

LAPORAN PRAKTIKUM
PRESTASI MESIN-MESIN KONVERSI ENERGI

Laboratorium Mesin Fluida FT UB



Disusun oleh:

ROHMAD RUDIANTO (0710620056)

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

DESEMBER 2009

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN PRAKTIKUM PRESTASI MKE

LABORATORIUM MESIN FLUIDA

JURUSAN MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

PENGUJIAN POMPA SENTRIFUGAL

Disusun Oleh:

ROHMAD RUDIANTO

NIM. 0710620056

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing,

Asisten Pembimbing,

Prof. Dr. Ir. RUDY SOENOKO, M.Eng. Sc

NIP. 19490911 198403 1 001

NANO WILDA K

NIM. 0510620072

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Praktikum Pengujian Pompa Sentrifugal dan Turbin Francis dengan baik.

Dalam Praktikum Pengujian Pompa Sentrifugal dan Turbin Francis ini kita dituntut untuk dapat memahami dan mengerti tentang cara kerja dari Pompa Sentrifugal dan Turbin Francis. Dalam praktikum ini juga diharapkan kita juga dapat mengetahui dan menganalisa permasalahan-permasalahan yang timbul selama proses praktikum.

Pada kesempatan ini kami ucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Djoko Sutikno, M.Eng. selaku Ka.Lab. Mesin Fluida
2. Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc selaku dosen pembimbing
3. Seluruh asisten pembimbing praktikum Pengujian Pompa Sentrifugal dan Turbin Francis
4. Rekan-rekan sesama praktikan

Terima kasih atas bantuannya serta pihak-pihak lain yang turut berperan membantu menyelesaikan laporan ini.

Kami sadar bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, maka kami mengharapkan kritik dan saran yang sekiranya dapat digunakan untuk perbaikan laporan-laporan berikutnya. Untuk itu kami kami ucapkan terima kasih dan semoga laporan ini dapat memberikan manfaat serta menambah pengetahuan tentang Pengujian Pompa Sentrifugal dan Turbin Francis bagi para pembaca.

Malang, Desember 2009

Penulis

KATA PENGANTARi

DAFTAR ISIii

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJIAN POMPA

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJIAN TURBIN FRANCIS

LAPORAN PRAKTIKUM PENGUJIAN POMPA SENTRIFUGAL

BAB I PENDAHULUAN

- 1.1 Tinjauan Umum
- 1.2 Tujuan Percobaan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

- 2.1 Dasar Teori Pompa
 - 2.1.1 Pengertian Fluida dan Head
 - 2.1.2 Pengertian Pompa
 - 2.1.3 Pengertian Kavitasi
 - 2.1.4 Pengertian NPSH
 - 2.1.5 Klasifikasi Pompa
- 2.2 Pompa Sentrifugal dan Prinsip Kerjanya
 - 2.2.1 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal
 - 2.2.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal
 - 2.2.3 Macam-Macam Alat Ukur Tekanan (Head) dan Pengeriannya
- 2.3 Teori dan Persamaan yang Mendukung Percobaan
 - 2.3.1 Persamaan Bernoulli
 - 2.3.2 Karakteristik Pompa Seri dan Paralel
- 2.4 Rumus Perhitungan
 - 2.4.1 Pompa Tunggal
 - 2.4.2 Pompa Seri
 - 2.4.3 Pompa Paralel

BAB III PELAKSANAAN PERCOBAAN

- 3.1 Variabel yang Diamati
 - 3.1.1 Variabel Bebas
 - 3.1.2 Variabel Terikat
- 3.2 Spesifikasi Peralatan yang Digunakan
- 3.3 Instalasi Alat Percobaan dan Bagian-Bagiannya
- 3.4 Langkah Percobaan

BAB IV PENGOLAHAN DATA

- 4.1 Data Hasil Percobaan
- 4.2 Pengolahan Data
 - 4.2.1 Contoh Perhitungan (Tunggal,Seri,Paralel)
 - 4.2.2 Grafik dan Pembahasan
 - A. Hubungan Kapasitas dan Head (Pompa Tunggal)
 - B. Hubungan Kapasitas dan Head (Pompa Seri)
 - C. Hubungan Kapasitas dan Head (Pompa Paralel)
 - D. Hubungan Kapasitas Dan Daya Poros (Tunggal,Seri,dan Paralel)
 - E. Hubungan Kapasitas Dan Daya Air (Tunggal,Seri,dan Paralel)
 - F. Hubungan Kapasitas Dan Torsi (Tunggal,Seri,dan Paralel)
 - G. Hubungan Kapasitas Dan Efisiensi (Tunggal,Seri,dan Paralel)

BAB V PENUTUP

- 5.1 Kesimpulan
- 5.2 Saran

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Tinjauan Umum

Pompa adalah jenis mesin yang berfungsi untuk memindahkan fluida melalui pipa dari suatu tempat ke tempat lain. Spesifikasi pompa menyatakan dengan jumlah fluida yang dapat dialirkan per satu-satuan waktu dan tinggi energi angkat. Dalam fungsinya tersebut pompa mengubah energi gerak poros untuk menggerakkan sudu-sudu menjadi energi gerak dan tekanan pada fluida.

Pada umumnya pompa digunakan untuk menaikan fluida sebuah reservoir, pengairan, pengisi katel, dan sebagainya. Dalam hal ini pelaksanaan operasionalnya dapat bekerja secara tunggal, seri, dan paralel yang kesemuannya tergantung pada kebutuhan serta yang peralatan yang ada.

Dalam perancangan instalasi pompa, harus dapat diketahui karakteristik pompa tersebut untuk mendapatkan system yang optimum. Inilah manfaat praktikum yaitu mendapat pengalaman pengujian instalasi pompa.

1.2 Tujuan Percobaan

Adapun tujuan praktikum untuk mendapatkan karakteristik dari:

- a. kapasitas terhadap head
- b. kapasitas terhadap efisiensi
- c. kapasitas terhadap daya (daya air dan poros)
- d. kapasitas terhadap torsi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori Pompa

2.1.1 Pengertian Fluida dan Head

Fluida adalah suatu zat atau substansi yang akan mengalami deformasi secara berkesinambungan jika terkena gaya geser (tangensial) sekecil apapun.

Fluida dapat dibagi menjadi:

1. Inviscos ($\mu=0$)
 - Compressible
 - Incompressible
2. Viscos
 - Laminer: compressible dan incompressible
 - Turbulen: compressible dan incompressible

Contoh fluida compressible adalah udara, tetapi jika udara mencapai kecepatan 0,3 Mach maka menjadi fluida incompressible, sedangkan contoh fluida incompressible adalah air.

Energi fluida untuk melakukan kerja yang dinyatakan dalam feet/kaki tinggi tekanan (head) fluida yang mengalir. Jadi, head atau tinggi tekanan merupakan ketinggian kolom fluida yang harus dicapai fluida untuk memperoleh jumlah energi yang sama dengan yang dikandung oleh satu satuan bobot fluida yang sama.

Head ada dalam tiga bentuk yang dapat saling berubah:

1. Head potential/head aktual

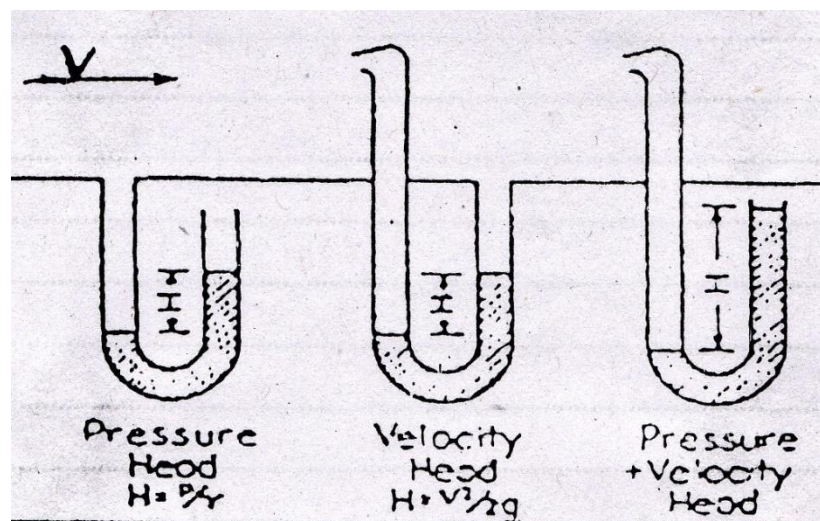
Didasarkan pada ketinggian fluida di atas bidang datar. Jadi, suatu kolam air setinggi 2 kaki/ feet mengandung jumlah energi yang disebabkan oleh posisinya dan dikatakan fluida tersebut mempunyai head sebesar 2 feet kolam air.

2. Head kinetik/head kecepatan

Adalah suatu ukuran energi kinetik yang dikandung satu satuan bobot fluida yang disebabkan oleh kecepatan dan dinyatakan oleh persamaan yang biasa dipakai untuk energi kinetik ($v^2/2g$), energi ini dapat dihitung dengan tabung pitot yang diletakkan dalam aliran seperti gambar 2.1 di bawah. Kaki kedua dari manometer dihubungkan dengan pipa aliran secara tegak lurus dari manometer dihubungkan dengan pipa aliran untuk menyamakan tekanan yang ada pada pipa aliran titik ini.

3. Head tekanan

Adalah energi yang dikandung oleh fluida akibat tekanannya dan persamaannya adalah P/γ . jika sebuah manometer terbuka dihubungkan dengan sudut tegak lurus aliran, maka fluida di dalam tabung akan naik sampai ketinggian yang sama dengan P/γ .



Gambar 2.1: Metode mengukur head

Sumber: H. Church Austin; centrifugal Pump and Blower; hal 14

2.1.2 Pengertian Pompa

Pompa adalah mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara memberikan energi mekanik pada pompa yang kemudian diubah menjadi energi gerak fluida. Beberapa hal penting pada karakteristik pompa adalah:

a. Head (H)

Head adalah energi angkat atau dapat digunakan sebagai perbandingan antara suatu energi pompa per satuan berat fluida. Pengukuran dilakukan dengan mengukur beda tekanan antara pipa isap dengan pipa tekan, satuannya adalah meter.

b. Kapasitas (Q), satuannya adalah m^3/s .

Kapasitas adalah jumlah fluida yang dialirkan persatuan waktu.

c. Putaran (n), satuan rpm

Putaran adalah dinyatakan dalam rpm dan diukur dengan tachometer.

d. Daya (P), satuan Watt

Daya dibedakan atas 2 macam, yaitu daya dengan poros yang diberikan motor listrik dan daya air yang dihasilkan pompa.

e. Momen Puntir (T), satuan N/m.

Momen puntir diukur dengan memakai motor listrik arus searah, dilengkapi dengan pengukur momen.

f. Efisiensi (η), satuan %

Efisiensi pompa adalah perbandingan antara daya air yang dihasilkan pompa dengan daya poros dari motor listrik.

2.1.3 Pengertian Kavitasasi

Kavitasasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Misalnya, air pada tekanan 1 atmosfer akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada 100°C . Tetapi jika tekanan direndahkan, maka air akan mendidih pada temperatur yang lebih rendah. Jika tekanannya cukup rendah, maka pada temperatur kamar pun air dapat mendidih.

Apabila zat cair mendidih, maka akan timbul gelembung-gelembung uap zat cair. Hal ini dapat terjadi pada zat cair yang sedang mengalir di dalam pompa maupun di dalam pipa. Tempat-tempat yang bertekanan rendah dan/atau berkecepatan tinggi di dalam aliran sangat rawan terhadap terjadinya kavitasasi. Pada pompa misalnya, bagian yang

mudah mengalami kavitasi adalah pada sisi isapnya. Kavitasi akan timbul bila tekanan isap terlalu rendah.

Jika pompa mengalami kavitasi, maka akan timbul suara berisik dan getaran. Selain itu performansi pompa akan menurun secara tiba-tiba, sehingga pompa tidak dapat bekerja dengan baik. Jika pompa dijalankan dalam keadaan terkavitasi secara terus-menerus dalam jangka waktu lama, maka permukaan dinding saluran di sekitar aliran yang berkavitasi akan mengalami kerusakan. Permukaan dinding akan termakan sehingga menjadi berlubang-lubang atau bopeng. Peristiwa ini disebut erosi kavitasi. Sebagai akibat dari tumbukan gekembang-gelembung uap yang pecah pada dinding secara terus-menerus. Dikarenakan kavitasi memberi banyak kerugian pada pompa, maka kavitasi perlu dihindari.

Cara-cara untuk mencegah terjadinya kavitasi antara lain:

- a. Tekanan gas diperbesar di dalam pipa di mana fluida yang mengalir dipompakan. Cara ini menuntut dimensi pipa yang lebih besar dengan batasan ± 3 atm
- b. Sebuah pompa booster dipasang pada ujung pipa isap
- c. Sebuah axial wheel atau halical wheel dipasang tepat di dalam impeller pada poros yang sama, hal ini dimaksudkan untuk menaikkan tekanan dan membuat pusaran terhadap aliran, cara ini merupakan pilihan yang paling baik. Akan tetapi, bila kecepatan putaran (n) dan debitna (Q) sama dengan kecepatan putar dan debit dari impeller, maka kavitasi justru akan terjadi pada runner pemantu itu sendiri. Oleh karena itu, dalam pemasangannya, runner pembantu ini diperlukan pertimbangan yang sungguh-sungguh.

2.1.4 Pengertian NPSH

Seperti diuraikan sebelumnya, bahwa kavitasi akan terjadi, apabila tekanan statis suatu aliran zat cair turun sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Jadi, untuk menghindari kavitasi harus diusahakan agar tidak ada satu bagianpun dari aliran dalam pipa yang mempunyai tekanan statis lebih rendah dari tekanan yang ditentukan oleh keadaan aliran dalam pompa.

Oleh karena itu, maka definisi suatu tekanan kavitasi atau jika dinyatakan dalam satuan head disebut dengan Net Positive Suction Head (NPSH). NPSH dapat dinyatakan sebagai ukuran keamanan pompa dari peristiwa kavitasi

a. NPSH yang tersedia

Merupakan head yang dimiliki oleh suatu zat cair pada sisi isap pompa (ekuivalen dengan tekanan absolut pada sisi isap pompa), dikurangi dengan tekanan uap jenuh zat cair di tempat tersebut. Pada pompa yang menghisap zat cair dari tempat terbuka dengan tekanan atmosfer pada permukaan zat cair seperti diperlihatkan pada gambar 2.1, maka besarnya NPSH yang tersedia adalah:

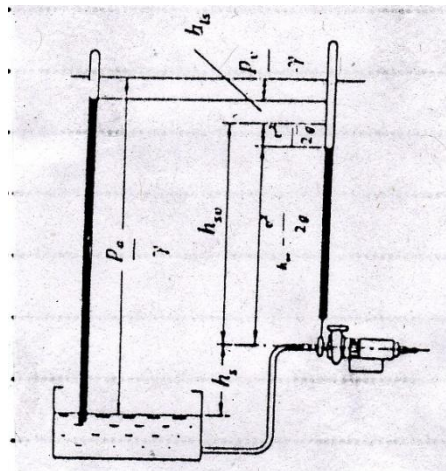
$$h_{sv} = \frac{p_a}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} - h_s - h_f$$

Dengan:

- H_{sv} : NPSH yang tersedia (m)
- P_a : tekanan atmosfer (N/m^2)
- P_v : tekanan uap jenuh (N/m^2)
- γ : densitas cairan (kg/m^3)
- h_s : head isap statis (m)
- h_f : head losses (m)

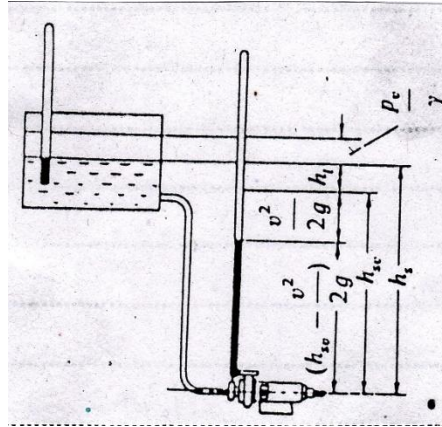
dengan h_s bertanda (+) jika terletak di atas permukaan zat cair yang diisap dan negatif (-) jika terletak di permukaan zat cair yang diisap.

Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa NPSH yang tersedia merupakan tekanan absolut yang masih tersedia pada sisi isap pompa setelah dikurangi tekanan uap. Besarnya tergantung pada kondisi luar pompa di mana pompa tersebut dipasang.



Gambar 2.2: NPSH apabila tekanan atmosfer bekerja pada permukaan air yang diisap

Sumber: Sularso, Tahara; Pompa dan Kompresor; Pradya Paramitha; Jakarta;2000; hal 44



Gambar 2.3: NPSH bila tekanan uap bekerja di dalam tangki air hisap yang tertutup

Sumber: Sularso, Tahara; Pompa dan Kompresor; Pradya Paramitha; Jakarta;2000; hal 44

Jika zat cair diisap dari tangki tertutup seperti pada gambar 2.3, maka p_a menyatakan tekanan absolut yang bekerja pada permukaan zat cair di dalam tangki tertutup tersebut, jika tekanan di atas permukaan zat cair sama dengan tekanan uap jenuhnya, maka:

$$p_a = p_v, \text{ sehingga:}$$

$$h_{sv} = -h_s - h_l$$

harga h_s adalah negatif (-) karena permukaan zat cair dalam tangki lebih tinggi daripada sisi isap pompa. Pemasangan pompa semacam ini diperlukan untuk mendapatkan harga h_{sv} atau NPSH yang positif (+).

b. NPSH yang diperlukan

Tekanan terendah di dalam besarnya terdapat di suatu titik dekat setelah sisi masuk sudu impeller. Di tempat tersebut, tekanannya lebih rendah daripada tekanan pada

sisi isap pompa. Hal ini disebabkan karena luas penampang yang menyempit, dan kenaikan kecepatan aliran karena tebal sudu.

Jadi, agar tidak terjadi penguapan zat cair, maka tekanan pada lubang masuk pompa dikurangi penurunan tekanan di dalam pompa, harus lebih tinggi daripada tekanan uap zat cair. Head tekanan yang besarnya sama dengan penurunan tekanan ini disebut NPSH yang diperlukan.

Agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka persyaratan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

$NPSH \text{ yang tersedia} > NPSH \text{ yang diperlukan}$

Harga dari NPSH yang diperlukan, diperoleh dari pabrik pompa yang bersangkutan.

2.1.5 Klasifikasi Pompa

Menurut prinsip kerjanya, pompa diklasifikasikan menjadi:

a. Positive Displacement Pump

Pompa yang menghasilkan kapasitas intermitten karena fluidanya ditekan dalam elemen-elemen pompa dengan volume tertentu. Jadi, fluida yang masuk kemudian dipindahkan ke sisi buang sehingga tidak ada kebocoran (aliran balik) dari sisi buang ke sisi masuk. Pompa jenis ini menghasilkan head yang tinggi dengan kapasitas yang rendah. Perubahan energi yang terjadi pada pompa ini adalah energi mekanik yang diubah langsung menjadi energi potensial.

Macam-macam Positive Displacement Pump:

1. Pompa Piston

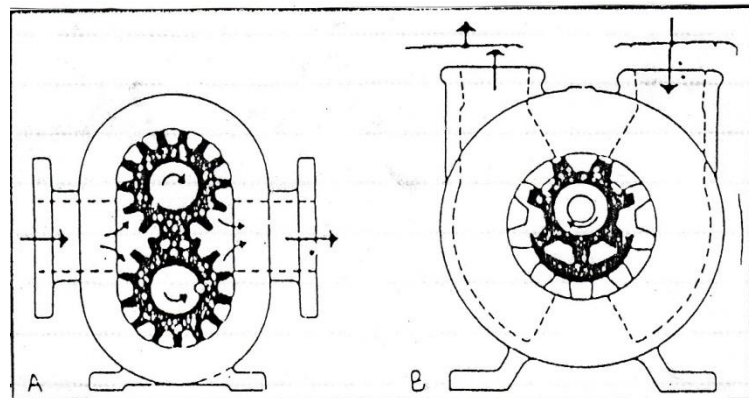
Prinsip kerja dari pompa ini adalah sebagai berikut: berputarnya selubung putar akan menyebabkan piston bergerak

naik-turun sesuai dengan ujung piston di atas piring dakian. Fluida terisap ke dalam silinder dan kemudian ditukar ke saluran buang akibat gerakan turun-naiknya piston. Bertemunya rongga silindris piston pada selubung putar dengan saluran isap dan tekan yang terdapat pada alat berkatup. Pompa ini diproduksi untuk memenuhi kebutuhan head yang sangat tinggi dengan kapasitas aliran rendah.

Dalam aplikasinya pompa piston banyak digunakan untuk keperluan pemenuhan tenaga hidrolik pesawat angkut.

2. Pompa Roda Gigi

Prinsip kerjanya adalah berputarnya dua buah roda gigi berpasangan yang terletak antara rumah pompa dan menghisap serta menekan fluida yang mengisi ruangan antar roda gigi (yang dibatasi oleh gigi dan rumah pompa) ditekan ke sisi buang akibat terisinya ruang anatara roda gigi pasangannya. Pompa ini biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan head tinggi dengan kapasitas aliran sangat rendah. Dalam aplikasinya, pompa ini digunakan untuk pelumas.



Gambar 2.4: Pompa Roda Gigi

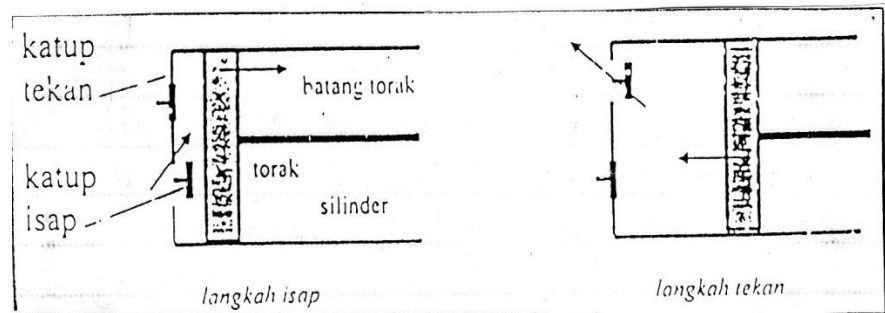
Sumber: Edward, Hick. *Teknologi Pemakaian Pompa*.

Erlangga.1996. hal 26

3. Pompa Torak

Prinsip kerjanya adalah torak melakukan gerakan isap terbuka dan katup tekan tertutup. Sedangkan pada saat torak mulai

melakukan gerakan tekan, katup isap tertutup dan katup tekan terbuka. Kemudian fluida yang tadinya terisap dibuang pada katup tekan. Pompa ini biasa digunakan untuk memenuhi head tinggi dengan kapasitas rendah. Dalam aplikasinya pompa torak banyak digunakan untuk pemenuhan tenaga hidrolik.



Gambar 2.5: Skema Pompa Torak

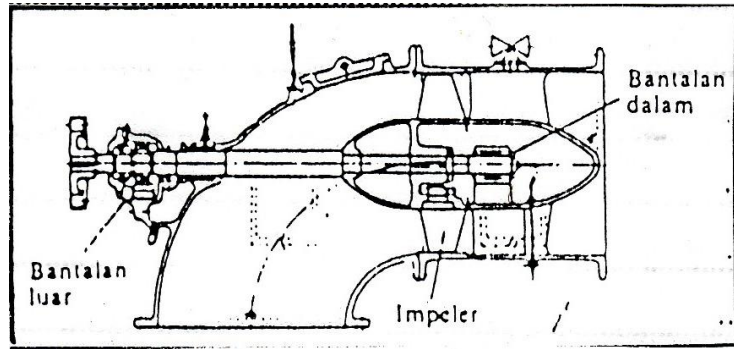
Sumber: Edward, Hick. *Teknologi Pemakaian Pompa*. Erlangga.1996. hal 32

b. Pompa Dinamik

Pompa dinamik adalah pompa yang ruang kerjanya tidak berubah selama pompa bekerja. Pompa ini memiliki elemen utama sebuah rotor dengan satu impeller yang berputar dengan kecepatan tinggi. Fluida masuk dipercepat oleh impeller yang menaikkan kecepatan absolut fluida maupun tekanannya dan melemparkan aliran melalui volut. Yang tergolong pompa dinamik antara lain:

1. Pompa Aksial

Prinsip kerja pompa ini adalah sebagai berikut: berputarnya impeller akan mengisap fluida yang akan dipompakan dan menekannya ke sisi tekan dalam arah aksial (tegak lurus). Pompa aksial biasana diproduksi untuk kebutuhan head rendah dengan kapasitas aliran yang besar. Dalam aplikasinya pompa jenis ini banyak digunakan untuk irigasi.

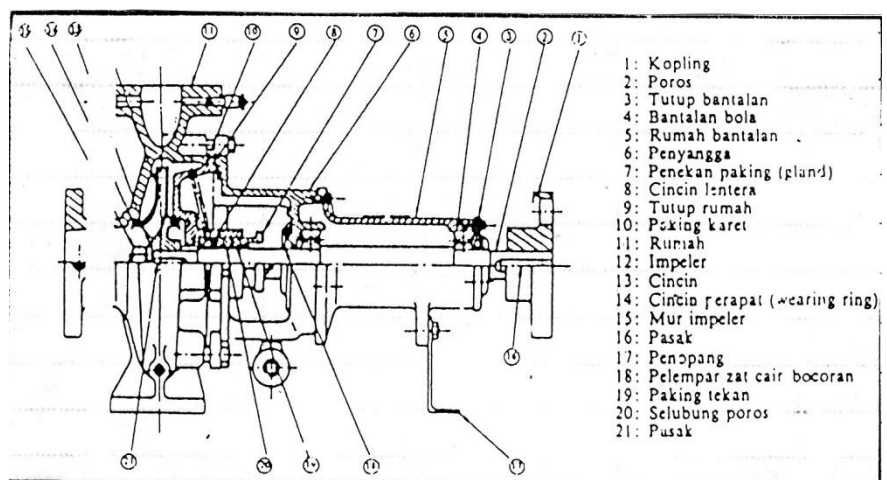


Gambar 2.6: Skema Pompa Aksial

Sumber: Sularso, Tahara; Pompa dan Kompresor; Pradya Paramitha; hal 76

2. Pompa Sentrifugal

Pompa ini terdiri dari satu atau lebih impeller yang dilengkapi dengan sudu-sudu pada poros yang berputar dan diselubungi chasing. Fluida diisap pompa melalui sisi isap, akibat berputarnya impeller yang menghasilkan tekanan vakum. Pada sisi isap selanjutnya fluida yang telah terisap kemudian terlempar ke luar impeller akibat gaya sentrifugal yang dimiliki oleh fluida.



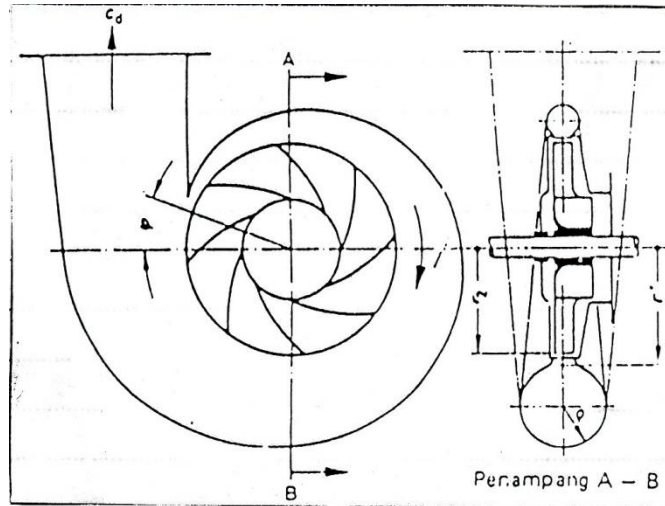
Gambar 2.7: Pompa Sentrifugal dengan Isapan Ujung

Sumber: Sularso, Tahara; Pompa dan Kompresor; Pradya Paramitha; hal 132

Klasifikasi Pompa Sentrifugal:

a. Pompa Volut

Aliran yang keluar dari impeller pompa volut ditampung dalam volut, yang selanjutnya akan dialirkan melalui nozzle untuk keluar.

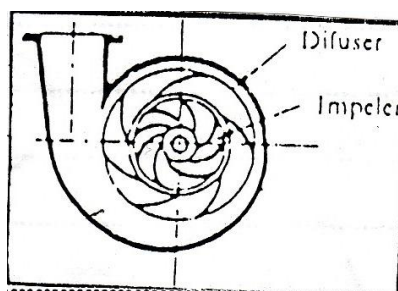


Gambar 2.8: Skema Pompa Volut

Sumber: Sularso, Tahara; Pompa dan Kompresor; Pradya Paramitha; hal 244

b. Pompa Difusser

Pompa yang mempunyai difusser yang dipasang mengelilingi impeller.

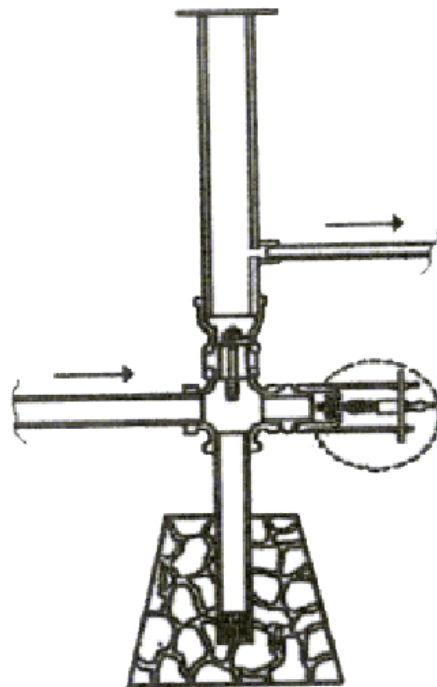


Gambar 2.9: Skema Pompa Difusser

Sumber: Fritz, Dietzel. Turbin, Pompa, dan Kompresor.1990. hal 244

c. Pompa Hydraulic Ramp

Adalah pompa yang tidak menggunakan energi listrik/bahan bakar untuk bekerja. Bekerja dengan sistem pemanfaatan tekanan dinamik atau gaya air yang timbul karena adanya aliran air dari sumber air ke pompa, gaya tersebut digunakan untuk menggerakkan katup yang bekerja dengan frekuensi tinggi, sehingga diperoleh gaya besar untuk mendorong air ke atas.

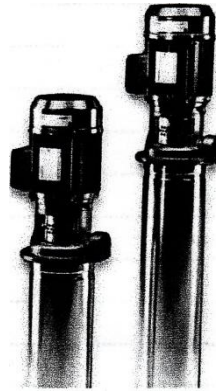


Gambar 2.10: Hydraulic Ramp

Sumber: hutama-teknik.indonetwork.net

d. Pompa Benam

Pompa benam menggunakan daya listrik untuk menggerakkan motor. Motor itu mempunyai poros yang tegak lurus dengan impeller. Karena kedudukan impeller satu poros dengan motor, maka bila motor bekerja, impeller akan berputar dan air yang berada pada bak isapan terangkat oleh sudu yang terdapat pada impeller. Untuk menahan air yang telah diisap oleh impeller, supaya tidak bocor kembali ke bak isapan, air ditahan oleh lower difusser yang berada di bagian bawah pompa.



Gambar 2.11: Pompa Benam

Sumber: warintek.bantulkab.go.id

2.2 Pompa Sentrifugal dan Prinsip Kerjanya

2.2.1 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal

Bagian-bagian pompa sentrifugal adalah sebagai berikut:

1. Casing (rumah keong)

Fungsinya untuk merubah atau mengkonversikan energi cairan menjadi energi tekanan statis.

2. Impeller

Fungsinya untuk merubah energi kinetik atau memberikan energi kinetik pada zat cair, kemudian di dalam casing diubah menjadi energi tekanan.

3. Pons Pompa

Fungsinya untuk meneruskan energi mekanik dari mesin penggerak (prime over) kepada impeller.

4. Inlet

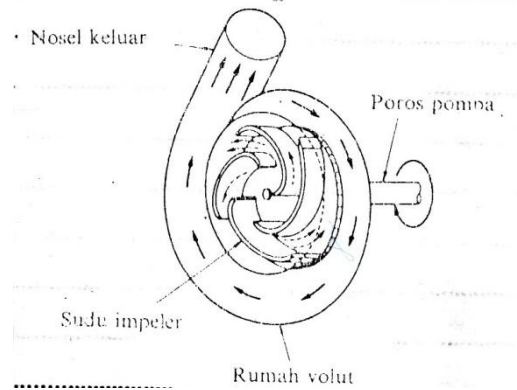
Fungsinya untuk saluran masuk cairan ke dalam impeller.

5. Outlet

Fungsinya untuk saluran saluran keluar dari impeller.

6. Nozzle

Fungsinya untuk merubah energi kinetik menjadi energi tekanan.



Gambar 2.12: Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal

Sumber: Fritz, Dietzel. Turbin, Pompa, dan Kompresor. 1990, hal 115

2.2.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Fluida terhisap melalui sisi isap, karena tekanan pada pompa lebih kecil daripada tekanan atmosfer, kemudian masuk dan ditampung di dalam rumah keong. Karena adanya putaran impeller, maka fluida keluar melalui sisi buang dengan arah radial.

Bagian-bagian pompa sentrifugal:

1. Impeller

Untuk menghisap fluida dari sisi isap dan menekannya dalam arah aksial ke sisi buang.

2. Sudu

Bagian impeller yang berfungsi untuk menggerakkan fluida sehingga menghasilkan gaya sentrifugal pada fluida.

3. Casing

Disebut juga rumah keong, berfungsi menampung cairan yang terlempar dari sudu-sudu impeller.

2.2.3 Macam-macam Alat Ukur Tekanan (Head) dan Pengertiannya

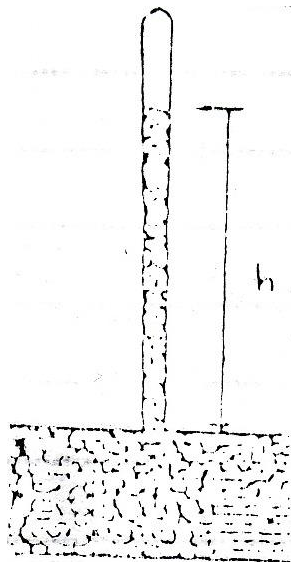
Dalam fluida stasioner, tekanan didistribusikan ke semua arah dan disebut sebagai fluida statis didistribusikan ke saluran permukaan sejajar dengan arah permukaan fluida.

Untuk menentukan permukaan statis pada fluida bergerak, maka permukaan pengukurannya harus sejajar dengan arah aliran sehingga tidak

ada energi kinetik yang berubah ke energi statis. Tekanan diukur di dekat dinding dengan kecepatan minimum sehingga pembacaannya hanya akan menghasilkan sedikit kesalahan.

1. Barometer

Digunakan untuk mengukur tekanan atmosfer. Sebuah barometer sederhana terdiri dari sebuah tube dengan ukuran lebih dari 36 inci (760 mm), dimasukkan dalam penampungan raksa terbuka dengan sisi tertutup. Dapat dikatakan bahwa daerah di atas tidak boleh benar-benar vakum. Penampung ini berisi uap raksa pada fase uap lanjut, akan tetapi harganya sangat kecil. Pada temperatur ruang (0,173 Pa pada 20°C). Tekanan dihitung dari hubungan $P_a \cdot H_m = \rho \cdot g \cdot l$ di mana ρ adalah kerapatan fluida dalam barometer.



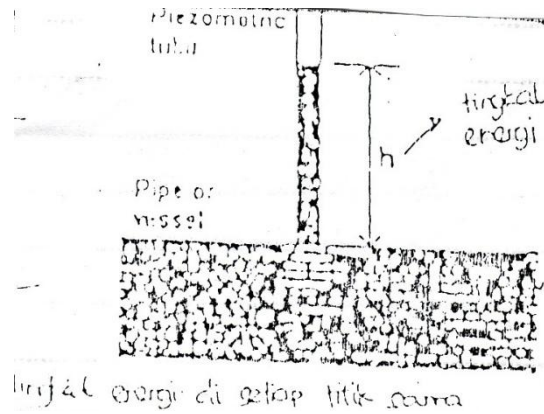
Gambar 2.13: Barometer

Sumber: engineeringtechnology.com

2. Tube Gauge

a. Pie'zometer Tube

Untuk pengukuran tekanan di dalamnya, sebuah tube dapat ditempatkan pada dinding pipa yang terdapat cairan, sehingga cairan tidak dapat naik, dengan menentukan ketinggian naiknya fluida dengan persamaan: $p = \rho \cdot g \cdot h$, tekanan cairan dapat ditentukan dengan Pie'zometer tube.

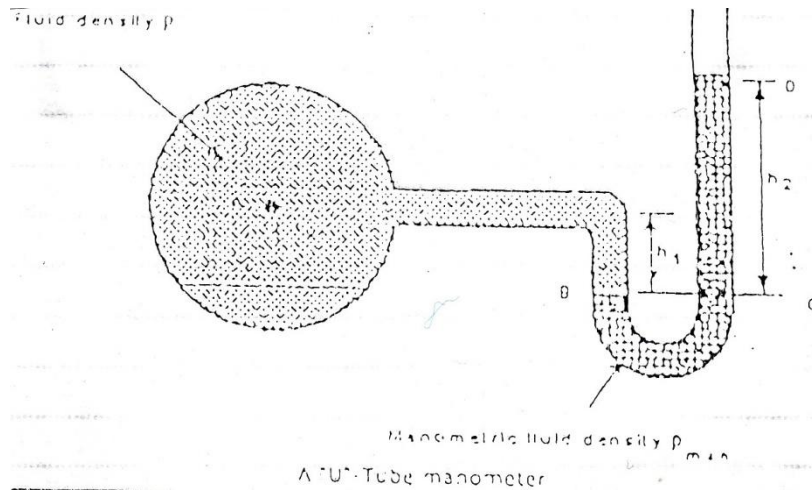


Gambar 2.14 Pie'zometer tube

Sumber: handout mekanika Fluida Universitas Brawijaya

b. Manometer

Peralatan yang lebih kompleks untuk mengukur tekanan fluida, terdiri dari sebuah tabung melengkung (Bent tube) berisi satu atau lebih cairan dengan spesifik gravitasi yang berbeda. Alat ini dikenal dengan manometer. Dalam menggunakan manometer, secara umum tekanan yang diketahui berada dalam satu sisi manometer dan tekanan yang tidak diketahui dan akan diukur pada sisi kirinya.

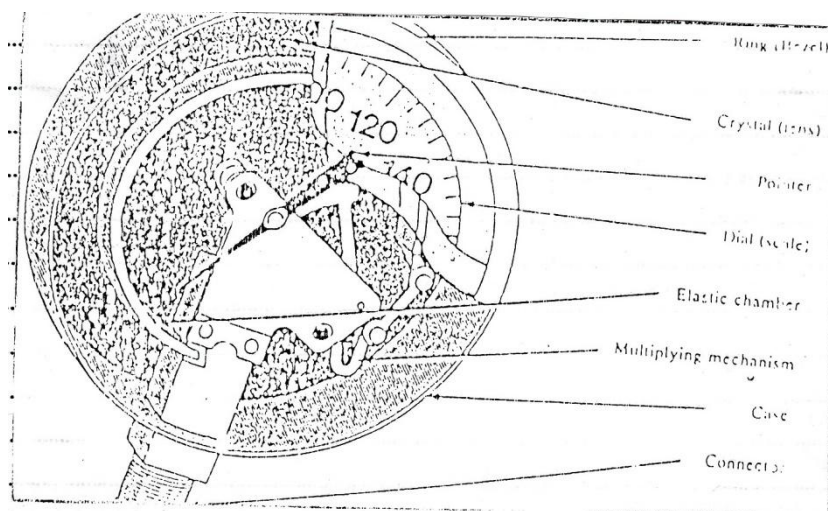


Gambar 2.15: Manometer "U" Tube

Sumber: handout Mekanika Fluida Universitas Brawijaya

3. Mechanical Gauge/Bordon Gauge

Tekanan yang akan diukur dibalikkan pada sebuah tabung melingkat berpenampang oval. Tekanan pada tabung-tabung tersebut cenderung menyebabkan tabung menegang dan defleksi dari sisi tabung dihubungkan sepanjang sistem pengungkit ke jarum perekam. Gauge ini digunakan secara luas untuk mengukur uap dan gas yang bertekanan. Tekanan indikasi merupakan perbedaan tekanan dengan sistem gauge terhadap tekanan luar dan biasanya disebut dengan sebagai gauge pressure.



Gambar 2.16: Bordon Gauge

Sumber: engineeringtechnology.com

2.3 Teori dan persamaan yang mendukung Percobaan

2.3.1 Persamaan Bernoulli

Dalam suatu cairan fluida incompressible memiliki tekanan (p) dan kecepatan (v), serta beda ketinggian (z), besarnya aliran adalah:

$$W = m \cdot g \cdot z + \frac{m \cdot p}{\rho} + \frac{m \cdot v^2}{2} \quad [Nm] \quad \text{persamaan energi}$$

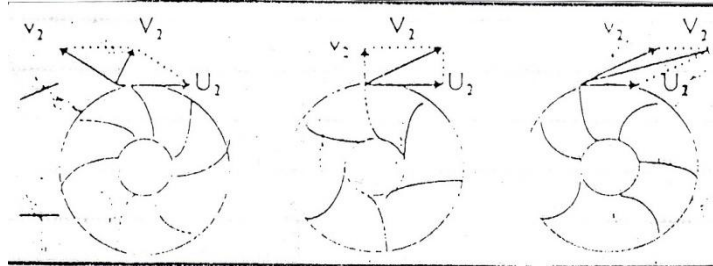
$$W = g \cdot z + \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} = \text{konstan} \quad [Nm/kg] \quad \text{persamaan energi}$$

$$I = z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2g} = \text{konstan} \quad [m] \quad \text{persamaan head}$$

Jika fluida mengalir dari tempat satu ke tempat dua, maka persamaan Bernoulli dinyatakan dengan:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Segitiga kecepatan



Gambar 2.17: Segitiga kecepatan

Sumber: Handout Kuliah MKE: Ir. Djoko Sutikno., M. Eng

Keterangan: U= kecepatan keliling

v_1 = kecepatan relatif

v_2 = kecepatan aktual fluida

Pada segitiga kecepatan, U didapat dari rumusan:

$$U = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}; \text{ di mana } n = \text{jumlah putaran [rpm]}$$

v terjadi dari sudut β karena adanya gaya sentrifugal fluida yang ada pada saluran sudu tersebut yang bergerak maju dan didorong keluar dari saluran sudu, U didapat dari resultan antara U dan v . Jadi, berputarnya roda jalan dengan kecepatan v dan bentuk sudu yang sedemikian rupa diperoleh kecepatan relatif aliran fluida.

Persamaan Euler

Pada instalasi pompa, perpindahan energi di dalam sudu jalan adalah dari momen puntir yang bekerja pada poros diteruskan sedemikian rupa oleh sudu jalan sehingga menimbulkan kecepatan absolut fluida C_1 dan C_2 dengan komponen tangensialnya C_{2u} dan C_{1u} (sudu-sudu roda jalan bekerja sebagai tuas untuk meneruskan momen puntir poros dan menimbulkan arus kecepatan fluida).

Menurut kaidah impuls, pada umumnya momen puntir di antara sisi bagian keluar dan sisi bagian masuk.

$$M = m \cdot r \cdot \frac{dcu}{dt}$$

Dengan: m = massa fluida (cairan)

R = panjang tuas yang bekerja

$\frac{dcu}{dt}$ = besarnya perubahan yang kecil, langkah demi langkah

pada waktu melalui roda jalan

$$M = \frac{m}{t} (r_2 \cdot cu_2 - r_1 \cdot cu_1) = \dot{m} (r_2 \cdot cu_2 - r_1 \cdot cu_1)$$

Momen puntir ini akan mendapatkan gaya dan atau sesuai dengan daya yang diberikan poros $P = M \cdot \omega$, di mana ω adalah kecepatan sudut, dari sini

$$P = \dot{m} (r_2 \cdot \omega \cdot cu_2 - r_1 \cdot \omega \cdot cu_1)$$

Dan dengan $r \cdot \omega = U$ = kecepatan keliling, persamaan di atas disederhanakan ke persamaan utama Euler

$$\frac{P}{\dot{m}} = (U_2 \cdot cu_2 - U_1 \cdot cu_1) = Y \left[\frac{Nm}{kg} \right]$$

Di mana Y merupakan kerja spesifik yaitu kerja mekanis dari proses yang dipindahkan ke cairan, kerja tersebut menarik dan memompa massa cairan.

Antara tinggi kenaikan H (m) dan kerja spesifik Y ada hubungannya, yaitu $Y = g \cdot h$, dengan g = percepatan gravitasi $\left[\frac{m}{s^2} \right]$.

Bila masalah ini dimasukkan ke dalam persamaan Euler, untuk pompa didapat:

$$H = \frac{y}{g} = \frac{U_2 \cdot c_{2u} - U_1 \cdot c_{1u}}{g} [m]$$

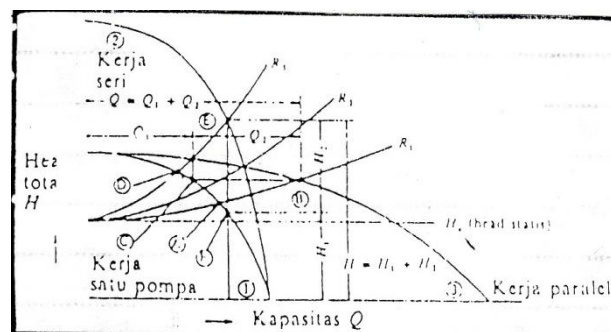
Dari bentuk persamaan Euler ini akan didapat:

Kerapatan dari fluida yang dipompa tidak diperhitungkan, dengan demikian tinggi kenaikan H dari pompa tidak tergantung kepada macamanya fluida yang dipompa.

2.3.2 Karakteristik Pompa Seri Dan Paralel

- Karakteristik Pompa Sentrifugal

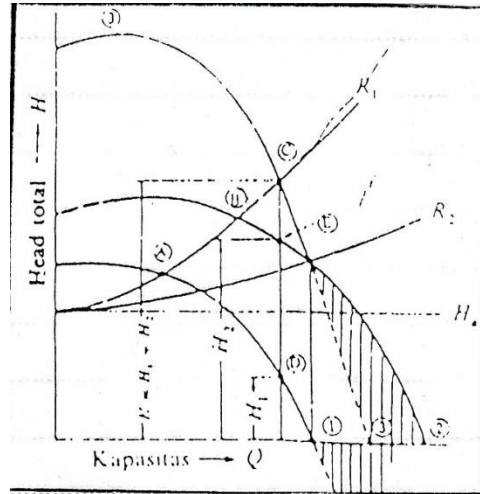
Berbagai rangkaian dapat digunakan memenuhi suatu keadaan tertentu. Yaitu sistem parallel dan seri.



Gambar 2.18: Operasi seri dan parallel dari pompa karakteristik sama

Sumber : Sularso, Tahara. Pompa dan kompresor. 1983. hal 96

Gambar di atas menunjukkan karakteristik sama dari pompa yang dipasang secara seri dan parallel. Dimana untuk pompa tunggal diberi tanda (1), pompa seri (2), dan pompa parallel (3). Untuk rangkaian seri menghasilkan head yang 2 kali lebih besar dibandingkan pompa tunggal, tapi headnya sama atau tetap. Jadi rangkaian seri digunakan untuk menaikkan head, sedangkan parallel untuk menaikkan kapasitas aliran.



Gambar 2.19: Operasiseri dan paralel pompa dengan karakteristik beda.

Sumber : Sularso, Tahara. *Pompa dan Kompresor*.1983.hal 95

Dua pompa dengan karakteristik berbeda yang disusun secara seri dapat dilihat dari gambar di atas. Pompa (1) dengan karakteristik kurva (1), Pompa (2) dengan karakteristik pompa (2), Pompa (3) dengan kurva karakteristik seri. Di sinilah terlihat bahwa pompa (1) bekerja pada titik nol (0) sedangkan pompa U bekerja pada titik B dan pompa dengan susunan seri beroperasi di titik c. Ternyata head total pompa dengan susunan seri adalah jumlah head pompa I dan pompa II.

2.4 Rumus Perhitungan

2.4.1 Pompa Tunggal

a. Head(H)

Head merupakan fungsi energi angkat atau dapat dinyatakan dengan satuan energi pompa persatuan fluida, satuannya meter atau feet. Sedangkan untuk pengukuran dilakukan dengan cara mengukur beda tekanan fuida pada pipa isap dan pipa buang pada pompa.

$$H = \frac{P_d - P_s}{\gamma}, \text{ dimana : } P_d = \text{tekanan buang } \left(\frac{N}{m^2}\right)$$

$$P_s = \text{tekanan isap } \left(\frac{N}{m^2}\right)$$

$$\gamma = \rho_{\text{water}} \cdot g \left(\frac{Kg}{m^3}\right)$$

b. Kapasitas (Q)

Jumlah fluida yang dapat dialirkan persatuan waktu, satuannya adalah $\left(\frac{m^3}{s}\right)$, $\left(\frac{L}{s}\right)$ atau $\frac{ft^3}{s}$ dan dapat diukur menggunakan venturimeter.

$$Q = \frac{0,189}{1000} \sqrt{h} \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

Di mana h = beda ketinggian pada venturimeter (mm)

c. Putaran

Diukur dengan tachometer digital, satuannya adalah rpm.

d. Torsi

Diukur dengan menggunakan dinamometer, untuk menentukan besarnya dengan cara mengalirkan gaya (F) dengan lengan pengukur momen (l). Satuannya adalah Nm.

$$T = F \cdot l \text{ [Nm]}$$

Di mana: F= gaya pembebanan [N]

l= lengan momen = 0,179 [m]

e. Daya (W)

- Daya poros (W_1) = $F \frac{n}{k}$ [Watt]

Di mana: k=konstanta brake

n= putaran [rpm]

- Daya air (W_2) = (Pd-Ps) [Watt]

Besarnya nilai konstanta mesin didapat dari rumus

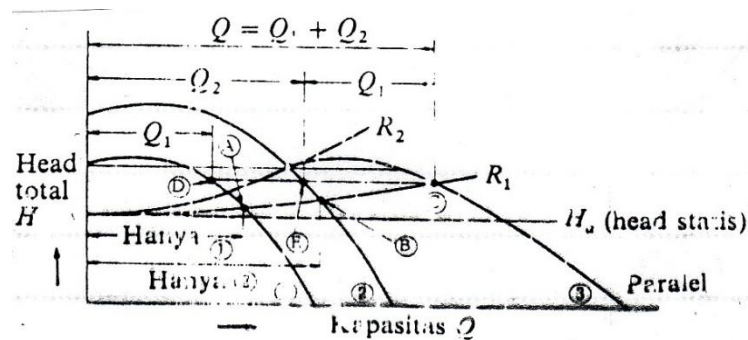
$$W = \frac{\text{energi}}{\text{waktu}} = \frac{E}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$$

$$= \frac{F \cdot 2\pi \cdot n \cdot l}{60} = \frac{F \cdot 2\pi \cdot n \cdot 0,179}{60} = \frac{F \cdot n}{53,35} = \frac{F \cdot n}{k}$$

Dengan $k=53,35$

f. Efisiensi

$$\eta = \frac{W_2}{W_1} \cdot 100\%$$



Gambar 2.20: Operasi parallel dari pompa-pompa dengan karakteristik berbeda

Sumber: Sularso, Tahara. *Pompa dan Kompresor*. 1983, hal 94

Pompa-pompa yang berbeda karakteristiknya dapat pula bekerja sama secara parallel. Hal ini ditunjukkan dalam gambar di mana pompa (1) mempunyai kapasitas kecil dan pompa (2) mempunyai karakteristik besar. Jika keduanya dipasang secara parallel, maka akan menghasilkan kurva karakteristik (3). Di sini, untuk kurva head-kapasitas sistem R_1 akan dicapai titik operasi parallel di (C) dengan laju aliran total sebesar Q_1 . Dalam keadaan ini pompa (1) beroperasi di titik (D) dengan kapasitas Q_1 dan pompa (2) beroperasi di titik (E) dengan kapasitas aliran Q_2 . Laju aliran total $Q=Q_1+Q_2$. Apabila kurva head-kapasitas sistem naik lebih curam daripada R_2 , maka pompa (1) tidak dapat lagi menghasilkan aliran keluar karena head yang dimiliki tidak cukup tinggi untuk melawan head sistem. Bahkan jika head sistem lebih tinggi daripada head pompa perlu dilengkapi dengan katup cegah (check valve) pada pipa keluarnya. Kondisi

seperti ini pada umumnya tidak dikehendaki. Jadi, untuk operasi parallel sebaiknya dipakai pompa-pompa dengan head tertutup (sheet-off head) yang tidak terlalu berbeda.

2.4.2 Pompa Seri

a. Head (H)

$$H_1 = \frac{P_d - P_s}{\gamma} \text{ [m]} \qquad H_2 = \frac{P_s - P_T}{\gamma} \text{ [m]}$$

$$H_{\text{total}} = H_1 + H_2 \text{ [m]}$$

b. Kapasitas (Q)

$$Q = \frac{0,189}{1000} \sqrt{h} \left[m^3 / s \right]$$

Di mana: h= beda ketinggian Hg pada venturi [mm]

c. Torsi (T)

$$T_1 = F_1 \cdot L \text{ [Nm]} \qquad T_2 = F_2 \cdot L \text{ [Nm]}$$

$$T_{\text{total}} = T_1 + T_2 \text{ [Nm]}$$

d. Daya (W)

- Daya poros (W_1)

$$W_{11} = F_1 \cdot \frac{n_1}{k} \text{ [watt]}$$

$$W_{12} = F_2 \cdot \frac{n_2}{k} \text{ [Watt]}$$

$$W_{1 \text{ total}} = W_{11} + W_{12} \text{ [Watt]}$$

- Daya air (W_2)

$$W_{21} = (P_{d1} - P_{s1}) \cdot Q \text{ [watt]}$$

$$W_{22} = (P_{d2} - P_{s2}) \cdot Q \text{ [Watt]}$$

$$W_{2 \text{ total}} = W_{21} + W_{22} \text{ [Watt]}$$

e. Efisiensi (η)

$$\eta = \frac{W_{2 \text{ total}}}{W_{1 \text{ total}}} \cdot 100\%$$

2.4.3 Pompa parallel

a. Head (H)

$$H_1 = \frac{P_{d1} - P_{s1}}{\gamma} \text{ [m]} \qquad H_2 = \frac{P_{d2} - P_{s2}}{\gamma} \text{ [m]}$$

b. Kapasitas (Q)

$$Q = \frac{0,189}{1000} \cdot \sqrt{h} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$Q_1=Q$, dilihat dari pengujian pompa tunggal

$$Q_2= Q_{total} - Q_1$$

Di mana: h=beda ketinggian Hg pada venturimeter [mm].

c. $T_1=F_1.L$ [Nm] $T_2=F_2.L$ [Nm]

$$T_{total} = T_1+T_2$$

d. Daya poros (W_1)

$$W_{11} = F_1 \cdot \frac{n}{k} \text{ [watt]}$$

$$W_{12} = F_2 \cdot \frac{n}{k} \text{ [Watt]}$$

$$W_{1 \text{ total}} = W_{11} + W_{12} \text{ [Watt]}$$

Daya air (W_2)

$$W_{21} = (P_{d1} - P_{s1}) \cdot Q_1 \text{ [watt]}$$

$$W_{21} = (P_{d2} - P_{s2}) \cdot Q_2 \text{ [Watt]}$$

$$W_{2 \text{ total}} = W_{21} + W_{22} \text{ [Watt]}$$

e. Efisiensi (η)

$$\eta = \frac{W_{2 \text{ total}}}{W_{1 \text{ total}}} \cdot 100\%$$

BAB III PELAKSANAAN PERCOBAAN

3.1 Variabel yang diambil

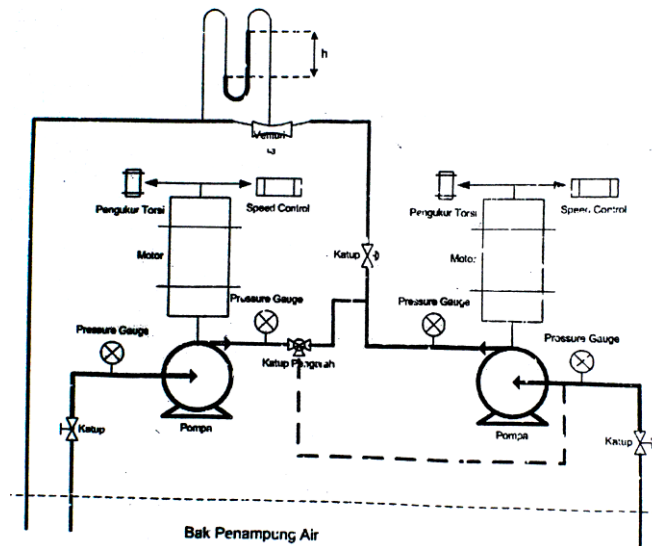
Dari perangkat percobaan yang digunakan terdapat beberapa variabel yang diamati terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat.

- Variabel terkontrol : putaran poros pompa diukur dengan tachometer.
- Variabel bebas : bukaan katub pengukuran.
- Variabel terikat terdiri dari :
 - a. head
 - b. daya poros
 - c. daya air
 - d. torsi
 - e. efisiensi

3.2 alat yang digunakan

- | | | |
|------------------------|-------------------------------|--------------------|
| - equipment | : two stage centrifugal pump | |
| - serial no | : TG8S / T806 | |
| - date | : 8 maret 1982 | |
| - supplied to | : kort ulup KGC for Indonesia | |
| - electrical supply | : 220 V, 50 Hz | |
| 1 st stage | 2 nd stage | |
| - Driving motor tipe | : Neco shurt | Neco shurt |
| - serial no | : st 79258 | st 79258 |
| - special | : 0-3000rpm | 0-3000rpm |
| - power | : 0,75 kw | 0,75 kw |
| - electronical control | : necodechmal LUF150 | necodechmal LUF150 |
| - pomp type | : stuart no 25/2 | stuart no 25/2 |
| - max head | : 13m | 13m |
| - max flow | : 130 L/mnt | 130 L/mnt |
| - thacometer | : compact type m46 no 62637 | |

- venture calibration : $v = 0,2 \sqrt{r}$
- diameter : $D = 97,5 \text{ mm}$
- $d = 22,22 \text{ mm}$



Gambar 3.1 ; Instalasi alat percobaan

Sumber ; Modul Panduan praktikum mesin fluida

Instalasi percobaan ini terdiri dari dua pompa sentrifugal yaitu pompa 1 (PI) dan pompa 2 (PII) yang masing-masing digerakkan oleh sebuah panel penyaluran dan alat ukur atau manometer raksa dan manometer bordon. Jaringan pipa dilengkapi dengan katub isap yaitu katub pompa 1 (A) dan katub pompa 2. sebuah pengatur pengeluaran (o) dan sebuah venture (v).

3.4 Langkah Percobaan

1. periksa kedudukan alat ukur agar tidak menyimpang.
2. pastikan tangki terisi air
3. pastikan dynamometer dalam keadaan setimbang
4. katub A dibuka, katub B tertutup (pompa tunggal)
5. pompa 1 dihidupkan

6. besaran putaran dilihat pada tachometer digital, juga putaran agar tetap konstan.
7. dalam keadaan katub buang tertutup,catat semua data praktikum.
8. ulang langkah 7 dengan memutar katub buang 180 derajat untuk tiap pengambilan data penuh.
9. untuk mengakiri pengujian, putar perlahan pengatur kecepatan agar kecepatan melambat, katub buang ditutup kembali, matikan mesin.
10. data pengujian pompa seri, katub c diubah kedudukan 180 derajat (seperti kedudukan awal), katub B dibuka dan pompa 2 dihidupkan langkan 7-8 diulangi.
11. percobaan selesai.