dalam perencanaan ini motor penggerak yang digunakan adalah motor listrik dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kecepatan putaran : 1490 rpm

Daya motor : 0,5 HP/372 Watt

Motor listrik ini berfungsi sebagai penggerak utama yang akan memutar poros melalui kopling.

$$P = T \cdot \omega$$

$$P = f \cdot r \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

$$f = \frac{P \cdot 60}{r \cdot 2\pi \cdot n}$$

(2.2)

Keterangan :

P = daya motor (Watt)

T = torsi motor (N/m)

f = gaya gesek (N)

n = putaran motor (rpm)

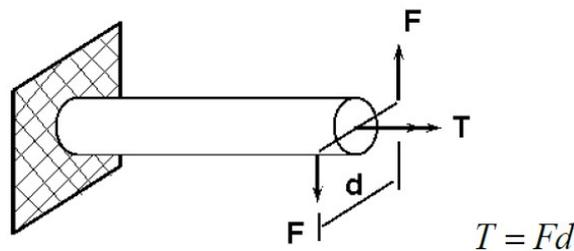
r = jari-jari benda gesek (m)

2.5.2 Torsi dan Momen

Torsi adalah suatu pemuntiran sebuah batang yang diakibatkan oleh kopel-kopel (*couples*) yang menghasilkan perputaran terhadap sumbu longitudinalnya.

Kopel-kopel yang menghasilkan pemuntiran sebuah batang disebut momen putar (*torque*) atau momen puntir (*twisting moment*). Momen sebuah kopel sama dengan hasil kali salah satu gaya dari pasangan gaya ini dengan jarak antara garis kerja dari masing-masing gaya.

Torsi sendiri berkaitan dengan putaran, sedangkan momen berkaitan dengan jarak.



Gambar 2.4 Diagram Momen Kopel pada Batang

<http://kharismatriam.blogspot.com/2014/01/artikel-definisi-torsi-dan-momen.html>

Torsi pada batang elastis berpenampang bulat

Sebuah batang atau poros berpenampang lingkaran yang dipuntir oleh kopel-kopel T yang bekerja pada ujung-ujung batang mengalami puntiran murni (*pure torsion*). Berdasarkan pertimbangan simetri, maka dapat diperlihatkan bahwa penampang dari sebuah batang bundar akan berputar seperti sebuah benda kaku terhadap sumbu longitudinalnya dengan jari-jarinya tetap lurus dan penampangnya tetap bulat. Juga, bila sudut puntiran (*the angle of twist*) total batangnya kecil, maka baik panjang dan jari-jari kedua-duanya tak ada yang mengalami perubahan.

Momen Inersia

$$J = \frac{\pi}{32} D^4 \quad \text{poros pejal}$$

$$J = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) \rightarrow \text{poros berlubang}$$

Tegangan dan Regangan Akibat Momen Puntir

a) Tegangan geser

Tegangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas permukaan. Persamaan umum tegangan geser pada titik dengan jarak r dari pusat penampang adalah :

$$\tau_{\text{maks}} = \frac{Tr}{J}$$

.....(2.3)

b) Regangan geser

Regangan geser adalah perbandingan tegangan geser yang terjadi dengan modulus elastisitasnya.

$$y = \frac{\tau}{G} \text{}$$

(2.4)

dimana : G = modulus elastisitas geser (N/m)

τ = tegangan geser (Pa)

2.5.3 Kunci momen

Kunci momen merupakan alat yang digunakan sebagai pemberi tekanan pada bantalan uji yang telah dilumasi sehingga kedua benda gesek akan bergesekan. Pada kunci momen tersebut juga terdapat alat ukur yang berfungsi mengukur berapa besar gaya yang diberikan.



Gambar 2.5 kunci momen

Untuk mengetahui gaya gesek yang terjadi di antara benda gesek dapat dicari menggunakan rumus berikut :

$$T = M_{\text{kunci}} \cdot x \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

T = torsi benda gesek (Nm²)

M_{kunci} = gaya pada kunci (Nm)

x = jarak (m)

2.5.4 Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin yang berfungsi sebagai penyalur daya atau untuk meneruskan tenaga. Peranan utama dalam sistem tranmisi seperti itu dipegang oleh poros.

Macam-macam poros

Poros untuk meneruskan daya diklasifikasikan menurut pembebanannya sebagai berikut :

1. Poros Transmisi

Poros macam ini meneruskan beban murni atau puntir dan lentur. Daya yang ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, *pulley* sabuk atau *sprocket*, rantai dll.

2. Spindel

Poros transmisi yang relatif pendek seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran, disebut *spindel*. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

3. Gandar

Poros seperti ini yang dipasang di antara roda-roda kereta barang dimana tidak mendapat beban puntir bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar disebut gandar. Gandar ini hanya mendapat beban lentur kecuali jika digerakan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga.

Berdasarkan Kiyokatsu Suga dan Sularso (1997), hal-hal penting dalam perencanaan poros :

- Kekuatan Poros

Sebuah poros harus direncanakan hingga cukup kuat untuk menahan beban- beban seperti beban tarik atau tekan, beban puntir atau lentur dan pengaruh tegangan lainnya.

- Kekakuan Poros

Meskipun kekuatan sebuah poros cukup tinggi namun jika lenturan atau defleksi puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidakteelitian atau getaran dan suara. Oleh karena itu kekakuan poros haruslah diperhatikan.

- Bahan Poros

Poros untuk mesin umumnya dibuat dari batang baja yang ditarik dingin dan *difinishing*.

Pada umumnya baja diklasifikasikan atas baja lunak, baja liat, baja agak keras, dan baja keras. Diantaranya Baja liat dan baja agak keras banyak dipilih untuk poros kandungan karbonnya adalah seperti yang tertera dalam tabel.

Tabel 2.1 Tabel Kadar Karbon Baja

| | |
|------------------------|--|
| Golongan | |
| Baja Lunak | |
| Baja Liat | |
| Baja Agak Keras | |
| Baja Keras | |
| | |

Nama-nama dan lambang-lambang dari bahan-bahan menurut standar beberapa negara serta persamaannya dengan JIS (Standar Jepang).

Tabel 2.2 Standar Baja

| Nama | Standar Jepang (JIS) | Standar Amerika (AISI), Inggris(BS) dan Jerman (DIN) |
|------------------------------|---|--|
| Baja Karbon Konstruksi Mesin | S25C S30C S35C S40C S45C S50C S55C | AISI 1025, BS060A25 AISI 1030, BS060A30 AISI 1035, BS060A35, DIN C35 AISI 1040, BS060A40 AISI 1045, BS060A45, DIN C45, CK-45 AISI 1050, BS060A50, DIN St 50.11 AISI 1055, BS060A55 |
| Baja Tempa | SF 40,45,50,55 | ASTM A 105-73 |
| Baja Nikel Khrom | SNC SNC 22 | BS 653M31 BS En36 |
| Baja Nikel Khrom Molibden | SNCM 1 SNCM 2 SNCM 7 SNCM 8 SNCM 22 SNCM 23 SNCM 25 | AISI 4337 BS830M31 AISI 8645, BS En100D AISI 4340, BS817M40, 816M40 AISI 4315 AISI 4320, BS En325 BS En39B |
| Baja Khrom | SCr 3 SCr 4 SCr 5 SCr 21 SCr 22 | AISI 5135, BS530A36 AISI 5140, BS530A40 AISI 5145 AISI 5115 AISI 5120 |

<https://www.slideshare.net/muktiazis332/elemen-mesin-1-46890830>

2.5.5 Bearing

Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Pada umumnya bantalan dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu.

a. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros

- Bantalan luncur

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan

perantara lapisan pelumas.

- Bantalan gelinding

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola, rol, dan rol bulat.

b. Berdasarkan arah beban terhadap poros

- Bantalan radial

Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu.

- Bantalan aksial

Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.

- Bantalan gelinding khusus

Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

Meskipun bantalan gelinding menguntungkan, Banyak konsumen memilih bantalan luncur dalam hal tertentu, contohnya bila kebisingan bantalan mengganggu, pada kejutan yang kuat dalam putaran bebas.



Gambar 2.6 house bearing

c. Rumus dasar perhitungan.

Rumus perhitungan bantalan gelinding antara lain :

- 1) Beban ekuivalen dinamis (P_e).

$$P_e = ((V \times X \times F_r) + (Y \times F_a)) \times K_s \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

P_e = beban ekuivalen dinamis (kg)

X = faktor untuk beban radial

Y = faktor untuk beban aksial

F_a = beban aksial (kg)

F_r = beban radial (kg)

K_s = faktor koreksi

Untuk tekanan stabil dan merata = 1

Untuk tekanan beban ringan = 1,5

Untuk tekanan beban sedang = 2

Untuk tekanan beban berat = 2,5

V = faktor pembebanan

Jika cincin dalam yang berputar = 1,2

Jika cincin luar yang berputar = 1

2) Faktor kecepatan (F_n) .

Untuk elemen gelinding bola (*ball bearing*)

$$Fn = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

Fn = faktor kecepatan

n = putaran (Rpm)

Untuk elemen gelinding roll (Roller bearing)

$$Fn = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{\frac{3}{10}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

Fn = faktor kecepatan

n = putaran (Rpm)

3) Faktor umur bantalan (Fh).

$$Fh = Fn \left(\frac{C}{P_e} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

Fh = faktor umur bantalan

Fn = faktor kecepatan

P_e = beban ekuivalen dinamis (K_g)

C = beban nominal dinamis spesifik ($\frac{N}{Kg}$)

4) Umur nominal bantalan (Lh)

$$Lh = 500(Fh)^3 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

Lh = umur nominal bantalan

Fh = faktor umur bantalan

2.5.6 Baut dan Mur

Baut dan Mur berfungsi untuk mengikat antar rangka. Untuk menentukan jenis dan ukuran baut dan mur harus memperhatikan berbagai faktor seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, cara kerja mesin, kekuatan bahan, dan lain sebagainya. Adapun gaya – gaya yang bekerja pada baut dapat berupa :

1. Beban statis aksial
2. Beban aksial bersama beban puntir
3. Beban geser

Tegangan geser yang terjadi pada baut pengikat :

$$\sigma_g = \frac{F}{A} \dots\dots\dots$$

(2.11)

Dimana :

σ_g = tegangan geser (N / mm^2)

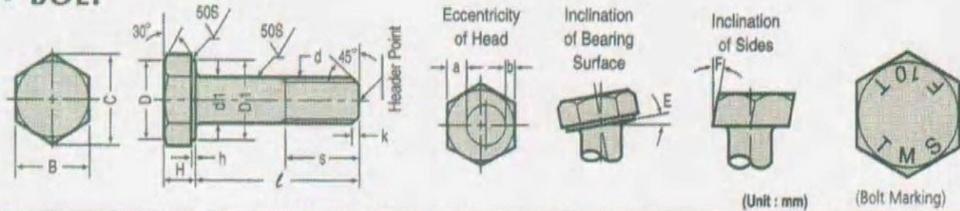
F = beban (N)

A = luas penampang baut (mm²)

Tabel 2.3 Baut dan Mur

1. DIMENSION AND TOLERANCES

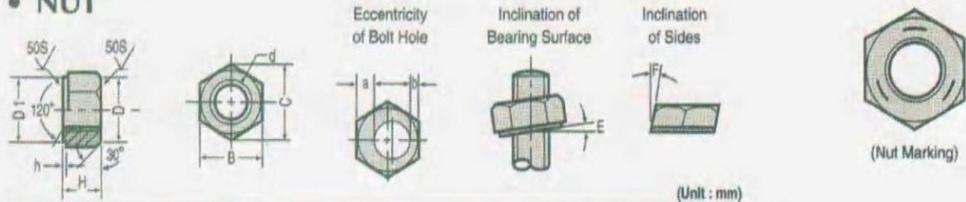
• BOLT



| Designation of Bolt (d) | d1 | | H | | B | | C | | D | D1 | k | e-b | | E | F | h | S | |
|-------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------|-----------------|------------|---------|---------|------|-------------|-----|------|------|----|-------------|----|----------|-----------------|
| | Basic Dimension | Tolerance | Basic Dimension | Tolerance | Basic Dimension | Tolerance | Approx. | Approx. | Min. | Approx. | | Max. | Max. | | | | Max. | Basic Dimension |
| M 12 | 12 | +0.7 -0.2 | 8 | ±0.8 | 22 | +0 -0.8 | 25.4 | 20 | 20 | 0.8 -1.8 | 2 | 0.7 | 1° | 2° | 0.4 -0.8 | 25 | +5 -0 | |
| M 16 | 16 | | 10 | | 27 | | 31.2 | 25 | 25 | | | | | | | | | |
| M 20 | 20 | +0.8 -0.4 | 13 | ±0.9 | 32 | +0 -1 | 37 | 30 | 29 | 1.2 -2.0 | 2.5 | 0.9 | 1° | 2° | 0.4 -0.8 | 35 | +6 -0 | |
| M 22 | 22 | | 14 | | 36 | | 41.6 | 34 | 33 | 1.1 | | | | | | 40 | | |
| M 24 | 24 | | 15 | | 41 | | 47.3 | 39 | 38 | 1.5 -2.4 | | | | | | 45 | | |
| M 27 | 27 | | 17 | | 46 | | 53.1 | 44 | 43 | 1.3 | | | | | | 50 | | |
| M 30 | 30 | | 19 | ±1.0 | 50 | | 57.7 | 48 | 47 | 2.0 -2.8 | 3.5 | 1.5 | | | 55 | | | |

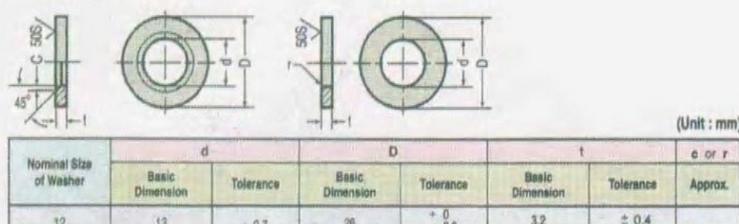
| ℓ | |
|--------------------------|-----------|
| Length | Tolerance |
| Under 55 | ± 1.0 |
| 55 & Over - Under 125 | ± 1.4 |
| 125 & Over | ± 1.8 |

• NUT

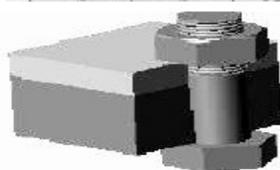


| Nominal Size of Thread (d) | Outside Diameter External Thread | H | | B | | C | | D | D1 | e-b | | E | F | h |
|----------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|---------|---------|------|------|------|------|-----------|---|---|
| | | Basic Dimension | Tolerance | Basic Dimension | Tolerance | Approx. | Approx. | Min. | Max. | Max. | Max. | | | |
| M 12 | 12 | 12 | ±0.35 | 22 | 0 | 25.4 | 20 | 20 | 0.7 | 1° | 2° | 0.4 - 0.8 | | |
| M 16 | 16 | 16 | | 27 | -0.8 | 31.2 | 25 | 25 | 0.8 | | | | | |
| M 20 | 20 | 20 | ±0.4 | 32 | +0 -1 | 37 | 30 | 29 | 0.9 | 1° | 2° | 0.4 - 0.8 | | |
| M 22 | 22 | 36 | | 41.6 | | 34 | 33 | 1.1 | | | | | | |
| M 24 | 24 | 41 | | 47.3 | | 39 | 38 | 1.2 | | | | | | |
| M 27 | 27 | 46 | | 53.1 | | 44 | 43 | 1.3 | | | | | | |
| M 30 | 30 | 50 | | 57.7 | | 63.1 | 48 | 47 | 1.5 | | | | | |

• WASHER



| Nominal Size of Washer | d | | D | | t | | e or f |
|------------------------|-----------------|-----------|-----------------|------------|-----------------|-----------|---------|
| | Basic Dimension | Tolerance | Basic Dimension | Tolerance | Basic Dimension | Tolerance | Approx. |
| 12 | 12 | +0.7 | 26 | +0 -0.8 | 3.2 | ±0.4 | |



(a) baut tembus



(b) baut tap



(c) baut tanam



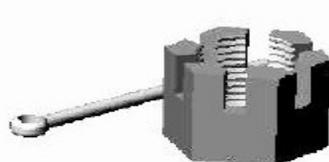
(a) mur lingkaran



(b) mur flens



(c) mur tutup



Gambar 2.7 Macam- macam Baut dan Mur

2.6 Proses Permesinan

2.6.1 Mesin Bubut

Mesin bubut adalah salah satu jenis mesin perkakas yang digunakan untuk proses pemotongan benda kerja yang dilakukan dengan membuat sayatan pada benda kerja dimana pahat digerakkan secara translasi dan sejajar dengan sumbu dari benda kerja yang berputar.

Kecepatan Pemotongan

dihitung dari putaran per menit terhadap diameter benda kerjanya, sering juga disebut dengan kecepatan pada permukaan

$$v_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ m/min} \dots\dots\dots(2.12)$$

n = putaran benda kerja (rpm)

D = Diameter benda kerja (mm)

Vc = kecepatan pemotongan (m/menit)

Kecepatan Putaran Benda Kerja (RPM)

dihitung dari jumlah putaran setiap menitnya, konstanta 1000 adalah perubahan dari mm ke meter

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m} \dots\dots\dots(2.13)$$

Lama Waktu Pemotongan

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n} \dots\dots\dots(2.14)$$

dengan l_m adalah panjang benda kerja yang dipotong, untuk benda berbentuk lurus, namun untuk benda berbentuk tirus, panjang benda kerja dihitung dengan

$$l_{m2} = \sqrt{l_{m1}^2 + \left(\frac{D_{m1} - D_{m2}}{2}\right)^2} \dots\dots\dots(2.15)$$

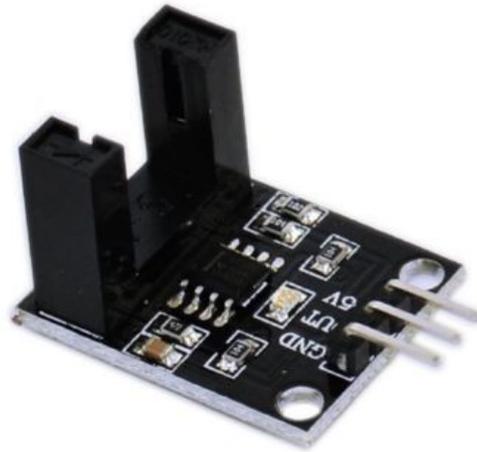
D_{m1} = diameter terbesar, D_{m2} =diameter terkecil, semua satuan dalam mm

2.7 Sistem Kendali

Komponen kelistrikan yang dibuat oleh penulis berguna untuk memutus arus listrik jika motor berhenti berputar, sehingga meminimalisir kerusakan yang terjadi pada motor listrik itu sendiri. Adapun komponen yang digunakan yaitu :

- Sensor

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut Transduser.



Gambar 2.8 Sensor Encoder

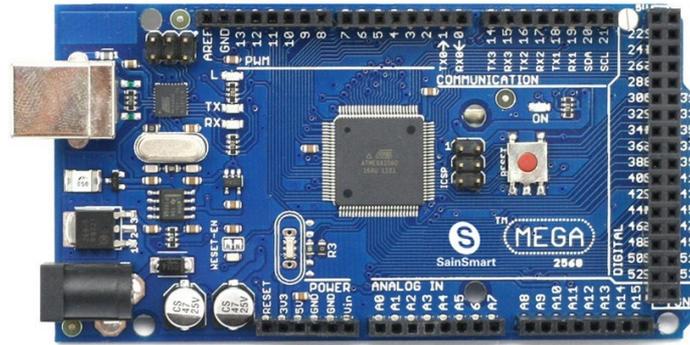
Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan orde nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi.

Sensor Penyandi (Encoder)

Sensor Penyandi (Encoder) digunakan untuk mengubah gerakan linear atau putaran menjadi sinyal digital, di mana sensor putaran memonitor gerakan putar dari suatu alat. Sensor ini biasanya terdiri dari 2 lapis jenis penyandi, yaitu; Pertama, Penyandi rotari tambahan (yang mentransmisikan jumlah tertentu dari pulsa untuk masing-masing putaran) yang akan membangkitkan gelombang kotak pada objek yang diputar. Kedua, Penyandi absolut (yang memperlengkapi kode binary tertentu untuk masing-masing posisi sudut) mempunyai cara kerja yang sama dengan perkecualian, lebih banyak atau lebih rapat pulsa gelombang kotak yang dihasilkan sehingga membentuk suatu pengkodean dalam susunan tertentu.

- **Arduino**

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang.



Gambar 2.9 Arduino

Arduino disini berfungsi sebagai otak komponen kelistrikan, mengatur input dan output kelistrikan, dan juga berfungsi untuk merubah tegangan 2 V menjadi 5V.

Arduino Mega

Mirip dengan Arduino Uno, sama-sama menggunakan USB type A to B untuk pemrogramannya. Tetapi Arduino Mega, menggunakan Chip yang lebih tinggi ATMEGA2560. Dan tentu saja untuk Pin I/O Digital dan pin input Analognya lebih banyak dari Uno.

- Relay

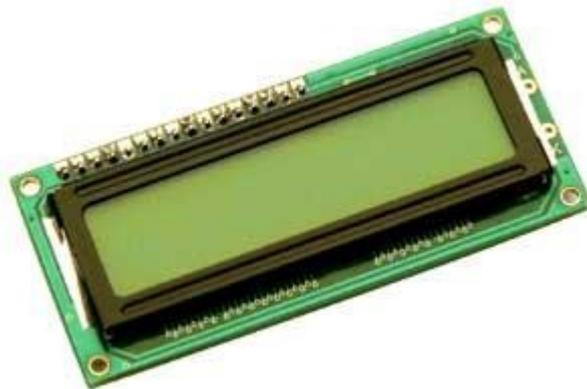
Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.



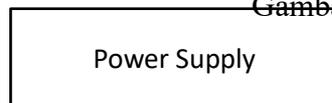
Gambar 2.10 Relay

- LCD

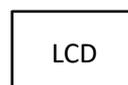
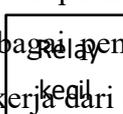
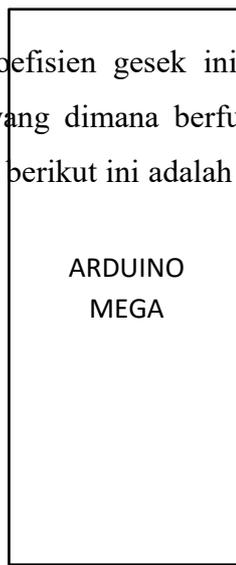
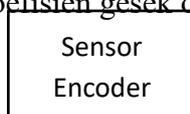
Lcd atau liquid crystal display merupakan layar digital yang dapat menampilkan nilai yang dihasilkan oleh sensor dan dapat menampilkan menu yang terdapat pada aplikasi yang bernama mikrokontroler dan juga dapat menampilkan teks.



Gambar 2.11 LCD



Pada alat uji koefisien gesek ini juga diterapkan sistem kendali yang menggunakan sensor, yang dimana berfungsi sebagai pemutus arus kecil jika poros berhenti berputar, berikut ini adalah proses kerja dari sistem kendali alat uji koefisien gesek oli :



Gambar 2.12 prinsip kerja sistem kendali

Keterangan blok diagram diatas yaitu

- Sensor Encoder
Sensor encoder merupakan sensor penyandi dimana pada alat ini berfungsi untuk mengukur rpm.
- Arduino Mega
Arduino mega merupakan mikrokontroler yang bekerja sebagai otak dari rangkaian ini dimana hasil dari pembacaan sensor encoder akan diolah oleh mikrokontroler dan hasil dari pembacaan sensor akan ditampilkan melalui LCD.
- LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD disini berfungsi sebagai tampilan hasil dari pengukuran sensor encoder untuk mengukur rpm nya.

- Relay kecil
Relay merupakan komponen yang berfungsi sebagai sakelar. Pada rangkaian ini, relay kecil berfungsi sebagai sakelar untuk ke relay besar. Relay kecil memberi input ke relay besar ketika nilai rpm nya nol.
- Relay besar
Relay merupakan komponen yang berfungsi sebagai sakelar. Pada rangkaian ini, relay besar berfungsi sebagai sakelar untuk memutuskan arus listrik ketika nilai rpm nya nol.
- Power Supply
Power supply merupakan sumber tegangan yang diperlukan untuk menjalankan rangkaian ini.

Penjelasan sistem kerja dari rangkaian yaitu

Sensor encoder akan mendeteksi dan mengukur rpm dari alat. Setelah sensor encoder mendeteksi dan mengukur maka mendapatkan hasil dan hasil dari sensor tersebut dikirimkan ke arduino mega untuk diolah. Arduino mega berfungsi sebagai mikrokontroler yang bekerja sebagai otak dari rangkaian ini dimana hasil dari pembacaan sensor encoder akan diolah oleh mikrokontroler dan hasil dari pembacaan sensor akan ditampilkan melalui LCD. Sebagai otak dari sistem ini yakni *arduino*, memerlukan tegangan DC 5V sebagai tenaganya karena sudah sesuai dengan spesifikasi dari *arduino* itu sendiri bahwa tegangan yang dapat diterima adalah 5V dengan arus DC. Hasil dari pembacaan sensor encoder akan ditampilkan melalui LCD. Jika di LCD terdapat hasil pengukuran rpm nya itu bernilai nol maka arduino akan mengirimkan sinyal ke relay kecil. Relay kecil tidak dapat langsung memutus kontak ke sumber listrik PLN dikarenakan tegangan relay kecil hanya sebesar 5V. Oleh karena itu, relay kecil hanya bisa memberikan sinyal ke relay besar. Relay besar inilah yang akan memutus kontak ke sumber listrik PLN.