

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dinamometer, adalah suatu mesin yang digunakan untuk mengukur torsi (torque) dan kecepatan putaran (rpm) dari tenaga yang diproduksi oleh suatu mesin, motor atau penggerak berputar lain. Dinamometer dapat juga digunakan untuk menentukan tenaga dan torsi yang diperlukan untuk mengoperasikan suatu mesin. Dalam hal ini, maka diperlukan dinamometer. Dinamometer yang dirancang untuk dikemukakan disebut dinamometer absorsi/penyerap. Dinamometer yang dapat digunakan, baik penggerak maupun penyerap tenaga disebut dinamometer aktif atau universal.

Sebagai tambahan untuk digunakan dalam menentukan torsi atau karakteristik tenaga dari mesin dalam test/Machine Under Test (MUT), Dinamometer juga mempunyai peran lain. Dalam siklus standar uji emisi, seperti yang digambarkan oleh US Environmental Protection Agency (US EPA), dynamometer digunakan untuk membuat simulasi jalan baik untuk mesin (dengan menggunakan dinamometer mesin) atau kendaraan secara penuh (dengan menggunakan dinamometer sasis). Sebenarnya, diluar pengukuran torsi dan power yang sederhana, dinamometer dapat digunakan sebagai bagian dari pengujian untuk berbagai aktifitas pengembangan mesin seperti kalibrasi pengontrol manajemen mesin, pengembangan sistem pembakaran dsb. Dinamometer arus Eddy yang paling umum digunakan pada dinamometer chasis modern.

Untuk meningkatkan kemampuan Laboratorium Efisiensi dan Konservasi Energi, Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro, maka pada saat ini sedang dibuat sebuah dinamometer arus Eddy. Dinamometer ini akan digunakan untuk mengukur torsi dan daya berbagai kendaraan roda empat dengan kapasitas 130 KW.

Selain itu dinamometer ini juga diperlukan sebagai pemberi beban dalam "driving cycle" untuk pengujian tingkat konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Untuk mengetahui karakteristik dan kinerja dinamometer tersebut maka pada penelitian ini akan dilakukan studi terhadap beberapa parameter yang terkait.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Dalam penelitian ini akan dilakukan Analisis Karakteristik dari sasis dinamometer arus Eddy berpendingin udara dengan menitikberatkan pada aspek mekanikal dan elektrikalnya dengan metoda eksperimental.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Dari hasil penelitian ini diharapkan akan memiliki kontribusi pada :

1. Pengembangan kapasitas Laboratorium Efisiensi dan Konversi Energi dalam pengujian kinerja kendaraan roda empat atau lebih di laboratorium Konversi Energi MTM Undip Semarang.
2. Pengembangan rancangan dinamometer sasis arus Eddy yang optimal.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

1. Membuat sebuah dynamometer sasis arus Eddy.
2. Menentukan temperatur maksimum pada rotor dinamometer.
3. Mengetahui hubungan antara beban dinamometer terhadap daya input yang diperlukan.
4. Mendapatkan kurva hubungan torsi dan daya terhadap putaran kendaraan.
5. Memberikan Saran-saran untuk meningkatkan unjuk kerja dinamometer.

1.5. RUANG LINGKUP

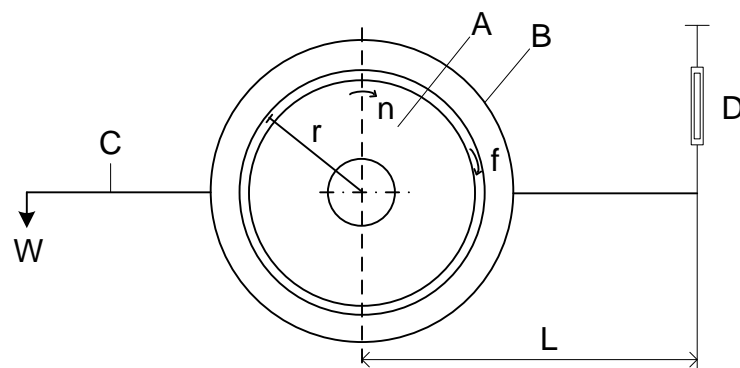
Ruang lingkup penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan studi literatur tentang pemanfaatan dinamometer arus Eddy.
2. Mempersiapkan sebuah dinamometer yang akan diuji.
3. Mempersiapkan Set-up pengujian
4. Melakukan pengukuran temperatur, putaran, arus listrik, torsi dan daya.
5. Membuat kurva temperatur dan putaran sebuah dinamometer berpendingin udara.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pendahuluan

Dinamometer merupakan suatu mesin elektro-mekanik yang digunakan untuk mengukur torsi dan kecepatan dari tenaga yang diproduksi oleh suatu mesin motor atau penggerak berputar lain. Meskipun banyak tipe-tipe dinamometer yang digunakan, tetapi pada prinsipnya semua itu bekerja seperti dilukiskan dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Dinamometer

Keterangan :

- r : Jari-jari rotor (m)
- W : Beban pengimbang (Kg)
- f : Gaya kopel (N)

Prinsip kerjanya adalah : Rotor A diputar oleh sumber daya motor yang diuji, dengan stator dalam keadaan setimbang. Bila dalam keadaan diam maka ditambahkan sebuah beban pengimbang W yang dipasangkan pada lengan C dan diengselkan pada stator B. Karena gesekan yang timbul, maka gaya yang terjadi di dalam stator diukur dengan timbangan D dan penunjukannya merupakan beban atau muatan dinamometer. Dalam satu poros, keliling rotor bergerak sepanjang $2\pi.r$ melawan gaya kopel f . Jadi tiap putaran adalah : $2\pi.r.f$

Momen luar yang dihasilkan dari pembacaan D dan lengan L harus setimbang dengan momen putar yaitu $r \times f$, maka $r \times f = D \times L$. Jika motor

berputar dengan n putaran tiap menit, maka kerja per menit harus sama dengan $2\pi \cdot D \cdot L \cdot n$, harga ini merupakan suatu daya, karena menurut definisi daya dibatasi oleh waktu, kecepatan putar dan kerja yang terjadi.

2.2 Dinamometer Penggerak

Dinamometer ini dalam bentuk motor-generator. Prinsip kerjanya adalah bila dinamometer memutar suatu alat, maka momen yang diukur akan mempengaruhi dinamometer berputar ke arah yang berlawanan dengan arah putarannya sendiri. Dinamometer ini bisa sebagai motor atau generator. Keuntungan dan kerugian dinamometer ini sama dengan dinamometer ayunan listrik atau generator.

2.3 Dinamometer Absorber

Sesuai dengan namanya dinamometer ini menyerap daya yang diukur kemudian disebarkan sekelilingnya dalam bentuk panas karenanya dinamometer ini secara khusus bermanfaat untuk pengukuran tenaga atau daya, torsi yang dikembangkan oleh sumber-sumber tenaga seperti motor bakar, motor listrik dan sebagainya. Dinamometer ini dibagi menjadi empat macam yaitu :

a. Dinamometer mekanis :

Pada dinamometer ini penyerapan daya dilaksanakan dengan memberikan gesekan mekanis sehingga timbul panas. Panas ini dipindahkan sekeliling dan kadang-kadang juga didinginkan oleh fluida pendingin yang lain, misalkan air.

Yang termasuk dalam bentuk ini ialah :

1). Rem jepit atau *prony brake* dengan bahan kayu

Penyerapan daya dilakukan dengan jalan mengatur gesekan yang terjadi antara balok-balok kayu dengan rotor, dimana pengaturannya dilaksanakan dengan memutar baut pengatur. Rem ini terdiri dari balok-balok kayu yang dipasang antara rotor dan sabuk baja, sedang rotor bekerja pada poros dari suatu motor yang tenaganya akan diuji. Tipe rem jepit ini biasanya digunakan untuk pengukuran daya yang tidak terlalu besar dengan putaran poros maksimum 1000 rpm.

Keuntungan-keuntungan :

- a). Kontruksi sederhana, murah dan mudah dibuat
- b). Baik untuk putaran rendah

Kerugian-kerugian :

- a). Torsi yang konstan pada tiap tekanan, sehingga mengikuti syarat-syarat beban. Bila mesin kehilangan kecepatannya, rem akan menahan sampai mati
- b). Sukar menunjukkan beban yang konstan
- c). Untuk pengukuran daya dari mesin-mesin tanpa governor akan menemui kesulitan
- d). Pada kecepatan tinggi pembacaan tidak stabil.

2). Rem tali atau *rope brake*

Cara kerja dari rem ini hampir sama dengan rem jepit, hanya rem ini terdiri dari tali disekeliling roda. Bahan tali biasanya kulit, ujung tali yang satu dikaitkan pada suatu *spring balance* dan ujung satunya lagi diberi beban, penyerapan daya dilakukan oleh tali karena gesekan dengan roda. Rem tali sangat sederhana dan mudah dibuat, tetapi hanya bisa bekerja pada putaran rendah dengan kapasitas penyerapan daya kecil.

b. Dinamometer hidrolis atau dinamometer air :

Adalah menggunakan fluida cair untuk mengubah daya mekanis menjadi energi panas. Fluida yang digunakan biasanya air sehingga dinamometer ini sering disebut dinamometer air.

Ada dua macam dinamometer air yaitu :

1). Dinamometer air tipe gesekan fluida

Pada dasarnya dinamometer ini terdiri dari sebuah rotor atau elemen putar dengan kedua belah permukaannya rata, berputar dalam sebuah *casing* serta *casing* tersebut diisi dengan air, selanjutnya air fluidanya disirkulasi secara kontinu. Akibat sirkulasi tersebut terjadi pergesekan pada bagian fluidanya.

Kapasitas dinamometer jenis ini tergantung pada 2 faktor yaitu kecepatan putaran poros dan tinggi permukaan air. Penyerapan dayanya mendekati mendekati fungsi pangkat tiga dari kecepatan putaran poros atau

rotor. Penyerapan pada kecepatan tertentu bisa dilakukan dengan pengaturan tinggi permukaan air pada atau dalam *casing*. Jumlah air yang bersirkulasi harus cukup banyak agar tidak sampai terjadi uap dibagian manapun dari alat, karena dengan timbulnya uap tersebut akan mengakibatkan hilangnya beban sesaat ataupun tidak.

Menurut Gibson, Usaha yang dilakukan atau yang dikerjakan pada tiap-tiap permukaan dari piringan adalah sebagai berikut :

$$U = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \omega^3 \cdot \int_{R_2}^{R_1} R^4 \cdot dR \quad (2.1)$$

Diintegrasikan,

$$U = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \omega^3}{5} (R_1^5 - R_2^5) \quad (2.2)$$

Dimana,

$$\omega = \text{Kecepatan sudut (radian per detik) atau } \omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

n = Putaran tiap detik

R₁ = Jari-jari piringan (m)

R₂ = Jari-jari lingkaran (m)

f = Konstanta = 0,004 ini tergantung dari tahanan antara fluida dengan logam

Dari rumus di atas terbukti bahwa rem tipe ini dapat menyerap daya yang besar pada kecepatan yang tinggi, dari kapasitas yang berlainan langsung sebagai jumlah piringan-piringan, sehingga merupakan pangkat tiga dari jumlah putaran dan sebagai pembedaan pangkat lima dari jari-jari piringan dan jari-jari air. Rem air hanya cocok untuk menyerap kerja yang umum dan cukup baik untuk menguasai beban konstan yang terpecah-pecah pada kecepatan yang diinginkan, karena efek tenaganya disebabkan oleh perubahan air.

Keuntungan-keuntungan :

- a). Penyerapan daya besar pada kecepatan tinggi
- b). Bila mesin kehilangan kecepatannya, maka pengereman akan turun dengan cepat sehingga mesin tidak mati
- c). Perubahan beban mudah dilaksanakan dan tahan terhadap guncangan

Kerugian-kerugian :

- a). Air harus selalu diganti
- b). Bagian dalam dipengaruhi oleh erosi dan korosi
- c). Harga mahal.

2). Dinamometer air tipe agitasi (semburan)

Bentuk dari dinamometer ini hampir sama dengan bentuk dinamometer gesekan fluida, tetapi ada perbedaan diantara kedua bentuk tersebut yaitu terletak pada cara penyerapan daya. Selain dengan gesekan karena agitasi, sehingga dinamometer ini relatif lebih besar.

Dinamometer ini terdiri dari sebuah poros yang memegang sebuah rotor dan berputar di dalam *casing* yang tidak bisa dimasuki air. Disetiap permukaan rotor terdapat sejumlah baling-baling radial yang dipasang pada poros rotor. Ruang antara baling-baling ini membentuk poket-poket setengan elip, juga pada permukaan *casing* dilengkapi dengan baling-baling seperti pada rotor. Bila rotor digerakkan, air disemburkan keluar oleh tenaga sentripugal. Air yang disemburkan itu ditahan oleh poket-poket *casing* dan poket-poket *casing* berfungsi untuk mengembalikan air ke rotor, sehingga air itu terus bolak-balik antara poket rotor dan poket *casing*. Ini merupakan proses turbulensi yang tinggi yang terus terjadi berulang-ulang. Akibat proses turbulensi maka akan terjadi panas, tetapi panas ini dapat dihilangkan dengan jalan mengatur luapan air yang terus menerus mengisi bagian belakang poket-poket *casing* dengan sebuah pipa karet yang *flexible*, selanjutnya air tidak boleh melebihi 60°C.

Muatan pada mesin bisa diubah dengan atau memundurkan pintu geser yang terletak antara rotor dan poket *casing*, jadi memungkinkan *casing* bekerja secara aktif dalam formasi pusaran air yang menyerap tenaga. Pergerakan pintu geser diatur dengan sebuah *hand wheel* yang terletak pada bagian luar *casing*.

Poros rotor pada *casing* bergerak atau berputar di dalam *bearing* juga dilengkapi dengan penekan anti air (*water seal*), sedang *casing* ditumpu pada *trunion bearing* yang berbentuk bola besar (*self lining*)

dan juga pada *casing* dilekatkan sebuah lengan torsi yang dihubungkan dengan sebuah *spring balance*. Kedudukan *spring balance* jarumnya harus menunjuk nol (berarti dinamometer dalam keadaan setimbang) pada waktu berhenti dan pada waktu air mengalir masuk *casing* tetapi mesin belum bekerja. Kesetimbangan ini dapat dilakukan dengan memberi pada *casing* suatu beban penyeimbang yang sudah dikalibrasi terlebih dahulu. Daya pengukuran antara 50 HP sampai 100.000 HP dan bekerja pada kecepatan 50 rpm sampai 20.000 rpm.

Keuntungan-keuntungan :

- a). Kapasitas daya penyerapan besar dan putaran tinggi
- b). Tahan terhadap guncangan
- c). Bentuknya kecil

Kerugian-kerugian :

- a). Diperlukan aliran air dengan tekanan tertentu
- b). Temperatur air yang keluar tidak boleh lebih dari 60°C
- c). Dipengaruhi oleh erosi dan korosi
- d). Harganya mahal.

c. Dinamometer udara :

Untuk menyerap daya yang diukur, dinamometer ini menggunakan udara atmosfer. Penyerapan daya yang terjadi karena gesekan yang timbul antara udara dengan sebuah rotor berupa kipas yang berputar.

Pengaturan bebannya dengan merubah radius kipas, ukuran atau sudut kipas. Dengan memasang mesin pada bantalan ayun, maka reaksi mesin yang timbul karena gesekan yang terjadi antara rotor dengan udara akan terbaca pada skala.

Keuntungan-keuntungan :

- a). Tidak memerlukan pendinginan
- b). Untuk beban konstan dan waktu pengujian lama sangat baik
- c). Mudah dibuat, murah dan sederhana.

Kerugian-kerugian :

- a). Kesukaran merubah beban pada waktu mesin berjalan
- b). Kapasitas penyerapan daya kecil

- c). Pengukuran tenaga tidak teliti, jadi hanya merupakan pendekatan
- d). Harus dilakukan koreksi terhadap kondisi atmosfer
- e). Suaranya gaduh.

d. Dinamometer listrik :

Pada dasarnya pengereman yang terjadi pada dinamometer listrik akibat pemotongan medan magnet oleh pergerakan bahan konduktor. Ada 2 tipe dinamometer listrik yaitu :

1) Dinamometer arus Eddy

Dinamometer ini terdiri dari suatu rotor yang digerakkan oleh suatu motor yang tenaganya akan diukur dan berputar dalam medan magnet. Kekuatan medan magnetnya dikontrol dengan merubah arus sepanjang susunan kumparan yang ditempatkan pada kedua sisi dari rotor. Rotor ini bertindak sebagai konduktor yang memotong medan magnet. Karena pemotongan medan magnet itu maka terjadi arus dan arus ini diinduksikan dalam rotor sehingga rotor menjadi panas.

Dinamometer arus Eddy pendingin air :

Sistem pendinginannya dengan air yang dialirkan lewat pipa masuk ke plat rugi-rugi

Keuntungan-keuntungan :

- a). Pengaturan beban dan pemeliharaan mudah
- b). Pada kecepatan yang rendah penyerapan daya bisa penuh.

Kerugian-kerugian :

- a). Harus tersedia sumber arus searah yang besar
- b). Pada penyerapan daya yang besar, panas yang timbul menyulitkan pendingin
- c) Bagian yang dilalui air pendingin dipengaruhi erosi dan korosi.

Dinamometer arus Eddy pendingin udara :

Dinamometer ini terdiri dari suatu rotor yang digerakkan oleh suatu motor yang tenaganya akan diukur dan berputar dalam medan magnet. Kekuatan medan magnetnya dikontrol dengan merubah arus sepanjang susunan kumparan yang ditempatkan pada stator. Rotor ini ditempatkan pada kedua

sisi stator dan bertindak sebagai konduktor yang memotong medan magnet. Karena pemotongan medan magnet itu maka terjadi arus dan arus ini diinduksikan dalam plat rugi-rugi sehingga menjadi panas.

Keuntungan-keuntungan :

- a). Pengaturan beban dan pemeliharaan mudah
- b). Pada kecepatan yang rendah penyerapan daya bisa penuh
- a). Penyediaan sumber arus searah kecil.

Kerugian-kerugian :

- a). Harus tersedia pendinginan yang besar
- b). Pada penyerapan daya yang besar, panas yang timbul menyulitkan pendingin

2) Dinamometer ayunan listrik atau generator

Pada prinsipnya bidang gerak dinamometer ini diputar secara terpisah baik dengan mengutamakan pipa-pipa saluran utama atau *buttery* yang mempertahankan suatu tegangan yang konstan. Seluruh mesin ditumpu dengan *ball bearing, casing* menahan sebuah lengan torsi untuk menjadikan seimbang torsi mesin. Torsi mesin disebarkan pada *casing* oleh daya tarik medan magnet yang dihasilkan ketika jangkar sedang berputar dan mengeluarkan tenaga listriknya pada aliran sebelah luar dinamometer. Tenaga mesin yang diserap akan membangkitkan tenaga listrik di dalam rangkaian jangkar. Dinamometer dipasang pada bantalan ayun dan mengukur momen yang ditimbulkan karena kecenderungan *casing* berputar.

Keuntungan-keuntungan:

- a). Kapasitas penyerapan sampai 5000 HP dan ketelitian kerja tinggi
- b). Sistem yang tertutup tidak terpengaruh oleh gangguan luar
- c). Tidak memerlukan pendinginan.

Kerugian-kerugian :

- a). Harga mahal
- b). Untuk penyerapan daya yang besar dengan kecepatan yang rendah sulit dilaksanakan.

2.4 Dinamometer Transmisi

Dinamometer transmisi digunakan untuk mengukur daya yang sulit dilaksanakan dengan cara biasa, pemasangannya bisa dilakukan dengan cara meletakkan pada bagian mesin atau diantara dua buah mesin dan daya yang diukur adalah daya setempat dan biasanya daya ini dimanfaatkan sebagai energi mekanis atau energi listrik. Salah satu contoh dari dinamometer transmisi ialah tipe *strain gage*. Pengukurannya berdasarkan tegangan kawat dan perubahan pada tegangan kawat akan merubah tahanan listrik.

Dengan pemasangan elemen ukur, maka untuk tiap pasang elemen ukur yang satu akan mengalami kompresi murni sedangkan elemen yang lainnya mengalami tarikan murni. Pada tiap pasang elemen ini akan terjadi perubahan tahanan listrik karena lengkungan yang mungkin terjadi pada poros, sehingga yang diukur adalah puntiran poros.

Keuntungan-keuntungan :

- a). Dapat mengukur daya input dari suatu alat
- b). Pengukuran bisa dilaksanakan dimana saja tanpa mengganggu sistem
- c). Pada pengukuran, pembebanan dilakukan oleh sistem tersendiri
- d). Tidak memerlukan pendingin.

Kerugian-kerugian :

- a). Poros harus cukup *flexible* sehingga puntiran karena beban dapat teramati
- b). Diperlukan beban tersendiri kadang-kadang tidak mudah pelaksanaannya.

2.5 Medan Magnet Statik

Menurut teori atom dari Wilhem Edwards Weber (1852), bahwa semua benda mempunyai sifat magnet. Hal ini disebabkan adanya gerakan electron pada orbit/lintasannya. Bila dua buah elektron berputar dengan arah yang berlawanan, akan membentuk sepasang medan magnet yang berpolaritas tidak sama dan saling menetralkan.

Pada bahan ferromagnetik banyak elektron yang berputar dengan arah yang sama, sehingga menimbulkan pengaruh magnetik yang lebih kuat. Susunan molekul dari bahan ferromagnetik terbentuk dari bagian-bagian kecil yang disebut

domain. Setiap domain merupakan magnet dipole elementer dan mengandung 10^{12} sampai 10^{15} atom.

2.5.1 Daya Hantar Listrik

Setiap dari penghantar mempunyai nilai daya hantar listrik yang berbeda-beda tergantung dari bahan yang digunakan, karena di dalam setiap bahan mempunyai hambatan dalam.

Besarnya hambatan tersebut dapat dihitung dengan rumus :

$$R = \frac{\rho \times \ell}{A} \quad (2.3)$$

Dimana :

R = Besarnya hambatan (Ω)

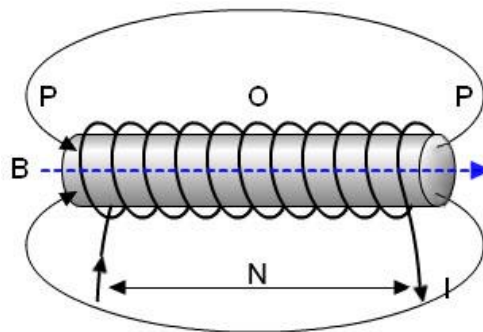
ℓ = Panjang penghantar (m)

ρ = Hambatan jenis ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

A = Luas penampang (m^2)

2.5.2 Medan Magnet pada Solenoida

Sebuah kawat dibentuk seperti spiral yang selanjutnya disebut kumparan, apabila dialiri arus listrik maka akan berfungsi seperti magnet batang.



Gambar 2.3. Solenoida

Besarnya medan magnet disumbu pusat (titik O) solenoida dapat dihitung :

$$B_o = \frac{\mu_o \cdot I \cdot N}{L} \quad (2.4)$$

Dimana :

B_0 = medan magnet pada pusat solenoida dalam tesla (T)

μ_0 = permeabilitas ruang hampa = $4\pi \cdot 10^{-7}$ Wb/Am

I = kuat arus listrik dalam ampere (A)

N = jumlah lilitan dalam solenoida

L = panjang solenoida dalam meter (m)

Besarnya medan magnet di ujung solenoida (titik P) dapat dihitung:

$$B_p = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{L} \quad (2.5)$$

Dimana :

B_p = Medan magnet diujung solenoida dalam tesla (T)

N = jumlah lilitan pada solenoida dalam lilitan

I = kuat arus listrik dalam ampere (A)

L = Panjang solenoida dalam meter (m)

2.5.3 Permeabilitas.

Menurut satuan internasional, permeabilitas hampa udara mempunyai nilai $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/Am atau $12,57 \times 10^{-7}$ Wb/Am. Nilai permeabilitas bahan magnet adalah tidak konstan, dimana sebagian besar tergantung pada besarnya kekuatan magnetisasi yang dikenakan padanya. Besarnya permeabilitas suatu bahan magnet selalu diperbandingkan terhadap permeabilitas hampa udara, dimana perbandingan tersebut disebut permeabilitas relatif. Permeabilitas relatif didefinisikan sebagai berikut :

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (2.6)$$

Dimana, μ_r = permeabilitas relatif

μ_0 = permeabilitas hampa udara (Wb/Am)

μ = permeabilitas bahan (Wb/Am)

2.6 Torsi

$$T = B \cdot I \cdot A \cdot N \quad (2.7)$$

Dimana :

B = Medan magnet (T)

I = Arus listrik (A)

A = Luas penampang solenoida (m²)

N = Jumlah lilitan

2.7 Prinsip Operasi Daya Dinamometer

Tindakan sebuah dinamometer menyerap sebagai beban yang digerakkan oleh penggerak utama yang sedang diuji. Dinamometer harus mampu beroperasi pada kecepatan dan beban apapun untuk setiap tingkat torsi yang dibutuhkan. Daya yang diserap oleh dinamometer diubah menjadi panas dan panas umumnya terdisipasi ke udara atau ditransfer ke pendingin air yang terdisipasi ke udara.

Pada dinamometer daya (P) tidak diukur secara langsung, melainkan dihitung dari torsi (T) dan nilai-nilai kecepatan sudut (ω) atau gaya (F) dan kecepatan linear (v) :

$$P = T \cdot \omega$$

Atau

$$P = F \cdot v \quad (2.8)$$

Dimana :

P adalah daya dalam watt

T adalah torsi dalam newton meter

ω adalah kecepatan sudut dalam radian per detik

F adalah gaya dalam newton

v adalah kecepatan linear dalam meter per detik

Pembagian dengan konversi yang konstan mungkin diperlukan tergantung pada unit ukuran yang digunakan.

Untuk satuan HP,

$$P_{hp} = \frac{T \cdot n}{5252} \quad (2.9)$$

Dimana :

P_{hp} adalah daya *horse power*

$T_{lb.ft}$ adalah torsi dalam *pound-feet*

n_{rpm} adalah kecepatan rotasi dalam revolusi per menit.

Untuk satuan kW,

$$P_{kW} = \frac{T \cdot n}{9549} \quad (2.10)$$

Dimana :

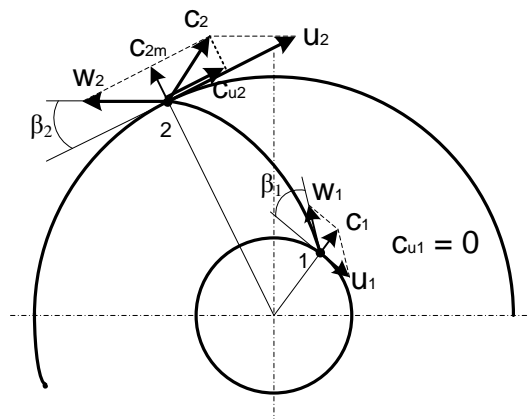
P_{kW} adalah daya dalam kilowatt

$T_{N.m}$ adalah torsi dalam newton meter

n_{rpm} adalah kecepatan rotasi dalam revolusi per menit.

2.8 Daya Pendingin Dinamometer

Sudu yang terpasang pada dinamometer adalah sebagai pendingin panas yang terjadi pada rotor akibad pengereman secara elektromagnetik.



Gambar 2.2 Segitiga kecepatan masuk dan keluar pada sudu

(Frizt Dietzel, 1988)

Pada titik 1 bisa diperoleh segitiga kecepatan masuk, yaitu digambarkan pada c_1 yang arahnya tegak lurus terhadap u_1 dan u_1 didapat dari persamaan berikut :

$$u_1 = \frac{D_1 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (2.11)$$

dimana n adalah kecepatan putar (rpm). w_1 terjadi dari sudut awal sudu β_1 , dan β_1 sudah diketahui besarnya karena sudah menjadi syarat pembuatan sudu.

Fluida mengalir ke bagian punggung dari sudu jalan yang melengkung. Adanya gaya sentrifugal fluida yang ada pada saluran sudu jalan tersebut menjadi

bergerak maju dan didorong keluar dari saluran sudu jalan. Akibat berputarnya roda jalan dengan kecepatan u dan didapat kecepatan relatif aliran fluida di bagian masuk w_1 dan kecepatan relatif di bagian keluar w_2 .

Pada titik 2 fluida mempunyai kecepatan mutlak c_2 , yang didapat dengan melalui penggambaran segitiga keluar dari w_2 , u_2 dan sudut keluar sudu β_2 yang besarnya dipilih dengan bebas.

Perpindahan energi di dalam sudu jalan adalah dari momen puntir (M) yang bekerja pada poros yang diteruskan sedemikian rupa oleh sudu jalan sehingga menimbulkan kecepatan absolut fluida c_2 dan c_1 dengan komponen tangensialnya c_{u2} dan c_{u1} . Momen puntir yang diperoleh adalah :

$$M = \dot{m} (r_2 \cdot c_{u2} - r_1 \cdot c_{u1}) \quad (2.12)$$

Momen puntir ini akan mendapatkan daya sesuai dengan daya yang diberikan poros

$P = M \cdot \omega$, dimana ω adalah kecepatan sudut.

$$P = \dot{m} \cdot (r_2 \cdot \omega \cdot c_{u2} - r_1 \cdot \omega \cdot c_{u1}) \quad (2.13)$$

dimana $r \cdot \omega = u =$ kecepatan keliling (kecepatan tangensial).

(Fritzel Dietzel, 1988)

2.9 Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari suatu mesin dan hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Poros adalah untuk menopang bagian mesin yang diam, berayun atau berputar, tetapi tidak menderita momen putar dan dengan demikian tegangan utamanya adalah tekukan (bending). Poros (keseluruhannya berputar) adalah untuk mendukung suatu momen putar dan mendapat tegangan puntir dan tekuk. Menurut arah memanjangnya (longitudinal) maka dibedakan poros yang bengkok (poros engkol) terhadap poros lurus biasa, sebagai poros pejal atau poros berlubang, keseluruhannya rata atau dibuat mengecil. Menurut penampang melintangnya disebutkan sebagai poros bulat dan poros profil.

a. Fungsi Poros

Poros dalam sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Setiap elemen mesin yang berputar, seperti cakra tali, puli sabuk mesin, piringan kabel, tromol kabel, roda jalan dan roda gigi, dipasang berputar terhadap poros dukung yang tetap atau dipasang tetap pada poros dukung yang berputar. Contohnya sebuah poros dukung yang berputar, yaitu poros roda keran berputar gerobak.

Untuk merencanakan sebuah poros, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

1). Kekuatan poros

Pada poros transmisi misalnya dapat mengalami beban puntir atau lentur atau gabungan antara puntir dan lentur. Juga ada poros yang mendapatkan beban tarik atau tekan, seperti poros baling-baling kapal atau turbin. Kelelahan tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan bila diameter poros diperkecil (poros bertangga) atau bila poros mempunyai alur pasak harus diperhatikan. Jadi, sebuah poros harus direncanakan cukup kuat untuk menahan beban-beban yang terjadi.

2). Kekakuan poros

Walaupun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup, tetapi jika lenturan dan defleksi puntirannya terlalu besar, maka hal ini akan mengakibatkan ketidakteknelitian (pada mesin perkakas) atau getaran dan suara (misalnya pada turbin dan kotak roda gigi).

3). Putaran kritis

Putaran kritis terjadi jika putaran mesin dinaikkan pada suatu harga putaran tertentu sehingga dapat terjadi getaran yang terlalu besar. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian yang lainnya. Untuk itu, maka poros harus direncanakan sedemikian rupa sehingga putaran kerjanya lebih rendah dari putaran kritis.

4). Korosi

Bahan-bahan tahan korosi harus dipilih untuk poros propeller dan pompa bila terjadi kontak dengan fluida yang korosif. Demikian pula untuk poros-poros yang terancam kavitas dan poros mesin yang sering berhenti lama.

5. Bahan poros

Bahan untuk poros mesin umum biasanya terbuat dari baja karbon konstruksi mesin, sedangkan untuk pembuatan poros yang dipakai untuk meneruskan putaran tinggi dan beban berat umumnya dibuat dari baja paduan dengan pengerasan kulit yang sangat tahan terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom, dan baja khrom molybdenum.

b. Macam – Macam Poros

Poros sebagai penerus daya diklasifikasikan menurut pembebanannya sebagai berikut:

1). Poros transmisi

Poros transmisi atau poros perpindahan mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Dalam hal ini mendukung elemen mesin hanya suatu cara, bukan tujuan. Jadi, poros ini berfungsi untuk memindahkan tenaga mekanik salah satu elemen mesin ke elemen mesin yang lain.

Dalam hal ini elemen mesin menjadi terpuntir (berputar) dan dibengkokkan. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopleng, roda gigi, puli sabuk atau sproket rantai, dan lain-lain.

2). Spindle

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

3). Gandar

Gandar adalah poros yang tidak mendapatkan beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar. Contohnya seperti yang dipasang diantara roda-roda kereta barang.

c. Daya poros

Daya yang diberikan dalam daya kuda, maka harus dikalikan 0,735 untuk mendapatkan daya dalam kW. Daya yang direncanakan P (kW) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \frac{\left(\frac{T}{1000}\right)\left(\frac{2\pi n}{60}\right)}{102} \quad (2.14)$$

Jadi momen puntir juga disebut sebagai momen rencana adalah T (kg.mm) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$T = 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{P}{n} \quad (2.15)$$

Bila momen rencana T (kg.mm) dibebankan pada suatu diameter poros d_s (mm), maka tegangan geser τ (kg/mm²) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\tau = \frac{T}{\left(\pi d_s^3/16\right)} = \frac{5,1 T}{d_s^3} \quad (2.16)$$

Menurut standar ASME tegangan geser yang diijinkan τ_a (kg/mm²) adalah 18 % dari kekuatan tarik σ_B (kg/mm²). Faktor koreksi (K_t) yang dianjurkan oleh ASME adalah sebesar 1,0 jika beban dikenakan secara halus, 1,0 sampai 1,5 jika terjadi sedikit kejutan atau tumbukan dan 1,5 sampai 3,0 jika beban dikenakan kejutan atau tumbukan besar. Jika diperkirakan akan terjadi pemakaian beban lentur, maka dapat dipertimbangkan pemakaian faktor lenturan C_b yang harganya antara 1,2 sampai 2,3 (jika diperkirakan tidak terjadi pembebanan lentur maka $C_b = 1,0$). Untuk menghitung diameter poros d_s (mm) sesuai persamaan (2.16) dapat dirumuskan sebagai berikut (Sularso, 2004) :

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3} \quad (2.17)$$

Tabel 2.1 Bahan Poros Yang Umum Digunakan (Niemen G, 1994)

Nama Bahan	Kekuatan tarik σ_B N/mm ²	Kekerasan HV	Kekuatan tekuk N/mm ²		Kekuatan torsi N/mm ²	
			σ_{bW}	σ_{bSch}	τ_{tW}	τ_{tSch}
St 42-2	420... 500	115(450)	220	360	150	180
St 50-2	500... 600	135(530)	260	420	180	210
St 60-2	600...720	165(720)	300	470	210	230
St 70-2	700...850	190	340	520	240	260
C 22, Ck 22	500...650	150	280	490	190	250
C 35, Ck 35	590...740	140(530)	330	550	230	300
C 45, Ck 45	670...820	170(720)	370	630	260	340
25CrMo4	800...950	186(610)	430	730	300	450
34Cr4	900...1100	229(670)	480	810	330	550
C 15, Ck 15	500...650 ³	140(840)	260	420	180	210
16MnCr5	800...1100 ³	210(840)	390	670	270	430

2.10 Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros, sehingga putaran gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan tahan lama. Posisi bantalan harus kuat, hal ini agar elemen mesin dan poros bekerja dengan baik.

Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros, maka bantalan dibedakan menjadi dua hal berikut:

- a. Bantalan luncur, dimana terjadi gerakan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan lapisan pelumas.

- b. Bantalan gelinding, dimana terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti rol atau jarum.

Berdasarkan arah beban terhadap poros, maka bantalan dibedakan menjadi tiga hal berikut :

- a. Bantalan radial, dimana arah beban yang ditumpu bantalan tegak lurus dengan poros.
- b. Bantalan aksial, dimana arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.
- c. Bantalan gelinding khusus, dimana bantalan ini menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

Berikut ini akan kami jabarkan dari berbagai jenis bantalan di atas sebagai berikut :

a. Bantalan Luncur

Menurut bentuk dan letak bagian poros yang ditumpu bantalan. Salah satunya adalah bantalan luncur.

Adapun macam – macam bantalan luncur adalah sebagai berikut:

- 1). Bantalan radial, dapat berbentuk silinder, elips, dan lain-lain.
- 2). Bantalan aksial, dapat berbentuk engsel kerah Michel, dan lain-lain.
- 3). Bantalan khusus, bantalan ini lebih ke bentuk bola.

Bahan untuk bantalan luncur harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1). Mempunyai kekuatan cukup.
- 2). Dapat menyesuaikan diri terhadap lenturan poros yang tidak terlalu besar.
- 3). Mempunyai sifat anti las.
- 4). Sangat tahan karat.
- 5). Dapat membenamkan debu yang terbenam dalam bantalan.
- 6). Ditinjau dari segi ekonomi.
- 7). Tidak terlalu terpengaruh oleh temperatur.

b. Bantalan Aksial

Bantalan aksial digunakan untuk menahan gaya aksial. Adapun macamnya, yaitu bantalan telapak dan bantalan kerah. Pada bantalan telapak, tekanan yang diberikan oleh bidang telapak poros kepada bidang bantalan semakin besar untuk titik yang semakin dekat dengan pusat.

c. Bantalan Gelinding

Keuntungan dari bantalan ini mempunyai gesekan yang sangat kecil dibandingkan dengan bantalan luncur. Macam – macam bantalan gelinding diantaranya:

- 1). Bantalan bola radial alur dalam baris tunggal.
- 2). Bantalan bola radial magneto.
- 3.) Bantalan bola kontak sudut baris tunggal.
- 4). Bantalan bola mapan sendiri baris ganda.

Perhitungan beban dan umur bantalan gelinding dapat ditentukan sebagai berikut :

1) Perhitungan beban

Sebuah bantalan yang mempunyai beban radial F_r (kg) dan beban aksial F_a (kg), maka beban ekuivalen dinamis P (kg) adalah sebagai berikut :

$$\text{Untuk bantalan radial, } P_r = XV F_r + Y F_a \quad (2.18)$$

$$\text{Untuk bantalan aksial, } P = X F_r + Y F_a \quad (2.19)$$

Faktor V sama dengan 1 untuk pembebanan pada cincin dalam yang berputar dan 1,2 untuk pembebanan pada cincin luar yang berputar. Harga-harga X dan Y terdapat pada tabel 2.2.

2) Perhitungan umur

Umur nominal L bantalan gelinding dapat ditentukan pada beban dinamis spesifik C (kg) dan beban ekuivalen dinamis P (kg), maka faktor kecepatan f_n adalah :

$$\text{Untuk bantalan bola, } f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{i/3}$$

$$\text{Untuk bantalan rol, } f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{3/10} \quad (2.20)$$

Faktor umur adalah :

$$\text{Untuk kedua bantalan, } f_h = f_n \frac{C}{P} \quad (2.21)$$

)

Umur nominal L_h adalah :

$$\text{Untuk bantalan bola, } L_h = 500 f_h^3$$

$$\text{Untuk bantalan rol, } L_h = 500 f_h^{10/3} \quad (2.22)$$

3) Faktor beban

Faktor beban f_w untuk putaran halus tanpa beban tumbukan seperti pada motor listrik sama dengan 1 sampai 1,1, untuk kerja biasa seperti pada roda gigi sama dengan 1,1 sampai 1,3, untuk kerja dengan tumbukan seperti pada alat-alat besar sama dengan 1,2 sampai 1,5 dan untuk beban maksimum dapat diambil sama dengan 1.

Sedangkan beban rata-rata P_m dapat dihitung sebagai berikut :

Pada putaran bervariasi,

$$P_m = \sqrt[p]{\frac{t_1 n_1 P_1^p + t_2 n_2 P_2^p + \dots + t_n n_n P_n^p}{(t_1 + t_2 + \dots + t_n) n_m}} \quad (2.23)$$

Pada putaran tetap,

$$P_m = \sqrt[p]{\alpha_1 P_1^p + \alpha_2 P_2^p + \dots + \alpha_n P_n^p} \quad (2.24)$$

Dimana $p = 3$ untuk bantalan bola dan $10/3$ untuk bantalan rol. (Sularso, 2004).

Tabel 2.2 Faktor-faktor V, X, Y (Sularso, 2004)

Jenis bantalan		Beban putar pd cincin dalam	Beban putar pd cincin luar	Baris tunggal		Baris ganda				e		
				$F_d/VF_r > e$		$F_d/VF_r \leq e, F_d/VF_r > e$						
				X	Y	X	Y	X	Y			
Bantalan bola alur dalam	$F_d/C_o = 0,014$	1	1,2	0,56	1,45	1	0	0,56	1,45	2,30	0,19	
	$= 0,028$									1,99	1,90	0,22
	$= 0,058$									1,71	1,71	0,26
	$= 0,084$									1,55	1,55	0,28
	$= 0,11$									1,45	1,45	0,30

	= 0,17				1,31				1,31	0,34
	= 0,28				1,15				1,15	0,38
	= 0,42				1,04				1,04	0,42
	= 0,56				1,00				1,00	0,44
Bantalan bola sudut	$\alpha = 20^\circ$			0,43	1,00		1,09	0,70	1,63	0,57
	= 25°			0,41	0,87		0,92	0,67	1,41	0,68
	= 30°	1	1,2	0,39	0,76	1	0,78	0,63	1,24	0,80
	= 35°			0,37	0,66		0,66	0,60	1,07	0,95
	= 40°			0,35	0,57		0,55	0,57	0,93	1,14

Tabel 2.3 *Ball Bearing Pillow Type Units UCP (d 12-45)*
(FYH BALL BEARING UNITS, CATALOG NO.3300)

Shaft Diameter		Standard			Basic Load Ratings	
mm	inch	Unit	Housing	Bearing	kN	
d		No.	No.	No.	C	Co
12	$\frac{1}{2}$	UCP201	P203	UC201	12.8	6.65
		UCP201-8		UC201-8		
15	$\frac{5}{6}$	UCP202		UC202		
		UCP202-10		UC202-10		
17		UCP203	UC203			
20	$\frac{3}{4}$	UCP204-12	P204	UC204-12	12.8	6.65
		UCP204		UC204		
	$\frac{7}{8}$	UCP205-14		UC205-14		

25	$1\frac{15}{16}$	UCP205-15 UCP205 UCP205-16	P205	UC205-15 UC205 UC205-16	14.0	7.85
	1	UCPX05 UCPX05-16	PX05	UCX05 UCX05-16	19.5	11.3
	1	UCP305 UCP305-16	P305	UC305 UC305-16	21.2	10.9
30	$1\frac{1}{8}$	UCP206-18 UCP206 UCP206-19 UCP206-20	P206	UC206-18 UC206 UC206-19 UC206-20	19.5	11.3
	$1\frac{3}{16}$	UCPX06 UCPX06-19 UCPX06-20	PX06	UCX06 UCX06-19 UCX06-20	25.7	15.4
	$1\frac{1}{4}$	UCP306	P306	UC306	26.7	15.0
	-					
35	$1\frac{1}{4}$	UCP207-20 UCP207-21 UCP207-22 UCP207 UCP207-23	P207	UC207-20 UC207-21 UC207-22 UC207 UC207-23	25.7	15.4
	$1\frac{3}{8}$	UCPX07-22 UCPX07 UCPX07-23	PX07	UCX07-22 UCX07 UCX07-23	29.1	17.8
	$1\frac{7}{16}$	UCP307	P307	UC307	33.4	19.3
	-					
	$1\frac{1}{2}$	UCP208-24 UCP208-25 UCP208	P208	UC208-24 UC208-25 UC208	29.1	17.8

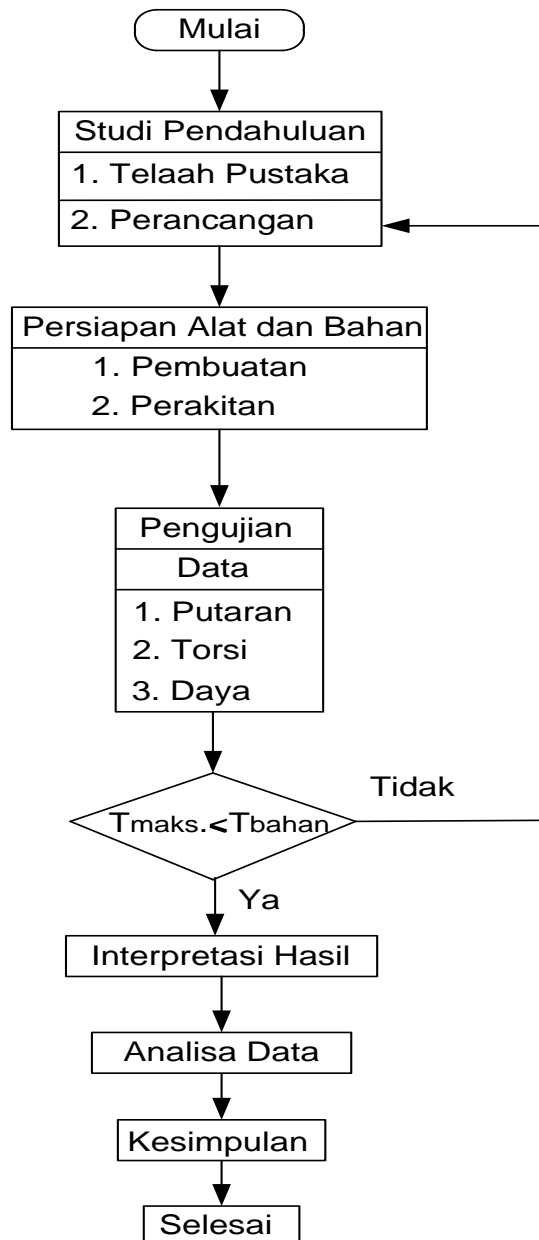
40	1 ¹ / ₂	UCPX08-24 UCPX08	PX08	UCX08-24 UCX08	34.1	21.3
	1 ¹ / ₂	UCP308-24 UCP308	P308	UC308-24 UC308	40.7	24.0
45	1 ⁵ / ₈	UCP209-26	P209	UC209-26	34.1	14.0
	1 ¹¹ / ₁₆	UCP209-27		UC209-27		
	1 ³ / ₄	UCP209-28		UC209-28		
		UCP209		UC209		
	1 ³ / ₄	UCPX09-28 UCPX09	PX09	UCX09-28 UCX09	35.1	14.4

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini mencakup pembuatan dinamometer dan di titik beratkan pada pengkajian pengukuran temperatur yang timbul pada dinamometer, seperti diperlihatkan diagram alir berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Perancangan

3.2.1 Ketentuan Umum

Pembuatan dapat diartikan sebagai realisasi bentuk fisik yang kreatif dari konsep-konsep teoritis. Perancangan teknik merupakan aplikasi dari ilmu pengetahuan, teknologi, dan penemuan-penemuan baru untuk membuat mesin-mesin yang dapat melakukan berbagai pekerjaan dengan ekonomis dan efisien.

Banyak kasus sangat sulit untuk menciptakan rancangan yang memenuhi semua spesifikasi teknis dan kriteria biaya serta ketahanan sesuai yang kita inginkan. Kita tidak mungkin dapat menciptakan suatu mesin yang murah dan tahan lama dengan mudah. Hal ini terjadi karena mesin yang memiliki umur yang panjang terbuat dari bahan yang berkualitas tinggi sudah pasti tidak murah. Berbagai persyaratan performa mesin harus tetap dipenuhi, namun titik temu antara unsur biaya dan ketahanan dapat diperoleh.

Secara umum perancangan tersebut pada prinsipnya mempunyai ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- a. Keandalan yang tinggi untuk mengatasi kerusakan dalam batas-batas normal, termasuk dari kesederhanaan suatu sistem, misalnya mudah dimengerti dan dioperasikan dalam keadaan normal maupun dalam keadaan darurat
- b. Keamanan ditujukan untuk keselamatan manusia dan lingkungan
- c. Kemudahan dalam pengoperasian, pemeriksaan, pengawasan, pemeliharaan dan perbaikan
- d. Hemat tempat dengan ukuran yang sesuai diharapkan, alat yang dibuat tidak terlalu besar
- e. Ketersediaan cadangan
- f. Ekonomis.

3.2.2 Alternatif Pemilihan Dinamometer Arus Eddy

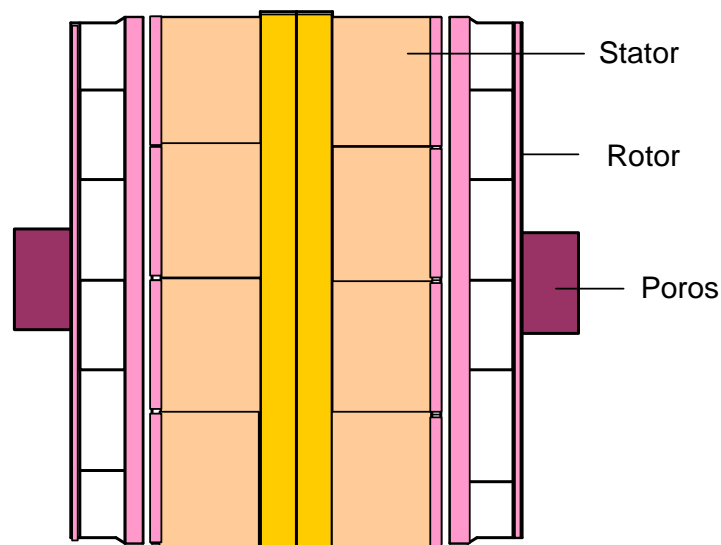
Peredam dinamometer arus eddy adalah peredam yang paling umum digunakan pada dinamometer chasis modern. Peredam arus eddy dapat menghasilkan beban yang sangat cepat untuk penyelesaian aliran beban. Sebagian menggunakan pendingin udara, tapi ada pula yang dirancang menggunakan pendinginan air eksternal. Dinamometer arus eddy ini

membutuhkan inti konduktif listrik, batang atau disc bergerak melintasi medan magnet untuk menghasilkan resistansi terhadap gerakan. Besi merupakan bahan yang umum digunakan, namun tembaga, aluminium dan bahan konduktif lainnya dapat digunakan.

Beberapa jenis-jenis dinamometer dan alternatif yang ada, maka dapat dilakukan pemilihan untuk mendapatkan jenis dinamometer yang baik. Untuk memilih dan menentukan yang terbaik, penulis mempertimbangkan dari segi tempat, biaya, efisien, efektifitas dan kendala alat.

Dari beberapa alternatif dan berbagai pertimbangan dengan membandingkan keuntungan dan kerugian, maka pemilihan perancangan dinamometer yang akan dibuat adalah jenis dinamometer arus eddy, sedangkan dinamometer arus eddy ada dua jenis yaitu :

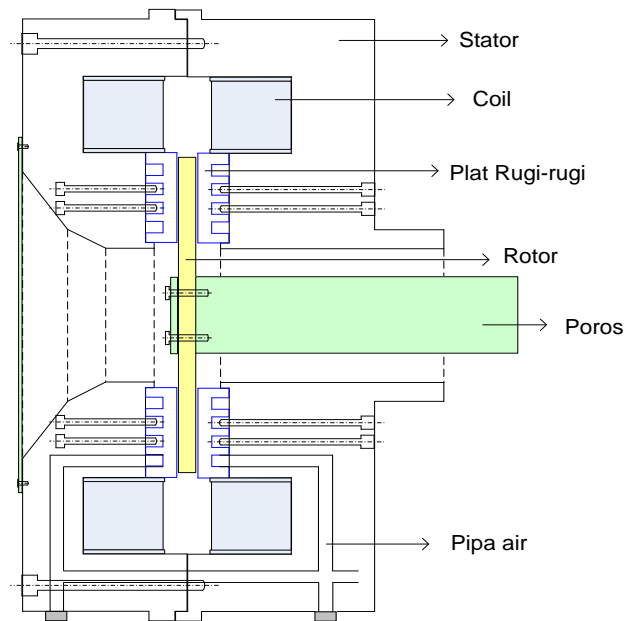
a. Dinamometer arus eddy pendingin udara



Gambar 3.2 Dinamometer arus Eddy pendingin udara

Dinamometer pendingin udara dapat menghasilkan perubahan beban yang sangat cepat untuk penyelesaian aliran beban. Arus listrik mengalir ke-coil membentuk kutub-kutub dan menghasilkan medan magnet. Arus pusar timbul pada plat rugi-rugi kedua sisi rotor dan menghambat putaran yang berupa torsi pengereman. Pada rotor dilengkapi dengan sudu-sudu untuk pendinginan.

b. Dinamometer arus eddy pendingin air



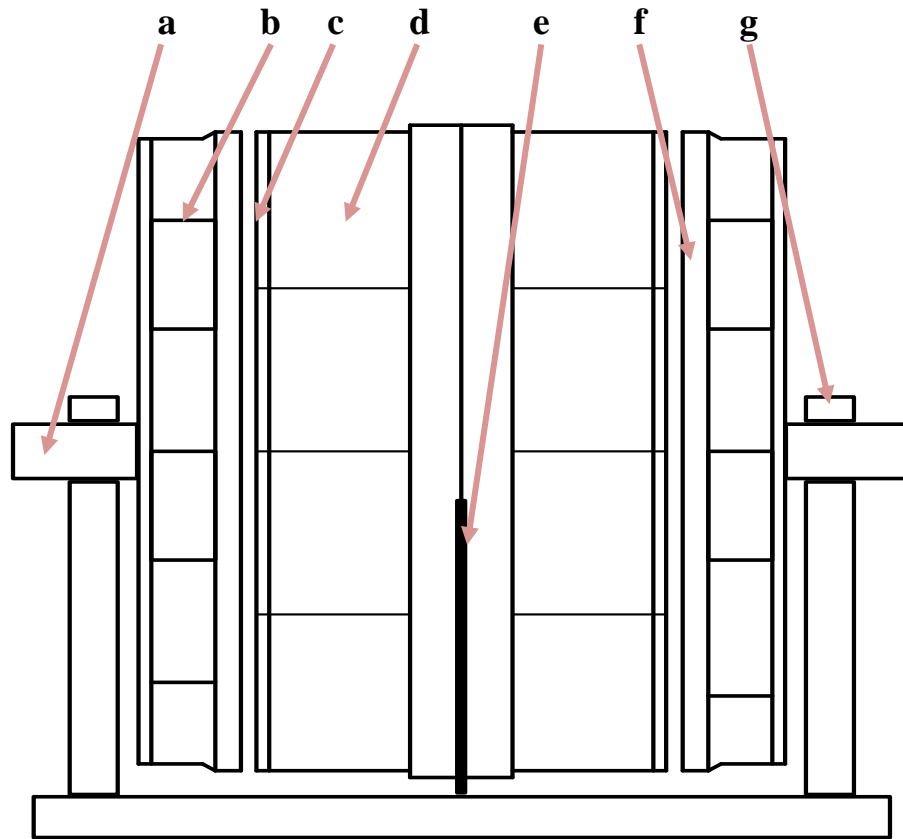
Gambar 3.3 Dinamometer arus Eddy pendingin air

Dinamometer ini terdiri dari suatu rotor yang digerakkan oleh suatu motor yang tenaganya akan diukur dan berputar dalam medan magnet. Kekuatan medan magnetnya dikontrol dengan merubah arus sepanjang susunan kumparan yang ditempatkan pada kedua sisi dari rotor. Rotor ini bertindak sebagai konduktor yang memotong medan magnet. Karena pemotongan medan magnet itu maka terjadi arus dan arus ini diinduksikan dalam rotor sehingga rotor menjadi panas. Pendinginannya dengan air, sehingga bagian yang dilalui air bisa terjadi korosi korosi.

Dari dua alternatif dinamometer arus eddy di atas dengan pertimbangan dan membandingkan keuntungan, kerugian, dan kemudahan operasional, maka pemilihan perancangan dinamometer yang akan dibuat adalah jenis dinamometer arus eddy dengan pendingin udara.

3.2.3 Perancangan Alat

Perancangan dinamometer yang dibuat adalah jenis dinamometer arus eddy pendingin udara. Bagian-bagian utama dari perancangan dinamometer seperti terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hasil Rancangan Dinamometer

Keterangan gambar :

- a. Poros
- b. Sudu
- c. Sepatu kutub
- d. Belitan
- e. Timbangan beban
- f. Plat rugi-rugi
- g. Dudukan

Stator dinamometer adalah bagian dinamometer yang diam, disini ditempatkannya Inti besi silinder solenoid yang di liliti oleh kawat tembaga sebagai penghasil medan magnet yang besar untuk menghambat/mengerem rotor yang berputar yang dihubungkan dengan roler dari roda mobil.

Kawat :

Yang dimaksud dengan kawat disini adalah penghantar arus listrik yang dibuat dari tembaga dengan ukuran luas penampang dan panjang tertentu untuk menentukan banyaknya lilitan dan kemampuan besaran arus dari dinamometer, seperti hitungan berikut :

$$A_k = 0,75 \text{ mm}^2 \quad (\text{luas penampang})$$

$$\rho = 0,0175 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \quad (\text{tahanan jenis})$$

$$\ell_k = 170 \text{ m} \quad (\text{panjang kawat})$$

$$R_c = \frac{\rho \cdot \ell}{A_k} = \frac{0,0175 \cdot 170}{0,75} = 3,967 \text{ } \Omega \quad (\text{tahanan kawat})$$

$$R_t = \frac{\frac{R_c \cdot R_c}{R_c + R_c}}{8} = \frac{\frac{3,967 \cdot 3,967}{3,967 + 3,967}}{8} = 0,2479 \text{ A}$$

$$V = 12 \text{ Volt} \quad (\text{tegangan kerja})$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{0,2479} = 48,40336 \text{ A} \quad (\text{arus dinamometer})$$

Inti besi, solenoid :

Inti besi merupakan bagian utama stator dinamometer yang menghasilkan magnet besar dari bahan besi/baja dan di bentuk silinder bulat dengan panjang dan diameter tertentu untuk mendapatkan banyak lilitan.

$$L_s = 0,1 \text{ m} \quad (\text{panjang inti besi})$$

$$r_s = 0,025 \text{ m} \quad (\text{jari-jari inti besi})$$

$$K_{ell} = 2 \cdot \pi \cdot r_s = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,025 = 0,157 \text{ m}$$

$$A_s = \pi \cdot r_s^2 = 3,14 \cdot (0,025)^2 = 0,00196 \text{ m}^2 \quad (\text{luas penampang inti})$$

$$N_{lit} = \frac{\ell_k}{K_{ell}} = \frac{170}{0,157} = 1082 \text{ lilit} \quad (\text{jumlah lilitan})$$

Permeabilitas :

Permeabilitas adalah kemampuan suatu benda untuk dilewati garis gaya magnet. Permeabilitas dinyatakan dengan simbol μ (mu). Benda yang mudah dilewati garis gaya magnet disebut memiliki permeabilitas tinggi. Permeabilitas udara dan ruang hampa dianggap sama dengan satu. Untuk benda-benda yang lain, besarnya permeabilitas ditentukan dengan perbandingan terhadap udara atau ruang hampa, didapatkan permeabilitas relatif bahan (*relative permeability*).

$$\mu_{0(\text{udara})} = 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m (permeabilitas udara)}$$

$$\mu_{r(\text{besi})} = 150 \quad (\text{permeabilitas besi})$$

Medan magnet :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I \cdot N_{\text{lt}}}{2 \cdot \pi \cdot L} = \frac{12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 150 \cdot 48,40336 \cdot 1082}{2 \cdot \pi \cdot 0,1} = 3,0881$$

Tesla

Torsi :

$$T = B \cdot I \cdot A_s \cdot N_{\text{lt}} = 3,0881 \cdot 48,40336 \cdot 0,00196 \cdot 1082 = 317,64 \text{ Nm}$$

Daya :

$$n = 4000 \text{ rpm}$$

$$P = \frac{T_{\text{tot}} \cdot n}{9549} = \frac{317,64 \cdot 4000}{9549} = 133,057 \text{ kW}$$

Jadi dari hasil perhitungan di atas, daya yang direncanakan 130 kW bisa diterima.

b. Rotor.

Rotor merupakan bagian dinamometer yang berputar berupa dua buah piringan yang berhimpitan dengan kutub-kutub magnet stator. Karena berputar di medan magnet yang kuat tersebut menghasilkan Arus pusar (*eddy current*). Arus pusar ini menyebabkan panas pada piringan rotor tersebut, dari dimensi piringan rotor ini dapat di tentukan daya pendinginannya sbb :

Daya pendingin dinamometer :

Direncanakan :

$$D_1 = 0,15 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,28 \text{ m}$$

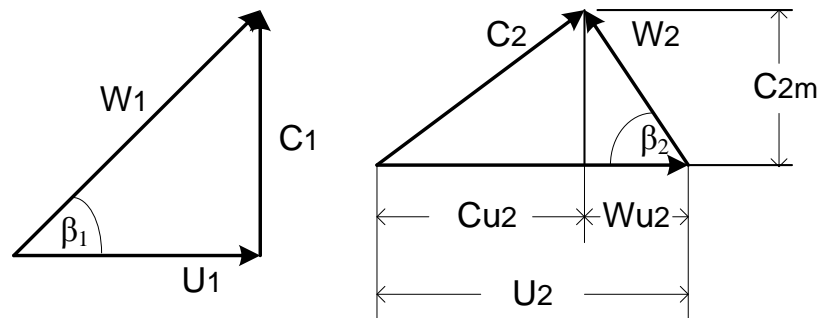
$$\beta_1 = 45^\circ$$

$$\beta_2 = 50^\circ$$

$$n \text{ (putaran)} = 4000 \text{ rpm}$$

$$b \text{ (lebar sudu)} = 0,033 \text{ m}$$

Perhitungan dapat dicari dari segitiga kecepatan dibawah ini,



Gambar 3.6 Segitiga kecepatan

Kecepatan tangensial U :

$$U_1 = \frac{D_1 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{0,15 \cdot 3,14 \cdot 4000}{60} = 31,4 \text{ m/s}$$

$$U_2 = \frac{D_2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{0,28 \cdot 3,14 \cdot 4000}{60} = 58,613 \text{ m/s}$$

Kecepatan sudut :

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4000}{60} = 418,67 \text{ m/s}$$

Kecepatan relatif :

$$W_1 = \frac{U_1}{\cos \beta_1} = \frac{31,4}{\cos 45} = 44,41 \text{ m/s}$$

Kecepatan absolut :

$$C_1 = \sqrt{W_1^2 + U_1^2} = \sqrt{44,41^2 + 31,4^2} = 54,1 \text{ m/s}$$

Debit :

$$Q = \pi \cdot D_1 \cdot b \cdot C_1 = 3,14 \cdot 0,15 \cdot 0,033 \cdot 54,1 = 0,81 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kecepatan pada:

$$C_{2m} = \frac{Q}{\pi \cdot D_2 \cdot b} = \frac{0,4585}{3,14 \cdot 0,28 \cdot 0,031} = 16,82 \text{ m/s}$$

$$W_2 = \frac{C_{2m}}{\sin \beta_2} = \frac{16,82}{\sin 50} = 21,96 \text{ m/s}$$

$$W_{u2} = W_2 \cdot \cos \beta_2 = 21,96 \cdot \cos 50^\circ = 14,11 \text{ m/s}$$

$$C_{u2} = U_2 - W_{u2} = 58,61 - 14,11 = 44,5 \text{ m/s}$$

$$C_2 = \sqrt{C_{2m}^2 + C_{u2}^2} = \sqrt{16,82^2 + 44,5^2} = 47,573 \text{ m/s}$$

Masa jenis udara, $\rho_{\text{udara}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$

Laju aliran masa :

$$\dot{m} = \rho_{\text{udara}} \cdot Q = 1,2 \cdot 0,48805 = 0,58566 \text{ kg/s}$$

Daya pendinginan yang dibutuhkan dengan $C_{u1} = 0$ adalah :

$$\begin{aligned} P &= \dot{m} (r_2 \cdot \omega \cdot C_{u2} - r_1 \cdot \omega \cdot C_{u1}) \\ &= 0,58566 (0,14 \cdot 418,67 \cdot 44,5 - 0) \\ &= 1527,521 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Poros :

Poros di buat dari baja St-60, dengan mempertimbangkan beban yang dipikul stator maupun rotor dan penempatan 4 buah bantalan bisa di tentukan sbb:

Daya rencana

$$P_D = 130 \text{ kW}$$

$$n = 4000 \text{ rpm}$$

Momen rencana,

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P}{n} = 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{130}{4000} = 31655 \text{ kg.mm}$$

Kekuatan tarik St- 60 dari tabel 2.1, diperoleh $\sigma_B = 600 \text{ N/mm}^2$

$$= 61,162 \text{ kg/mm}^2$$

Tegangan geser,

$$\tau_a = 18 \% \times \sigma_B = 18 \% \times 61,162 \text{ kg/mm}^2 = 11,009 \text{ kg/mm}^2$$

Diameter poros, dengan $K_t = 1,5$ dan $C_b = 1,2$

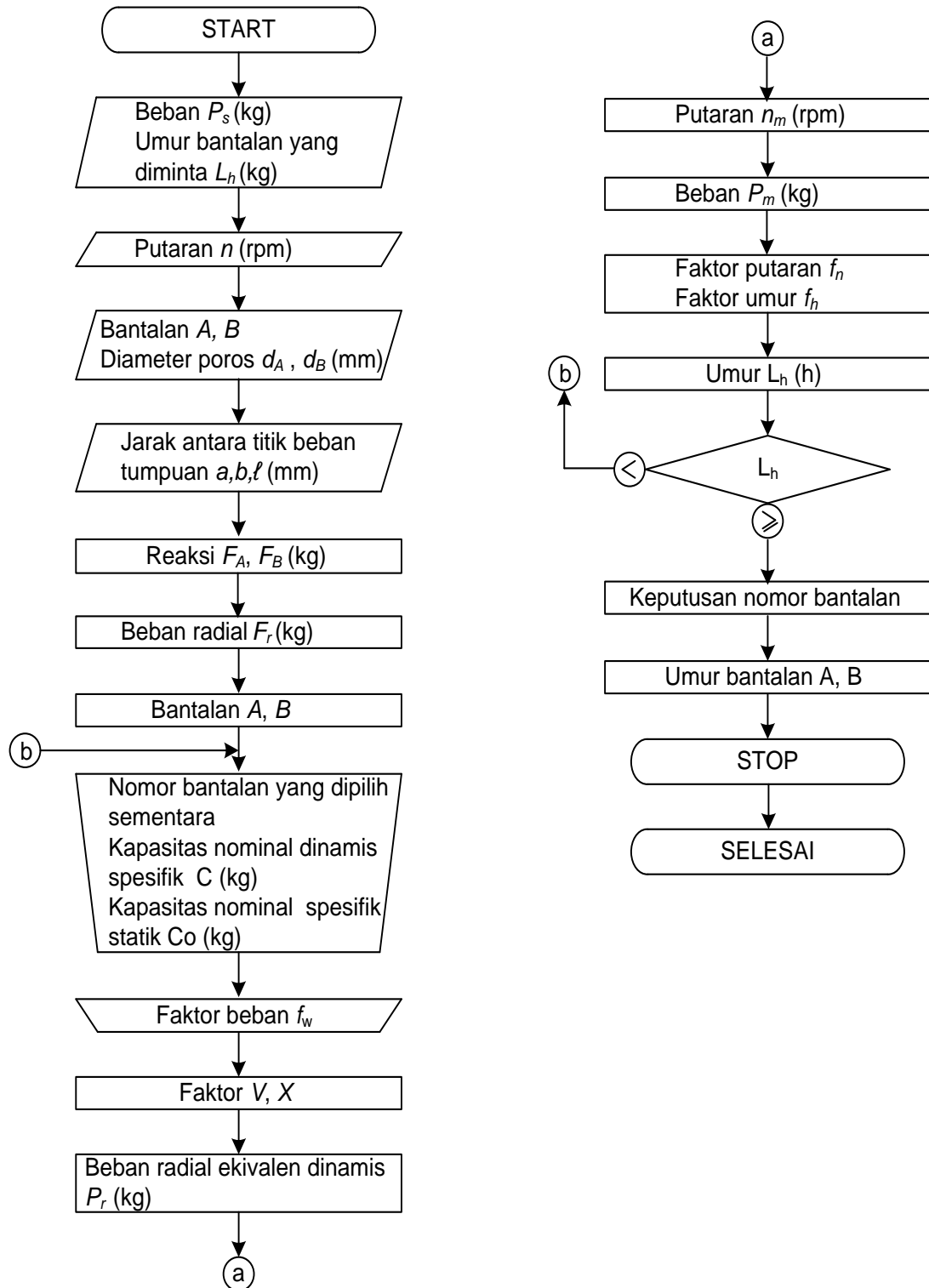
$$\begin{aligned}
 d_s &= \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{\frac{1}{3}} \\
 &= \left[\frac{5,1}{11,009} 1,5 \cdot 1,2 \cdot 31655 \right]^{\frac{1}{3}} \\
 &= 29,774 \text{ mm.} \\
 &= 2,9774 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas karena pertimbangan beban dan getaran, maka diameter poros yang dibuat direncanakan 4 cm.

c. Bantalan.

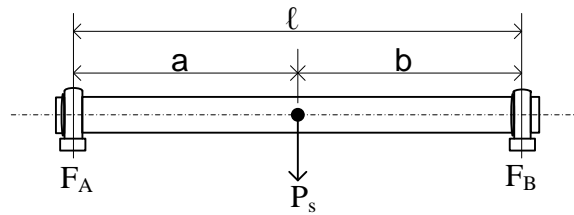
Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja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

Diagram alir untuk memilih bantalan



Gambar 3.7 Diagram alir pemilihan bantalan

Pemilihan bantalan :



Gambar 3.8 Distribusi beban bantalan

Beban, $P_s = 54 \text{ kg}$

Umur direncanakan, $L_h = 10000 \text{ h}$

$n = 4000 \text{ rpm}$

$d_A = d_B = 40 \text{ mm}$

$a = b = 148,5 \text{ mm}$

$l = 297 \text{ mm}$

Reaksi tumpuan, $F_A = F_B = P_s \cdot \frac{a}{l} = 54 \cdot \frac{148,5}{297} = 27 \text{ kg}$

$\sum F_r = 27 \text{ kg}$

Bantalan A dan B dimisalkan untuk UC208 seperti pada tabel 2.2 diperoleh,

Beban dinamis, $C = 29,1 \text{ kN} = 2966,361 \text{ kg}$

Dari tabel 2.2 diperoleh $V = 1$ dan $X = 0,56$

Beban radial ekivalen dinamis,

$$P_r = X \cdot V \cdot F_r = 0,56 \cdot 1 \cdot 27 = 15,12 \text{ kg}$$

$n_m = 4000 \text{ rpm}$

diambil proporsi frekuensi $q = 0,47$

Daya rata-rata ,

$$P_m = \sqrt[p]{\alpha \cdot P^p} = \sqrt[3]{4000 \cdot 0,47 \cdot 15,12^3} = 186,6112 \text{ kg}$$

Faktor putaran,

$$f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{1/3} = \left(\frac{33,3}{4000} \right)^{1/3} = 0,20267$$

Faktor umur,

$$f_h = f_n \cdot \frac{C}{P_m} = 0,20267 \cdot \frac{2966,361}{186,6112} = 3,22167$$

Umur bantalan,

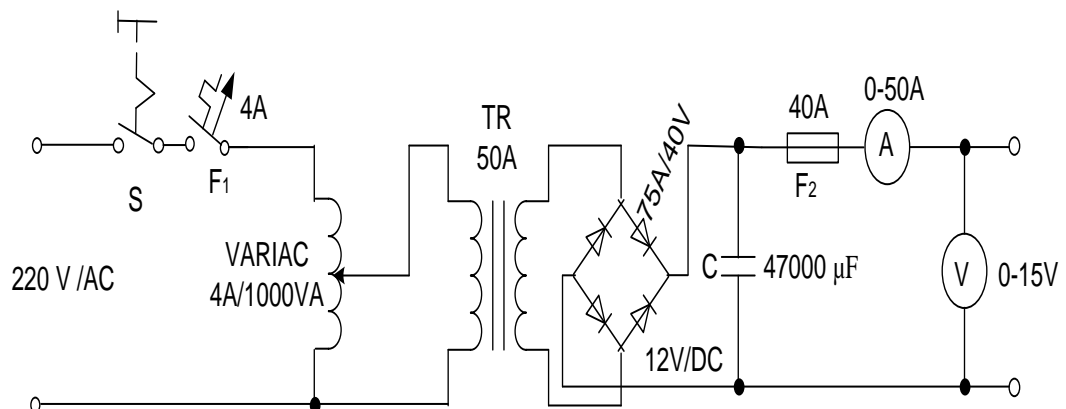
$$L_h = 500 \cdot f_n^3 = 500 \cdot 3,22167^3 = 16719 \text{ h}$$

Jadi, 16719 h > 10000 h, dapat diterima.

Sehingga ditetapkan nomer bantalan A dan B adalah UC208 dengan umur 16719 h.

d. *Power supply*

Untuk menghasilkan medan elektromagnet dibutuhkan Arus yang besar, untuk memenuhi kebutuhan tersebut di buatlah sumber daya. Dari perhitungan perancangan dinamometer tersebut, tegangan sumber yang dibutuhkan adalah sebesar 12 V dengan kemampuan arus 48 A searah (DC), rangkaianannya diperlihatkan seperti pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Rangkaian *power supply*

Keterangan :

- Sumber tegangan arus bolak balik 220 V
- S adalah saklar penghubung
- F₁ adalah MCB 4 A
- Trafo variabel atau variac, 4A/1000 VA
- TR adalah trafo, 50 A dengan tegangan keluaran 12 V/AC
- Penyearah dengan menggunakan dioda @ 75 A/ 40 V dengan keluaran tegangan 12 V /DC
- C adalah kapasitor 47000 µF

- h. F_2 adalah sekering DC 40 A
- i. A adalah alat ukur ampere meter 0-50 A/ DC
- j. V adalah alat ukur volt meter 0-15 V/DC.

3.3 Pembuatan

3.3.1 Alat Dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan dinamometer arus Eddy adalah:

- a. Alat yang digunakan
 - 1. Mesin las
 - 2. Mesin bubut
 - 3. Mesin gergaji
 - 4. Mesin bor
 - 5. Gunting
 - 6. Mal penggulung lilitan
 - 7. Penekuk plat

- b. Bahan yang digunakan
 - 1. Belitan/kawat tembaga
 - 2. Inti besi St-40
 - 3. Plat nylon
 - 4. Kertas prespan
 - 5. Sepatu kutub, plat besi St-35
 - 6. Baut
 - 7. Alumunium
 - 8. Plat besi ST-37
 - 9. Plat besi ST-60
 - 10. As ST-60
 - 11. Bearing SKF 6009-2R S1
 - 12. Bearing NTN UC208

3.3.2 Langkah Pembuatan

Dinamometer pendingin udara terdiri dari rotor dibuat dengan plat besi yang dilengkapi dengan sudu-sudu sebagai pendingin jumlahnya dua buah yang diletakkan di dua sisi stator yang dihubungkan dengan poros dari baja St-60, stator berisi inti besi berjumlah delapan yang diberi lilitan.

a. Inti besi

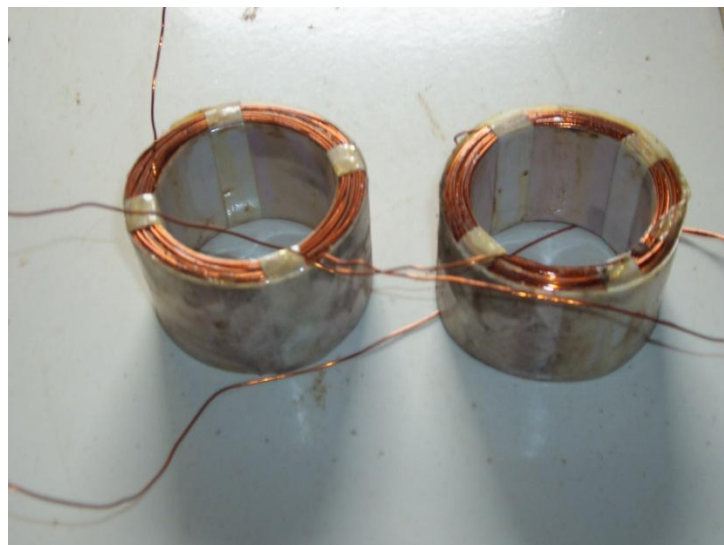
Inti besi pada dinamometer dibuat dari bahan baja St 40 sebanyak 8 buah dengan diameter 5 cm dan panjang 10 cm seperti terlihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Inti besi

b. Belitan

Belitan dari kawat tembaga email dengan diameter $0,75 \text{ mm}^2$ yang dililit diberi lapisan prespan seperti terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Belitan

c. Sepatu kutub

Sepatu kutub terbuat dari bahan St-35 sebanyak 16 buah seperti terlihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Sepatu Kutub

d. Poros

Pembuatan poros dari bahan ST-60 dikerjakan dengan mesin bubut dengan panjang 453 mm seperti terlihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Pembuatan Poros

e. Sudu

Sudu terbuat dari plat St-37 yang dihubungkan pada plat rugi-rugi yang terbuat dari plat besi St-60 berdiameter luar 29 cm, plat tersebut dihubungkan pada *housing* poros seperti terlihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Sudu

d. Perakitan Stator

Vertinax sebagai pengikat solenoid yang satu dengan lainnya. Inti besi dimasukkan ke vertinax, belitan yang sudah disiapkan dipasangkan pada inti besi dan diberi lapisan plat nylon, sepatu kutub dipasangkan pada kedua sisi inti besi kemudian di sekrup seperti yang terlihat pada gambar 3.15 (a) untuk mengetahui ketepatan kedudukan solenoid dan 3.15 (b) perakitan *housing* aluminium yang dipasang bearing dalam dengan nomor seri SKF 6009-2R S1 dua buah, kemudian dipasangkan poros.



(a)

(b)

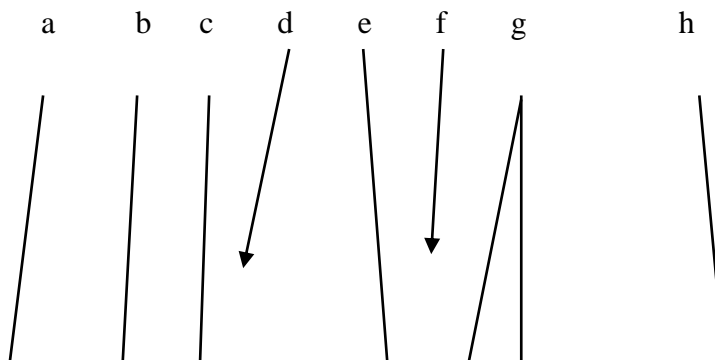
Gambar 3.15 Perakitan solenoid

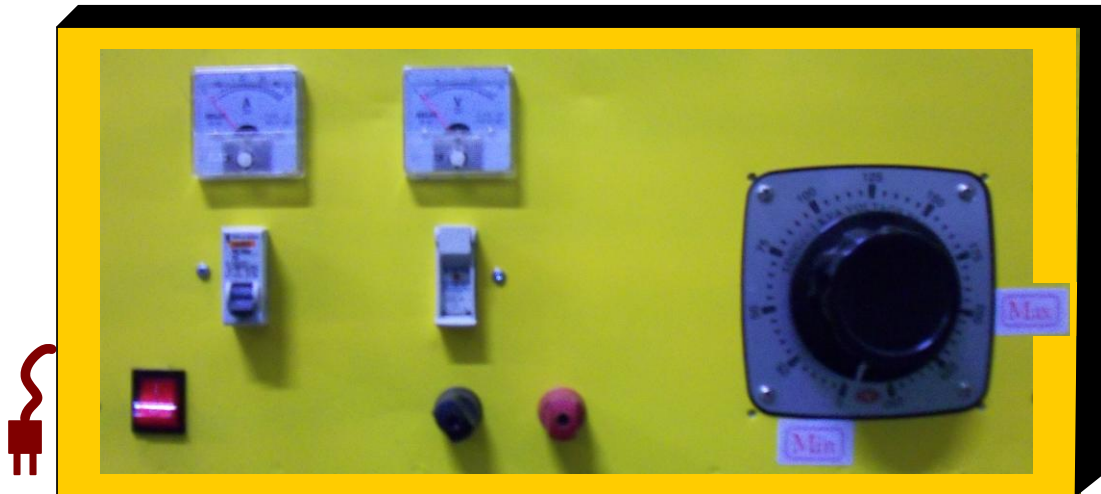


Gambar 3.16 Perakitan stator dengan poros

e. Sumber tegangan

Pemberian sumber tegangan pada dinamometer diatur oleh *power supply* sesuai kebutuhan. *Power supply* ini mempunyai tegangan maksimum DC 12 Volt, 50 A yang dirangkai pada gambar 3.8 ditempatkan dalam box panel seperti terlihat pada gambar 3.17





Gambar 3.17 *Power supply*

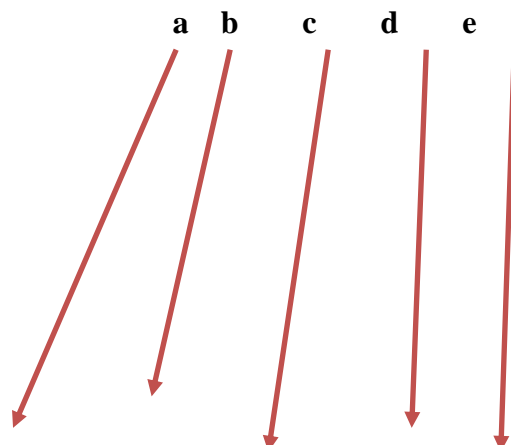
Keterangan :

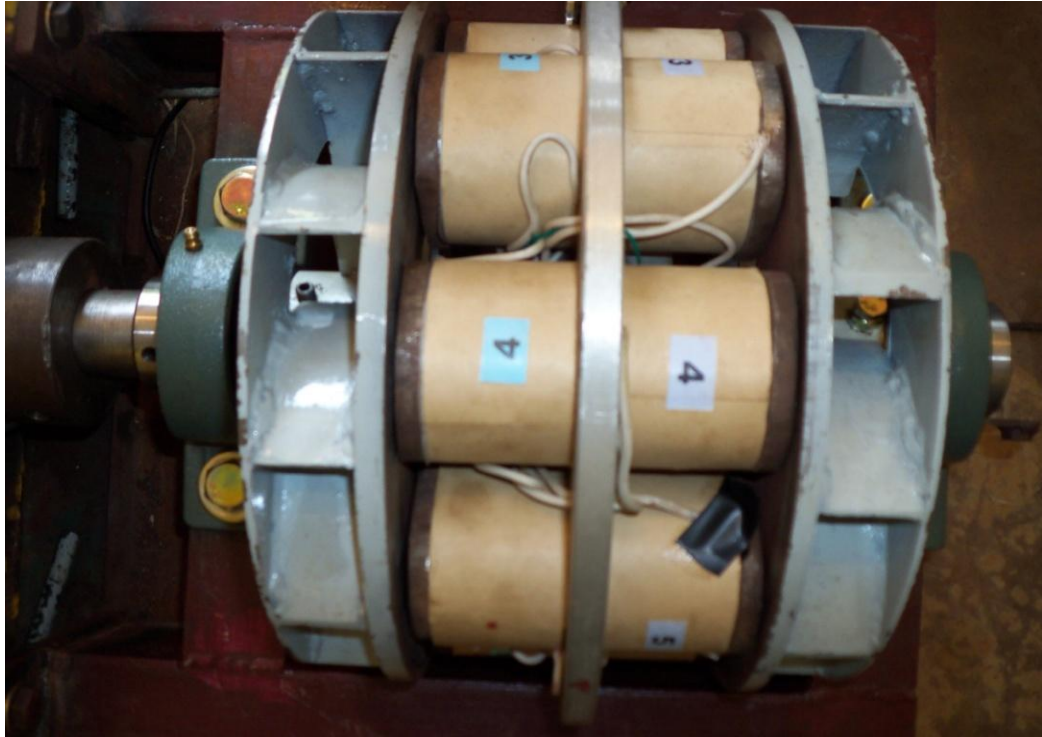
- a. Tusuk kontak sumber tegangan
- b. Saklar sumber
- c. MCB
- d. Ampere meter DC
- e. Sekering DC
- f. Voltmeter DC
- g. Terminal keluaran ke beban
- h. Variabel tegangan.

3.4 Pengukuran

3.4.1 Penetapan Titik Ukur Temperatur

Pada penelitian ini, dilakukan penetapan titik ukur temperatur pada Dinamometer seperti diperlihatkan digambar berikut ini :





Gambar 3.18 Penentuan titik ukur temperatur dinamometer arus Eddy

Keterangan :

1. Titik Ukur pada komponen yang bergerak yaitu :
 - a. Poros
 - b. Plat Sudu
 - c. Plat Rangka
2. Titik Ukur pada komponen yang diam yaitu :
 - d. *Coil*
 - e. *Alumunium Housing*.

a. Poros.

Penentuan pengukuran temperatur pada poros dinamometer untuk mengetahui seberapa besar temperatur itu supaya bisa memantau temperatur maksimumnya. Karena dengan mengetahui temperatur maksimum poros tersebut bisa untuk pembatasan temperatur pelumas vaselin di bantalan "*pillow block*" maupun bantalan "*housing*". Jika temperatur poros tertinggi melebihi temperatur maksimumnya pelumas vaselin tentunya tidak akan di ijin/diperbolehkan.

b. Plat Sudu.

Pengukuran temperatur pada plat sudu di lakukan untuk mengetahui besarnya kenaikan temperatur pada saat penambahan arus dinamometer dan perubahan kecepatan putar dinamometer, titik pengukurannya ada di tengah-tengah ketebalan plat sudu yang merupakan titik temperatur maksimumnya. Temperatur yang terjadi pada plat sudu ini merupakan suhu yang merambat dari plat rangka.

c. Plat Rangka.

Pada plat rangka ini merupakan plat berputar yang pertama menghasilkan temperatur yang disebabkan oleh arus pusar “*Eddy current*” dari induksi elektromagnetik di kutub-kutub magnet rotor yang diam. Semua titik ukur ditempatkan di tengah-tengah benda uji yang merupakan titik yang bisa di dapatkan temperatur yang maksimal. Temperatur yang timbul pada plat rangka ini diketahui untuk membatasi temperatur maksimum dari bahan plat yaitu besi ST 60.

d. Coil

Pengukuran temperatur pada coil dimaksudkan untuk mengetahui kenaikan temperatur yang timbul di lilitan tembaga berisolasi akibat adanya kenaikan arus yang mengalir lilitan, sehingga bisa mengetahui temperatur maksimumnya terutama jika dialiri arus yang terbesar yaitu 40 Ampere. Jika Temperatur lilitan maksimal bisa di ketahui, maka akan di ketahui juga apakah temperatur tersebut dapat melampaui temperatur maksimumnya dari isolasi tembaga tersebut. Seandainya melampaui maka coil (lilitan) tembaganya perlu diganti dengan lilitan yang spesifikasi suhu isolasi maksimumnya tinggi.

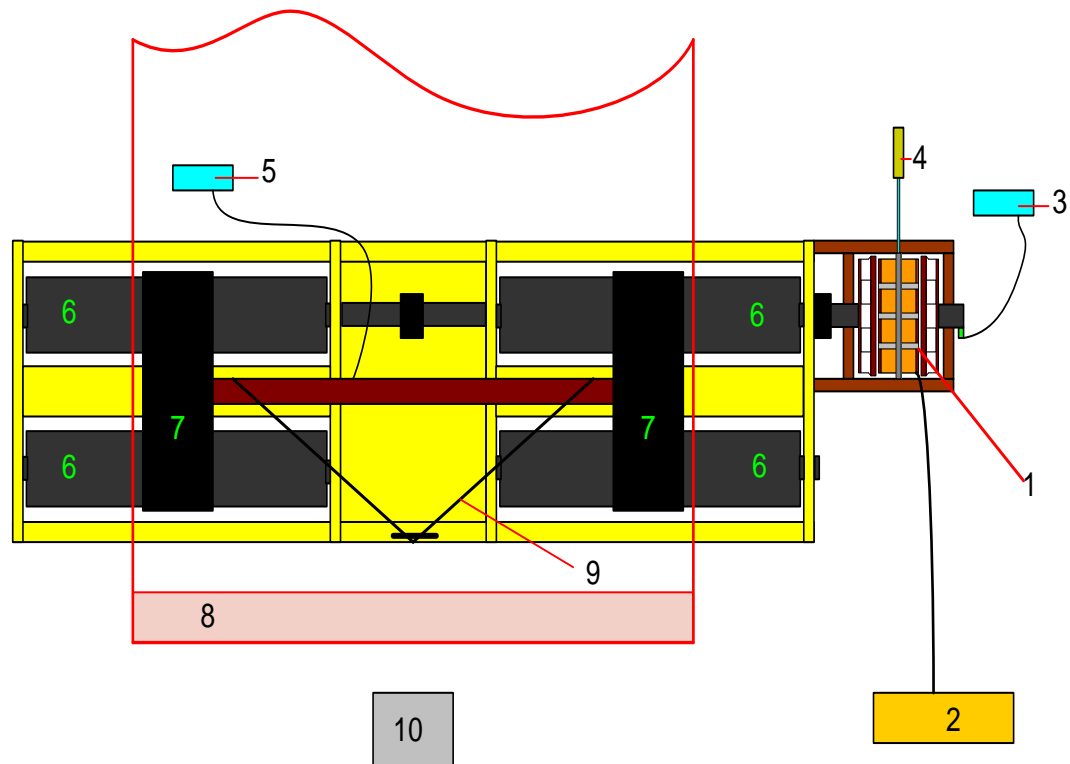
e. Aluminium Housing

Aluminium housing ini berfungsi sebagai dudukan 2 buah bantalan poros juga untuk mendudukan 8 buah besi silinder (solenoid) yang dililit oleh coil tembaga sebagai penghasil medan magnet. Temperatur yang timbul pada housing

ini lebih dikarenakan adanya rambatan-rambatan panas dari coil ke besi silinder baru ke aluminium housing.

3.4.2 Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan peralatan yang ada di Laboratorium Konversi Energi UNDIP, utamanya kendaraan roda empat dan roller yang dihubungkan satu poros dengan Dinamometer. Peralatan penelitian secara lengkapnya diperlihatkan pada diagram berikut :



Gambar 3.19 Peralatan Penelitian

Keterangan :

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| 1. Dinamometer arus eddy | 6. Roll penggerak |
| 2. <i>Power supply</i> | 7. Roda mobil |
| 3. Tachometer dynamometer | 8. Mobil. |
| 4. Timbangan beban | 9. Tali pengikat |
| 5. Tachometer engine | 10. Blower |

Peralatan yang paling penting, yang berkaitan dengan pengukuran temperatur adalah pengukur suhu infra merah (disebut juga thermometer radiasi) digital yang merupakan alat ukur tanpa menyentuh obyek benda yang di ukur, apalagi dalam penelitian ini benda yang diukur adalah benda yang berputar/bergerak. Metode ukurnya menggunakan seberkas titik sinar laser yang di tembakkan ke obyek benda uji. Kelebihan alat ini selain tidak usah menyentuh ke obyek benda uji juga lebih presisi karena sistemnya sudah digital. Gambar dari peralatan pengukur temperatur bisa dilihat dibawah ini.



Gambar 3.20 Termometer Infra merah digital

Peralatan per-komponen secara lengkapnya bisa dilihat pada halaman lampiran.

3.4.3 Tahapan Pengukuran.

Pada tahap awal dilakukan persiapan penempatan peralatan uji antara lain :

- a. menempatkan roda depan mobil KIA Picanto di atas roler



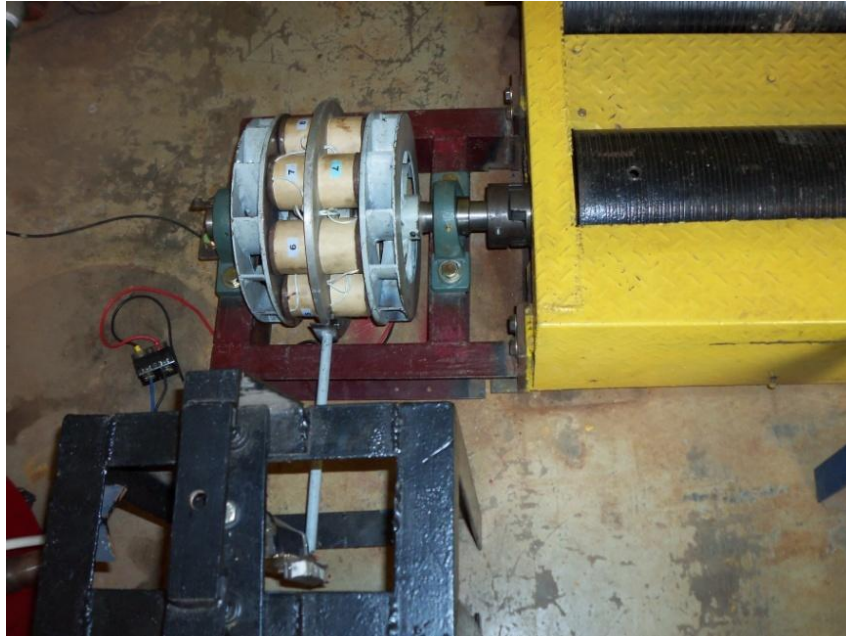
Gambar 3.21 Roda yang ditempatkan di Roler

- b. Supaya kuat dan roda mobil tidak bergeser ke-kiri atau ke-kanan, maka sasis di sebelah roda kiri dan kanan diikatkan ke tengah sasis roler.
- c. membuka tutup mesin mobil yang posisinya ada di depan blower.



Gambar 3.22 Mesin mobil yang terbuka

- d. memasang timbangan pada lengan stator dinamometer untuk mengukur torsi.



Gambar 3.23 Timbangan yang terpasang pada lengan dinamometer

e. memasang kabel power suplai untuk pemberian arus listrik ke dinamometer.



Gambar 3.24 Kabel yang terpasang pada sumber tegangan

f. memasang rpm meter untuk mencatat putaran dari dinamometer.



Gambar 3.25 Rpm meter digital yang terpasang ke-dinamometer
g. memasang rpm meter pada slot OBD II didalam mobil KIA Picanto.



Gambar 3.26 Rpm meter mesin mobil

Tahap
mempersiapkan/memasang
peralatan uji telah dipenuhi,
maka tahap selanjutnya



adalah memulai menjalankan prosedur pengukuran. Pada pengukuran ini kami menempatkan 3 orang yang masing-masing menjalankan dan mencatat data-data yang terukur pada semua alat ukur, yaitu 1 orang menjalankan mesin mobil dengan memberitahukan kecepatan mobil yang ditentukan untuk dicatat pada tabel rpm mesin. 1 orang mengatur sumber tegangan untuk menentukan besarnya arus yang masuk ke-dinamometer sambil mengukur temperatur yang ditentukan pada titik-titik ukur menggunakan thermometer infra merah dan 1 orang lagi hanya mencatat besaran-besaran yang terukur pada timbangan dan putaran dinamometer.



Gambar 3.27 Pengamatan, pengukuran dan pencatatan data uji

3.4.4 Prosedur pengukuran

Pada pengukuran ini ada beberapa langkah yang dijalankan yaitu :

- a. Menjalankan blower di depan mobil sebagai simulasi mobil yang berjalan dengan udara yang mengalir pada mobil.
- b. Mesin dinyalakan untuk mendapatkan putaran mesin yang diinginkan yaitu pada setiap tahap bertambah 500 rpm dimulai dari 1000 rpm sampai 5500 rpm atau 10 tahap.
- c. Arus dari sumber tegangan dimasukkan ke-dinamometer secara bertahap setiap 5 A dari 20 A sampai 40 A.

Pada setiap tahap arus dan putaran di catat semua data yang diukur yaitu : arus dinamometer dalam Ampere, torsi dinamometer dalam kg.m, putaran dinamometer dalam rpm dan temperature-temperatur yang timbul pada poros, plat sudu, plat rangka, coil dan alumunium housing semuanya dalam derajat celcius.

DAFTAR PUSTAKA

Montien Kaenson and **Sataporn Klylung**, *A 150-kW Low Cost Engine Hydrostatic Dynamometer: Design and Feasibility Study* Raksit THITIPATANAPONG Embedded System Tech. Res. Lab., National Electronic & Computer Technology Center, Thailand. Automotive Engineering Department, Faculty of Engineering, Sripatum University, Thailand.

James Kennicutt, *Discovering and Analyzing Magnetic Fields with Solenoids in Introductory Physics* Dept. of Physics, SUNY-Buffalo State College, 1300 Elmwood Ave, Buffalo, NY 14222
<jrk9@buffalo.edu>

Arons, A.(1997). *Teaching Introductory Physics*. New York, NY: John Wiley & Sons. Frankel, M. (2009, July 2). *Physics Simulations*, Retrieved from:

[http://phet.colorado.edu/simulations/index.php?cat=Electricity Magnets and Circuits](http://phet.colorado.edu/simulations/index.php?cat=Electricity_Magnets_and_Circuits)

Sawicki, C.A. (1997). *Magnetic field demonstration/mystery*. *The Physics Teacher*, 35(4), 227-229.

Tata Surdia, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1985.

William D. Callister, Jr.(2007) *Material Science and Engineering*, John Wiley & Sons, Inc, United States of America,.

Pintossi, F. (2003) *Investigation into the heat transfer and pressure losses in a high speed dynamometer*. Masters Thesis, Imperial College London,

Load Charts- Air-Cooled Eddy-Current Absorber

<http://www.land-and-sea.com/eddy-current-dynamometer/eddy-current-dynamometer-absorber-load-charts1.htm>. (diakses 18 Mei 2012)

Magtrol motor testing products description, “*Engine Dynamometers.*”

http://www.magtrol.com/motortesting/ed_dynamometers.htm. (diakses 12 Agustus 2011)

Magtrol motor testing products description, “*Eddy-Current Dynamometers.*”

http://www.magtrol.com/motortesting/wb_dynamometers.htm.

(diakses 12 Agustus 2011)

Niemen G, Budiman Anton, Priambodo Bambang, (1994), *Elemen Mesin Jilid 1*, Erlangga, Jakarta

Suga Kiyokatsu, Sularso, (2004), *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*, Pradnya Paramita, Jakarta.

Dietzel Fritz, Sriyono dakso, (1988), *Turbin, Pompa Dan Kompresor*, Erlangga, Jakarta

Frankel, M., Physics Simulations,
[http://phet.colorado.edu/simulation/index.php?](http://phet.colorado.edu/simulation/index.php?cat=Electricity%20Magnets%20and%20Circuit)

cat=Electricity Magnets and Circuit (diakses 2 juli 2011).

G. Wacau, (1989), *Drsection for use by the dynamometric*, Berlin “*Inside the Eddy-*

Current/ Powder Dynamometers.” [http://www.magtrol.com/motortesting/wbpb_dynamometer inside.htm](http://www.magtrol.com/motortesting/wbpb_dynamometer_inside.htm) (diakses 2 juli 2011)

Gillespie, Thomas D., (1994), *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale.

LAMPIRAN A

Magnetic Properties of Ferromagnetic Materials					
Material	Treatment	Initial Relative	Maximum Relative	Coercive	Remanent Flux
		μ	μ	Force (oersteds)	Density (gauss)
Iron, 99.8% pure	Annealed	150	5000	1.0	13
Iron, 99.95% pure	Annealed in hydrogen	10	200	0.05	13
78 Permalloy	Annealed, quenched	8	100	.05	7
Superpermalloy	Annealed in hydrogen, controlled cooling	100	1,000,000	0.002	7
Cobalt, 99% pure	Annealed	70	250	10	5
Nickel, 99% pure	Annealed	110	600	0.7	4
Steel, 0.9% C	Quenched	50	100	70	10,3
Steel, 30% Co	Quenched	...	...	240	9,5
Alnico 5	Cooled in magnetic field	4	...	575	12,5
Silmanal	Baked	...	...	6	550
Iron, fine powder	Pressed	...	...	470	6

LAMPIRAN B

Tabel kemampuan Arus kabel tembaga.

Luas Penampang mm ²	Ampere	Ampere Motor	Ohm/km
0.75	11	8.8	24.7
1	14	11.2	18.5
1.5	16	12.8	12.7
2.5	23	18.4	7.6
4	33	26.4	4.71
6	40	32	3.14
10	55	44	1.82
16	74	59.2	1.16
25	97	77.6	0.743
35	122	97.6	0.527
50	151	120.8	0.368
70	186	148.8	0.259
95	225	180	0.196
120	263	210.4	0.153
150	302	241.6	0.123
185	344	275.2	0.101
240	408	326.4	0.0763

LAMPIRAN C

C.1 Tabel Hitungan jumlah lilitan

A (luas penampang) (mm ²)	D (diameter) (mm)	Jumlah Lilitan	lebar Solenoid 5 cm/50 mm (lilitan)	Jumlah Lapisan (Tumpuk)	Tebal Lapisan mm
0,5	0,7981				
0,75	0,9775	520,5	51,15336418	10,17528384	9,94586
1	1,1287				
1,5	1,3823				
2,5	1,7846				
4	2,2573				
6	2,7647				
10	3,5692				

Tabel C.2 Daftar Hambatan Jenis

No.	Bahan	ρ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
1	Tembaga	0,0175
2	Nikel	0,130
3	Nikelin	0,400
4	Perak	0,016
5	Besi	0,135
6	Aluminium	0,029
7	Air raksa	0,942

<http://pakteo.wordpress.com/2011/02/20/hambatan-listrik/>

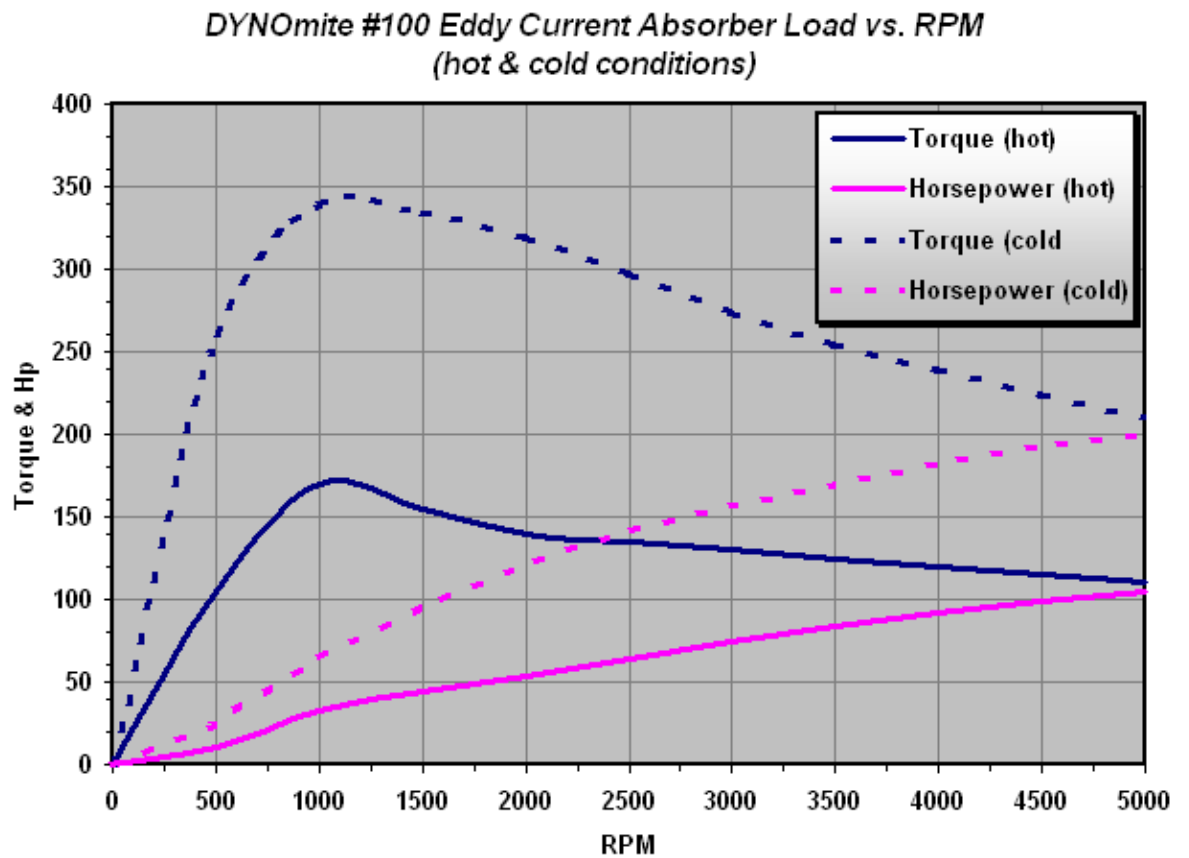
LAMPIRAN D

Tabel panjang kabel tembaga

Panjang Kawat l (m)	Tahanan			
	R (Ohm)	R (Ohm)	R (Ohm)	R (Ohm)
	0,75 mm ²	1 mm ²	1,5 mm ²	2,5 mm ²
150	3,5	2,625	1,75	1,05
151	3,523333333	2,6425	1,7616667	1,057
152	3,546666667	2,66	1,7733333	1,064
153	3,57	2,6775	1,785	1,071
154	3,593333333	2,695	1,7966667	1,078
155	3,616666667	2,7125	1,8083333	1,085
156	3,64	2,73	1,82	1,092
157	3,663333333	2,7475	1,8316667	1,099
158	3,686666667	2,765	1,8433333	1,106
159	3,71	2,7825	1,855	1,113
160	3,733333333	2,8	1,8666667	1,12
161	3,756666667	2,8175	1,8783333	1,127
162	3,78	2,835	1,89	1,134
163	3,803333333	2,8525	1,9016667	1,141
164	3,826666667	2,87	1,9133333	1,148
165	3,85	2,8875	1,925	1,155
166	3,873333333	2,905	1,9366667	1,162
167	3,896666667	2,9225	1,9483333	1,169
168	3,92	2,94	1,96	1,176
169	3,943333333	2,9575	1,9716667	1,183
170	3,966666667	2,975	1,9833333	1,19
171	3,99	2,9925	1,995	1,197
172	4,013333333	3,01	2,0066667	1,204
173	4,036666667	3,0275	2,0183333	1,211
174	4,06	3,045	2,03	1,218
175	4,083333333	3,0625	2,0416667	1,225

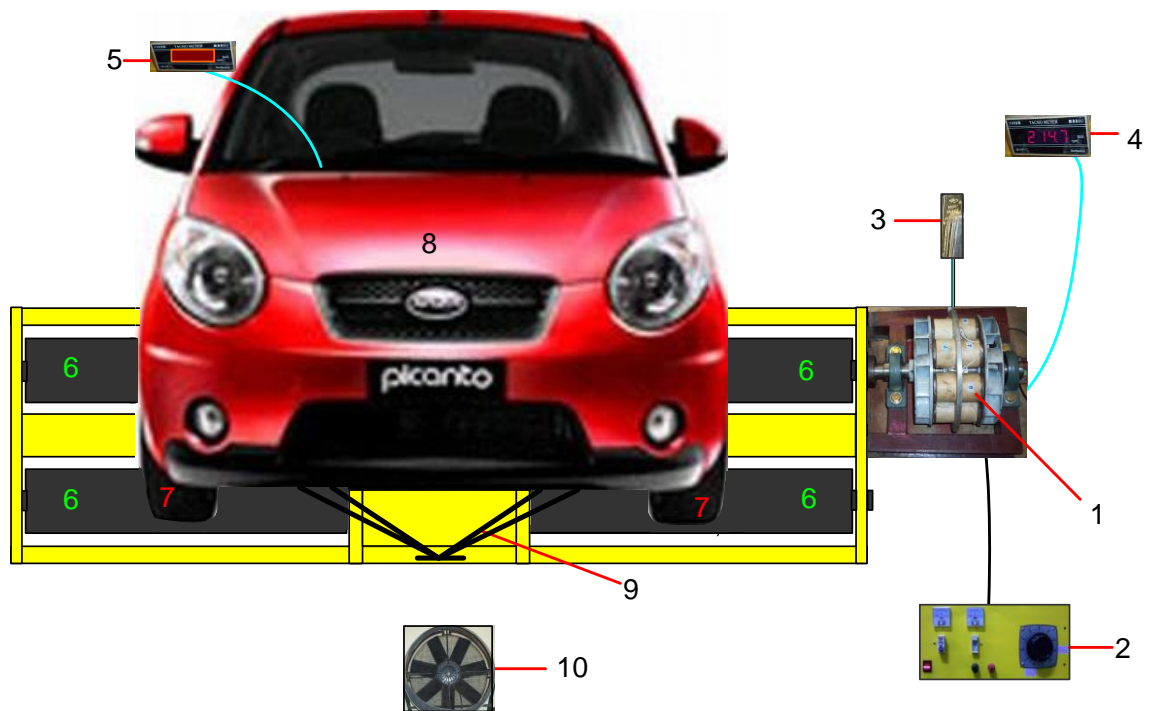
LAMPIRAN E

Kurva Torsi terhadap putaran Dinamometer



LAMPIRAN F

Unit instalasi pengujian dinamometer



LAMPIRAN G

Roller sasis dinamometer



LAMPIRAN H

H.1 Timbangan untuk beban



H.2. Tachometer untuk poros dinamometer



H.3. Tachometer untuk *engine*



H.4. Blower



H.5. Kurva Picanto

