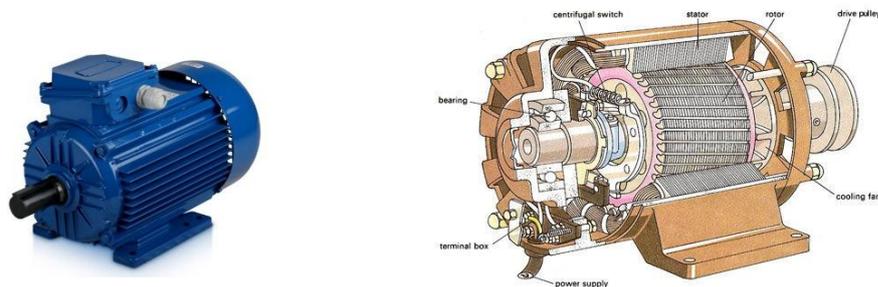


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Motor Listrik

Motor Listrik merupakan suatu peralatan listrik elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Adapun energi mekanik biasanya digunakan untuk aktivitas dilingkungan sekitar kita. Seperti pada industri energi mekanik ini dapat menggerakkan kompresor, dapat mengangkat beban berat. Motor listrik digunakan baik di lingkup rumah (bor listrik, kipas angin maupun pompa) dan industri. Motor listrik dalam dunia perindustrian dikenal dengan sebutan “kuda kerja”nya industri dikarenakan motor-motor menggunakan sekitar 65-70% beban listrik di industri. Baik di perusahaan swasta maupun BUMN.



Gambar 2.1 Motor Listrik

Adapun lebih mengetahui pengertian serta karakteristik motor listrik secara spesifik alangkah baiknya kita harus mengetahui tentang beban motor listrik. Beban bergantung pada keluaran tenaga putar atau torsi yang sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Secara umum beban dapat dikategorikan kedalam tiga divisi (BEE India, 2004) :

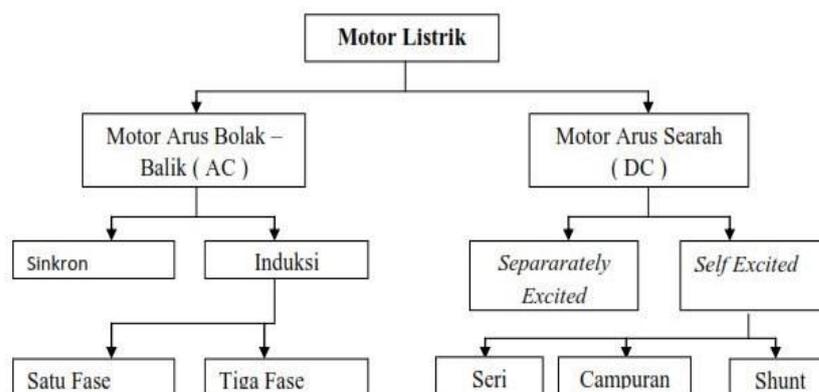
- a. Beban dengan energi konstan adalah beban yang memiliki permintaan torque yang berubah-ubah serta mempunyai kecepatan yang berbanding terbalik. Ada beberapa contoh dari peralatan-peralatan berkaitan dengan mesin biasanya beban memiliki daya konstan.

- b. Beban torque konstan adalah beban yang memiliki energi permintaan keluar yang begitu bervariasi (bermacam-macam) dengan kecepatan operasinya. Namun, torque (torsi) nya tidak mempunyai variasi. Salah satu contoh beban torsi konstan antara lain yaitu, rotary kilns, dan conveyors.
- c. Beban dengan variabel torque adalah beban yang memiliki torque (torsi) bervariasi dengan kecepatan operasinya. Contoh beban yang memiliki variabel torque (torsi) yaitu, fan (torque bervariasi sebagai kwadrat kecepatan) dan pompa sentrifugal.

Motor listrik memiliki fungsi yang terbalik dengan generator yaitu, mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik ada beberapa bagian, suatu bagian yang tetap (stator) dan bagian yang bergerak (rotor). Pada stator maupun rotor kumparan dililitkan, lalu Arus listrik mengalir pada kumparan yang dibentuk menjadi sebuah lingkaran atau loop dan beberapa loop yang dibentuk ini saat dialiri listrik akan menimbulkan sebuah energi magnet yang seringkali dikenal sebagai elektromagnetik. Adapun gaya magnet ini akan menimbulkan gaya tolak menolak apabila arah berlawanan dan energi mekanik dapat dihasilkan ketika rotor diputar.

## 2.2 Jenis-Jenis Motor Listrik

Motor listrik terdiri dari dua jenis utama, yaitu Motor Arus Searah (DC) dan Motor Arus Bolak-balik (AC). Motor tersebut diklasifikasikan berdasarkan pasokan input, mekanisme operasi dan konstruksi.



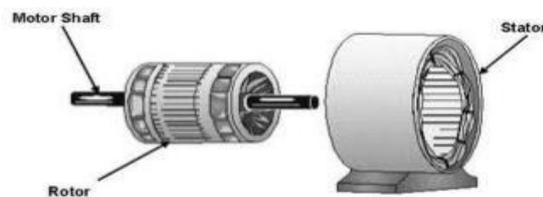
Gambar 2.2 Klasifikasi Motor Listrik

### 2.3 Motor Arus Bolak-Balik (AC)

Motor arus bolak-balik mempunyai Karakteristik dari motor AC (alternating current) antara lain perawatan dan perbaikan sangatlah sedikit, ketika daya sama maka ukuran fisik akan lebih kecil dari pada motor DC, serta mampu berkerja pada kecepatan diatas kecepatan yang tertera pada nameplate. Motor ini menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya rentang waktu tertentu secara teratur.

### 2.4 Motor Induksi

Motor induksi yang dapat merubah energi listrik menjadi energi gerak (mekanik) yang dipicu dari medan listrik. Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yang konstruksinya ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Konstruksi Motor Induksi

### 2.5 Kontruksi Motor Induksi

Motor induksi 3 fasa

Motor induksi 3 phasa merupakan salah satu cabang dari jenis motor listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak berupa putaran yang mempunyai slip antara medan stator dan rotor dengan sumber tegangan 3 fasa. Arus rotor motor ini bukan diperoleh dari suatu sumber listrik, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar.

Motor induksi 3 phasa merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling banyak digunakan untuk keperluan dalam kelangsungan proses suatu industri.

Konstruksinya yang sederhana dan kuat mendasari alasan keluasan pemakaiannya. Dengan menggunakan motor induksi 3 phasa, banyak hal yang bisa dilakukan. Salah satunya adalah dengan membalik arah putarannya sesuai

dengan yang diinginkan. Cara yang sering dilakukan dalam pembalikan arah putaran adalah dengan menukar .

Konstruksi motor induksi tiga fasa secara umum yang sering digunakan yaitu terdiri dari stator dan rotor. Stator adalah salah satu bagian dari mesin yang tidak bergerak ataupun berputar dan letaknya pada bagian luar. Sedangkan rotor adalah

bagian dari mesin yang terletak di dalam, rotor adalah bagian mesin yang dapat bergerak secara berputar. Konstruksi motor induksi 3 fasa dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.4 kontruksi Motor Induksi 3 fasa

### 2.5.1Bagian-bagian dari Motor Induksi 3 Fasa

Pada suatu motor induksi 3 phasa memiliki bagian-bagian utama sehingga dapat berfungsi dengan baik. Bagian-bagiannya terdiri dari :

#### A. Rotor



Gambar 2.5 Rotor

## B. Stator

Merupakan bagian yang diam pada motor induksi 3 fase. Stator terdiri dari banyak plat besi yang sama besar dengan rotor, mempunyai alur yang banyak yang diberi kumparan (lilitan) kawat tembaga yang telah terisolasi. Flux magnet akan timbul ketika kumparan stator mendapatkan tegangan (suplai) arus 3 fase. Akibatnya, induksi magnet memicu berputarnya rotor. Adapun kecepatan putaran rotor sama (sinkron) dengan kecepatan putaran stator.



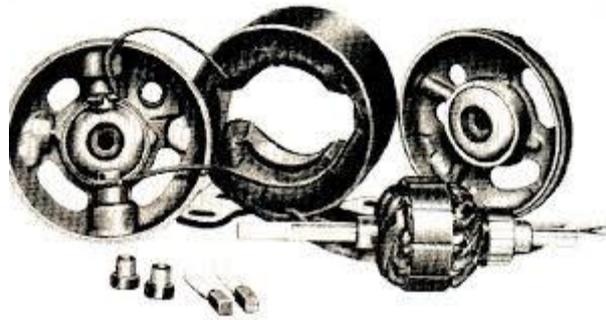
Gambar 2.6 Stator

- a. Rangka , adalah rangka tuang atau baja tuang
- b. Inti stator yang berupa lembaran baja khusus yang dilaminasi untuk mengurangi kerugian inti dari arus pusar ( Eddy current ) dan dipres langsung pada rangka , inti stator dibuat alur-alur pada bagian dalam yang melingkar untuk menempatkan belitan / kumparan stator
- c. Belitan stator terdiri tiga belitan yang identik dengan belitan fasa dan ditempatkan pada 120 derajat listrik disekeliling stator. Masing-masing belitan terdiri dari sejumlah kumparan yang dihubungkan seri dan menghasilkan jumlah kutub perfasa yang dibutuhkan.

## C. Tutup Rangka Motor

And plate atau tutup rangka mesin pada motor biasanya terdapat 2 buah, kedua buah tutup tersebut terletak pada bagian sisi sisi motor yang berfungsi sebagai dudukan bantalan untuk poros motor dan juga titik posisi atau poros

dengan rumah stator. End plate juga berfungsi sebagai pelindung untuk bagian dalam motor terhadap cuaca. Keandalan pergerakan poros suatu motor sangat dipengaruhi oleh akurasi dalam penempatan kedudukan tutup motor terhadap bantalannya dan juga rumah stator.



Gambar 2.7 Bagian Tutup Pada Motor

#### D. Bantalan (Bearing)

Bantalan atau yang biasa disebut dengan bearing, adalah bagian motor listrik yang berfungsi untuk mempercepat pergerakan putaran poros, mengurangi gesekan pada putaran, dan sebagai penstabil posisi poros terhadap gaya horizontal dan vertikal poros. Untuk perawatan bearing motor diperlukan pelumas untuk setiap bearing motor.



Gambar 2.8 Bantalan (Bearing)

#### E. Bagian Pendingin (Kipas)

Pemberian pendingin untuk suatu motor tergantung dengan besar kecilnya kapasitas motor yang digunakan. Untuk motor yang berkapasitas besar, maka diperlukan suatu sistem pendinginan yang semakin kompleks juga. Secara

ringkas bagian pendingin motor terdiri dari kipas, tutup kipas, dan juga sirip pendingin. Kipas terletak pada bagian poros yang berputar sehingga kecepatan putaran kipas sama dengan kecepatan poros putar motor. Kipas motor akan menghisap udara luar dan mendorong udara tersebut ke bagian sirip pendingin motor yang berada pada badan stator untuk membantu melepaskan panas yang ditimbulkan oleh motor saat sedang beroperasi.



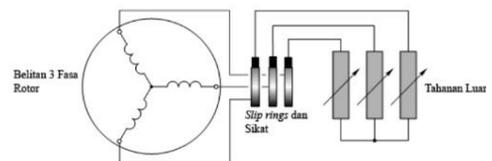
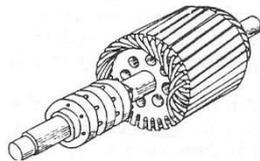
Gambar 2.9 Kipas Pendingin Motor

## 2.6 Jenis-jenis Motor Induksi 3 Fasa

Jenis-jenis Motor Induksi 3 fasa Berdasarkan bentuk rotornya :

### 1. Motor induksi 3 fasa rotor belitan

Motor induksi 3 fasa jumlah kutub kumparan yang sama pada rotor dan statornya, seringkali ditemukan bahwa motor dihubungkan Y, lalu ujung tiga kawat belitan rotornya dihubungkan pada slipring motor yang ada pada poros rotor. Adapun belitan rotor dihubungkan melalui sikat (brush). Motor ini memiliki arus start rendah tetapi memiliki torsi pada saat memulai tinggi.



(a) Bentuk rotor belitan (b) Skematik motor induksi rotor belitan

Gambar 2.10 a: Bentuk rotor belitan b: Skematik motor induksi rotor belitan

## 2. Motor Induksi 3 fasa rotor sangkar

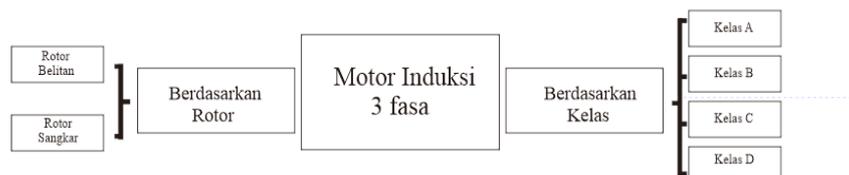
Motor induksi 3 fasa ini terdiri dari beberapa tumpukan lempengan besi yang dilaminasi serta dikelilingi oleh batang konduktor, lalu tumpukan besi yang telah dilaminasi disatukan sehingga membentuk inti rotor. Aluminium pada motor yang digunakan sebagai batang konduktor dimasukan pada slot inti rotor untuk membentuk serangkaian konduktor yang mengelilingi inti motor tersebut. Karakter dari motor induksi jenis ini ialah ketika motor start maka, motor ini memiliki arus awal tinggi dan torsi awal yang rendah serta overload yang tinggi. Motor ini memiliki faktor kerja yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor rotor belitan.



Gambar 2.11 Bentuk Rotor Sangkar

## 2.7 Karakteristik Motor Induksi

Klasifikasi Motor Induksi 3 Fasa Berdasarkan bentuk Rotor dan Kelas:



Gambar 2.12 Penggolongan Jenis Motor Induksi 3 fasa

### 1. Kelas A

### Karakteristik motor induksi 3 fasa kelas A

- 1) Memiliki torsi awal normal sekitar (150 – 170%) sedangkan torsi breakdownnya tinggi.
- 2) Memiliki tahanan rotor yang kecil sehingga mempunyai efisiensi yang tinggi.
- 3) Arus awal yang relatif tinggi serta slip rendah berkisar ( $0.00015 < \text{slip} < 0.005$ )
- 4) memiliki torsi beban yang kecil pada saat awal dan menuju putaran penuh termasuk dalam kategori cepat.
- 5) Biasanya sering digunakan pada fan dan pompa.

### 2. Kelas B

#### Karakteristik motor induksi 3 fasa kelas B

- 1) Torsi awal normal hampir sama seperti kelas A yaitu berkisar (150 – 170%).
- 2) Memiliki arus awal yang rendah , arus awal kelas B lebih kecil dibandingkan arus awal kelas A perkiraan 75%. Slip pada kelas B ini rendah ( $\text{slip} < 0.005$ ).
- 3) Rotor pada kelas B ini terbuat dari bahan plat (saklar ganda).
- 4) Dikarenakan rotor memiliki reaktansi yang tinggi maka arus awal (start) dapat diturunkan.
- 5) Mempunyai efisiensi dan faktor daya ketika motor berbeban penuh tinggi.
- 6) Biasanya digunakan pada fan, motor generator set dan blower.

### 3. Kelas C

### Karakteristik motor induksi 3 fasa kelas C

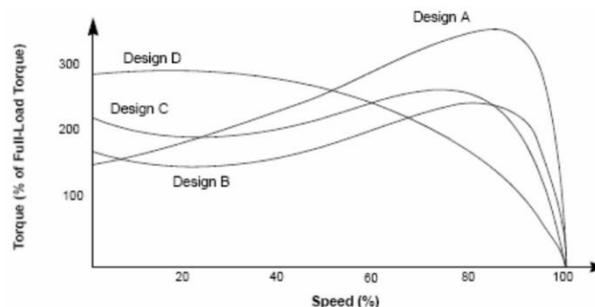
- 1) Memiliki torsi awal yang lebih tinggi (200%) dari nilai rating.
- 2) Memiliki arus awal dan slip yang rendah berkisar ( $\text{slip} < 0.005$ ).
- 3) Menggunakan spesifikasi sangkar rendah.
- 4) Reaktansinya lebih tinggi dibandingkan dengan kelas B.
- 5) Memiliki efisiensi yang rendah (lebih rendah dibandingkan kelas A dan B) dikarenakan ketika beban penuh memengaruhi terhadap slip sehingga slip cukup tinggi.
- 6) Biasanya digunakan pada belt conveyor, kompresor, fort dan crusher.

### 4. Kelas D

#### Karakteristik motor induksi 3 fasa kelas D

- 1) Memiliki torsi awal yang paling tinggi dibandingkan dengan kelas A, B maupun C.
- 2) Memiliki arus awal yang rendah dan slip yang tinggi.
- 3) Biasanya motor ini digunakan untuk aplikasi perubahan kecepatan yang mendadak pada motor.
- 4) Mempunyai efisiensi yang rendah ketika torsi maks slip 0.5 bahkan lebih, beban penuh slip 8% -15%.
- 5) Biasanya digunakan pada crane dan elevator.

#### Karakteristik Jenis Motor Induksi 3 fasa Berdasarkan Kelasnya.



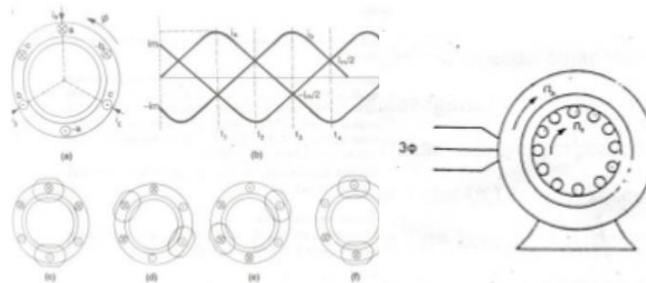
Gambar 2.13 Kurva karakteristik hubungan antara torsi dan kecepatan

## 2.8 Prinsip kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Ketika motor induksi tiga fasa diberikan suatu tegangan tiga fasa kepada kumparan stator pada motor maka akan timbul medan putar (flux medan stator) dan dengan kecepatan motor tersebut.

$$n_s = \frac{120f}{P}$$

$n_s$  = kecepatan sinkron  
 $f$  = frekuensi sumber  
 $p$  = jumlah kutub



Gambar 2.14 Medan Putar pada Stator

- a) Medan putar stator (flux medan stator) pada motor induksi tiga fasa akan memotong bagian batang konduktor motor.
- b) motor induksi tiga fasa akan menimbulkan induksi (GGL)

keterangan:

Rumus:

$$E_2 = 4,44 \cdot f_2 \cdot N_2 \cdot \dot{\phi} \dots \dots \dots (2.1)$$

- E = tegangan induksi ggl
- f = Frekuensi
- N = Banyak lilitan
- $\phi$  = flux

- c) Dikarenakan kumparan rotor motor induksi tiga fasa rangkaian yang tertutup, maka GGL (E) menghasilkan arus (I).
- d) Ketika terdapat arus di dalam medan magnet maka akan menimbulkan gaya pada motor induksi tiga fasa.
- e) Ketika suatu kopel mula dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor motor induksi cukup besar untuk memikul suatu kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator motor induksi.

- f) Tegangan induksi dapat timbul dikarenakan terpotongnya batang induktor atau rotor oleh medan putar stator (flus medan stator). Yang diartikan agar tegangan yang terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (fluks medan stator) atau  $n_s$  dengan kecepatan berputar rotor atau  $n_r$ .

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots\dots\dots( 2.2)$$

- g) Perbedaan kecepatan antara  $n_r$  dan  $n_s$  dapat disebut dengan slip atau  $s$  dinyatakan dengan :
- h) Bila  $n_r$  sama dengan  $n_s$  maka tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak akan mengalir pada kumparan jangkar atau rotor pada motor, dengan demikian itu tidak akan dihasilkan kopel.
- i) Pada motor induksi tiga fasa kopel motor akan ditimbulkan apabila  $n_r$  lebih kecil daripada  $n_s$ .
- j) Jika dilihat dari cara kerjanya, maka motor tak serempak ini dapat disebut juga motor induksi atau motor asinkron.

### 2.9 Daya Input

Daya yang diserap oleh motor yang sedang beroperasi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk sistem satu fasa, diasumsikan bahwa  $\cos \phi = 1$  (unity), sehingga persamaan diatas akan menjadi :

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots (2.4)$$

Dalam hal ini tegangan (V) dan arus (I) diperoleh dari hasil pengukuran, sehingga dengan cara ini nilai daya (P) yang diperoleh akan terjadi deviasi atau penyimpangan yang lebih besar dibandingkan dengan cara pengukuran langsung, karena dalam perhitungan juga akan dijumpai adanya error dalam pembulatan hasil perhitungan, disamping penyimpangan dalam pengukuran

### 2.10 Rugi – Rugi pada Motor Induksi

Seperti kita ketahui bahwa motor – motor listrik adalah suatu alat untuk mengkonversikan energi listrik menjadi energi mekanis. Keadaan ideal dalam sistemkonversi energi, yaitu mempunyai daya output tepat sama dengan daya input yang dapat dikatakan efesiensi 100%. Tetapi pada keadaan yang sebenarnya, tentu ada kerugian energi yang menyebabkan efesiensi dibawah 100%. Dalam sistem konversi energi elektro mekanik yakni dalam operasi motor – motor listrik terutama pada motor induksi, total daya yang diterima sama dengan daya yang diberikan, ditambah dengan kerugian daya yang terjadi, atau :

$$P_{in} = P_{out} + P_{rugi-rugi}.....(2.5)$$

Dimana :

$P_{in}$  : Total daya yang diterima motor

$P_{out}$  : Daya yang diterima motor untuk melakukan kerja

$P_{rugi-rugi}$  : Total kerugian daya yang dihasilkan oleh motor

Rugi-rugi daya dapat ditentukan setelah data-data parameter konstan berupa resistansi motor telah diketahui. Rugi-rugi daya yang terdapat pada motor induksi shaded pole sama dengan rugi-rugi daya yang terdapat pada motor induksi pada umumnya, yaitu

- Rugi-rugi tembaga.
- Rugi-rugi inti, yang ada pada bagian stator maupun rotor, terdiri dari : rugi-rugi inti histeresis dan rugi-rugi arus pusar
- Rugi-rugi gesekan.
- Rugi-rugi angin.

Dengan demikian rugi tembaga total :

$$P_{cu} = P_{cu1} + P_{cu2}$$

$$= I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 \dots \dots \dots (2.6)$$

Karena  $I_2 = a I_1$ , maka persamaan dapat juga ditulis dengan

$$P_{cu} = I_1^2 R_1 + (a I_1)^2 R_2$$

$$= I_1^2 (R_1 + a^2 R_2)$$

$$= I_1^2 R_{ek1}$$

atau dapat ditulis

$$P_{cu} = I_2^2 R_{ek2} \dots \dots \dots (2.7)$$

Jumlah total rugi-rugi pada motor adalah:

$$P_{rugi\ total} = \text{Rugi-rugi Cu} + \text{Rugi inti} \dots \dots \dots (2.8)$$

Besarnya rugi-rugi tembaga pada setiap perubahan beban dapat ditentukan dengan persamaan:

$$P_{t2} = \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^2 \times P_{t1} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

$P_{t2}$  = Rugi-rugi tembaga pada saat pembebanan tertentu.

$P_{t1}$  = Rugi-rugi tembaga beban penuh.

$S_2$  = Beban yang dioperasikan

$S_1$  = Nilai pengenal

## 2.11 Efisiensi Motor

Motor listrik tidak pernah mengkonversikan semua daya yang diterima menjadi daya mekanik, tetapi selalu timbul kerugian daya yang semuanya berubah menjadi energi panas yang terbuang. Efisiensi motor listrik dapat didefinisikan dari bentuk diatas, sebagai perbandingan dimana :

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100 \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\dots \dots \dots \frac{P_{\text{in}} - P_{\text{rugi-rugi}}}{P_{\text{in}}} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

$\eta$  : Efisiensi (%)

$P_{\text{in}}$  : Total daya yang diterima motor

$P_{\text{out}}$  : Daya yang diterima motor untuk melakukan kerja

$P_{\text{rugi-rugi}}$ : Total kerugian daya yang dihasilkan oleh motor

Dari persamaan diatas, perlu dipelajari faktor – faktor yang menyebabkan efesiensi selalu dibawah 100%. Untuk itu perlu diketahui kerugian daya apa saja yang timbul selama motor beroperasi.

## 2.12 Pengertian Boiler Feed Pump

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (suction) dengan bagian keluar (discharge). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

Boiler Feed Pump merupakan salah satu aplikasi penggunaan pompa sentrifugal berukuran besar pada industri pembangkit listrik tenaga uap. Pompa ini berfungsi untuk mengontrol dan mensupply air pada jumlah tertentu yang berasal dari tanki air (Feed Water Tank) menuju boiler dengan spesifikasi tekanan tertentu. Air tersebut sebelum masuk ke boiler biasanya mengalami pemanasan awal (pre-heating). Sehingga air yang dipompa oleh BFP juga memiliki temperatur tertentu yang cukup panas.

Pompa air pengisi ini dalam satu unit mempunyai dua buah pompa, yaitu pompa yang digerakkan dengan pompa listrik dan pompa yang digerakkan dengan turbin uap.

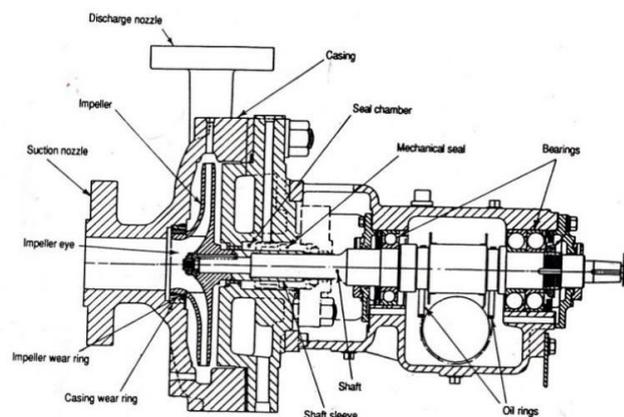
### **2.13 Pengoperasian Boiler Feed Pump**

Pompa dan blower atau fan sentrifugal memiliki prinsip kerja yang mirip, yaitu mengalirkan fluida serta mengubahnya dari tekanan rendah ke tekanan tinggi sebagai akibat adanya gaya sentrifugal yang dialami oleh fluida tersebut. Bedanya, bila pompa untuk mengalirkan cairan, blower atau fan untuk mengalirkan gas, udara misalnya. Menjalankan pompa dan blower/fan berkapasitas besar membutuhkan prosedur tertentu agar aman dan hemat listrik, sebab arus start pada umumnya cukup tinggi sehingga kalau salah prosedur start-up yang kita lakukan, bisa-bisa motornya akan terbakar hanya setelah beberapa kali distart-up.

Prosedur yang benar dalam men-start-up pompa atau blower/fan berkapasitas besar adalah dengan cara menutup aliran terlebih dahulu sebelum tombol start up di"on"kan dengan cara menutup katup (untuk pompa) atau damper (untuk blower atau fan) di saluran keluaran. Yang dimaksud "menutup" di sini adalah menutup katup atau damper 100% atau lebih dari sekitar 80%. Alasannya adalah pertama untuk mengurangi tingginya arus start up (yang berarti penghematan energi dan mengamankan motor) dan yang kedua, khususnya untuk blower atau fan, untuk mengurangi daya sedotan tinggi sehingga tidak ada barang atau bahkan orang (misalnya jika kita berdiri pas di

sisi masukan) yang tersedot masuk ke dalam impellernya sehingga dapat membahayakan kita atau merusak impeller. Dengan demikian khusus untuk fan atau blower sentrifugal, pada saat start up kita di larang berdiri pas di depan sisi masukan atau di sekeliling impeller. Hal yang kedua ini supaya kalau terjadi lepasnya sudu impeller tidak akan mengenai diri kita. Pengalaman menunjukkan pernah terjadi sudu impeller lepas dan casingnya sobek sehingga sudu tersebut terlempar. Arah lemparannya pasti radial atau ke sekeliling impeller. Baru setelah putaran impeller stabil pada putaran yang dikehendaki, katup atau damper boleh dibuka perlahan-lahan hingga tercapai debit aliran sesuai dengan yang diinginkan sambil dilihat daya motornya atau arus listriknya apakah sudah melewati batas yang diijinkan atau desainnya. Sebelum dayanya melewati batas yang dibolehkan hendaknya kita berhenti membuka katup atau damper, misalnya pada 90% dari daya motor.

## 2.14 Boiler Feed Pump



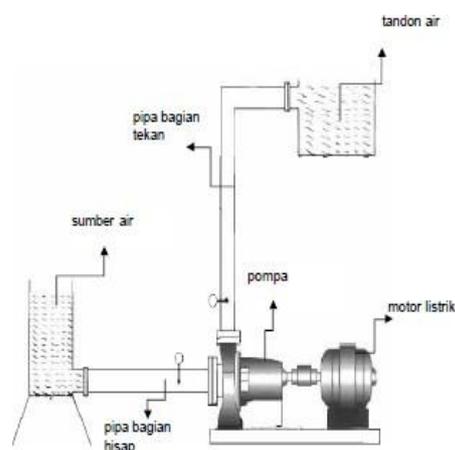
Gambar 2.15 Boiler Feed Pump

Boiler Feed Pump adalah pompa sentrifugal yang bekerja sebagai feed water pada sebuah Pembangkit Listrik tenaga Uap. Pompa ini berfungsi untuk mengontrol dan mensupply air pada jumlah tertentu yang berasal dari tanki air (Deaerator) menuju boiler dengan spesifikasi tekanan tertentu. Air tersebut sebelum masuk ke boiler biasanya mengalami pemanasan awal (pre- heating). Sehingga air yang dipompa oleh BFWP juga memiliki temperatur tertentu yang cukup panas dimana biasanya mencapai 131 bar dan 332°C.

## 2.15 Pengertian Pompa

Pompa merupakan salah satu jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan. Pompa beroperasi dengan membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (suction) dengan bagian keluar (discharge). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga penggerak (motor) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

Pada prinsipnya pompa mengkonversi energi mekanik dari suatu penggerak menjadi energi aliran pada fluida yang melaluinya. Dengan demikian pompa menaikkan energi fluida tersebut yang kemudian dapat digunakan untuk mengalirkan ke suatu tempat yang lebih tinggi dan mengatasi tahanan hidrolis dari pipa isap dan tekan, serta mempercepat aliran. Dari sudut pandang energi, pompa merupakan kebalikan dari motor atau mesin hidrolis dimana energi fluida diubah menjadi kerja mekanis.



Gambar 2.16 Instalasi Pompa

Industri-industri banyak menggunakan pompa sebagai salah satu peralatan bantu yang penting untuk proses produksi. Sebagai contoh pada pembangkit listrik tenaga uap, pompa digunakan untuk menyuplai air umpan ke boiler atau membantu sirkulasi air yang akan diuapkan di boiler.

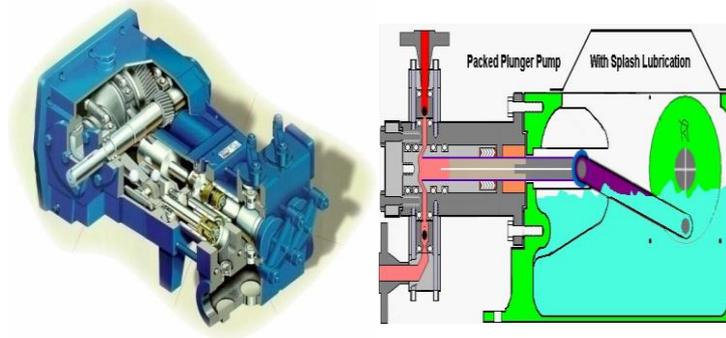
## 2.16 Klasifikasi Pompa

Berdasarkan Perubahan Bentuk Energi

Berdasarkan cara pemindahan dan pemberian energi (perubahan bentuk energi) pada cairan pompa dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu :

### A. Pompa Pemindah Positif (*Positive displacement pump*)

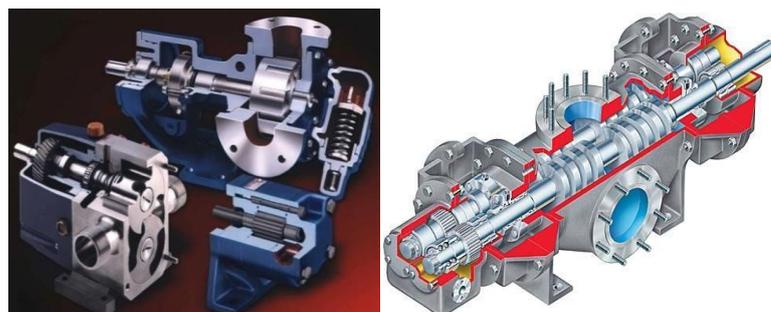
Adalah pompa dengan ruang kerja yang secara periodik berubah-ubah dari besar ke kecil atau sebaliknya selama pompa bekerja. Energi yang diberikan kepada cairan yang dipompakan ialah energi potensial, sehingga cairan berpindah secara volume per volume.



Gambar 2.17 Pompa Torak

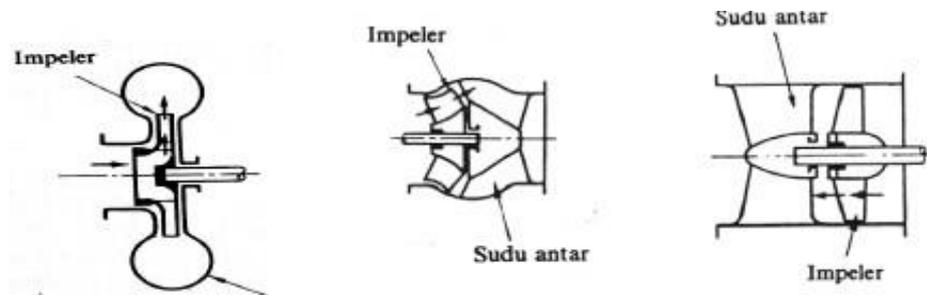
### B. Pompa Pemindah Non Positif (*non positive displacement pump*)

Adalah pompa dengan ruang kerja yang tidak berubah-ubah saat pompa bekerja. Energi yang diberikan pada cairan yang dipompakan adalah energi kecepatan, sehingga cairan yang berpindah karena adanya perubahan energi kecepatan yang kemudian diubah lagi menjadi energi mekanis dalam rumah itu sendiri.



Gambar 2.18 Pompa Roda Gigi Dan Pompa Ulir

## 2.17 Berdasarkan Jenis Impeller

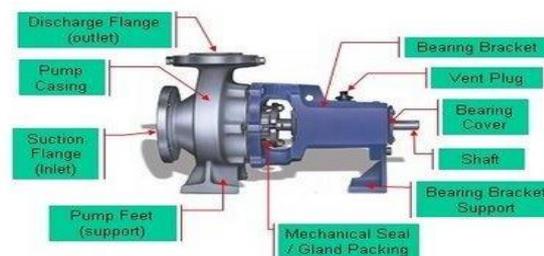


A. Pompa aliran radial B. Pompa aliran aksial C. Pompa aliran campur

Gambar 2.19 Klasifikasi Pompa Berdasar Jenis Impeller

Menurut jenis impeller pompa dapat dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu:

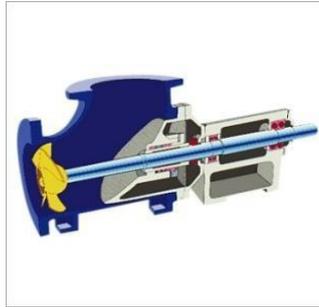
- A. Pompa aliran radial / sentrifugal Pada pompa ini impeller dipasang pada salah satu ujung poros dan pada ujung yang lain dipasang kopling untuk meneruskan daya dari penggerak. Impeller jenis ini dipakai pada pompa yang memerlukan head yang besar dengan kapasitas rendah..



Gambar 2.20 Pompa Aliran Radial/ Sentrifugal

- B. Pompa aliran aksial

Impeller jenis ini dipakai pada pompa yang memerlukan kapasitas besar dengan head yang rendah. Bentuk impeller yang sedemikian rupa menyebabkan aliran fluida yang melewati impeller tersebut bergerak sejajar dengan sumbu poros. Untuk mengubah head kecepatan menjadi head tekanan dipakai sudu antar yang berfungsi sebagai diffuser.



Gambar 2.21 Pompa Aliran Aksial

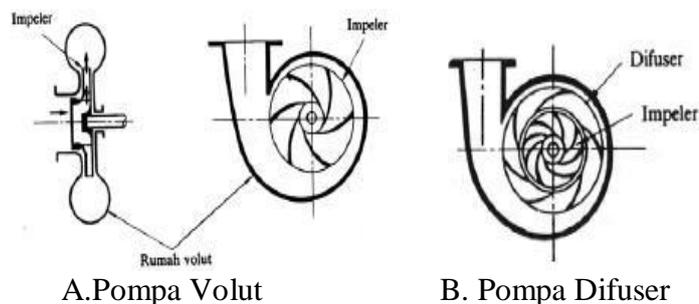
C. Pompa aliran campur

Pada pompa ini dipasang impeller yang dapat menghasilkan head dan kapasitas yang berada diantara aksial dan radial. Pompa aliran campur mempunyai konstruksi menyebabkan aliran fluida yang melaluinya akan berbentuk kerucut mengikuti bentuk impelernya. Impeller dipasang pada salah satu ujung poros dengan ditumpu oleh bantalan dalam, sedangkan pada ujung yang satu dipasang koping dengan bantalan luar di dekatnya, biasanya yang digunakan adalah bantalan gelinding. Untuk bantalan dalam dipakai jenis bantalan luncur yang dilumasi lemak.



Gambar 2.22 Pompa Aliran Campur

**2.18 Bentuk Rumah Pompa Volut/Pompa Difuser**

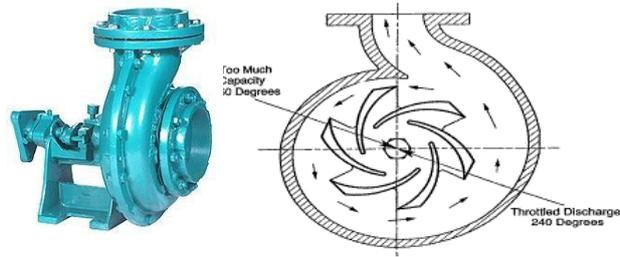


Gambar 2.23 Klasifikasi Pompa Berdasarkan Bentuk Rumah Pompa

Berdasarkan bentuk rumah pompa dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

### A. Pompa volut

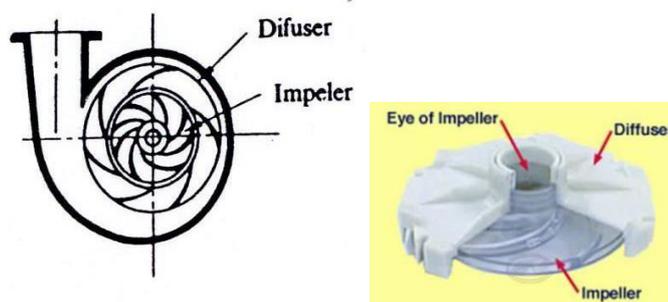
Adalah sebuah pompa sentrifugal dimana fluida yang melalui impeller secara langsung dibawa ke rumah volut.



Gambar 2.24 Pompa Volut

### B. Pompa difuser

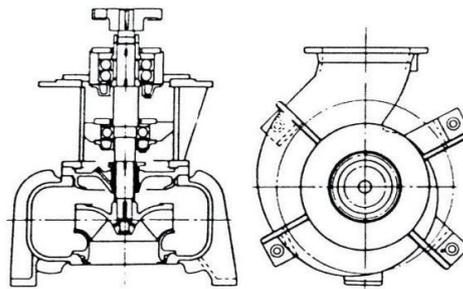
Adalah sebuah pompa sentrifugal yang dilengkapi dengan sudu difuser disekeliling luar impellernya. Konstruksi bagian-bagian lain pada pompa ini sama dengan pompa volut. Pada pompa difuser, dengan pemasangan sudu-sudu difuser pada sekeliling luar impelernya akan memperbaiki efisiensi pompa dan menambah kokoh rumah pompa. Dengan alasan itu, pompa jenis ini banyak dipakai pada pompa besar dengan head tinggi. Pompa ini juga sering dipakai sebagai pompa bertingkat banyak karena aliran fluida dari satu tingkat ke tingkat selanjutnya dapat dilakukan tanpa rumah volut.



Gambar 2.25 Pompa Difuser

### C. Pompa aliran campur jenis volut

Adalah pompa yang memiliki impeller jenis aliran campur dan sebuah rumah volut, disini tidak dipergunakan sudu-sudu difuser melainkan dipakai saluran yang lebar untuk mengalirkan fluida. Adapun impeller yang digunakan adalah jenis impeller setengah terbuka yaitu yang tidak memiliki tutup depan. Dengan demikian pompa dengan impeller setengah terbuka tidak mudah tersumbat oleh benda asing yang terisap dibanding pompa dengan impeller tertutup. Berbeda dengan pompa jenis tersebut, pompa aliran campuran sering tidak menggunakan difuser, tetapi rumah volut sehingga zat cair lebih mudah mengalir dan tidak tersumbat, pompa jenis ini banyak dipakai pada pengolahan limbah.



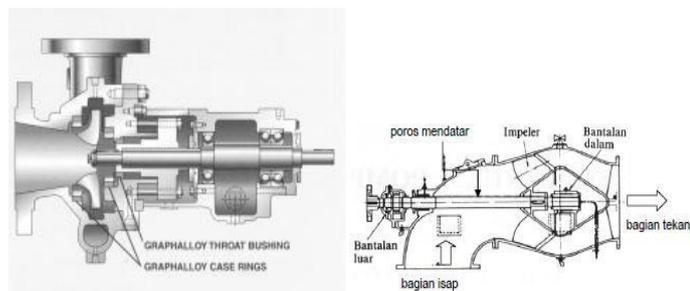
Gambar 2.26 Pompa Aliran Campur Jenis Volut

### 2.19 Letak Poros

Ditinjau dari letak poros, pompa dikategorikan menjadi dua yaitu:

#### A. Pompa jenis poros mendatar/horizontal

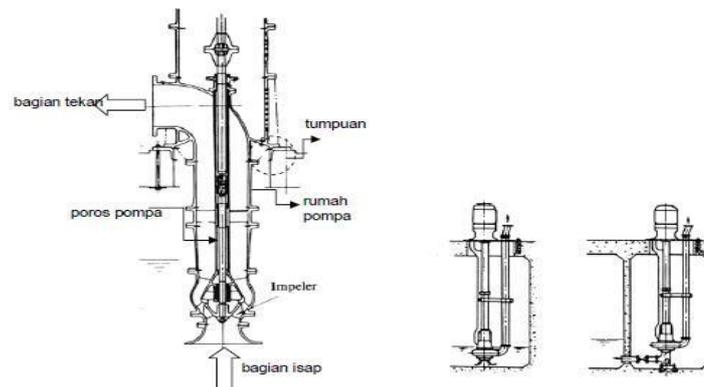
Pompa ini mempunyai poros dengan posisi mendatar.



Gambar 2.27 Pompa Jenis Poros Mendatar

## B. Pompa jenis poros tegak

Pompa poros tegak mempunyai poros dengan posisi tegak. Pompa aliran aksial dan campuran banyak dibuat dengan poros tegak. Rumah pompa dipasang dengan ditopang pada lantai oleh pipa yang menyalurkan zat cair keluar pompa. Posisi poros pompa adalah tegak dan dipasang sepanjang sumbu pipa air keluar dan disambungkan dengan motor penggerak pada lantai. Poros dipegangi dengan beberapa bantalan, sehingga kokoh dan biasanya diselubungi pipa selubung yang berfungsi untuk saluran minyak pelumas. Pompa poros tegak berdasar dari posisi pompanya ada dua macam yaitu pompa sumuran kering dan sumuran basah. Sumuran kering pompa dipasang di luar tadah hisap gambar, sedangkan sumuran basah sebaliknya.



Gambar 2.28 Pompa Poros Tegak

### 2.20 Sisi Isap Impeller

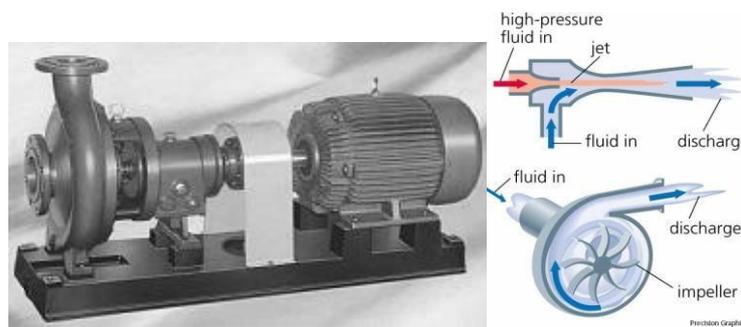


Gambar 2.29 Klasifikasi Pompa Sisi Isap Impeller

Dilihat dari belahan rumah, pompa dibagi menjadi dua yaitu:

### A. Pompa isapan tunggal

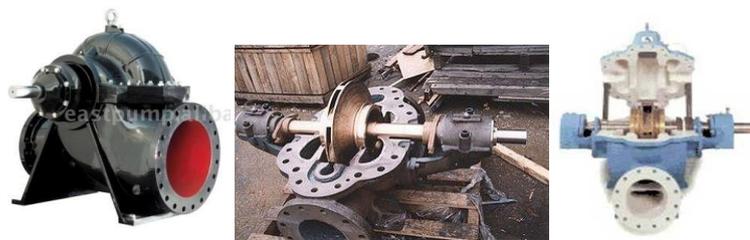
Pada pompa ini fluida masuk dari satu sisi impeller. Pompa isapan tunggal banyak dipakai karena konstruksinya sederhana. Permasalahan pada pompa ini yaitu tekanan yang bekerja pada masing-masing sisi impeller tidak sama sehingga akan timbul gaya aksial ke arah sisi isap. Hal ini dapat diatasi dengan menambah ruang pengimbang, sehingga tidak perlu lagi menggunakan bantalan aksial yang besar.



Gambar 2.30 Pompa Isapan Tunggal

### B. Pompa isapan ganda

Pompa ini memasukkan fluida dari kedua sisi impeller, disini poros yang menggerakkan impeller dipasang menembus kedua sisi rumah dan impeller dengan ditumpu oleh bantalan diluar rumah. Karena itu poros menjadi lebih panjang dibanding pompa jenis lain. Untuk pompa dua aliran masuk banyak dipakai pada pompa berukuran besar atau sedang. Kontruksi pompa ini terdiri dua impeler saling membelakangi dan zat cair masuk dari kedua sisi tersebut.



Gambar 2.31 Pompa Isapan Ganda

