

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pompa adalah salah satu jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memberikan energi kepada fluida, dimana fluida adalah zat cair, sehingga zat cair tersebut dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain. Dalam operasinya pompa perlu digerakkan oleh suatu penggerak mula, dalam hal ini dapat digunakan motor listrik maupun motor torak. Dalam menjalankan fungsinya tersebut, pompa mengubah energi poros untuk menggerakkan sudu-sudu (*impeller*) menjadi energi tekanan pada fluida. Sularso, Haruo Tahara (1994).

Salah satu jenis pompa yang banyak digunakan adalah pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal merupakan pompa yang sangat umum digunakan untuk pemompaan fluida seperti air, minyak dan lain-lain diberbagai industri. Dalam dunia industri, mengetahui performansi mesin seperti pompa sangat diperlukan. Beberapa parameter yang diperlukan untuk mengetahui performansi pompa yaitu kapasitas, head, daya, dan efisiensi. Dari parameter tersebut maka dapat diketahui apakah pompa tersebut masih mampu mengalirkan kapasitas yang sesuai kebutuhan atau tidak, mengetahui kondisi pompa yang masih bekerja dengan kondisi optimal atau tidak dan menetapkan waktu untuk melakukan pemeliharaan seperti penggantian komponen yang sudah rusak pada pompa tersebut.

Oleh karena itu maka penulis tertarik untuk melakukan pengujian Analisa variasi volume tabung terhadap tekanan kecepatan aliran, tinggi tekan dan debit pada pompa sentrifugal.

1.2. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pompa yang digunakan adalah pompa air listrik otomatis.
2. Parameter yang dihitung adalah tekanan, tinggi tekan, dan debit.
3. Dalam pengujian ini dilakukan perbandingan 3 variasi *water pressure tank* serta 3 variasi bukaan katup 0%, 50%, 100%

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa pengaruh variasi volume *water pressure tank* terhadap tekanan pada pompa air listrik otomatis.
2. Menganalisa pengaruh variasi volume *water pressure tank* terhadap tinggi tekan pada pompa air listrik otomatis.
3. Menganalisa pengaruh variasi volume *water pressure tank* terhadap debit air pada pompa air listrik otomatis.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Menghasilkan informasi dalam menentukan penggunaan *water pressure tank* pada pompa air listrik otomatis

2. Menghasilkan informasi pengaruh variasi volume *water pressure tank* terhadap performansi pompa.

1.5. Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data dalam tugas akhir ini, dilakukan dengan cara :

1. Studi Lapangan, dimana penulis melakukan pengamatan langsung dari alat pompa air listrik otomatis dengan *water pressure tank*.
2. Study Literature, dimana penulis melakukan pemahaman dari buku-buku, jurnal, artikel dari website yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini.
3. Melakukan diskusi dengan dosen pembimbing.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pompa

Pompa adalah salah satu jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memberikan energi kepada fluida, dimana fluida adalah zat cair, sehingga zat cair tersebut dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain. Dalam operasinya pompa perlu digerakkan oleh suatu penggerak mula, dalam hal ini dapat digunakan motor listrik maupun motor torak. Dalam menjalankan fungsinya tersebut, pompa mengubah energi poros untuk menggerakkan sudu-sudu (*impeller*) menjadi energi tekanan pada fluida. Sularso, Haruo Tahara (1994).

Industri – industri maupun rumah tangga menggunakan pompa sebagai salah satu peralatan bantu yang penting untuk menyuplai air agar dapat melakukan proses produksi. Sebagai contoh pada pembangkit listrik tenaga uap, pompa digunakan untuk menyuplai air ke dalam boiler, ke instalasi – instalasi yang membutuhkan air. Pompa juga banyak digunakan untuk mensirkulasikan air atau minyak pelumas sebagai pendingin mesin – mesin industri. Pompa juga dipakai pada pesawat terbang yaitu sebagai pompa hidrolis, bahan bakar dan lain sebagainya.

2.2. Klasifikasi Pompa

Pompa dapat diklasifikasi dalam beberapa cara yang berbeda, misalnya berdasarkan kondisi kinerjanya, cairan yang dipindahkan, bentuk elemen yang

bergerak, jenis penggeraknya, serta berdasarkan cara menghantarkan fluida dari pipa hisap ke pipa tekan. Astu Pudjanarsa, Djati Nursuhud (2006).

2.3. Pompa Perpindahan Positif

Pompa perpindahan positif disebut juga dengan pompa aksi positif. Energi mekanik dari putaran poros pompa dirubah menjadi energi tekanan untuk memompakan fluida. Pada pompa jenis ini dihasilkan head yang tinggi tetapi kapasitas yang dihasilkan rendah. Yang termasuk jenis pompa ini adalah :

2.3.1. Pompa Berputar

Pompa berputar adalah pompa yang menggerakkan fluida dengan menggunakan prinsip rotasi. Vakum terbentuk oleh rotasi dari pompa dan selanjutnya menghisap fluida masuk. Keuntungan dari tipe ini adalah efisiensi yang tinggi karena secara natural ia mengeluarkan udara dari pipa alirannya, dan mengurangi kebutuhan pengguna untuk mengeluarkan udara tersebut secara manual. pompa berputar dapat diklasifikasikan kembali menjadi beberapa tipe, yaitu :

1. Pompa Roda Gigi

Sebuah pompa *rotary* yang simpel dimana *fluida* ditekan dengan menggunakan dua roda gigi. Prinsip kerjanya saat antar roda gigi bertemu terjadi penghisapan fluida kemudian berputar dan diakhiri saat roda gigi terpisah sehingga fluida terlempar keluar.

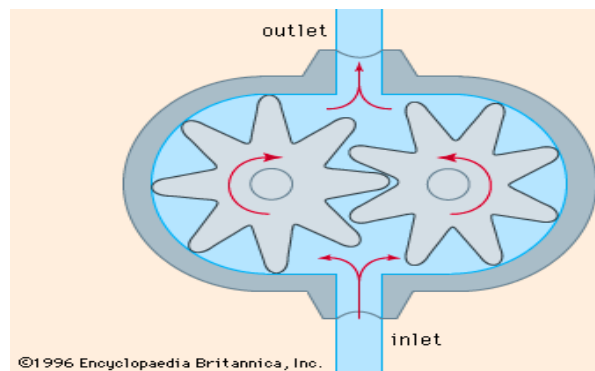
Keuntungan pompa roda gigi :

- a. Kapasitas konstan pada putaran tertentu.

- b. Arah pemompaan dapat dibalik.
- c. Ringan, menghemat tempat.
- d. Dapat memompa cairan yang mengandung uap dan gas.

Kekurangan pompa roda gigi :

- a. Cairan harus relative bersih
- b. Poros harus diberi *seal*.
- c. *Clearence* antar bagian – bagian yang berputar harus sekecil – kecilnya.
- d. Tidak diizinkan *fluida* padat.



Gambar 2.1 Pompa Roda Gigi

2. Pompa Sekrup

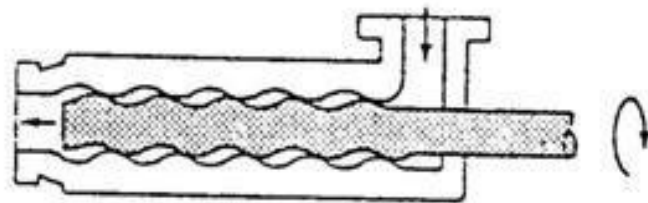
Pompa ini menggunakan dua ulir yang bertemu dan berputar untuk menghasilkan aliran *fluida* sesuai dengan yang diinginkan. Pompa sekrup ini digunakan untuk menangani cairan yang mempunyai viskositas tinggi, heterogen, sensitive terhadap geseran dan cairan yang mudah berbusa. Cara kerja pompa sekrup adalah zat cair masuk pada lubang hisap, kemudian ditekan diulir yang mempunyai bentuk khusus. Dengan bentuk ulir tersebut, zat cair masuk ke ruang antara ulir – ulir, ketika ulir berputar, zat cair terdorong ke arah lubang pengeluaran.

Keuntungan pompa sekrup :

- a. Efisiensi total tinggi.
- b. Kemampuan hisap tinggi
- c. Aliran konstan dan lancar
- d. Desain sederhana.

Kekurangan pompa sekrup :

- a. Harga relative lebih mahal.
- b. Untuk tekanan tinggi, memerlukan elemen pompa yang Panjang.



Gambar 2.2 Pompa Sekrup

3. Pompa Baling Geser

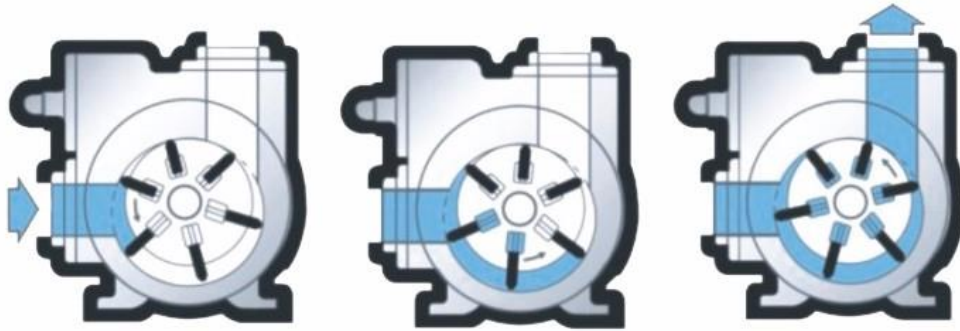
Pompa baling geser memiliki prinsip yang serupa dengan kompresor *scroll*, yang menggunakan rotor silindrik yang berputar secara harmonis menghasilkan tekanan *fluida* tertentu. Prinsip kerjanya baling – baling menekan lubang rumah pompa oleh gaya sentrifugal bila motor diputar. Fluida yang terjebak diantara dua baling – baling dibawa berputar dan dipaksa keluar dari sisi buang pompa.

Keuntungan pompa baling geser :

- a. Mengkompensasi keausan melalui perpanjangan baling – baling.

Kerugian pompa baling geser :

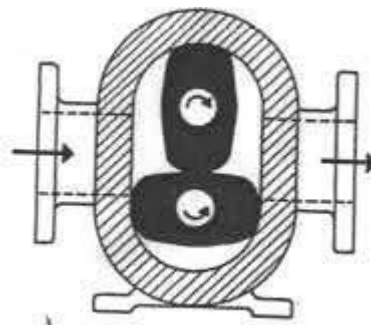
- a. Tidak cocok untuk fluida viskositas tinggi.
- b. Tidak cocok untuk tekanan yang tinggi.



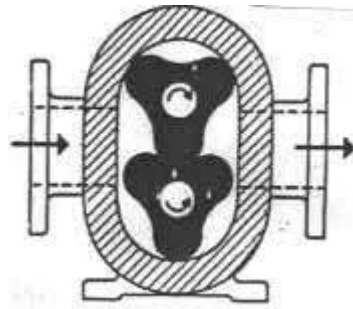
Gambar 2.3 Pompa Baling Geser

4. Pompa Cuping

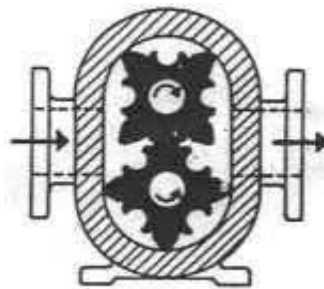
Pompa cuping mempunyai dua rotor, baik untuk cuping dua, tiga maupun empat masing – masing cupingnya tetap mempunyai dua rotor. Pompa tiga cuping mempunyai efisiensi lebih baik dibanding dengan dua cuping, begitu seterusnya. Namun dari segi pembuatannya lebih sulit. Prinsip kerja pompa. Cuping adalah kedua rotor berputar serempak dengan arah saling berlawanan di dalam sebuah casing. Sumbu gigi dari rotor selalu membentuk sudut 90^0 terhadap sumbu gigi rotor yang lain.



pompa dua cuping



pompa tiga cuping



pompa empat cuping

Gambar 2.4 Pompa Cuping

2.4. Pompa Torak

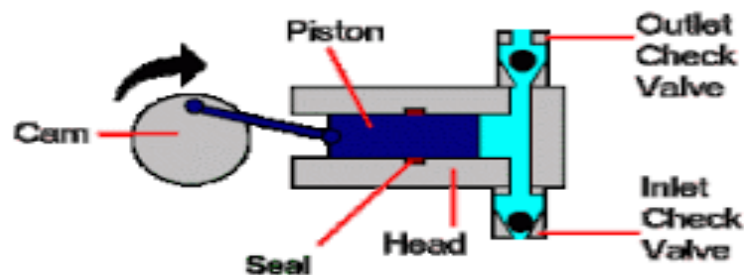
Pada pompa ini, tekanan dihasilkan oleh gerak bolak – balik translasi dari elemen – elemennya, dengan perantaran *crankshaft*, *camshaft*, dan lain-lainnya. Pompa jenis ini dilengkapi dengan katup masuk dan katup buang yang mengatur aliran fluida keluar atau masuk ruang kerja. Katup – katup ini bekerja secara otomatis dan derajat pembukaannya tergantung pada fluida yang dihasilkan. Tekanan yang dihasilkan sangat tinggi, yaitu lebih dari 10 atm. Kecepatan putar rendah yaitu 250 sampai 500 rpm. Oleh karena itu, dimensinya besar dan sangat berat. Pompa ini banyak dipakai pada pabrik dan industry kimia untuk memompa cairan kental, dan untuk pompa air ketel pada PLTU.

Kelebihan pompa torak :

- a. Mempunyai tekanan yang tinggi, sehingga bisa dioperasikan pada system dengan *head* yang tinggi.

Kekurangan pompa torak :

- a. Aliran tidak kontinyu.
- b. Aliran tidak steady.
- c. Apabila perpindahan dilakukan oleh maju mundurnya jarum piston, pompa ini hanya digunakan untuk pemompaan cairan kental dan sumur minyak.



Gambar 2.5 Pompa Torak

2.5. Pompa Dinamik

Pompa dinamik terbagi menjadi beberapa macam yaitu pompa sentrifugal, pompa aksial, dan pompa spesial-efek (*special-effect pump*). Pompa-pompa ini beroperasi dengan menghasilkan kecepatan fluida tinggi dan mengkonversi kecepatan menjadi tekanan melalui perubahan penampang aliran fluida. Jenis pompa ini biasanya juga memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada tipe *positive displacement pump*, tetapi memiliki biaya yang lebih rendah untuk

perawatannya. Pompa dinamik juga bias beroperasi pada kecepatan yang tinggi dan debit aliran yang juga tinggi.

2.5.1. Pompa Spesial Efek

1. Pompa Jet-Eductor

Pompa Jet-Eductor (injector) adalah sebuah pompa yang menggunakan efek venturi dan nozzle konvergen-divergen untuk mengkonversi energi tekanan dari fluida bergerak menjadi energi gerak sehingga menciptakan area bertekanan rendah, dan dapat menghisap fluida di sisi suction. Prinsip kerja pompa Jet-Eductor menggunakan nozzle yang bekerja sesuai efek venturi sehingga mengkonversi energi tekan pada fluida menjadi energi gerak dan sisi suction (hisap) bertekanan rendah sehingga fluida dapat mengalir.



Gambar 2.6 Pompa Jet-Eductor

2. Pompa Gas Lift

Pompa gas lift adalah salah satu bentuk sistem pengangkatan buatan yang lazim digunakan untuk mengangkut fluida dari sumur-sumur minyak bumi. Sistem ini bekerja dengan cara menginjeksikan gas bertekanan tinggi kedalam anulus (ruang antara *tubing* dan *casting*), dan kemudian kedalam *tubing* produksi sehingga terjadi proses aerasi (*aeration*) yang mengakibatkan berkurangnya berat kolom

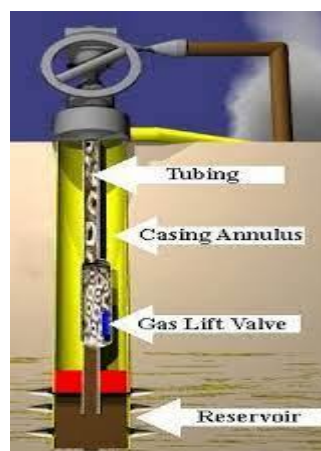
fluida dan *tubing*. Sehingga tekanan reservoir mampu mengalirkan fluida dari lubang sumur menuju dasilitas produksi dipermukaan.

Kelebihan pompa gas lift :

- a. Umur peralatan lebih lama.
- b. Biaya operasi lebih kecil.
- c. Gas lift tidak dipengaruhi oleh desain sumur.

Kekurangan pompa gas lift :

- a. Gas harus tersedia.
- b. Sentralisasi kompresor sulit untuk sumur-sumur dengan jarak jauh,
- c. Gas injeksi yang tersedia sangat korosif, kecuali diolah sebelum digunakan.



Gambar 2.7 Pompa Gas Lift

3. Pompa *Hydraulic ram*

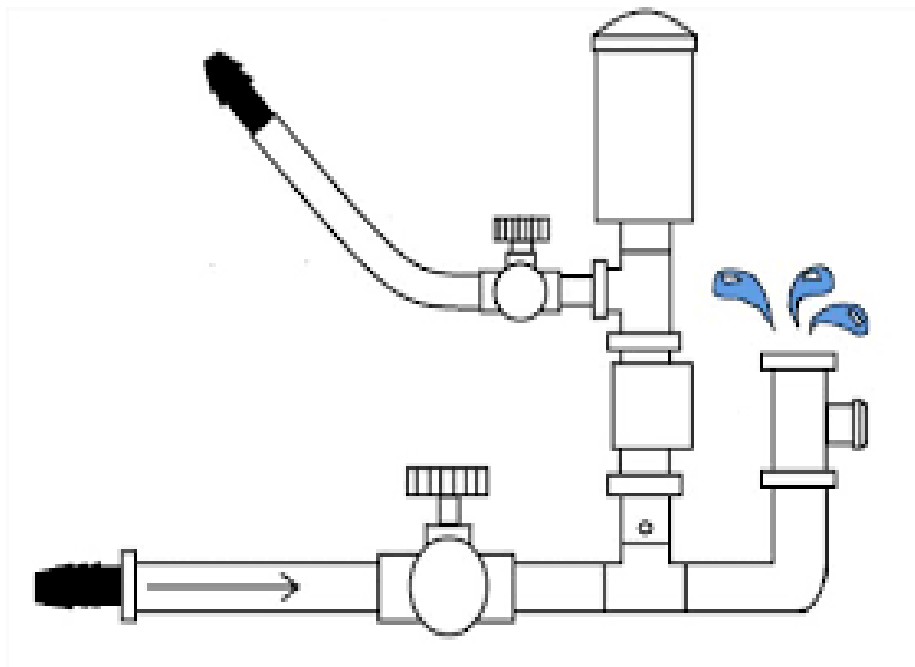
Pompa *Hydraulic Ram* adalah pompa air siklik dengan menggunakan tenaga hidro (*hydropower*). Prinsip kerja dari *Hydraulic Ram* adalah dengan menggunakan energi kinetik dari cairan hidrolis dan energi tersebut diubah menjadi energi tekan dengan memberikan tekanan dengan tiba-tiba.

Kelebihan pompa *Hydraulic Ram* :

- a. Bisa beroperasi tanpa bantuan energi listrik maupun BBM.

Kekurangan pompa *Hydraulic Ram* :

- a. Klep pembuangan terbuka karena beban klep terlalu ringan.
- b. Klep pembuangan menutup karena beban klep berlebihan.
- c. Perawatan harus rutin.
- d. Masih tergantung dari keadaan alam yang berubah-ubah.



Gambar 2.8 Pompa Hydraulic Ram

4. Pompa Elektromagnetik

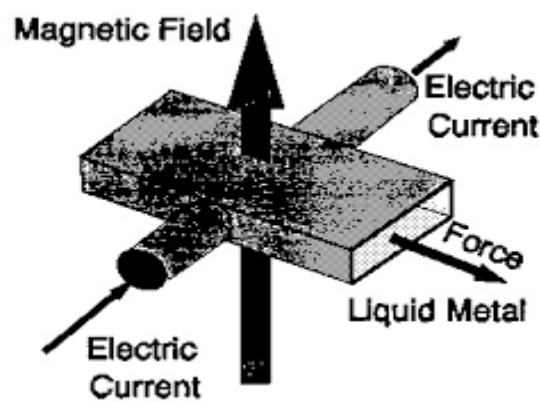
Pompa elektromagnetik adalah pompa yang menggerakkan fluida logam dengan jalan menggunakan gaya elektromagnetik. Prinsip kerjanya menggerakkan fluida dengan gaya elektromagnetik yang disebabkan medan magnetic yang dialirkan.

Keuntungan Pompa Elektromagnetik :

- a. Tidak memiliki bagian yang bergerak, ventilasi, *seal* dan lainnya.
- b. Tidak bersuara dan bergetar.
- c. Kinerjanya tidak habis dimakan waktu.
- d. Menghasilkan *output* yang besar dengan *input* yang kecil.

Kekurangan Pompa Elektromagnetik :

- a. Membutuhkan persyaratan tinggi.



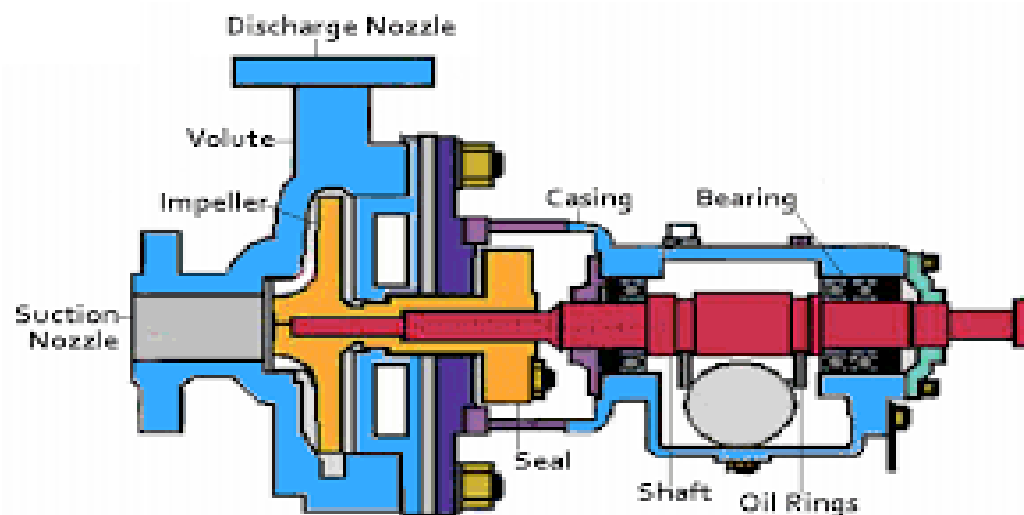
Gambar 2.9 Pompa Elektromagnetik

2.5.2. Pompa Sentrifugal

Sebuah pompa sentrifugal terdiri atas sebuah *impeller* dan saluran *inlet* di tengah-tengahnya. Dengan desain ini maka pada saat *impeller* berputar, fluida mengalir menuju *casing* disekitar *impeller* sebagai akibat dari gaya sentrifugal. *Casing* ini berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran fluida sementara kecepatan putar *impeller* tetap tinggi. Kecepatan fluida dikonversikan menjadi tekanan oleh *casing* sehingga fluida dapat menuju titik *outlet*-nya. Beberapa keuntungan dari penggunaan pompa sentrifugal yakni aliran yang halus (*smooth*) didalam pompa dan tekanan yang seragam pada *discharge* pompa, biaya rendah, serta dapat bekerja pada kecepatan yang tinggi sehingga pada aplikasi selanjutnya

dapat dikoneksikan langsung dengan turbin uap dan motor listrik. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok untuk mengatasi jumlah fluida yang besar dari pompa *positif-displacement*.

Pompa sentrifugal adalah salah satu peralatan sederhana yang sering digunakan pada berbagai proses dalam suatu pabrik. Pompa sentrifugal ini mempunyai tujuan untuk mengubah energi dari suatu pemindah utama (motor listrik atau turbin) menjadi kecepatan atau energi kinetik dan kemudian menjadi energi tekanan dari suatu fluida yang di pompakan. Perubahan energi terjadi melalui sifat dari kedua bagian utama pompa, *impeller* dan *volute* atau *diffuser*. *Impeller* adalah bagian yang berotasi (berputar) yang mengubah energi mekanik menjadi energi kinetik. *Volute* dan *diffuser* adalah bagian stationer (tidak bergerak) yang mengubah dari energi kinetik menjadi energi tekanan pada fluida. Astu Pudjanarsa, Djati Nursuhud (2006).



Gambar 2.10 Pompa Sentrifugal

2.5.3. Performansi Pompa Sentrifugal

Adapun parameter yang digunakan untuk menganalisa performansi pompa sentrifugal adalah sebagai berikut, Sularso, Haruo Tahara (1994) :

1. Head (H)

Head adalah energi angkat atau dapat digunakan sebagai perbandingan antara suatu energi pompa per satuan berat fluida.

Rumus head dapat ditulis :

a. Untuk pompa seri :

$$H = (hd + hs)_1 + (hd + hs)_2 \text{ (m)}$$

Dimana :

hd = Head discharge

hs = Head suction

b. Untuk pompa paralel :

$$H = \frac{1}{2} (hd + hs)_1 + (hd + hs)_2 \text{ (m)}$$

Dimana :

hd = Head discharge

hs = Head suction

2. Kapasitas (Q)

Kapasitas adalah jumlah fluida yang dapat dialirkan persatuan waktu. Dalam pengujian ini pengukuran dari kapasitas dilakukan dengan menggunakan

sekat Thompson (v-notch). Satuan dari kapasitas (Q) adalah m^3/s , *liter/s*, atau ft^3/s .

$$Q = C_e \cdot \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2g} \cdot \tan \frac{\theta}{2} \cdot h^{\frac{5}{2}}$$

$$Q = 0,5765 \cdot \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot \tan \frac{90}{2} \cdot h^{\frac{5}{2}}$$

$$Q = 1.3619 \cdot h^{\frac{5}{2}}$$

Dimana :

Q = Debit yang dapat dialirkan (m^3/s)

Q = Koefisien debit ($C_e = 0,5765$)

g = Percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

θ = Besarnya sudut V (untuk Thomson = 90°)

h = Ketinggian air (m)

3. Putaran (n)

putaran dinyatakan dalam rpm dan diukur dengan tachometer.

Atau dapat menggunakan rumus berikut ini :

1. Tekanan (P)

Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang terjadi dibawah fluida. Hal utama yang mempengaruhi tekanan hidrostatik adalah kedalaman, massa jenis fluida, dan gaya gravitasi.

Rumus tekanan dapat ditulis :

$$P = \rho \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- P = Tekanan (Pa)
 ρ = Massa jenis air (Kg/m^3)
 g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
 h = Ketinggian air (m)

2. Tinggi Tekan (H)

Tinggi tekan adalah ketinggian kolom cair yang sesuai dengan tekanan tertentu yang diberikan oleh kolom cair pada dasar wadahnya, dapat juga disebut tinggi tekan statis.

Rumus tinggi tekan dapat ditulis :

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- H = Tinggi Tekan (m)
 ρ = Massa jenis air (Kg/m^3)
 g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

3. Debit (Q)

Debit adalah besaran laju volume fluida atau jumlah volume fluida yang mengalir per satuan waktu.

Rumus debit dapat ditulis :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (2.3)$$

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

- Q = Debit (L/s) atau (m^3/s)
- V = Kecepatan Aliran (m/s)
- A = Luas Penampang (m^2)

2.5.4. Klasifikasi Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal dapat diklasifikasikan berdasarkan :

1. Kapasitas

- a. Kapasitas rendah : $< 20 \text{ m}_3/\text{jam}$
- b. Kapasitas menengah : $20 - 60 \text{ m}_3/\text{jam}$
- c. Kapasitas tinggi : $> 60 \text{ m}_3/\text{jam}$

2. Tekanan Discharge

- a. Tekanan rendah : $< 5 \text{ kg/cm}^2$
- b. Tekanan menengah : $5 - 50 \text{ kg/cm}^2$
- c. Tekanan tinggi : $> 50 \text{ kg/cm}^3$

3. Jumlah / Susunan *Impeller* dan Tingkat

- a. *Single stage* : Terdiri dari satu *impeller* dan satu casing.
- b. *Multi stage* : Terdiri dari beberapa *impeller* yang tersusun seri dalam satu casing.
- c. *Multi impeller* : Terdiri dari beberapa *impeller* yang tersusun parallel dalam satu casing.
- d. *Multi impeller* dan *multi stage* : Kombinasi *multi impeller* dan *multi stage*.

4. Posisi Poros

a. Poros tegak

b. Poros mendatar

5. Jumlah Suction

a. Single suction

b. Double suction

6. Arah Aliran Keluar Impeller

a. Radial flow

b. Axial flow

c. Mixed flow