

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Air mempunyai peran penting dalam kelangsungan kehidupan makhluk hidup di bumi. Air sangat bermanfaat bagi kehidupan di bumi dalam jumlah yang proporsional. Manusia memanfaatkan air untuk berbagai kebutuhan, pada rumah tangga misalnya untuk dikonsumsi, mandi, mencuci dan sebagainya. Selain itu, air juga digunakan pada industri untuk pembangkit listrik tenaga air, transportasi, irigasi dan lain-lain.

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat diperbaharui, sehingga dapat dipastikan ketersediaan air akan selalu ada dan tidak akan habis. Selain itu juga, 70% permukaan bumi ditutupi oleh air, sehingga bumi masih memiliki banyak cadangan air. Oleh sebab itu pompa air menjadi alat yang sangat butuh untuk diperhitungkan secara teknis maupun secara biaya. Kebutuhan air bersih yang dapat digunakan dengan aman untuk keperluan sehari-hari semakin lama akan semakin sedikit, sehingga air bersih diperoleh dari proses pemompaan langsung dari dalam tanah untuk langsung disalurkan menuju tangki penampungan yang disediakan. Untuk mendistribusikan air ini maka dibutuhkan sebuah alat yaitu pompa.

Teknologi sumber daya air yang mayoritas berwujud pompa bukan merupakan suatu yang baru. Hanya saja, dalam penggunaannya dapat meminimalisasi biaya atau dapat memanfaatkan potensi alam sekitar. Perkembangan dunia teknologi yang memanfaatkan potensi alam (terutama air dan

gravitasi bumi) biasa disebut dengan ram pump. Nama lain pompa hidrolis (hydam) pertama kali dibuat oleh ilmuwan Inggris, John Whitehurst, pada 1775 dan berjalan secara manual. Mesin otomatis kemudian dikembangkan oleh Joseph Michel Montgolfier dari Prancis tahun 1796 lalu dipatenkan setahun kemudian oleh Matthew Boulton di Inggris. Pierce tahun 1816 menambahkan katup udara (sniffer valve). James Easton pemilik Green & Carter di Inggris, pada 1820 pertama kali memproduksi hydam dalam skala besar untuk tujuan komersial.

Salah satu jenis pompa yaitu pompa submersible, Pompa Submersible adalah pompa yang dirancang untuk bekerja dengan seluruh perakitan, yang terdiri dari pompa dan motor, sepenuhnya terendam dalam cairan atau media yang akan diproses. Pompa jenis ini memiliki motor tertutup rapat yang digabungkan erat dengan badan pompa. Penutup kedap air di sekitar motor biasanya diisi dengan minyak untuk melindunginya dari kerusakan dengan mencegah masuknya cairan apa pun yang dapat menyebabkan korsleting. Ketika pompa terendam ada tekanan fluida positif di saluran masuk pompa. Kondisi ini dapat menciptakan efisiensi yang lebih besar karena lebih sedikit energi yang dibutuhkan untuk memindahkan cairan melalui jalur cair pompa.

Pompa submersible beroperasi dengan mendorong cairan selama proses pemompaan. Ini sangat efisien karena pompa menggunakan kepala cairan di mana ia terendam untuk beroperasi dan tidak ada energi yang dihabiskan untuk menarik cairan ke dalam pompa. Efek positif dari pompa yang terendam adalah bahwa motor didinginkan oleh cairan di sekitarnya, mencegah overheating.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis berkeinginan pada penelitian ini akan dianalisa pengaruh berbagai variasi impeller pada pompa submersible homemade dengan daya 240 watt terhadap debit.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan pembahasan diatas, maka identifikasi masalah yang akan dibahas adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh bentuk impeller terhadap kecepatan aliran
2. Untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu impeller terhadap kecepatan aliran

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Berdasarkan Identifikasi Masalah diatas, maka pembatasan masalah penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan Motor Dinamo tipe 775 DC 12 V
2. Besar Diameter impeller 52 mm dan tebal 17 mm
3. Jumlah sudu yang digunakan 4, 6 dan 8 buah

## **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan Pembatasan Masalah diatas maka permasalahan yang akan dibahas adalah :

1. Bagaimana pengaruh bentuk Impeller dan jumlah sudu impeller pada pompa air dengan menggunakan Motor Dinamo tipe 775 DC 12 V sebagai penggerak?
2. Berapa besar debit air yang dihasilkan dengan menggunakan variasi bentuk impeller dan jumlah sudu impeller?

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui jumlah debit air yang dihasilkan *Impeller* Sudu Lurus dengan variasi jumlah sudu 4, 6, dan 8
2. Mengetahui jumlah debit air yang dihasilkan *Impeller* Sudu Melengkung dengan variasi jumlah sudu 4, 6, dan 8
3. Mengetahui pengaruh bentuk impeller dan jumlah sudu impeller terhadap debit air

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Sebagai peran nyata dalam pengembangan teknologi khususnya pompa air, maka penulis berharap dapat mengambil manfaat dari penelitian ini, diantaranya ialah :

1. Dapat mengetahui performa terbaik pompa setelah dilakukan variasi bentuk dan jumlah impeller
2. Sebagai pertimbangan dalam perancangan pompa selanjutnya
3. Sebagai bahan pertimbangan dalam penelitian pompa yang akan digunakan

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Pompa**

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek.

Pada prinsipnya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan – tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui.

Pompa memiliki dua kegunaan utama:

- Memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lainnya (misalnya air dari akuifer bawah tanah ke tangki penyimpan air)
- Mensirkulasikan cairan sekitar sistim (misalnya air pendingin atau pelumas yang melewati mesin-mesin dan peralatan)

Pompa juga dapat digunakan pada proses - proses yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan - peralatan berat. Dalam operasi, mesin - mesin peralatan berat membutuhkan tekanan discharge yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi isap pompa maka fluida akan naik dari kedalaman tertentu,

sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi discharge akan memaksa fluida untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan.

## 2.2 Kegunaan Pompa

Pompa telah banyak digunakan orang sejak lama, mulai dari unit terkecil di rumah tangga sampai industri-industri besar. Penggunaan pompa yang semakin luas dari waktu ke waktu menyebabkan perkembangan pompa sangat pesat. Pada era sekarang ini berbagai macam bentuk pompa dengan berbagai keunggulannya telah banyak ditawarkan oleh perusahaan-perusahaan produsen pompa. Sering kali suatu perusahaan membuat pompa tertentu yang hanya digunakan untuk aplikasi khusus. Mengingat banyaknya jenis pompa di pasaran, maka kejelian dalam memilih pompa menjadi syarat utama agar diperoleh kerja pompa yang optimum sesuai dengan sistem yang dilayani.

Dalam rumah tangga, pompa banyak digunakan untuk memompa air dari sumur untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam bidang pertanian pompa banyak digunakan dalam sisten irigasi untuk mengairi sawah-sawah. Dalam penyediaan air minum untuk masyarakat, pompa digunakan untuk mendistribusikan air minum dari PDAM ke rumah-rumah penduduk.

Dalam Industri kimia, seperti kita ketahui banyak sekali jenis zat cair baik kental maupun encer (viskositas), sifat korosif sehingga kita harus tahu pemilihan pompa secara tepat. Dalam industri minyak, pompa tidak hanya digunakan pada pengilangan tetapi juga digunakan pada penyaluran minyak ke pusat-pusat distribusi. Pada pusat pelayanan tenaga khususnya PLTU pompa digunakan sebagai pengisi air ketel (*boiler feed pump*). Selain itu juga digunakan untuk memompa kondensat (air yang diembunkan di dalam kondensor) ke pompa pengisi ketel

(*boiler feed pump*) dan untuk mengalirkan air dingin ke kondensor. Pada gedung-gedung, pompa digunakan untuk mengalirkan air pendingin ke ruangan-ruangan dalam sistem AC sentral.

Pada industri makanan secara umum, kebersihan dalam proses produksi merupakan kebutuhan utama untuk mempertahankan kualitas produk. Oleh karena itu pompa-pompa yang dipakai dalam industri makanan harus tahan karat tanpa ada kebocoran minyak pelumas ke dalam makanan. Proses pembersihannya juga harus dibuat semudah mungkin. Dalam industri makanan banyak digunakan pompa saniter yang telah memenuhi syarat-syarat kebersihan dan kesehatan. Pompa ini digunakan untuk mengalirkan bahan-bahan mentah cair (belum mengalami proses produksi) dan juga produk-produk makanan cair sebelum mengalami pengepakan. Selain itu juga digunakan untuk menyuplai kebutuhan air bersih sebagai campuran bahan-bahan lain dalam proses pabrik.

### **2.3 Prinsip Kerja Pompa**

Prinsip kerja pompa adalah menghisap dan melakukan penekanan terhadap fluida. Pada sisi hisap (*suction*) elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan fluida yang dihisap. Akibatnya fluida akan mengalir ke ruang pompa. Oleh elemen pompa fluida ini akan didorong atau diberikan tekanan sehingga fluida akan mengalir ke dalam saluran tekan (*discharge*) melalui lubang tekan. Proses kerja ini akan berlangsung terus selama pompa beroperasi.

Untuk melakukan kerja hisap dan menekan pompa membutuhkan energi yang berasal dari penggerak pompa. Energi mekanis dari penggerak pompa oleh elemen pompa akan diubah menjadi energi tekan pada fluida sehingga fluida akan memiliki

daya alir. Energi dari penggerak pompa selain untuk memberi daya alir pada fluida juga digunakan untuk melawan perbedaan energi potensial, mengatasi hambatan dalam saluran yang diubah menjadi panas. Energi yang digunakan untuk mengatasi hambatan dan yang diubah menjadi panas merupakan kerugian energi bagi pompa. Dari keterangan diatas maka dapat disimpulkan fungsi pompa adalah untuk mengubah energi mekanis dari penggerak pompa menjadi energi tekan dalam fluida sehingga akan menjadi aliran fluida atau perpindahan fluida melalui saluran tertutup.

## 2.4 Jenis Pompa

### 2.4.1 Menurut Prinsip dan Cara Kerjanya

Pompa diklasifikasikan menurut prinsip dan cara kerjanya. Pompa tersebut secara umum dibagi menjadi dua kelompok yaitu pompa positive displacement dan pompa dynamic pump. Selanjutnya diklasifikasikan lagi jenis pompa menjadi pompa reciprocating, rotary, sentrifugal, aksial, dan spesial effect. Untuk pompa jenis rotary memiliki beberapa tipe yaitu gear pump, screw pump, dan rotary vane pump. Dan untuk pompa jenis spesial effect memiliki beberapa tipe yaitu pompa jet eductor, gas lift pump, hydraulic pump, dan pompa electromagnetic.

#### 1. Pompa Perpindahan Positif

Pompa *Positive Displacement* bekerja dengan memberikan gaya tertentu pada volume *fluida* tetap dari sisi *inlet* menuju sisi *outlet* pompa.

Adapun kelebihan dari pompa perpindahan positif yaitu :

- a. Performance fleksibilitas yang tinggi.
- b. Ukuran relative kecil.

- c. Efisiensi volumetric yang tinggi.
- d. Menghasilkan tekanan fluida yang tinggi.

Pompa perpindahan positif ini dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu :

a. Pompa Torak ( Pompa Reciprocating)

Pada pompa jenis *reciprocating*, sejumlah volume *fluida* masuk kedalam silinder melalui *valve inlet* pada saat langkah masuk dan selanjutnya dipompa keluar dibawah tekanan positif melalui *valve outlet* pada langkah maju.

Kelebihan Pompa *Reciprocating*:

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

Kekurangan Pompa *Reciprocating*:

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

b. Pompa Rotary

Pompa *rotary* adalah pompa yang menggerakkan *fluida* dengan menggunakan prinsip rotasi. Vakum terbentuk oleh rotasi dari pompa dan selanjutnya menghisap *fluida* masuk. Pompa *rotary* dapat diklasifikasikan kembali menjadi beberapa tipe, yaitu:

## 1. Gear Pumps

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 Gear Pumps:

- Self priming (menghisap sendiri).
- Kapasitas konstan pada putaran tertentu.
- Aliran hampir kontinyu.
- Arah pemompaan dapat dibalik.
- Ringan, menghemat tempat.
- Dapat memompa cairan yang mengandung uap dan gas.

Kekurangan *Gear Pumps*:

- Cairan harus relatif bersih.
- Poros harus diberi seal.
- *Clearence* antar bagian-bagian yang berputar harus sekecil-kecilnya.
- Tidak diijinkan fluida benda padat.

## 2. Screw Pumps

Pompa ini menggunakan dua ulir yang bertemu dan berputar untuk menghasilkan aliran *fluida* sesuai dengan yang diinginkan. Pompa *screw* ini digunakan untuk menangani cairan yang mempunyai viskositas tinggi, heterogen, sensitif terhadap geseran dan cairan yang mudah berbuisa. Cara kerja *screw pumps*

adalah zat cair masuk pada lubang isap, kemudian ditekan di ulir 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 *Screw Pumps*:

- Efisiensi total tinggi.
- Kemampuan hisap tinggi.
- Aliran konstan dan lancar.
- Desain sederhana.
- Pompa dapat beroperasi tanpa *valve*.

Kekurangan *Screw Pumps*:

- Harga relative lebih mahal.
- Untuk tekanan tinggi, memerlukan elemen pompa yang panjang.
- Desain dilengkapi dengan sebuah screw pemaksa dan gurdi (bor).
- Dilengkapi dengan hopper dengan panjang hingga 3 meter.

### 3. Vane Rotary Pump

*Vane rotary pump* 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 bolang-baling dibawa berputar dan dipaksa keluar dari sisi buang pompa.

Keuntungan Rotary *Vane Pumps*:

- Mengkompensasi keausan melalui perpanjangan baling-baling.

Kerugian Rotary Vane Pumps:

- Tidak cocok untuk fluida dengan viskositas tinggi.
- Tidak cocok untuk tekanan yang tinggi.

#### 4 Lobe Pump

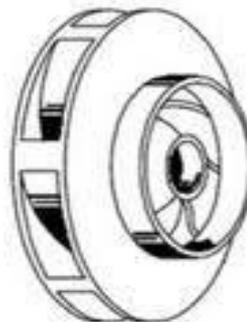
Pompa cuping (*lobe pumps*) ini mirip dengan pompa jenis pompa roda gigi dalam hal aksinya dan mempunyai dua rotor atau lebih dengan dua, tiga, empat kuping atau lebih pada masing-masing rotor. Pompa ini biasa digunakan pada berbagai macam jenis aplikasi industri yang disebutkan tadi karena:

- Memberikan kualitas yang baik dalam kesehatan.
- Efisiensi tinggi.
- Tahan uji.
- Tahan terhadap korosi.
- Kebersihan ditempat baik.

#### 2.4.2 Menurut Jenis Impeller

##### a. Impeller Tertutup

Sudu-sudu ditutup oleh dua buah dinding yang merupakan satu kesatuan, digunakan untuk pemompaan zat cair yang bersih atau sedikit mengandung kotoran.



Gambar 2.1 Impeller Tertutup

b. Impeller Setengah Terbuka

Impeler jenis ini terbuka di sebelah sisi masuk (depan) dan tertutup di sebelah belakangnya. Biasanya digunakan untuk memompa zat cair yang sedikit mengandung kotoran misalnya air yang mengandung pasir, zat cair yang mengauskan, dll.



Gambar 2.2 Impeller Setengah Terbuka

c. Impeller Terbuka

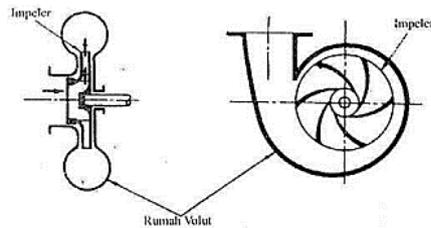
Impeler jenis ini tidak ada dindingnya di depan maupun di belakang. Bagian belakang ada sedikit dinding yang disisakan untuk memperkuat sudu. Jenis ini banyak digunakan untuk memompa zat cair yang banyak mengandung kotoran.



Gambar 2.3 Impeller Terbuka

### 2.4.3 Menurut Bentuk Rumah

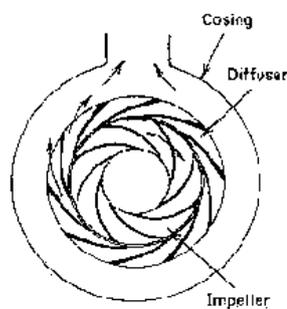
Pompa Volut biasa berbentuk rumah pompunya seperti rumah keong/siput (volute), sehingga kecepatan aliran keluar bisa dikurangi dan dihasilkan kenaikan tekanan.



Gambar 2.4 Pompa Volute

#### a. Pompa Difusser

Pada keliling luar impeller dipasang sudu diffuser sebagai pengganti rumah keong



Gambar 2.5 Pompa Difusser

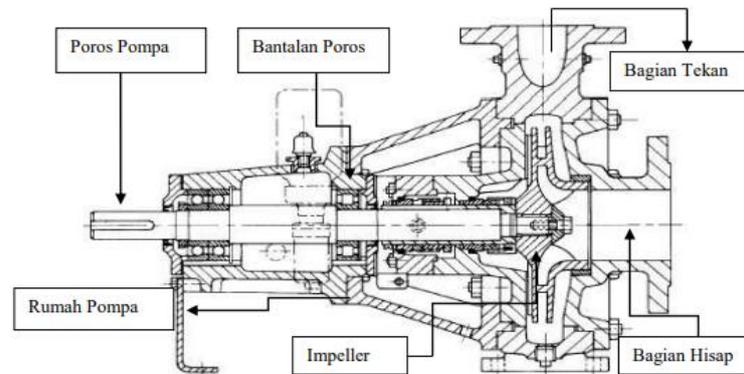
#### b. Pompa Aliran Campur Jenis Volut

Pompa ini mempunyai impeller jenis aliran campur dan sebuah rumah volut.

### 2.4.4 Menurut Jumlah Tingkat

#### a. Pompa Satu Tingkat

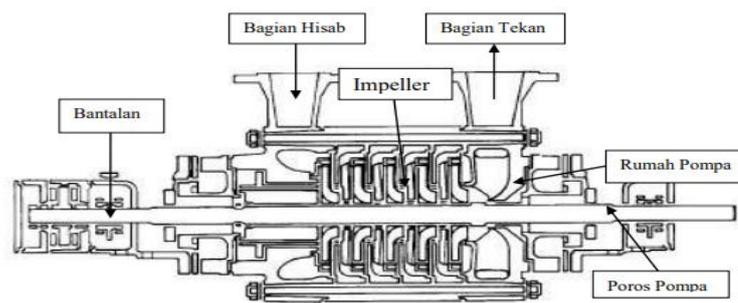
Pompa ini hanya mempunyai satu impeler. Head total yang ditimbulkan hanya berasal dari satu impeler, jadi relatif rendah.



Gambar 2.6 Pompa Satu Tingkat

#### b. Pompa Bertingkat Banyak

Pompa ini menggunakan beberapa impeler yang dipasang secara berderet (seri) pada satu poros. Zat cair yang keluar dari impeler pertama dimasukkan ke impeler berikutnya dan seterusnya hingga impeler terakhir. Head total pompa ini merupakan jumlahan dari head yang ditimbulkan oleh masing masing impeler sehingga relatif tinggi

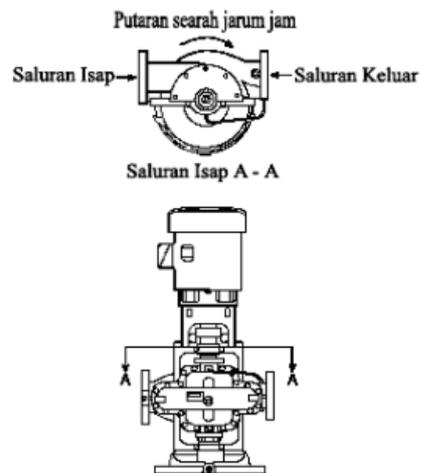


Gambar 2.7 Pompa Bertingkat Banyak

### 2.4.5 Menurut Posisinya

#### a. Pompa Vertikal

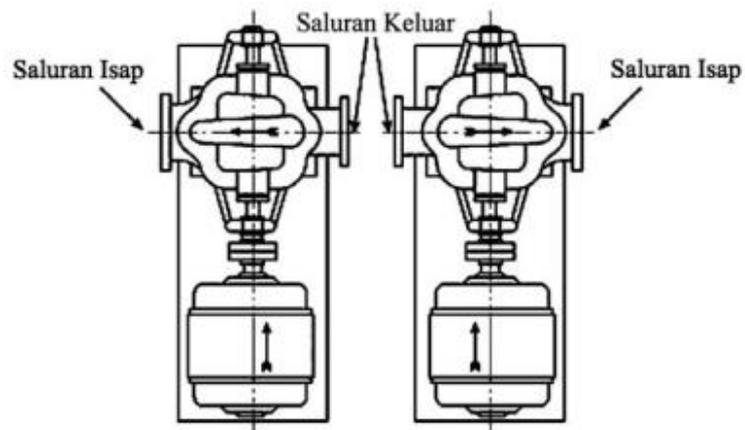
Pompa ini mempunyai poros dengan posisi tegak



Gambar 2.8 Pompa Poros Vertikal

#### b. Pompa Horizontal

Pompa ini mempunyai poros dengan posisi mendatar.



Gambar 2.9 Pompa Poros Horizontal

## 2.5 Pompa Submersible

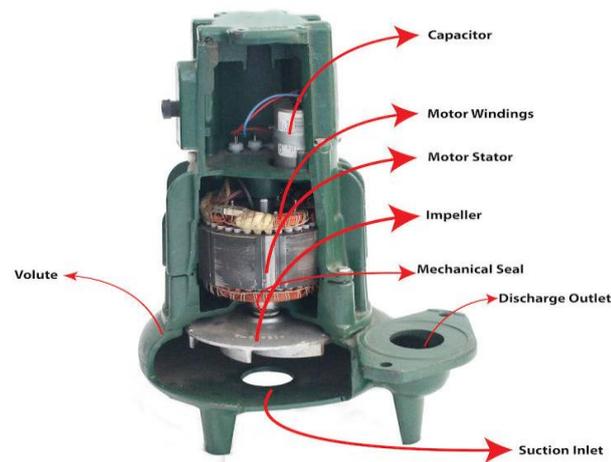
Pompa Submersible adalah jenis pompa yang dirancang untuk beroperasi di dalam air atau cairan dengan merendamkan seluruh tubuh pompa ke dalam media yang dipompa. Pompa ini memanfaatkan prinsip sentrifugal, di mana impeler berputar untuk menciptakan gaya sentrifugal yang memaksa cairan masuk dan keluar dari pompa. Klasifikasi utama pompa sentrifugal submersible melibatkan dua tipe, yaitu pompa sumur dangkal (shallow well) yang cocok untuk kedalaman air dangkal, dan pompa sumur dalam (deep well) yang mampu menangani kedalaman air yang lebih besar.

Aplikasi utama pompa submersible melibatkan pemompaan air dari sumur, sumur artesis, dan reservoir air bawah tanah. Pompa ini sangat berguna dalam penyediaan air untuk keperluan rumah tangga, irigasi pertanian, dan industri. Karena kemampuannya merendam ke dalam air, pompa ini juga sering digunakan dalam aplikasi penyelamatan, pengelolaan banjir, dan sistem drainase di area dengan risiko banjir.

Selain itu, pompa submersible juga dapat ditemukan dalam industri pertambangan, konstruksi, dan pengelolaan limbah. Di pertambangan, pompa ini digunakan untuk menguras air dari tambang atau area yang terendam air. Dalam konstruksi, pompa ini membantu mengelola air di lokasi konstruksi. Di bidang pengelolaan limbah, pompa submersible digunakan dalam instalasi pengolahan air limbah dan pengurasan cairan limbah.

Dengan kemampuannya beroperasi di dalam air, pompa sentrifugal submersible memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam berbagai aplikasi yang melibatkan pemindahan cairan dari lingkungan air ke permukaan.

### 2.5.1 Komponen Pompa Submersible



Gambar 2.10 Bagian Pompa Submersible

Keterangan :

1. Motor
2. *Volute*
3. Kapasitor
4. Mekanikal Seal
5. *Discharge Outlet*
6. *Suction Inlet*
7. *Impeller*

Fungsi dari bagian-bagian pompa submersible adalah:

- **Motor (Dinamo)** Dinamo ini berupa rangkaian gulungan yang terdiri dari rotor dan stator yang akan berputar apabila dihubungkan ke sumber listrik. Dan putaran dinamo inilah yang akan bertugas untuk menggerakkan putaran impellernya.
- **Volute** merupakan tempat dimana terjadinya siklus pemompaan air. Tabung pompa air ini berupa ruangan kecil yang dilengkapi dengan jalur lubang hisap dan saluran keluar airnya.
- **Kapasitor** berfungsi untuk mengangkat putaran dini dari dinamo penggerak ketika mesin pompa airnya dinyalakan. Apabila memang mesin dinamonya sudah berputar, maka kapasitor startingnya pun akan terputus secara otomatis.
- **Mekanikal Seal** berfungsi untuk membagikan penutup jalur poros impeller dengan bagian tabung pompa airnya, agar pada saat poros impellernya berputar maka airnya pun tidak bisa keluar.
- **Discharge Outlet** adalah bagian dari pompa yang berfungsi sebagai tempat keluarnya fluida hasil pemompaan.
- **Suction Inlet** disebut juga saluran masuk yang berfungsi untuk mengarahkan air dari sumber menuju pompa.
- **Impeller** berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan/fluida yang dipompa secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan/fluida yang masuk sebelumnya.

## 2.6 Rumus – rumus Pompa

Langkah-langkah untuk menghitung efisiensi pompa sebagai berikut:

### a. Mencari kecepatan aliran dalam pompa (*suction-discharge*)

Sebelum mencari bilangan reynold, terlebih dahulu harus diketahui kecepatan aliran *fatty acid* yang mengalir dalam pompa.

$$Q=V.A \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

Q = debit aliran

V = kecepatan aliran

A = luas lingkaran pipa

### b. Menghitung nilai reynold pada pipa (*suction-discharge*)

Perhitungan nilai reynold bertujuan untuk mengetahui jenis aliran fluida yang mengalir di dalam pompa. Jenis aliran terbagi atas 3 yaitu jenis aliran laminar, transisi dan turbulen.

$$Re = \frac{\rho.V.d}{\mu} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

Re = bilangan reynold

V = kecepatan aliran

d = diameter pipa

$\mu$  = viskositas dinamik fluida

$\rho$  = massa jenis aliran

c. Menghitung nilai faktor gesekan pada pipa (*suction-discharge*)

Aliran laminar memiliki bilangan reynold  $< 2100$  dan dapat mencari nilai faktor gesekan dengan rumus sebagai berikut.

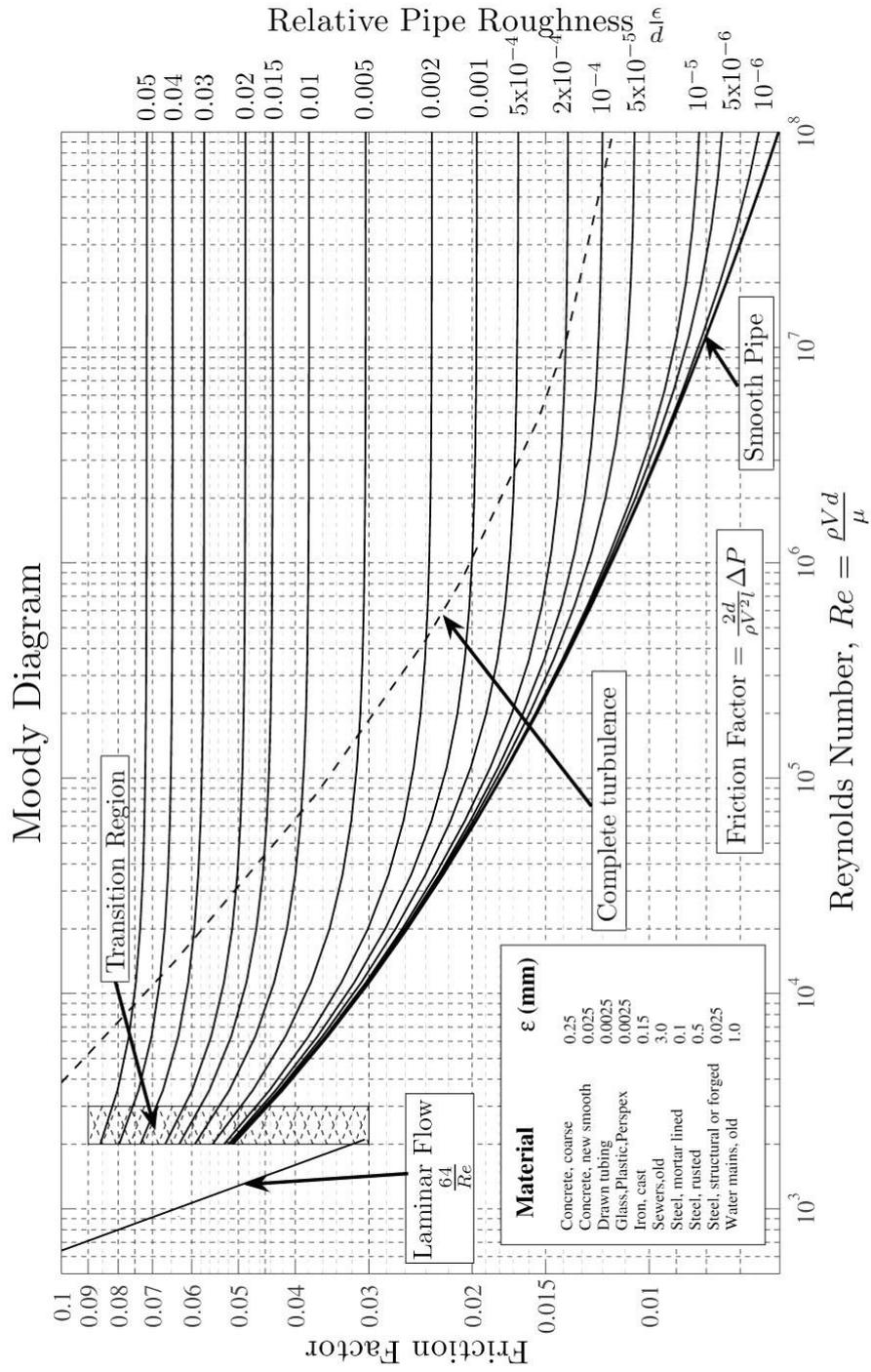
$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

f = faktor gesekan

Re = bilangan reynold

Jika aliran turbulent dengan bilangan reynold  $> 2100$  maka nilai faktor gesekan dapat dicari dengan menggunakan diagram *moody* :



Gambar 2.11 Diagram *Moody*

d. Mencari head losses mayor pada pipa (*suction-discharge*)

Setelah diketahui nilai faktor gesekan, maka dapat mencari head losses mayor pada pipa bagian suction dengan rumus sebagai berikut.

$$h_f = f \frac{l \cdot V^2}{d \cdot 2g} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

$h_f$  = head losses mayor

$f$  = faktor gesekan

$l$  = panjang pipa

$v$  = kecepatan aliran

$d$  = diameter pipa

$g$  = gravitasi

e. Menghitung head losses minor pada pipa (*suction-discharge*)

Head losses minor terjadi pada belokan-belokan pipa, katup-katup yang terpasang pada sistem pemompaan.

$$H_m = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

$K$  = koefisien gesek pada belokan pipa & gate

$V$  = kecepatan aliran

$G$  = gravitasi

## f. Menghitung head loss

Dengan adanya head loss mayor dan head loss minor, maka dapat dicari head loss dengan menambahkan kedua head loss tersebut.

$$Hl = Hf + Hm \dots\dots\dots (6)$$

## g. Menghitung head tekanan

$$HP = \frac{P \text{ discharge} - P \text{ suction}}{\rho \cdot g} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

HP = head tekanan

P discharge = tekanan keluar pompa

P suction = tekanan masuk pompa

$\rho$  = massa jenis fluida

g = gravitasi

## h. Menghitung head kecepatan

Kecepatan aliran  $V_1 = 0$  yang berasal dari tangki cairan ke suction pompa.

$$Hk = \frac{(V_2)^2 - (V_1)^2}{2g} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

Hk = head kecepatan

V = kecepatan fluida

d = diameter

g = gravitasi

## i. Menghitung statis total

Statis total merupakan perbedaan ketinggian antara permukaan zat cair pada sisi tekan dengan sisi isap dan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$Z = Z_2 - Z_1 \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

$Z_2$  = ketinggian permukaan cairan pada sisi tekan

$Z_1$  = ketinggian permukaan cairan pada sisi isap

## j. Menghitung head pada pompa

$$H = HP + HK + Z + HL \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

H = head pompa

HP = head tekanan

HK = head kecepatan

Z = head ketinggian

HL = head losses mayor & minor

## k. Menghitung efisiensi pada pompa

$$\eta = \frac{\rho g Q H}{P} \cdot 100\% \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

$\eta$  = efisiensi pompa

$\rho$  = massa jenis fluida

$Q$  = debit aliran

$H$  = head pompa

## 2.7 Parameter Pompa Submersible

1. Flowrate / Kapasitas
2. Head
3. Power / Daya
4. Cavitation & NPSH (Nett Pressure Suction Head)

1. Flowrate / Kapasitas

Kapasitas pompa adalah jumlah atau volume cairan yang dikeluarkan pompa atau dipindahkan pompa ke titik keluar (outlet) pada suatu level atau jarak tertentu dalam satuan waktu ( $m^3/\text{Jam}$  /  $m^3/\text{Detik}$  / Liter / Menit / GPM ).

2. Head

Head adalah energi yang diberikan oleh pompa kepada sejumlah cairan dengan kapasitas tertentu sehingga cairan tersebut dapat mengalir berpindah dari suatu tempat ke tempat lain, satuannya antara lain Bar (g) / Meter H<sub>2</sub>O / Kg/Cm<sup>2</sup>/ PSI.

Dari Hukum Bernoulli, Energy atau Head pada pompa terdiri dari empat Jenis Head yang terdiri dari :

- a. Head Elevasi (meter)
- b. Head Kecepatan (meter)

c. Head Tekanan (meter)

d. Head Kerugian Gesekan (meter)

Ke empat head ini dihasilkan dari hukum Bernoulli dengan persamaan berikut :

$$\left[ Z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} \right]_1 + H_{\text{pompa}} = \left[ Z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} \right]_2 + H_{\text{losses}}$$

$$H_{\text{pompa}} = \left[ Z_1 - Z_2 + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} \right] + H_{\text{losses}}$$

$$H_{\text{pompa}} = \left[ Z + \Delta \frac{p}{\rho g} + \Delta \frac{v^2}{2g} \right] + H_{\text{losses}}$$

a. Head Elevasi

Head elevasi disebut juga sebagai Head Statis merupakan perbedaan tekanan yang dihasilkan oleh perbedaan level atau perbedaan ketinggian dari 2 permukaan zat cair.

b. Head Kecepatan

Head Kecepatan adalah suatu ukuran energi kinetik yang dikandung cairan yang disebabkan oleh kecepatannya. Perbedaan kecepatan terjadi karena luas penampang pada saluran sisi isap pompa berbeda dengan luas penampang pada saluran sisi tekan pompa

$$H_v = \Delta \frac{v^2}{2g}$$

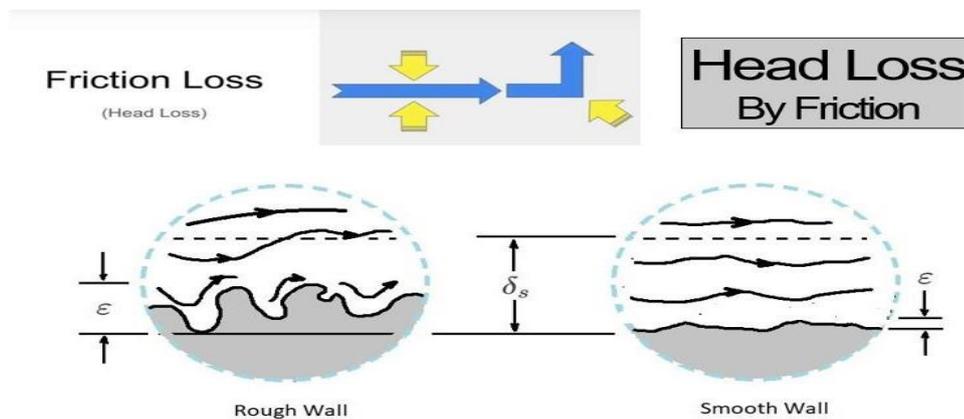
### c. Head Tekanan

Head Tekanan adalah head yang terjadi akibat perbedaan tekanan antara titik awal cairan dipompa dengan titik akhir cairan keluar dari pompa. Head tekanan ikut diperhitungkan karena pada pompa centrifugal sisi isap selalu terhubung dengan sisi tekan pompa.

$$H_p = \Delta \frac{p}{\rho g}$$

### d. Head Kerugian Gesekan

Head Kerugian Gesekan atau Head Losses adalah Head yang hilang atau Head yang dibutuhkan untuk menanggulangi tahanan aliran akibat turbulensi karena cairan bertabrakan dengan berbagai halangan dan adanya gesekan antara cairan dengan permukaan saluran / pipa pengantar cairan.



Gambar 2.12 *Head loss by friction*

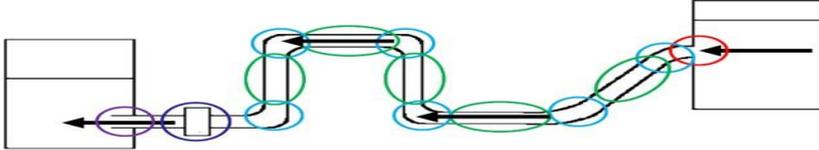
Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa turbulensi akan berkurang pada permukaan wadah / pipa yang lebih halus.

Perhitungan Head Losses ini dapat menggunakan 3 (tiga) metode rumus empiris atau persamaan sebagai berikut :

- 1) Darcy - Weisbach ( $f$ )
- 2) Hazen – William ( CHW )
- 3) Manning (  $n$  )

Dalam tulisan ini metode Darcy – Weisbach ( $f$ ) yang akan diikuti.

**Head Losses**



Head Losses = Mayor Losses + Minor Losses

$$= f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} + \sum K \frac{V^2}{2g}$$

Head Losses terdiri dari 2 jenis Head Losses yaitu Mayor Losses yang diakibatkan oleh gesekan (friction) dari permukaan saluran dengan cairan dan Minor Losses yaitu turbulensi yang disebabkan oleh terhalangnya aliran cairan di sepanjang saluran, penghalang tersebut seperti belokan, perubahan luas penampang, saringan (screen), valve dan lain sebagainya.

### 2.7.1 *Mayor Losses*

Mayor Losses sangat dipengaruhi kecepatan aliran dengan persamaan di bawah ini :

### **Darcy-Weisbach Equation**

$$h_L = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = \frac{8f L Q^2}{g D^5 \pi^2}$$

Where:

$f$  is the friction factor

$L$  is pipe length

$D$  is pipe diameter

$Q$  is the flow rate

$h_L$  is the loss due to friction

**It is conveniently expressed in terms of velocity (kinetic) head in the pipe**

**The friction factor is function of different terms:**

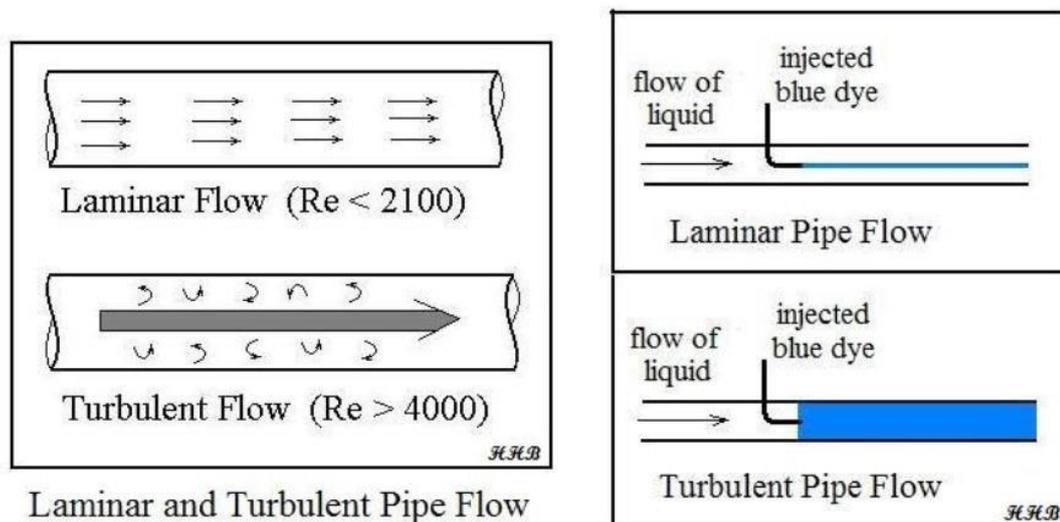
$$f = F\left(R_e, \frac{\varepsilon}{D}\right) = F\left(\frac{\rho V D}{\mu}, \frac{\varepsilon}{D}\right) = F\left(\frac{V D}{\nu}, \frac{\varepsilon}{D}\right)$$

↙
↘  
 Renold number                      Relative roughness

$$\varepsilon = e = k_s$$

$$R_e = N_R$$

Bilangan Reynold (Reynold Number) adalah satu bilangan tak berdimensi, rasio antara gaya inersia (  $Vsp$  ) terhadap gaya viskos (  $m / L$  ) yang mengkuantifikasikan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda seperti Aliran Laminar dan Aliran Turbulensi seperti ilustrasi di bawah ini.

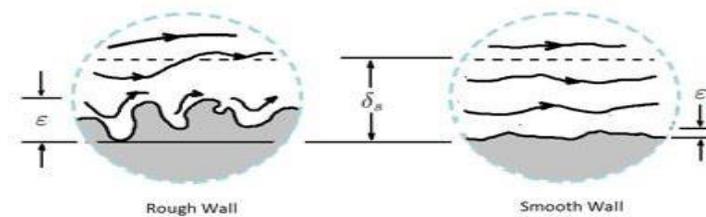


Gambar 2.13 *Laminar and turbulent pipe flow*

Selain kecepatan, Mayor Losses juga tergantung dari kekasaran permukaan saluran (jenis material saluran). Tabel kekasaran material (Material

Roughness) dibawah ini menunjukkan perbedaan kekasaran permukaan material pada beberapa jenis material, yang paling halus permukaannya adalah kaca.

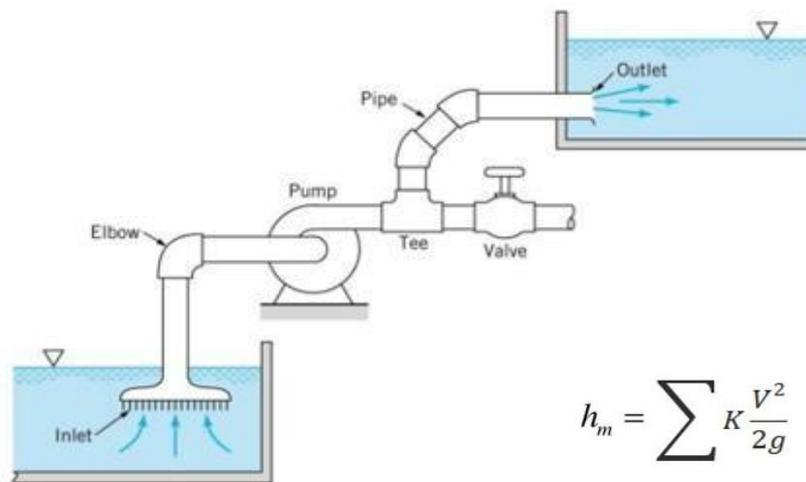
Materials Roughness		
Pipe	Equivalent Roughness	
	Feet	Millimeters
Riveted Steel	0.003 – 0.03	0.9 – 9.0
Concrete	0.001 – 0.01	0.3 – 3.0
Wood Stave	0.006 – 0.003	0.18 – 0.9
Cast iron	0.00085	0.26
Galvanized Iron	0.0005	0.15
Commercial Steel	0.00015	0.045
Drawn Tubing	0.000005	0.0015
Plastic , Glass	0.0 (smooth)	0.0 (smooth)



Gambar 2.14 *Materials roughness*

### 2.7.2 *Minor Losses*

Minor Losses merupakan akumulasi dari berbagai losses karena turbulensi sepanjang saluran dimulai dari saluran sisi suction (isap) hingga saluran sisi discharge (tekan) dari pompa seperti ilustrasi di bawah ini.



Nilai koefisien K tergantung dari tipe asesoris / fitting yang digunakan, dari hasil percobaan para ahli diperoleh nilai koefisien K seperti contoh pada tabel di bawah ini.

Fitting	Loss Coefficient, K
Globe Valve, fully open	10.0
Angle Valve, Fully Open	5.0
Swing Check Valve, Fully Open	2.5
Gate Valve, Fully Open	0.2
Short-radius elbow	0.9
Medium-radius Elbow	0.8
Long-Radius Elbow	0.6
45 Degree Elbow	0.4
Close return bend	2.2
Standard tee, flow through run	0.6
Standard tee, flow through branch	1.8
Square Entrance	0.5
Exit	1.0

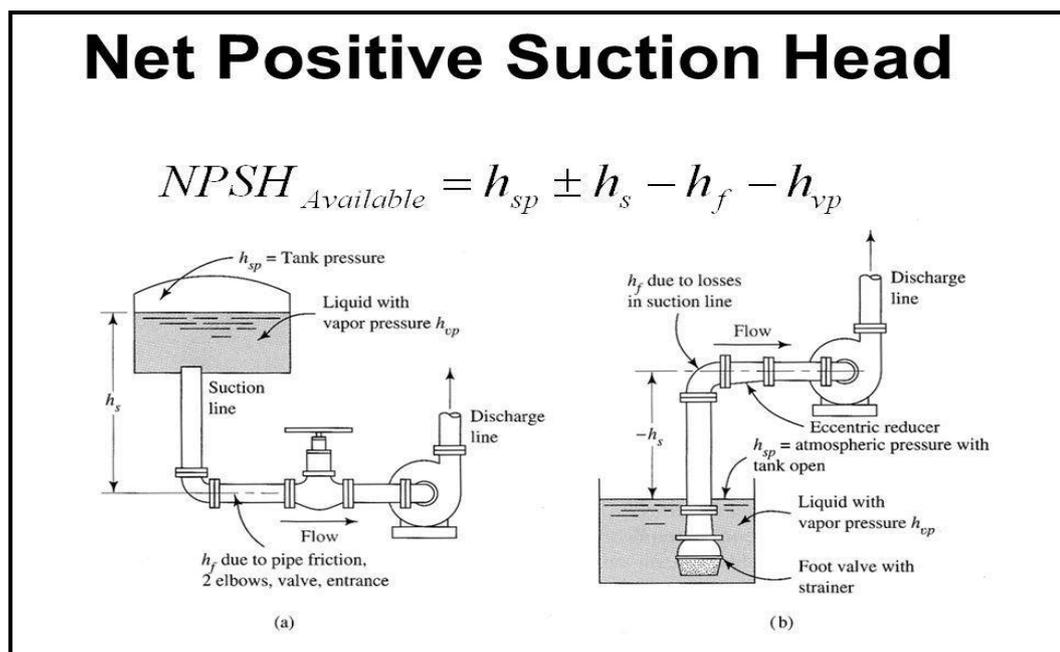
Tabel 2.1 Nilai koefisien K

### 3. Power / Daya adalah

Power adalah Total Energi yang dibutuhkan pompa untuk memindahkan suatu cairan tertentu dengan Kapasitas tertentu dan Head tertentu setelah diperhitungkan efisiensi pompa.

### 4. Cavitation (Kavitasi)

Kavitasi adalah terbentuknya gelembung uap pada sisi isap pompa karena tekanan pada sisi isap pompa  $\leq$  tekanan saturasi cairan yang diisap pompa. Peristiwa kavitasi ini dalam waktu yang lama akan menyebabkan kerusakan pada pompa.



Gambar 2.15 Net positive section head

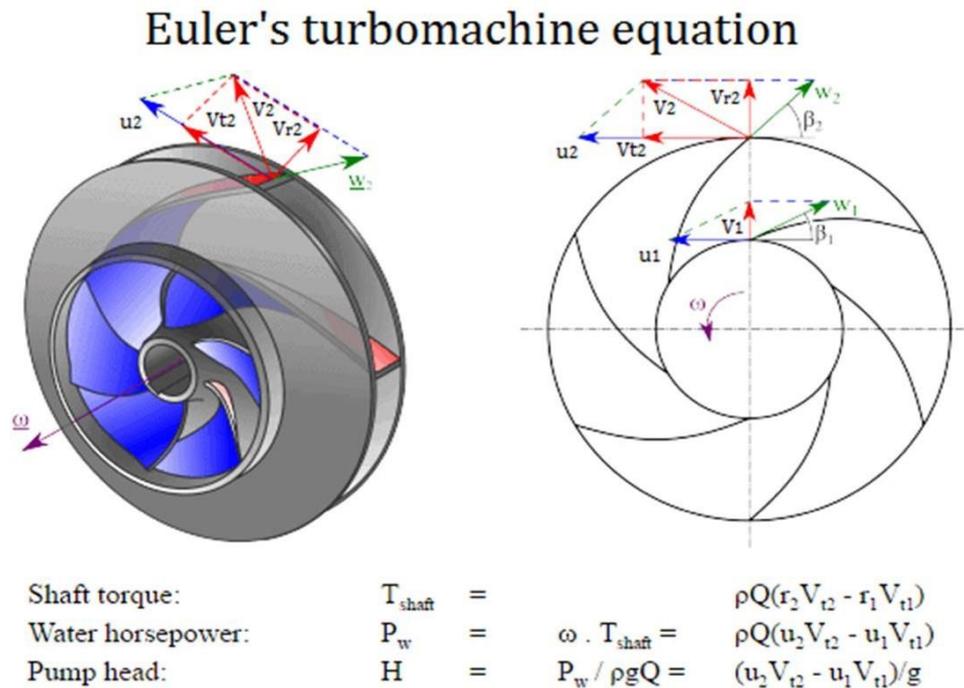
NPSH (Nett Pressure Suction Head) adalah perbedaan besarnya tekanan cairan di sisi isap pompa dengan tekanan saturasi cairan yang sedang dipompa. NPSH ini dapat digunakan sebagai parameter menentukan apakah instalasi yang akan digunakan dapat menyebabkan kavitasi atau tidak.

Kavitasi tidak akan terjadi bila NPSH available (NPSH dari perhitungan instalasi) lebih besar dari NPSH required (NPSH diperoleh dari pabrikan pompa).

**NPSH AVAILABLE > NPSH REQUIRED**

Gambar 2.16 NPSH

Ke empat parameter pompa ini akan dihasilkan oleh putaran impeller yang didesign sesuai dengan kebutuhan Head dan Kapasitas pada uraian di atas. Design impeller menggunakan rumus atau persamaan Euler sesuai dengan ketentuan seperti di bawah ini.



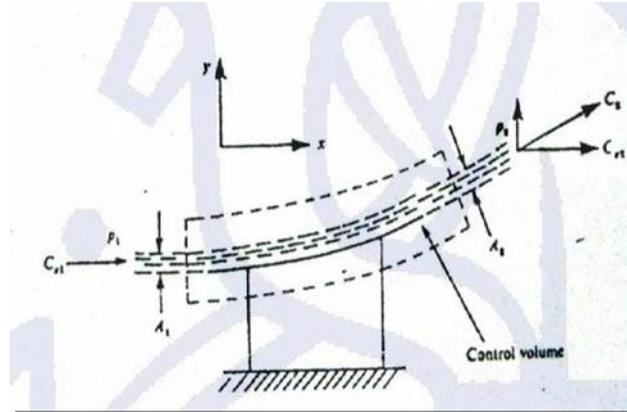
Gambar 2.17 Persamaan *euler turbomachine*

## 2.8 Hukum Dasar Hidrolika

### 2.8.1 Hukum Kontinuitas

Hukum Kontinuitas menyatakan bahwa laju aliran massa ( $m$ ) adalah konstan untuk jenis aliran yang beroperasi didalam keadaan *steady* yang melalui sebuah

volume, dapat dilihat pada Gambar 2.18. Hal ini dapat ditunjukkan didalam persamaan dibawah.



Gambar 2.18 Hukum kontinuitas

Sumber: Perancangan *Impeller* Pompa Sentrifugal tipe 50x40 FSA dengan Metode Reverse Engineering, Vini Citra, 2009

$$\dot{m} = \rho_1 \cdot A_1 \cdot C_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot C_2$$

Keterangan :

$\dot{m}$	: Laju aliran massa	(kg/s)
$A_1$	: Luas penampang masuk aliran fluida	(m <sup>2</sup> )
$A_2$	: Luas penampang keluar aliran fluida	(m <sup>2</sup> )
$C_1$	: Kecepatan aliran fluida masuk	(m/s)
$C_2$	: Kecepatan aliran fluida keluar	(m/s)

Dimana vektor kecepatan C tegak lurus dengan luas penampang A. Untuk aliran inkompresibel (massa jenis konstan) :  $A_1 \times C_1 = A_2 \times C_2$ . Bentuk ini

menunjukkan bahwa aliran massa yang masuk maupun keluar memiliki nilai yang sama untuk control volume yang diberikan pada kondisi operasi *steady*.

### 2.8.2 Persamaan Bernoulli

Dalam teorema Bernoulli menyebutkan bahwa energi fluida yang mengalir pada pengaruh gravitasi adalah jumlah dari energi potensial, energi kinetik dan energi tekanan.

$$E_T = E_P + E_k + E_H$$

Keterangan :

$E_T$  : Energi fluida yang mengalir

$E_p$  : Energi Potensial

$E_k$  : Energi kinetik

$E_H$  : Energi tekanan

Persamaan Bernoulli merupakan persamaan energi untuk jenis aliran inkompresibel yang ideal, fluida *non viscous*, *steady*, tidak ada kerja dan dalam satu garis arus.

Persamaan Bernoulli dapat dilihat pada persamaan

$$E_T = (P_2 - P_1) / (\rho \times g) + (V_2 - V_1)^2 / (2 \times g) + (Z_2 - Z_1)$$

Keterangan :

$P_1$  : Tekanan masuk fluida (Pa)

$P_2$  : Tekanan keluar fluida (Pa)

$Z_1$  : Ketinggian sisi hisap (m)

$Z_2$  : Ketinggian sisi tekan (m)

Dimana,  $\rho \times g$  merupakan  $\gamma$  yaitu berat jenis fluida ( $\text{N/m}^3$ )

### 2.8.3 Persamaan Euler

Persamaan Euler menyatakan bahwa tingkat energi pada suatu titik pada fluida dengan tingkat energi pada titik lainnya didalam ruang sudu antar *impeller*, dengan menggunakan asumsi sebagai berikut :

1. Proses adalah adiabatik, sehingga tidak ada kalor yang masuk maupun keluar selama fluida berada didalam *impeller* dengan pertimbangan-pertimbangan, yaitu kondisi operasi sistem merupakan *steady*, waktu yang sangat singkat, perubahan energi kalor tidak dapat langsung menjadi energi poros.
2. Fluida adalah ideal dan *non viscous*, sehingga tidak ada gesekan antara fluida dengan *impeller*, maupun antara fluida dengan fluida.
3. Jumlah sudu adalah tak berhingga, sehingga fluida dianggap tetap dan dapat mengalir diantaranya, aliran fluida dapat tepat mengikuti bentuk lengkungan sudu *impellernya*.
4. Dimensi memiliki nilai yang relatif kecil sehingga dapat diabaikan

Berdasarkan asumsi diatas, untuk *impeller* ideal dengan menganggap jumlah sudu tak berhingga seperti pada Gambar 2.19, maka dapat diturunkan persamaan euler sebagai berikut :

$$H = \frac{(U^2 \cdot C_{u2}) - (U^1 \cdot C_{u1})}{g}$$

Keterangan :

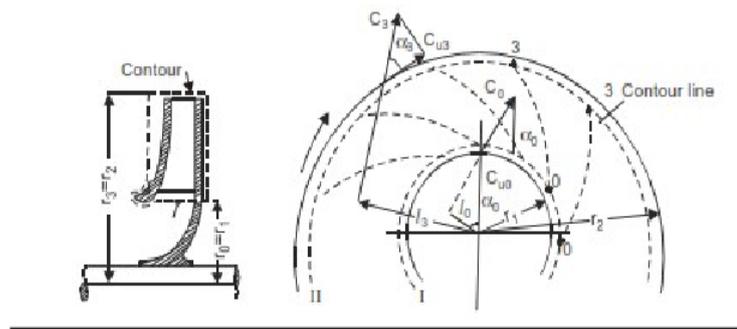
$U_2$  : Kecepatan sudu keluar (m/s)

$U_1$  : Kecepatan sudu masuk (m/s)

$C_{u2}$  : Kecepatan tangensial keluar (m/s)

$C_{u1}$  : Kecepatan tangensial masuk (m/s)

Dimana U merupakan kecepatan tangensial dan C adalah kecepatan absolut.

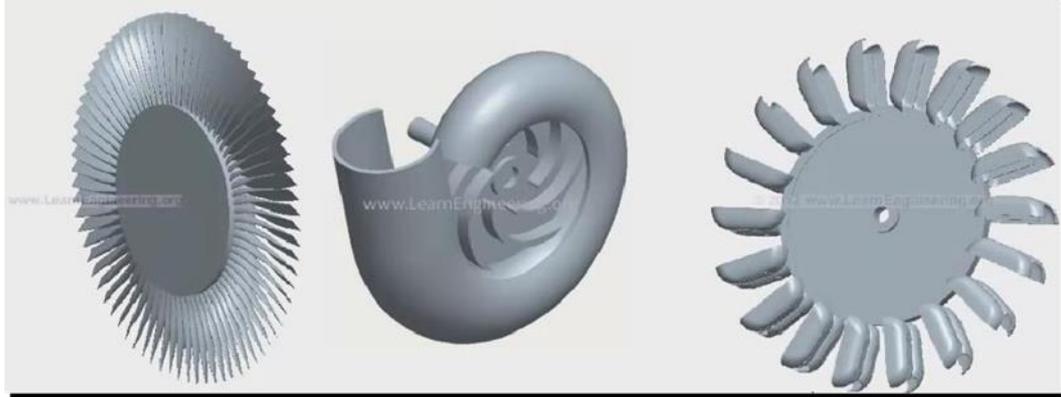


Gambar 2.19 *Impeller* dua dimensi

## 2.9 Segetiga Kecepatan

Fluida mengalir kedalam pompa karena terhisap oleh *impeller* yang berputar, dengan menganggap aliran fluida dalam bentuk aliran dua dimensi, dan bahwa fluida mengikuti sudu-sudu *impeller* dengan tepat. Kecepatan masuk dan keluar untuk suatu *impeller* yang mempunyai sudu-sudu mengarah kebelakang seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.20, maka  $u$  merupakan kecepatan suatu titik pada *impeller* relatif terhadap tanah,  $w$  adalah kecepatan aliran fluida relatif terhadap *impeller*,  $c$  adalah kecepatan absolut partikel fluida yang mengalir relatif terhadap tanah.  $C$  merupakan penjumlahan secara vector antara  $u$  dan  $w$ .

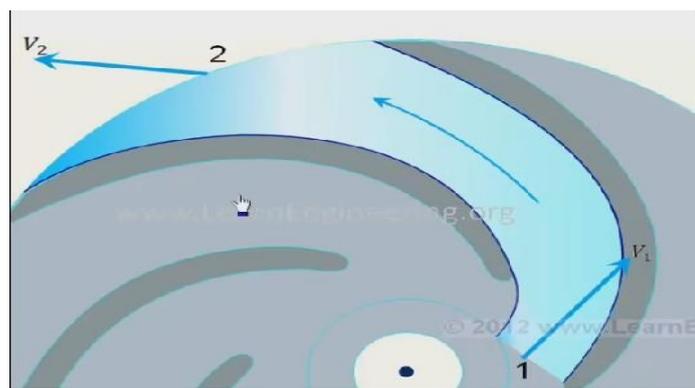




Gambar 2.21 Beberapa jenis *impeller*

Sumber: LearnEngineering.com

Untuk dapat memahami ataupun mengembangkan dasar-dasar *turbomachinery*, kita harus membayangkan bahwa fluida mengalir didalam suatu jalur aliran seperti diperlihatkan pada Gambar 2.22. Kecepatan fluida berubah dari  $V_1$  pada bagian masuk menjadi  $V_2$  pada bagian keluarannya



Gambar 2.22 Aliran dalam *impeller*

Sumber: LearnEngineering.com

Kecepatan fluida tersebut dapat dibagi menjadi komponen radial dan komponen tangensial seperti diperlihatkan pada Gambar 2.23. Untuk membuat fluida mengalir, harus ada torsi eksternal yang bekerja pada aliran tersebut. Torsi tersebut kita dapatkan dari turunan Hukum Newton kedua mengenai gerak, yang mana adalah persamaan dasar dari *turbomachinery* atau yang disebut juga sebagai persamaan euler (*Euler Turbomachinery Equation*).

$$T = \dot{m} (R_2 \cdot V_{\theta 2} - R_1 \cdot V_{\theta 1})$$

Keterangan :

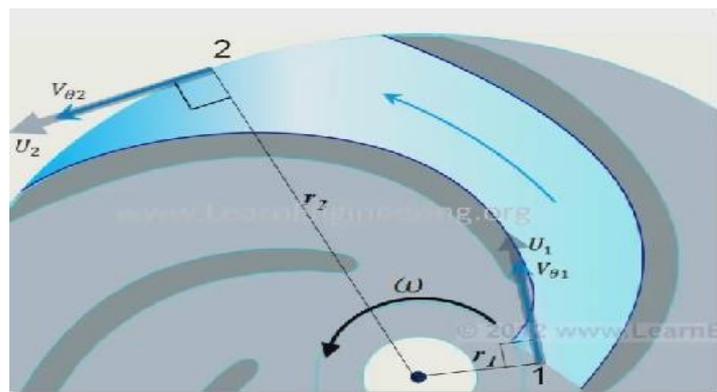
T : Torsi (kg m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)

R<sub>1</sub> : Jari-Jari dalam *Impeller* (m)

R<sub>2</sub> : Jari-jari luar *Impeller* (m)

V<sub>θ1</sub> : C<sub>u1</sub> = Kecepatan tangensial sisi masuk *Impeller* (m/s)

V<sub>θ2</sub> : C<sub>u2</sub> = Kecepatan tangensial sisi keluaran *Impeller* (m/s)



Gambar 2.23 Komponen kecepatan fluida

Sumber: LearnEngineering.com

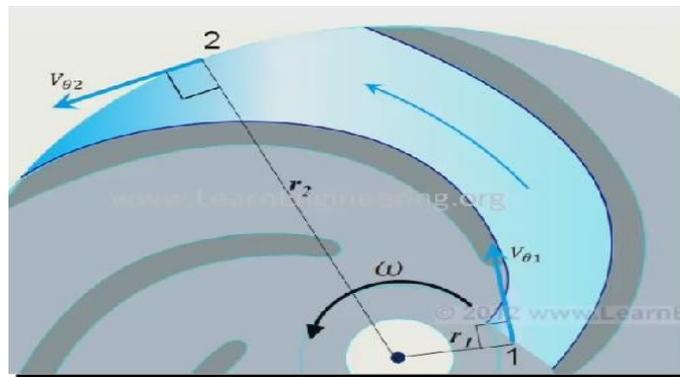
Jika impeller tersebut berputar dengan kecepatan angular  $\omega$  daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan aliran tersebut dapat menggunakan persamaan berikut.

$$P_{\text{req}} = \dot{m} (R_2 \cdot V_{\theta 2} - R_1 \cdot V_{\theta 1}) \times \omega \quad (3.12)$$

Keterangan :

$P_{\text{req}}$  : Daya yang dibutuhkan (kW)

$\omega$  : Kecepatan angular (rad/s)



Gambar 2.24 Komponen kecepatan fluida

Jika kita mengalirkan kecepatan angular kepada radius maka kita akan mendapatkan kecepatan sudu  $U$ . Maka dengan kata lain daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida tersebut adalah dengan persamaan berikut.

$$P_{\text{req}} = \dot{m} (U_2 \cdot V_{\theta 2} - U_1 \cdot V_{\theta 1})$$

Keterangan :

$U_1$  : Kecepatan sudu dalam *impeller* (m/s)

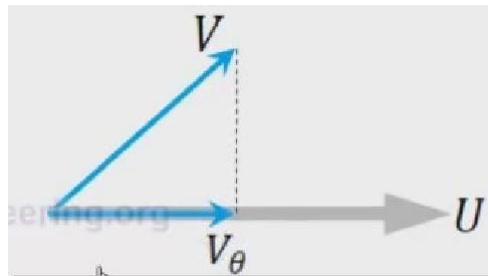
$U_2$  : Kecepatan sudu luar *impeller* (m/s)

$V_\theta$  memiliki nilai yang positif jika mempunyai arah yang sama dengan kecepatan sudu  $U$  dan sebaliknya. Jika kita membagi daya dengan berat jenis dari fluida yang mengalir maka kita akan dapat menghitung head pompa tersebut.

Persamaannya adalah sebagai berikut.

$$H = 1/g \times (U_2 \times V_{02} - U_1 \times V_{01})$$

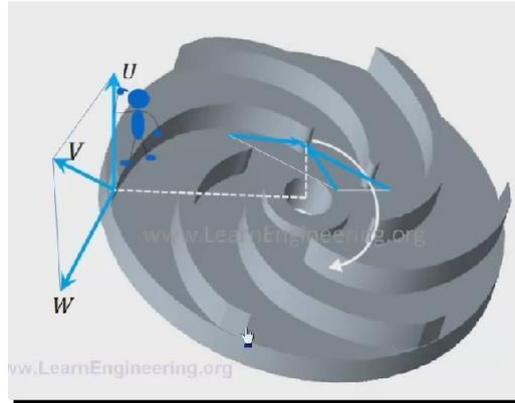
Jika daya yang dihasilkan besar daripada nol ( $P_{req} > 0$ ), berarti fluida yang mengalir menyerap energi dan bekerja sebagai kompresor. Sebaliknya jika daya yang dihasilkan lebih kecil daripada nol ( $P_{req} < 0$ ), berarti fluida yang mengalir melepaskan energi dan bekerja sebagai turbin. Kecepatan tangensial  $V_\theta$  merupakan komponen dari kecepatan fluida  $V$  dimana  $V_\theta$  parallel terhadap kecepatan fluida  $U$  seperti diperlihatkan pada Gambar 2.25



Gambar 2.25 Komponen kecepatan fluida

Sumber: LearnEngineering.com

Untuk memahami kecepatan relatif dianalogikan seperti ini, Bayangkan anda berdiri pada impeller yang berputar seperti diperlihatkan pada gambar berikut, anda merupakan fluida yang digerakkan oleh impeller. Kecepatan fluida yang dialami oleh impeller yang berputar disebut kecepatan relatif, kecepatan relatif memiliki arah yang parallel terhadap sudut keluaran impeller seperti diperlihatkan pada Gambar 2.26



Gambar 2.26 Analogi kecepatan relatif

Sumber: LearnEngineering.com

Kita dapat memprediksi performa pompa sentrifugal melalui segitiga kecepatan yang diperlihatkan pada Gambar 2.26. Komponen radial dari kecepatan aliran menentukan seberapa banyak debit yang meninggalkan *impeller*, sehingga kita dapat menentukan kecepatan radial bagian keluaran dari persamaan berikut.

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot b_2 \cdot V_{r2}$$

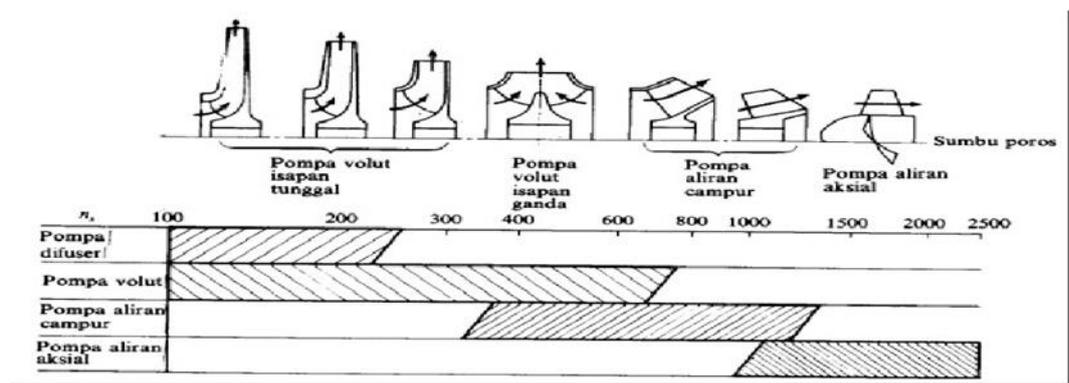
Keterangan :

$b_2$  : Lebar laluan sudu keluaran *Impeller* (m)

Maka, dapat juga mengetahui komponen tangensial dari kecepatan aliran dari bagian masukan. Pada bagian masukan pompa sentrifugal, kecepatan aliran adalah radial jadi komponen tangensial dari kecepatan aliran adalah nol. Sehingga dapat diasumsikan sebagai pendekatan perancangan bahwa sudut masuk fluida adalah  $90^\circ$ .

## 2.10 Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik ( $n_s$ ) merupakan kecepatan secara geometrik yang sama pada pompa yang mengkonsumsi 1 (metric) hp dan menghasilkan 1 m dari tital *head*. Secara umum kecepatan spesifik merupakan suatu istilah untuk memberikan klasifikasi *impeller* berdasarkan prestasi dan proporsi tanpa memperhatikan ukuran actual dan kecepatan dimana *impeller* tersebut beroperasi. Karena kecepatan spesifik merupakan fungsi proporsi dari *impeller*, maka kecepatan spesifik memiliki nilai konstan untuk *impeller-impeller* yang mempunyai sudut – sudut dan proporsi yang sama (homogen).



Gambar 2.27 Hubungan kecepatan spesifik dan jenis *impeller*

Sumber: Pompa dan Kompresor, Sularso, 2000

Kecepatan spesifik dapat juga digunakan untuk menentukan jenis *impeller* yang digunakan, ditunjukkan dalam gambar 2.27 hubungan antara kecepatan spesifik dan bentuk jenis *impeller*. Kecepatan spesifik dibagi dalam dua jenis, yaitu kecepatan spesifik kinematic dan kecepatan spesifik dinamik, dan dapat dilihat dalam persamaan berikut.

$$\text{Kecepatan spesifik kinematic (N}_{sq}) = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

$$\text{Kecepatan spesifik dinamik (N}_{sp}) = \frac{n\sqrt{\frac{\rho \cdot Q}{75 \cdot H}}}{1}$$

Keterangan :

n : Kecepatan putaran (rpm)

Q : Laju aliran volume (m<sup>3</sup>/s)

## 2.11 Efisiensi Pompa

Efisiensi Hidrolik Efisiensi pompa dapat dibagi menjadi tiga, yaitu :

### 1. Efisiensi hidrolik

Efisiensi hidrolik merupakan perbandingan antara *head* aktual dan *head* teoritis, dapat ditunjukkan dalam persamaan dibawah ini :

$$\Delta H = H_{th} - H_a$$

$$\eta_h = \frac{H_a}{H_{th}} = \frac{H_{th} - \Delta H}{H_{th}} = \frac{H_a}{H_a - H_{th}} = 1 - \frac{\Delta H}{H_{th}}$$

Keterangan :

$\Delta H$  : Selisih *head* aktual dan *head* teoritis pompa sentrifugal (m)

$H_{th}$  : *Head* teoritis (m)

$H_a$  : *Head* aktual (m)

$\eta_h$  : Efisiensi hidrolik

## 2. Efisiensi volumetrik

Efisiensi volumetrik merupakan perbandingan antara Q aktual dan Q teoritis pompa

$$\Delta Q = Q_{th} - Q_a$$

$$\eta_h = \frac{Q_{th} - \Delta Q}{Q_{th}} = \frac{Q_a}{Q_a - Q_{th}} = 1 - \frac{\Delta Q}{Q_{th}}$$

Keterangan :

$\Delta Q$  : Selisih  $Q_a$  aktual dan  $Q_{th}$  pompa sentrifugal ( $m^3/s$ )

$Q_{th}$  : Laju aliran volume teoritis ( $m^3/s$ )

$Q_a$  : Laju aliran volume aktual ( $m^3/s$ )

$\eta_v$  : Efisiensi volumetrik

## 3. Efisiensi mekanik

Efisiensi mekanik merupakan perbandingan antara daya aktual dan daya teoritis pompa.

$$\Delta N = N_{th} - N_a$$

$$\eta_m = \frac{N_a}{N_{th}} = \frac{N_{th} - \Delta N}{N_{th}} = \frac{N_a}{N_a - N_{th}} = 1 - \frac{\Delta N}{N_{th}}$$

Keterangan :

$\Delta N$  : Selisih daya aktual dan daya teoritis pompa sentrifugal (kW)

$N_{th}$  : Daya teoritis (kW)

$N_a$  : Daya aktual (kW)

$\eta_m$  : Efisiensi mekanik (kW)

$$\eta = \eta_{th} \times \eta_v \times \eta_m$$

$\eta$  : Efisiensi total pompa

## 2.12 Daya

Daya dapat didefinisikan sebagai jumlah energi yang digunakan untuk menaikkan energi fluida yang mengalir melewati pompa dari bagian masuk (inlet) menuju bagian keluaran (outlet).

$$N = \frac{W.H}{C} = \frac{\gamma.Q.H}{C}$$

Dimana  $W = \gamma \times Q$  dalam bentuk satuan kgf, konstan bernilai 102, dan jika digunakan dalam bentuk Newton konstan bernilai 1.000 untuk mendapatkan daya dalam satuan kW.