

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Impeller merupakan komponen utama yang sangat penting pada pompa sentrifugal yang berfungsi untuk mengubah energi mekanis menjadi energi kecepatan pada fluida.

Energi kecepatan yang dihasilkan impeller didasarkan dari besaran putaran poros yang digerakan oleh motor listrik. Energi yang diberikan oleh impeller untuk memindahkan fluida adalah akibat adanya dorongan sudu- sudu pada impeller. Fluida yang keluar melalui sudu-sudu, dan meninggalkan impeller dengan kecepatan tinggi, lalu melewati saluran yang penampangnya semakin membesar sehingga terjadi perubahan head (tinggi tekan ) kecepatan menjadi head tekanan.

Pompa sentrifugal yang mempunyai impeller untuk menaikkan fluida dari tempat yang rendah ketempat yang lebih tinggi dari akibat adanya kecepatan dan tekanan. Pada pompa kecepatan dan tekanan yang terjadi dapat dipengaruhi desain impeller termasuk di dalamnya pengaruh jumlah sudu impeller. Jumlah sudu pada impeller akan merubah kecepatan aliran, head, daya pompa dan efisiensi pompa.

Hal tersebut diatas dapat dikatakan sebagai kinerja sebuah pompa. Oleh sebab itu, perencanaan sebuah impeller sangat bergantung pada bagian utamanya dimana salah satu bagian yang penting adalah jumlah sudu.

Jumlah sudu dapat dianalisa berdasarkan diameter masuk dan keluar fluida, sehingga berpengaruh kepada kinerja fluida yang akan dipindahkan. Dalam

menganalisa kinerja fluida pada pompa, perlu diperhatikan dimensi (ukuran-ukuran) impeller sesuai kapasitas air yang dibutuhkan. Semakin banyak jumlah sudu maka kapasitas dan efisiensi pompa semakin meningkat atau sebaliknya jika semakin sedikit jumlah sudu maka kapasitas dan efisiensi semakin rendah. Hal ini perlu dibuktikan dengan suatu eksperimen/pengujian terhadap impeller.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat di rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh jumlah sudu impeller terhadap kecepatan aliran?
2. Bagaimana pengaruh jumlah sudu impeller terhadap head?
3. Bagaimana pengaruh jumlah sudu impeller terhadap efisiensi pompa?
4. Bagaimana pengaruh jumlah sudu impeller terhadap daya pompa?

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penelitian tugas akhir ini batasan masalah meliputi sebagai berikut:

1. Analisa perhitungan terhadap head, kecepatan fluida, daya dan efisiensi pompa.
2. Penelitian dilakukan menggunakan 3 buah impeller dengan jumlah sudu dan sudut outlet yang berbeda.

#### **1.4 Tujuan penelitian**

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu:

3. Untuk menghitung pengaruh variasi jumlah sudu impeller terhadap kecepatan aliran, head dan efisiensi pompa.
4. Untuk menghitung jumlah sudu impeller yang lebih bagus (efektif) untuk pompa.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini yaitu :

5. Dapat mengetahui kinerja terbaik setelah dilakukan variasi jumlah sudu impeller pada pompa sentrifugal.
6. Dapat mengetahui perhitungan, kecepatan aliran, head dan efisiensi pompa setelah dilakukan pengujian jumlah sudu impeller

## **BAB 2**

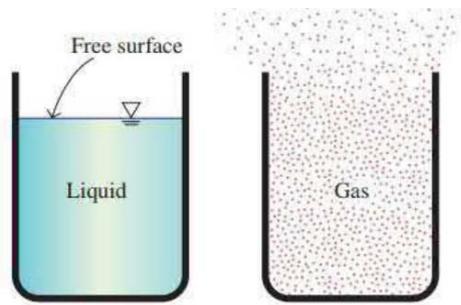
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Fluida**

Fluida adalah zat yang mengubah bentuknya sebagai *respons* terhadap gaya apapun betapapun kecilnya, yang cenderung mengalir atau sesuai dengan bentuk wadahnya, dan didalamnya termasuk gas, cairan dan campuran padatan dan cairan yang mampu mengalir (Vlachopoulos,2016:1). Sumber lain ada juga yang menyatakan bahwa fluida adalah zat yang mengalami deformasi terus-menerus dibawah tegangan geser yang diterapkan atau setaranya, sehingga tidak memiliki bentuk yang diinginkan (Kundu et al., 2015:2). Jadi fluida akan selalu berubah bentuk apabila dikenakan tekanan geser.

Berdasarkan wujudnya, Cengel dan Cimbala (2014:3) fluida dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Fluida gas merupakan fluida dengan partikel yang renggang dimana gaya tarik antara molekul sejenis relatif lemah dan sangat ringan sehingga dapat melayang dengan bebas serta volumenya tidak menentu, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.
2. Fluida cair berdasarkan pada Gambar 2.1 merupakan fluida dengan partikel yang rapat dimana gaya tarik antara molekul sejenisnya sangat kuat dan mempunyai permukaan bebas serta cenderung untuk mempertahankan volumenya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Fluida Gas dan Cair

Untuk memahami segala hal tentang aliran fluida, maka terlebih dahulu harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Sifat-sifat dasar fluida tersebut yaitu: berat jenis, kerapatan, tekanan, temperatur, kekentalan

### 1. Berat Jenis

Berat Jenis (specific weight) dari suatu fluida, dilambangkan dengan  $\gamma$  (gamma), didefinisikan sebagai berat tiap satuan volume.

### 2. Kerapatan

Definisi kerapatan suatu fluida adalah massa per satuan volume pada suatu temperatur dan tekanan tertentu. Kerapatan fluida bervariasi sesuai dengan jenis fluidanya. Fluida gas akan mengalami perubahan apabila temperatur dan tekanannya berubah. Sedangkan fluida cair pengaruh keduanya tidak signifikan. Jika kerapatan fluida tidak dipengaruhi oleh perubahan temperatur dan tekanan maka disebut fluida inkompresibel.

### 3. Kerapatan Relatif

Kerapatan relatif merupakan perbandingan antara kerapatan fluida tertentu terhadap kerapatan fluida standar, umumnya pada air adalah  $40^0$  (untuk cairan) dan udara (untuk gas).

#### 4. Tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai gaya ( $F$ ) yang diterima fluida tiap luasan area ( $A$ ). Satuan tekanan biasa disebut pascal ( $\text{Pa}$ ). Definisi tersebut dinyatakan dalam satuan newton per meter kuadrat ( $\text{N/m}^2$ ) atau biasa disebut pascal ( $\text{Pa}$ ). Namun karena skalanya terlalu kecil, praktiknya yang umum digunakan adalah kelipatan dalam kilopascal ( $1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$ ) dan megapascal ( $1 \text{ MPa} = 10^6$ ). Satuan lain yang umum digunakan antara lain: bar ( $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ ), standar atmosfer ( $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$ ), dan kilogram-force per centimeter persegi ( $1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.9679 \text{ atm}$ ).

#### 5. Temperatur

Temperatur berkaitan dengan tingkat energi internal dari suatu fluida. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat berupa getaran. Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi temperatur benda tersebut. Temperatur diukur dengan alat termometer. Temperatur juga menjadi kuantitas fisik dasar dalam termodinamika yang bersimbol ( $T$ ) dengan satuan kelvin ( $\text{K}$ ), karena dalam praktik pada umumnya menggunakan aturan berbeda dari kelvin maka digunakan temperatur celcius dengan symbol  $t$ .

### 2.2 Aliran Fluida

Aliran pada fluida berbeda dengan zat padat, karena kemampuan fluida untuk mengalir. Fluida lebih mudah mengalir karena terdapat ikatan molekul yang lebih kecil dibandingkan dengan ikatan molekul pada zat padat, sehingga fluida hambatan perubahan bentuk karena gesekan relatif kecil. Beberapa jenis aliran

sangat terpengaruh oleh bilangan Reynolds. Bilangan Reynolds adalah bilangan tidak berdimensi yang penting digunakan untuk penelitian aliran fluida pada pipa.

Adapun persamaan bilangan Reynolds untuk aliran di dalam pipa adalah sebagai berikut (Cengel dan Cimbala, 2014:11)

$$Re = \frac{V D}{\mu} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$V$  = Kecepatan Fluida (m/s)

$D$  = Diameter Dalam Pipa (m)

$\mu$  = Viskositas (kg/m.s)

Berdasarkan kondisinya terhadap waktu, aliran fluida dapat dibedakan menjadi dua, (Cengel dan Cimbala, 2014:11) yaitu :

- a. Aliran *Steady* adalah suatu aliran dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu sehingga kecepatan konstan pada setiap titik (tidak mempunyai percepatan).
- b. Aliran *Transient* adalah dimana terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu.

Berdasarkan pola alirannya, aliran fluida dibedakan menjadi tiga, yaitu:

- a. Aliran Laminar

Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan–lapisan atau lamina–lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldnya kurang dari 2300 ( $Re < 2300$ ).



Gambar 2.2 Aliran Laminer

b. Aliran Turbulen

Aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dimana nilai bilangan Reynoldsnya lebih besar dari 4000 ( $Re > 4000$ ).



Gambar 2.3 Aliran Turbulen

c. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen, nilai bilangan Reynoldssnya antara 2300 sampai dengan 4000 ( $2300 < Re < 4000$ ).



Gambar 2.4 Aliran Transisi

## 2.3 Sistem Pemipaan

Pipa adalah media tempat mengalirnya fluida proses dari suatu unit yang satu ke unit lainnya. Secara umum karakteristiknya ditentukan berdasarkan material (bahan) penyusunnya. Ukuran diameter pipa didasarkan pada diameter "Nominal" antara diameter luar (OD) atau diameter dalam (ID). Tubing adalah pipa dengan ukuran diameter yang lebih kecil dari pipa, kegunaannya (secara umum) adalah untuk penghubung antara alat ukur dengan pipa proses an dari instrumen ke sistem kontrol. Ukuran standar untuk tubing selalu diameter luar (OD).

### 2.3.1 Tujuan Perancangan Pipa

- a. Menentukan jenis material yang sesuai dengan kondisi kerja seperti, tekanan external/internal, suhu, korosi dll.
- b. Standard Code mana yang sesuai untuk diaplikasikan pada sistem perpipaan yang akan dirancang. Pemilihan standard code yang benar akan menentukan arah perancangan secara keseluruhan, baik dari segi biaya, reliabilitas, safety design, dan stress analisis.
- c. Perhitungan dan pemilihan ketebalan pipa. Pemilihan ketebalan pipa (schedule number) sebaiknya memenuhi kriteria cukup, aman, dan ketersediaan stok di pasaran.
- d. Dengan cara bagaimana sistem perpipaan akan dikoneksikan satu sama lain, jenis sambungan, dan material sambungan seperti apa yang sesuai.
- e. Bagaimana planning dan routing dari sistem perpipaan akan dilakukan. General arrangement, dan routing sebaiknya dilakukan dengan memperhatikan aspek inherent safety design, konsumsi pipa seminimum mungkin tanpa

mengorbankan dan mengurangi kemampuan, fungsi dan operasional dari peralatan yang terkoneksi.

### 2.3.2 Standarisasi Pipa Internasional

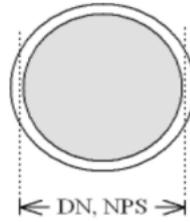
#### a. Diameter Pipa

Diameter Dalam Pipa : ID=*Inside Diameter*

Diameter Luar Pipa : OD=*Outside Diameter*

Diameter Nominal : NPS=*Nominal Pipe Size*

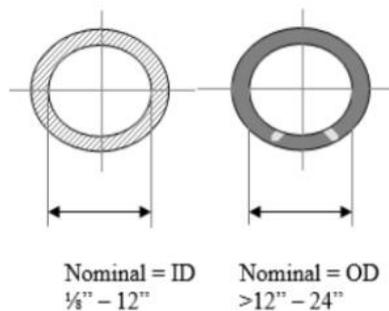
- a. NPS: *Nominal Pipe Size*, diameter, ID) satuannya Inchi (pendekatan dalam bentuk diameter bagian dalam (*inside* dari pipa).
- b. DN: Diameter Nominal, digunakan oleh Negara di daratan Eropa, dengan satuan milimeter.
- c. Sch atau *Schedule* adalah menunjukkan ukuran ketebalan dinding pipa atau *wall-thickness* (seringkali merupakan data ID dan *wall thickness*)
- d. Sebagai tambahan beberapa standart memberikan metode untuk menentukan ketebalan suatu pipa. Salah satu cara yang umum adalah dinyatakan dengan beratnya yang diklasifikasikan sebagai berikut, ,
- e. STD-Standard atau *Standart Weight* untuk tebal dinding normal pada tekanan pipa 150 psi.
- f. XS-*Extra strong* atau *Extra Heavy* dengan tekanan diatas 300 psi .
- g. XXS - *Double extra strong* untuk tekanan diatas 600 psi.



Gambar 2.5 Diameter Nominal Pipa

Menurut ANSI (American National Standard Institute) dan ASME (American Society of Mechanical Engineer), ukuran diameter pipa ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk ukuran pipa  $\frac{1}{8}$  " – 12" nominal diameter pipa tidak sama dengan diameter luarnya, yang diukur adalah ID atau *inside* diameter.
2. Untuk ukuran pipa  $>12$  " – 24" nominal diameter pipa sama dengan OD (diameter luar).



Gambar 2.6 Diameter Pipa Menurut ANSI dan ASME

Untuk pipa yang memiliki OD- *outside* diameter sama , namun bisa memiliki tebal dinding yang berbeda beda sesuai dengan *schedule number*-nya.

b. Material Standar

Standar bahan yang dipakai biasanya memakai standard amerika, yaitu yang dikenal dengan nama :

1. ASTM = *American Society for Testing Material* .
2. API = *American Petroleum Institute* .

3. ANSI = *American National Standard Institute.*

1. Pipa Baja Karbon (*Carbon Steel Pipe*)

ASTM – A. 53 (*Grade A and B*)

ASTM – A. 106 (*Grade A,B,C*)

ASTM – A. 155

2. Pipa Baja Stainless (*Stainless Steel Pipe*)

ASTM – A.132 Type 304 (AISI 304)

ASTM – A.312 Type 321 (NASI 321)

ASTM – A.358 Type 321 (AISI 321)

3. Pipa Baja Tuang

ANSI – A.211

4. Pipa Lapisan Seng (*Galvanized Pipe*)

ASTM – A. 53 Galvanized 8

ASTM – A. 120 Galvanized

5. Standar bentuk pipa berdasarkan ujungnya

*PLAIN END* = Sambungan pipa dengan *socket welding* *THREADED END* =

Sistim sambungan pipa berulir

*BEVELED END* = Sistim sambungan *butt welding*

2.3.3 Macam-macam pipa berdasarkan kegunaannya

a. *Carbon Steel Pipe*

Pipa baja karbon atau steel pipe banyak digunakan pada industri migas. Pipa ini memiliki kekuatan yang tinggi, kenyal, dapat dilas dan tahan lama. Kelemahannya adalah tidak tahan terhadap serangan korosi ( $H_2SO_4$ ) Carbonate

(K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan air laut. Karena itu untuk pipa yang dipasang dibawah laut maupun dalam tanah akan menggunakan lapisan khusus (coating) agar tidak di serang zat yang korosif.

b. *Stainless Steel Pipe* (pipa baja)

Pipa jenis ini mempunyai sifat tahan terhadap oksidasi dan zat yang korosif, untuk fasilitas LNG jenis pipa ini dipakai pada CO<sub>2</sub>-removal unit, untuk menyalurkan carbonate, dan untuk flare stack. Stainless steel pipe memiliki thermal strength yang tinggi (1,5 x carbon steel )

c. Pipa Basi Tuang (*Cast iron*)

Pipa besi tuang golongan kelas yang tahan akan korosi, besi tuang memiliki kekerasan tinggi tetapi memiliki kerapuhan yang tinggi pula, besi tuang tidak baik dipakai untuk fasilitas yang memiliki kontraksi dan getaran tinggi.

d. Pipa Galvanized (*Galvanized Pipe*)

Pipa jenis ini adalah jenis carbon steel namun bagian luar dan dalam pipa dilapisi dengan seng agar tahan terhadap karat, digunakan untuk saluran air dan conduit.

#### 2.3.4 Komponen Pemipaan

Komponen perpipaan harus dibuat berdasarkan spesifikasi standar yg terdaftar dalam simbol dan kode yg telah dibuat atau dipilih sebelumnya. Komponen perpipaan yg dimaksud disini meliputi :

a. *Flanges* ( flens-flens)

b. *Fittings* (sambungan)

c. *Valves* (katup-katup)

- d. *Boltings* (baut-baut)
- e. Gasket
- f. *Support/ Instalasi*
- g. *Specials items*

## 2.4 Valve

Macam-macam valve yang sering ditemukan atau digunakan pada plant adalah sebagai berikut :

### 1. *Gate Valve*

*Gate Valve* adalah *valve* yang paling sering dipakai pada sistem perpipaan. Fungsinya hanya untuk menutup dan membuka aliran (*fully closed & fully opened position*), *on/off control* dan *isolation equipment*. *Gate valve* tidak bisa digunakan untuk mengatur besar kecilnya aliran (*regulate* atau *trotthling*). Karena akan merusak posisi disc nya dan mengakibatkan *valve* bisa *passing* pada saat *valve* ditutup (*passing* = aliran tetap akan lewat, walaupun *valve* sudah menutup). Pada saat *Gate valve* terbuka sebagian (misal 50% *opening*), maka aliran fluida akan sebagian lewat dibawah disc yang menyebabkan turbulensi (turbulensi = aliran fluida yang bergejolak). Berikut adalah contoh gambar dari *Gate valve* :



Gambar 2.7 Gate Valve

## 2. *Globe Valve*

*Globe valve* merupakan salah satu jenis valve yang dirancang untuk mengatur besar kecilnya aliran fluida (*regulate atau throttling*). Pada dasarnya bagian utama dari *Globe valve* ini sama saja dengan Gate valve. Yaitu terdiri dari *body, seat, disc, bonnet, stem, packing* dan *gland*.



Gambar 2.8 Globe Valve

## 3. *Rotation Valve*

Dikatakan *rotation valve* karena valve membuka dan menutup dengan cara rotasi pada disc. Valve – valve dibawah ini berbeda dengan *gate valve* dan *globe valve* dalam hal cara membuka dan menutup valve. Pada *gate valve* dan *globe valve*, kita diharuskan memutar *handwell*, namun untuk *rotation valve*, kita bisa membuka dan menutup valve hanya dengan memutar *handle valve* sebesar 90 derajat. Oleh

karena itu *valve* jenis ini bisa membuka dan menutup lebih cepat dari *gate valve* ataupun *globe valve*. *Handle* pada *valve* tipe ini adalah pengganti *handwell* pada *gate valve* dan *globe valve*. Hal penting yang harus diperhatikan adalah, pada posisi *valve fully open* maka *handle* akan searah dengan aliran atau pipa, namun jika posisi *valve fully close* maka posisi *handle* tidak searah dengan aliran atau pipa, melainkan akan membentuk sudut 90 derajat dengan aliran atau pipa. Yang termasuk jenis ini adalah: *Plug valve*, *Ball valve* dan *Butterfly valve*.



Gambar 2.9 Rotation Ball Valve

#### 4. *Diaphragm Valve*

*Diaphragm valve* bisa digunakan untuk mengatur aliran (*trhottling*) dan bisa juga digunakan sebagai *on/off valve*. *Diaphragm valve* handal dalam penanganan material kasar seperti fluida yang mengandung pasir, semen, atau lumpur, serta fluida yang mempunyai sifat korosif.



Gambar 2.10 *Diaphragm valve*

### 5. *Swing Check Valve*

digunakan untuk menangani fluida yang berlumpur, endapan, dan yang mempunyai partikel-partikel solid yang banyak serta fluida-fluida yang mempunyai kecenderungan untuk terjadi kebocoran (*leak*).



Gambar 2.11 Swing Check Valve

### 6. *Check Valve*

Check valve digunakan untuk membuat aliran fluida hanya mengalir kesatu arah saja atau agar tidak terjadi reversed *flow/back flow*. Bentuk *check valve* sama saja dengan *gate valve* tapi valve ini tidak mempunyai *handwell/handle* maupun *stem*.



Gambar 2.12 Check Valve

### 7. *Relieve Valve and Safety Valve*

Kedua valve ini digunakan untuk melepaskan (release) tekanan (pressure) pada suatu sistem agar tidak membahayakan alat (equipment), personnel yang

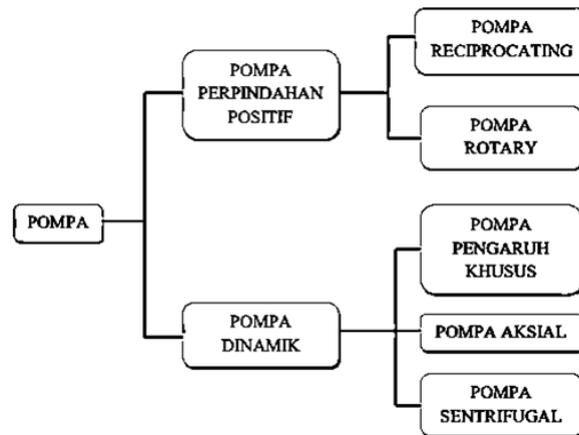
sedang bekerja, dan untuk kepentingan proses itu sendiri. Relieve valve akan membuka perlahan-lahan apabila terjadi kelebihan (excess) pressure dan akan menutup kembali apabila pressure telah kembali normal. cocok diaplikasikan ke fluida liquid. Sedang Safety valve, akan membuka 14 secara sangat cepat langsung 60% opening apabila terjadi excess pressure. Dan akan menutup kembali hanya apabila pressure telah berada dibawah pressure normal (set point). Digunakan untuk fluida gas.



Gambar 2.13 Safety Valve

## 2.5 Pompa

Pompa adalah salah satu jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat lain yang diinginkan. Pompa beroperasi dengan membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (suction) dengan bagian keluar (discharge). Pompa juga berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga penggerak menjadi tenaga kinetis (kecepatan). Tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada di sepanjang aliran. Pompa diklasifikasikan seperti gambar 2.14



Gambar 2.14 Klasifikasi Pompa

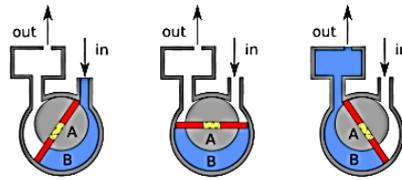
### 2.5.1 Pompa Perpindahan Positif (*positif displacement pump*)

Pompa perpindahan positif bekerja dengan cara memberikan gaya tertentu pada volume fluida tetap dari sisi inlet menuju ke sisi outlet pompa. Kelebihan dari penggunaan pompa jenis ini adalah dapat menghasilkan power density (gaya persatuan berat) yang lebih berat dan memberikan perpindahan fluida yang tetap atau stabil di setiap putarannya.

Pompa perpindahan positif memiliki tipe yang lebih bervariasi dari pada pompa dinamik. Secara general pompa perpindahan positif dibagi menjadi dua yaitu jenis pompa rotary dan jenis reciprocating.

#### 1. Pompa Rotary

Pompa *rotary* ini memindahkan fluida kerja melalui mekanisme rotary dengan jalan menimbulkan efek vakum sehingga dapat menghisap fluida kerja dari sisi inlet, dan memindahkannya ke sisi outlet. Terperangkapnya udara di dalam rotary, secara natural pompa ini akan mengeluarkan udara tersebut. Jenis pompa rotary antara lain pompa roda gigi, pompa screw dan pompa kipas.

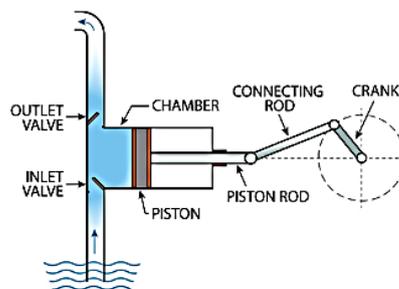


Gambar 2.15 Pompa Rotary

## 2. Pompa Reciprocating

Pompa ini menggunakan piston untuk bergerak maju mundur sebagai komponen kerjanya, serta mengarahkan aliran fluida kerja hanya ke satu arah dengan check valve.

Pompa Reciprocating ini memiliki rongga kerja yang meluas pada saat menghisap fluida dan akan mendorong dengan memampatkan rongga kerja tersebut. Check valve digunakan untuk mengatur arah aliran fluida sehingga akan terjadi proses pemompaan yang seimbang. Berikut ini adalah gambar dari pompa reciprocating.



Gambar 2.16 Pompa Reciprocating

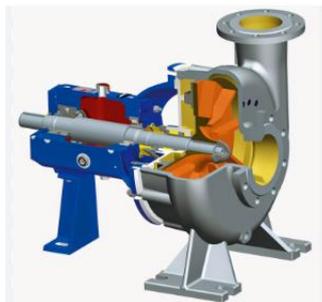
### 2.5.2 Pompa Dinamik (*Dynamic Pump*)

Pompa dinamik terbagi menjadi beberapa macam yaitu pompa sentrifugal, pompa aksial dan pompa spesial efek atau pompa pengaruh khusus. 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 dari pada tipe pompa perpindahan positif, tetapi memiliki biaya yang rendah untuk perawatannya. Pompa dinamik juga bisa beroperasi pada kecepatan yang tinggi dan debit aliran yang juga tinggi. Berikut jenis-jenis pompa dinamik.

#### 1. Pompa Sentrifugal

Sebuah pompa sentrifugal tersusun atas sebuah impeller dan saluran inlet ditengah-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.

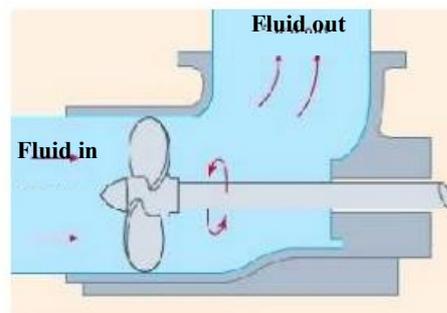


Gambar 2.17 Pompa Sentrifugal

#### 2. Pompa Aksial

Pompa aksial bisa juga disebut dengan pompa propeler. Pompa ini menghasilkan sebagian besar tekanan dari propeller dan gaya lifting dari sudu terhadap fluida. Pompa ini banyak digunakan pada sistem drainase dan irigasi. Pompa aksial vertikal single stage lebih umum digunakan, akan tetapi kadang

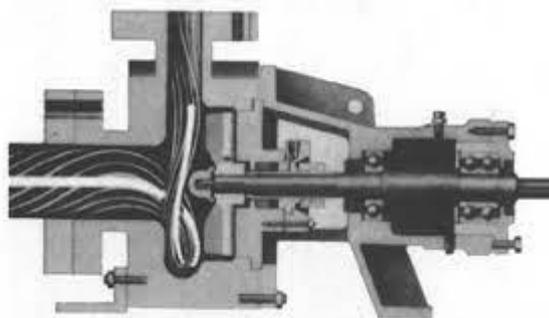
pompa aksial two stage lebih ekonomis penerapannya. Pompa aksial horisontal digunakan untuk debit aliran fluida yang besar dengan tekanan yang kecil dalam alirannya.



Gambar 2.18 Pompa Aksial

### 3. Special Effect Pump

Pompa ini sering digunakan untuk kebutuhan industri. Pompa yang termasuk dalam spesial effect pump yaitu jet (eductor), gas Lift, hydraulic ram dan elektromagnetic. Pompa jet digunakan untuk mengkonversi energi tekanan dari fluida bergerak menjadi energi gerak sehingga menciptakan area bertekanan rendah, dan dapat menghisap di sisi suction. Gas lift pump adalah sebuah cara untuk mengangkat fluida di dalam sebuah kolom dengan jalan menginjeksikan suatu gas tertentu yang menyebabkan turunnya berat hidrostatis dari fluida tersebut sehingga reservoir dapat mengangkatnya ke permukaan. Pompa elektromagnetic adalah pompa yang menggerakkan fluida logam dengan jalan menggunakan gaya elektromagnetic.



Gambar 2.19 *Special Effect Pump*

## 2.6 Pompa Sentrifugal

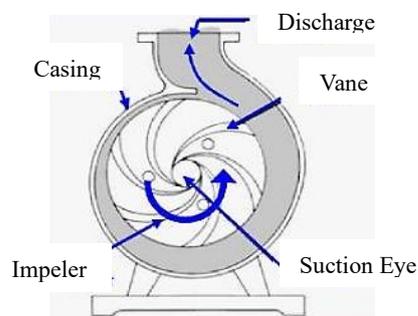
Pompa sentrifugal merupakan pompa yang menggunakan impeller sebagai penggerak utama. Impeller yang di pasang pada salah satu ujung poros dan pada ujung yang lain dipasang kopleng untuk meneruskan daya dari penggerak. Bentuk impeller yang dipasang menyebabkan aliran fluida yang keluar dari pompa akan membentuk aliran yang tegak lurus terhadap poros pompa. Pada pompa sentrifugal terdapat mechanical seal yang digunakan untuk mencegah kebocoran fluida keluar atau udara masuk ke dalam pompa.

### 2.6.1 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Prinsip kerja pompa ini adalah fluida memasuki nosel pada sisi masuk menuju titik tengah impeller yang berputar. Ketika berputar, impeller akan memutar cairan yang ada dan mendorongnya keluar antara dua siripnya, serta menciptakan percepatan sentrifugal. Ketika cairan meninggalkan titik tengah impeller, menciptakan daerah bertekanan rendah sehingga cairan dibelakangnya mengalir ke arah sisi masuk.

Karena sirip impeller berbentuk kurva, cairan akan terdorong ke arah tangensial dan radial oleh gaya sentrifugal terlihat. Gaya ini terjadi di dalam pompa seperti halnya yang dialami air dalam ember yang diputar diujung seutas tali. Intinya adalah bahwa energi yang diciptakan oleh gaya sentrifugal adalah energi kinetik. Jumlah energi yang diberikan ke cairan sebanding dengan kecepatan pada piringan luar impeller.

Semakin cepat impeller berputar maka semakin besar energi diberikan kepada cairan. Energi kinetik cairan yang keluar dari impeller tertahan dengan penciptaan terhadap aliran. Tahanan pertama diciptakan oleh rumah pompa (volute) yang menangkap cairan dan memperlambatnya. Pada nosel keluar, cairan makin diperlambat dan kecepatannya diubah menjadi tekanan sesuai dengan prinsip bernoulli.



Gambar 2.20 Lintasan Fluida di Dalam Pompa Sentrifugal

### 2.6.2 kelebihan Pompa Sentrifugal

Ada pun kelebihan pompa sentrifugal antara lain :

1. Aliran yang halus (smooth) di dalam pompa.
2. Tekanan yang seragam pada discharge pompa.
3. Biaya rendah.
4. Bisa mengatasi jumlah fluida yang besar.

5. Dapat bekerja pada kecepatan yang tinggi sehingga pada aplikasi selanjutnya dapat dikoneksikan langsung dengan turbin uap dan motor elektrik.

### 2.6.3 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 :  $>50 \text{ kg/cm}^2$

#### 3. Jumlah / Susunan Impeller dan Tingkatan

##### 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 paralel dalam satu casing.

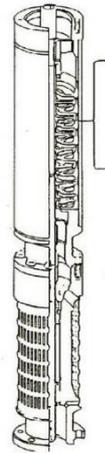
##### d. Multi impeller dan multi stage

Kombinasi multi impeller dan multi stage.

#### 4. Posisi Poros

- a. Poros Tegak
  - b. Poros Mendarat
5. Jumlah Suction
- a. Single Suction
  - b. Double Suction
6. Arah Aliran Keluar Impeller
- a. Radial Flow
  - b. Axial Flow
  - c. Mixed Flow

#### 2.6.4 Pompa Submersibel



Gambar 2.21 Pompa Submersibel

Pompa submersible termasuk pompa sentrifugal jenis pompa sumur dalam dengan letak permukaan air diluar kekuatan hisap pompa biasa. Pompa dengan sumbu vertikal dan motor penggeraknya merupakan satu unit yang dipasang terbenam dibawah permukaan air dan posisi pompa digantung pada pipa penyalur.

Motor berada dibawah pompa, karena air mengalir dari bawah maka diameter motor lebih kecil daripada pompa biasa. Dengan demikian pompa terlihat panjang berbentuk batang.

pompa jenis ini sangat cocok untuk sumur pompa tidak perlu menghisap air keatas dimana pompa dan motor dibenamkan bersama . Cara Kerja Pompa Prinsip kerja pompa mekanis menjadi energi hidrolis deng Pompa jenis ini sangat cocok untuk sumur-sumur dalam pompa tidak perlu menghisap air keatas dimana pompa dan motor dibenamkan bersama-sama dikedalaman.

#### 2.6.5 Cara Kerja Pompa Submersibel

Prinsip kerja pompa submersible adalah mengubah energi mekanis menjadi energi hidrolis dengan cara memberikan gayasentrifugal pada fluida yang dipindahkan. Pompa submersible digerakkan oleh motor listrik. Fluida masuk melalui saringan antara motor penggerak dengan pompa dan oleh sudu-sudu impeller yang berputar bersamaan dan searah dengan poros pompa akan mempercepat aliran fluida secara axcial. Kemudian oleh sudu-sudu diffuser yang posisinya diam dan fluida diarahkan keatas menuju impeller berikutnya. Di dalam diffuser energi kecepatan berkurang dan diubah menjadi energi tekanan. Hal ini terjadi sampai ketinggian yang lebih tinggi, sehingga untuk dapat memompa fluida dengan debit dan head tertentu diperlukan stage–stage sedemikian rupa sesuai dengan kedalaman sumur yang akan dipompa.

#### 2.6.6 Bagian-bagian Utama Pompa Submersible

##### 1. Motor Listrik

Pompa submersible merupakan jenis pompa sentrifugal yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama untuk menghasilkan daya yang berfungsi sebagai pemutar poros pompa sehingga dapat menaikkan fluida dengan cara mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

## 2. Poros Pompa

Poros merupakan komponen utama yang meneruskan daya dari motor listrik ke impeller pompa serta mengubahnya menjadi energi mekanis untuk menaikkan fluida dari dalam tanah.

## 3. Impeller

Impeller merupakan komponen yang berputar bersamasama dengan poros yang dikunci dengan pasak dan berfungsi memberikan gaya sentrifugal sehingga fluida naik melalui pipa kolom sampai ke bak penampungan.

## 4. Diffuser

Diffuser merupakan komponen yang bersifat static dan menyatu dengan rumah pompa. Didalamnya terdapat sudusudu pengarah aliran fluida yang berfungsi mengubah energi kecepatan menjadi energi tekanan sehingga diharapkan fluida dapat mengalir ketinggian yang lebih tinggi.

### **2.7 Kinerja Pompa Sentrifugal**

Pompa Sentrifugal mempunyai sebuah impeller (baling-baling) yang berguna untuk mengangkat fluida dari tempat yang rendah menuju ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar akan diberikan pada poros pompa untuk memutar impeller didalam yang berisikan fluida. Maka fluida yang ada di dalam impeller, dengan

adanya sudu-sudu akan ikut berputar karena adanya gaya sentrifugal maka fluida yang ada ditengah impeller akan keluar melalui sudu-sudu. Dimana Head Tekanan fluida menjadi lebih tinggi. Demikian pula head kecepatan. fluida yang keluar dari impeller ditampung oleh saluran berbentuk volut (spiral) dikeliling impeller dan disalurkan keluar pompa melalui nosel. Didalam nosel ini sebagian head kecepatan aliran diubah menjadi head tekanan.

Jadi impeller pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandung menjadi bertambah besar. Selisih energi persatuan berat atau head total fluida antara flans isap dan flans keluar pompa disebut head total pompa. Dari uraian diatas jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan pertambahan head tekan, head kecepatan, dan head potensial pada fluida yang mengalir secara kontiniu.

### 2.7.1 Jenis-jenis Impeller

#### a. Closed Impeller

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



Gambar 2.22 Impeller Tertutup

b. Semi-Closed Impeller

jenis ini terbuka di sebelah sisi masuk (depan) dan tertutup di sebelah belakangnya. Sesuai untuk memompa zat cair yang sedikit mengandung kotoran misalnya : air yang mengandung pasir, zat cair yang mengauskan, slurry, dan lain-lain.



Gambar 2.23 Impeler Semi Tertutup

c. Open Impeller

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 pemompaan zat cair yang banyak mengandung kotoran.



Gambar 2.24 Impeler Terbuka

### 2.7.2 Jumlah Susunan Impeller

- a. *Single Stage* : Terdiri dari satu impeller dan satu casing.
- b. *Multi stage* : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun seri - dalam seri dalam satu casing.
- c. *Multi Impeller* : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun - paralel dalam satu casing.

- d. *Multi Impeller & Multi Stage* : Kombinasi multi impeller dan multi - stage.

### 2.7.3 Posisi Poros

- a. Poros tegak (Vertikal)
- b. Poros Mendatar (Horizontal)

### 2.7.4 Jumlah *Suction*

- a. Single Suction
- b. Double Suction

### 2.7.5 Arah Aliran Keluar Impeller

- a. Pompa Aliran Radial

Arah aliran dalam sudu gerak pada pompa aliran radial pada bidang yang tegak lurus terhadap poros dan head yang timbul akibat dari gaya sentrifugal itu sendiri. Pompa aliran radial mempunyai head yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pompa jenis yang lain.

- b. Pompa Aliran Aksial

Arah aliran dalam sudu gerak pada pompa aliran aksial terletak pada bidang yang sejajar dengan sumbu poros dan head yang timbul akibat dari besarnya gaya angkat dari sudu-sudu geraknya. Pompa aliran aksial head yang lebih rendah tetapi kapasitasnya lebih besar.

- c. Pompa Aliran Campuran

Pada pompa ini fluida yang masuk sejajar dengan sumbu poros dan keluar sudu dengan arah miring (merupakan perpaduan dari pompa aliran radial dan aliran aksial). Pompa ini mempunyai head yang lebih rendah namun mempunyai kapasitas lebih besar.

## 2.8 Perhitungan Head

### 2.8.1 Head Statis Total

Head potensial / elevasi adalah perbedaan ketinggian antara fluida pada sisi tekan dengan ketinggian fluida pada sisi isap. Head elevasi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$h_s = h_t - h_i \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

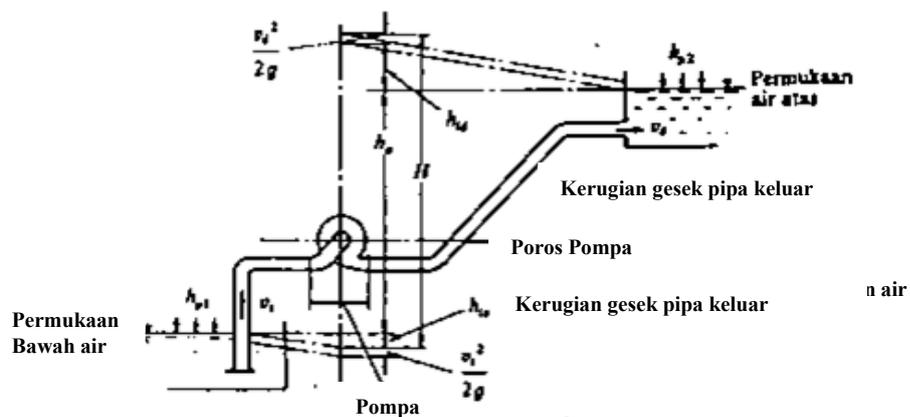
$h_s =$  Head statis total (m)

$h_t =$  Head statis pada sisi tekan(m)

$h_i =$  Head statis pada sisi hisap (m)

### 2.8.2 Head Total Pompa

Dalam memilih suatu pompa untuk maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui aliran serta head yang diperlukan untuk mengalirkan fluida yang akan dipompa. Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah fluida yang direncanakan sesuai kondisi instalasi pompa atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah fluida, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. Head dapat bervariasi pada penampang yang berbeda, tetapi pada



kenyataannya selalu ada rugi energi. Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa.

Dari gambar 2.29. kita dapat menentukan head total pompa dengan persamaan dibawah ini:

$$H = h_s + \Delta Hp + Hl + \frac{v d^2}{2 g} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$H$  = Head *total pompa* (m)

Gambar 2.25 Head Total Pompa

$h_s$  = Head statis total (m)

$\Delta Hp$  = Perbedaan head tekanan yang berada pada permukaan air (m)

$\frac{v d^2}{2 g}$  = Head kecepatan keluar (m/s)

$g$  = Percepatan gravitasi (9,81  $m/s^2$ )

Head total pompa salah satunya dipengaruhi oleh berbagai kerugian pada sistem perpipaan yaitu gesekan dalam pipa, katup, belokan, sambungan, reduser, dll. Untuk menentukan head total yang harus disediakan pompa, perlu menghitung terlebih dahulu kerugian-kerugian pada instalasi. Dimana kerugiankerugian tersebut akan dijumlahkan untuk mengetahui kerugian head yang terjadi dalam instalasi. Berikut akan dihitung kerugian head pemipaan dan instalasi pengujian pompa. (Sularso, Haruo Tahara.2000)

### 2.8.3 Head Kerugian Gesek Untuk Zat Cair Didalam Pipa

Untuk aliran yang laminar dan turbulen, terdapat rumus yang berbeda. Sebagai patokan apakah suatu aliran itu laminar atau turbulen, dipakai bilangan reynold yang bersangkutan.

Pada  $Re < 2300$ , aliran laminar dan  $Re > 4000$ , aliran bersifat turbulen dan jika  $Re = 2300-4000$  terdapat aliran transisi. Perhitungan pola aliran di dalam pipa dipengaruhi oleh pola aliran, untuk aliran laminar dan turbulen akan menghasilkan nilai koefisien yang berbeda. Hal ini dikarenakan karakteristik dari aliran tersebut. Adapun rumus yang dipakai adalah sebagai berikut :

Aliran Laminar ( $Re < 2300$ ) harga dapat dihitung dengan persamaan:

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk menghitung kerugian gesek antara dinding pipa dengan aliran fluida tanpa adanya perubahan luas penampang di dalam pipa dapat dipakai rumus Darcy yang secara matematis ditulis sebagai berikut:

$$H_f = f \frac{L \cdot u^2}{D \cdot 2g} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

$H_f$  = Head kerugian gesek dalam pipa (m)

f = Koefisien gesek

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

u = Kecepatan aliran dalam pipa (m)

g = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

#### 2.8.4 Kerugian Head Pada Sambungan Elbow 90° Pada Pipa

Kerugian minor adalah kehilangan tekanan akibat gesekan yang terjadi pada katup-katup, sambungan T, sambungan belokan dan pada luas penampang yang tidak konstan. Pada aliran yang melewati belokan dan katup head loss minor yang terjadi dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

$$hl_1 = n k_1 \frac{u}{2g} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$n$  = Jumlah sambungan pipa 90°

$k_1$  = Faktor kelengkungan pipa lekuk 90° = 1,129

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$u$  = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

#### 2.8.5 . Kerugian Head Pada Katub Isap dan Saringan

Kerugian ini dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut:

$$hl_2 = k \frac{u}{2g} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$k$  = Faktor akibat adanya katub isap dengan saringan

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$u$  = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

### 2.9 Daya Pompa

Dari instalasi pengujian pompa ini dapat diketahui besarnya daya hidrolis yang dibangkitkan dan daya motor penggerak yang diperlukan untuk menggerakkannya, sehingga besarnya efesiensi dari pompa dan efesiensi sistem

instalasi pengujian pompa dapat diketahui. Besarnya daya dan besarnya efisiensi tersebut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

### 2.9.1 Daya Hidrolisis

Berdasarkan energi atau daya dibutuhkan untuk memutar poros pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, tinggi tekan total pompa, berat jenis fluida yang dipompakan, serta efisiensi total pompa tersebut. Daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa di sebut juga dengan daya pompa dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_h = \frac{\gamma Q H}{102} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$$N_h = \text{Daya Hidrolisis (KW)}$$

$$H_{tot} = \text{Head total (m)}$$

$$Q = \text{Debit (m}^3/\text{s)}$$

$$\gamma = \text{Berat jenis air (kN/m}^3\text{)}$$

### 2.9.2 Daya pompa sentrifugal

Berdasarkan energi atau daya dibutuhkan untuk memutar poros pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, tinggi tekan total pompa, berat jenis fluida yang dipompakan, serta efisiensi total pompa tersebut. Daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa di sebut juga dengan daya pompa dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_p = \frac{\gamma Q H}{\eta \times 102} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

$$N_p = \text{Daya yang dibutuhkan pompa (KW)}$$

$H_{tot}$  = Head total (m)

$Q$  = Debit ( $m^3/s$ )

$\gamma$  = Berat jenis air ( $kN/m^3$ )

$\eta$  = Efisiensi pompa

## 2.10 Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa. Berubahnya kapasitas akan mempengaruhi efisiensi pompa dan daya pompa. Sehingga untuk efisiensi pompa ( $\eta$ ).

$$\eta = \frac{N_h}{N_m} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

$N_h$  = Daya hidrolisi (kW)

$N_m$  = Daya motor (kW)

$\eta$  = Efisiensi pompa %