

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Menurut penelitian Thoharudin dkk, 2014 yang berjudul “Optimasi Tinggi Tekan Dan Efisien Pompa Sentrifugal Dengan Perubahan Jumlah Sudu *Impeller* Dan Sudut Sudu Keluar *Impeller* (β_2) Menggunakan Simulasi *Computational Fluid Dynamics*”. Parameter yang dibahas pada penelitian ini adalah efisiensi dan tekanan pompa sangat dipengaruhi oleh jumlah pada sudu *impeller* serta sudut sudu keluar *impeller*. Dengan lebih banyak jumlah sudu pada *impeller* maka semakin tinggi efisiensi dan tekanan, dengan jumlah sudu *impeller* 9 tekanan dan efisiensi yang dihasilkan dari pompa tersebut akan meningkat. Selain itu, perubahan sudut sudu keluar *impeller* juga berpengaruh pada efisiensi dan tinggi tekanan pompa. Dengan adanya perubahan sudut tersebut terjadi perubahan *head* yang tidak signifikan. Akan tetapi dengan perubahan sudut tersebut akan berdampak cukup besar pada efisiensi pompa. Dengan semakin kecilnya sudut sudu keluar *impeller* maka efisiensi pompa yang dihasilkan akan semakin besar dengan nilai optimum 54,42% pada $\beta_2 = 36,5^\circ$. Dengan adanya perubahan sudut sudu keluar *impeller* akan berpengaruh pada perubahan pola aliran air pada pompa khususnya turbulensi aliran. Pada penelitian ini adanya peningkatan baik *head* maupun efisiensi pompa, pompa sentrifugal awalnya memiliki 7 sudu *impeller* dengan tinggi tekan

dan efisiensi sebesar 12,01 m dan 43,03% pada debit air 6 L/dt dan ditingkatkan menjadi 13,1 m dan 54,42% dengan mengubah jumlah *impeller* pompa menjadi 9 dan sudut sudu keluar *impeller* nya 35,6°.

Menurut penelitian Achmad Aliyin Musyafa, 2015 tentang “Pengaruh jumlah sudu sentrifugal *impeller* terhadap kapasitas dan efisiensi pompa sentrifugal”. Menurut hasil penelitian, analisa, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan tentang pengaruh jumlah sudu *impeller* terhadap efisiensi serta kapasitas pompa sentrifugal, maka dapat diambil kesimpulan bahwa semakin banyak jumlah sudu *impeller* maka efisiensi serta kapasitas pompa semakin meningkat. Hal ini terjadi karena semakin banyaknya jumlah sudu *impeller* maka semakin banyak pula fluida yang bisa diangkat. Pada *impeller* sudu 3 kapasitas pompa 31.77 liter/menit, serta efisiensi 29,24%. Pada *impeller* sudu 4 kapasitas pompa adalah 33,40 liter/menit serta efisiensi 31,18%. Pada jumlah sudu *impeller* 5 kapasitas pompa adalah 35,92 liter/menit serta efisiensi sebesar 33,24%. Pertambahan nilai *head* berbanding terbalik dengan kapasitas pada pompa. Nilai *head* tertinggi didapat dari kondisi *shut off head* sebesar 16,93 m pada *impeller* dengan 5 sudu serta nilai *head* terendah pada *impeller* sudu 3 sebesar 8,80 m. - Semakin tinggi putaran, maka semakin tinggi pula efisiensi serta kapasitas dari pompa. Hal ini terjadi karena semakin meningkat putaran maka kecepatan aliran juga semakin meningkat. Dengan naiknya kecepatan aliran maka *friction factor* menjadi berkurang sehingga menurunkan *loss* yang ada. Pada putaran tertinggi sebesar 2700 Rpm nilai *head* sebesar 5,71m

dan nilai dari kapasitas pompa sebesar 35,40 liter/menit dan nilai efisiensi 33.24%. Pada putaran 2000 RPM kapasitas 39,43 liter/menit, dan efisiensi 22,78%. Pada putaran 1300 RPM kapasitas 18,42 liter/menit, dan efisiensi 14.10%. Semakin tinggi rotasi per menit (RPM) maka akan semakin tinggi efisiensi, kapasitas dan *head* dari pompa. Pertambahan nilai *head* tidak terlalu besar seperti pada kondisi tertinggi yaitu saat kondisi *shut off head*. Pertambahan nilai kenaikan dari efisiensi dan kapasitas berbanding lurus dengan pertambahan putaran.

Menurut penelitian Prihadi Nikosai TBS dan Irfan Syarief Arief, 2015 tentang “Optimasi Desain *Impeller* Pompa Sentrifugal Menggunakan Pendekatan CFD”. Berdasarkan penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. *Outlet mass flow* terbesar terdapat pada *impeller* yang menggunakan 6 *blade* yaitu 19,98 kg/s. Pada *outlet mass flow* terkecil terdapat pada *impeller* yang menggunakan 5 *blade* yaitu 69,96 kg/s.
- b. *Head* terbesar terdapat pada *impeller* dengan 8 *blade* yaitu 33,42 m. Sedangkan *head* terkecil terdapat pada *impeller* 5 *blade* yaitu 13,62 m.
- c. Efisiensi terbesar terdapat pada *impeller* dengan 7 *blade* yaitu 0,6518. Sedangkan efisiensi terendah terdapat pada *impeller* dengan 5 *blade* yaitu 0,6088.
- d. Daya *impeller* terendah terdapat pada penggunaan variasi menggunakan 7 *blade* yaitu 9,02 kW. Sedangkan Daya terbesar terdapat pada variasi *impeller* dengan menggunakan 5 *blade* dan 6 *blade* yaitu 9,63 kW.

- e. Jumlah *blade impeller* yang paling optimal terdapat pada variasi menggunakan 7 *blade*, dimana kapasitas yang dihasilkan lebih besar dari kapasitas *impeller* standar yaitu 70,14 m³/h dan daya yang diperlukan lebih rendah dibanding *impeller* standar yaitu 9,02 kW dan *head* 31,03 m.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Definisi Pompa

Pompa merupakan teknologi yang berfungsi memindahkan fluida dari suatu tempat ketempat yang lainnya. Pompa bekerja dengan dasar mengubah atau mengkonversikan energi mekanik menjadi energi kinetik. Energi mekanik yang diberikan digunakan untuk meningkatkan tekanan, kecepatan atau elevasi (ketinggian). (Putro, 2010)

Pada dasarnya pompa digerakkan oleh mesin atau semacamnya. Banyak faktor yang membedakan ukuran dan jenis pompa serta bahan pembuatnya, antara lain jumlah fluida, jenis, tingkat kekentalan, jarak pengangkutan serta tekanan yang diperlukan. (Putro, 2010)

Dalam suatu industri, selalu dijumpai dimana bahan - bahan yang diolah dipindahkan dari suatu tempat ketempat yang lain atau dari suatu tempat penyimpanan ketempat pengolahan maupun sebaliknya. Pemindahan ini dimaksudkan unuk membawa bahan yang akan diolah dari suatu tempat ke tempat yang lainnya. Kita tahu bahwa fluida dari tempat yang lebih tinggi akan mengalir ketempat yang lebih rendah, tetapi jika

sebaliknya maka diperlukan teknologi untuk menaikkan fluida dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan menggunakan teknologi pompa. (Putro, 2010)

Pemindahan fluida dengan menaikkan tekanan pada pompa adalah untuk mengatasi masalah yang terjadi, antara lain:

1. Hambatan Kecepatan

Hambatan ini terjadi karena aliran fluida didalam pipa mempunyai kecepatan yang tidak beraturan, maka pompa harus memberikan tekanan yang diinginkan.

2. Hambatan Gesekan

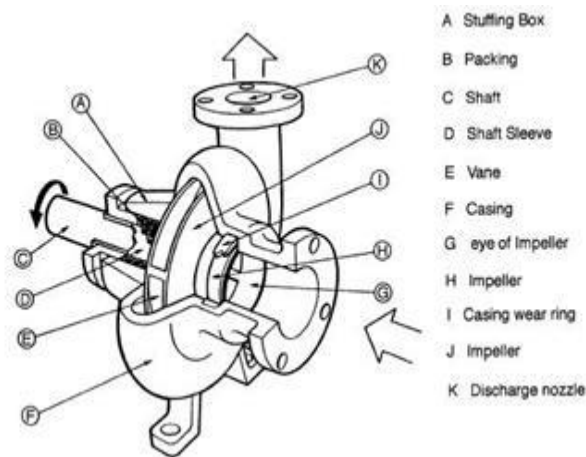
Hambatan ini terjadi pada gesekan terhadap pipa-pipa yang dilaluinya.

2.2.2 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan suatu teknologi dimana energi mekanis diubah menjadi energi hidrolis dengan memberikan gaya sentrifugal pada fluida yang dipindahkan. Gaya sentrifugal diciptakan karena sejumlah sudu yang berputar dan berada di rumah pompa. fluida masuk melalui sebuah saluran dan memasuki *casing* dimana di dalam *casing* tersebut fluida diputar oleh sudu (*impeller*) pompa, sehingga menghasilkan gaya tekan dari pompa. (Rosyid, 2010)

2.2.3 Komponen Utama Pompa Sentrifugal

komponen utama pada pompa sentrifugal secara umum dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Bagian Utama Pompa Sentrifugal

Keterangan Gambar 2.1 dan fungsi masing-masing bagian adalah sebagai berikut:

- A. *Stuffing Box* berfungsi untuk menghitung nilai fluks66fk mencegah kebocoran pada sisi dimana poros pompa menembus *casing*.
- B. *Packing* digunakan untuk meminimalisir dan mencegah kebocoran fluida dari *casing* pompa melalui poros. Biasanya terbuat dari asbes atau teflon
- C. *Shaft* atau poros berfungsi untuk melanjutkan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan *impeller*.
- D. *Shaft sleeve* berfungsi untuk melindungi poros dari keausan, erosi dan korosi pada *stuffing box*. Pada pompa multi *stage* dapat sebagai *leakage joint*, *internal bearing* dan *interstage* atau *distance sleeve*.

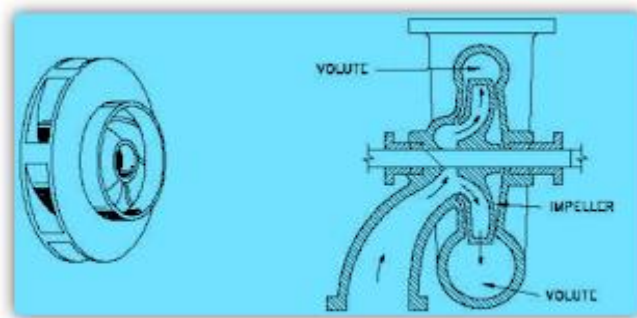
- E. *Vane* Sudu *impeller* bekerja sebagai tempat lewatnya cairan pada *impeller*.
- F. *Casing* adalah bagian paling terluar dari pompa dimana berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan *diffusor* (*guide vane*), *inlet* dan *outlet nozel* serta tempat memberikan arah aliran dari *impeller* dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*).
- G. *Eye of Impeller* merupakan bagian masuk pada arah isap *impeller*.
- H. *Impeller* berguna untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.
- I. *Wearing ring* berfungsi untuk meminimalisir kebocoran fluida yang melewati depan *impeller* maupun sisi belakang *impeller*, dengan cara memperkecil celah antara *casing* dengan *impeller*.
- J. *Bearing* berfungsi untuk menahan beban dari poros supaya bisa berputar, baik beban radial ataupun beban *axial*. *Bearing* juga menyebabkan poros untuk berputar dengan konstan dan tetap pada tempatnya, sehingga terjadinya gesekan menjadi kecil.
- K. *Discharge Nozzle* Merupakan saluran keluar fluida dari dalam pompa / *outlet* pompa. (Hariady, 2014)

2.2.4 Klasifikasi Pompa Sentrifugal

A. Menurut jenis aliran dalam *Impeller*

- **Pompa aliran radial**

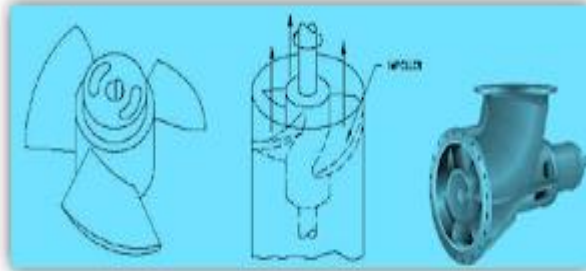
Pompa aliran radial yang ditunjukkan Gambar 2.2 mempunyai konstruksi yang detail sehingga aliran fluida yang keluar dari *impeller* tegak lurus pada poros pompa. Pompa aliran radial mempunyai *head* yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan pompa jenis lain.



Gambar 2.2 Pompa Sentrifugal Aliran Radial

- **Pompa aliran aksial**

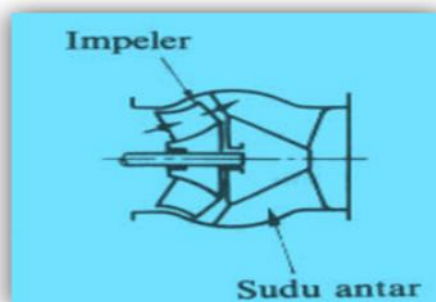
Aliran pada pompa aliran aksial yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3 terletak pada sisi yang sejajar dengan sumbu poros dan *head* yang timbul karena besarnya gaya angkat dari sudu – sudu geraknya. Pompa aliran aksial memiliki *head* yang lebih rendah tahi kapasitasnya lebih besar.



Gambar. 2.3 Pompa Sentrifugal Aliran Aksial

- **Pompa Aliran Campur**

Pada pompa aliran campur yang ditunjukkan Gambar 2.4 ini fluida yang masuk sejajar dengan sumbu poros dan keluar sudu dengan arah miring (merupakan perpaduan dari pompa aliran radial da pompa aliran aksial). Pompa ini mempunyai *head* yang lebih rendah namun mempunyai kapasitas lebih besar.



Gambar 2.4 Pompa Aliran Campur

B. Menurut Jenis *Impeller*

▪ ***Impeller* Tertutup**

Sudut sudu ditutup oleh dua buah sisi yang merupakan satu kesatuan, digunakan untuk memompa fluida yang bersih atau sedikit mengandung kotoran.

▪ ***Impeller* Setengah Terbuka**

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

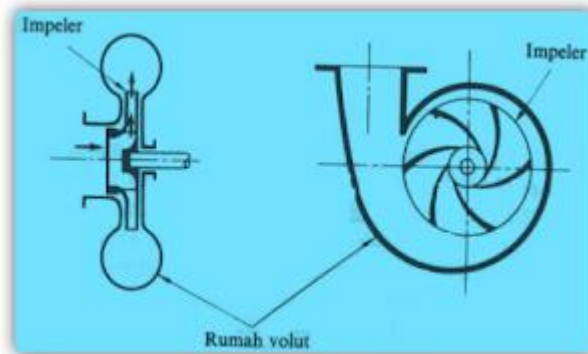
▪ ***Impeller* Terbuka**

Impeller jenis ini tidak memiliki dinding di depan maupun di belakang. Pada bagian belakang ada sedikit dinding yang disisakan untuk memperkuat sudu. Jenis ini banyak digunakan untuk memompa fluida yang banyak mengandung kotoran.

C. Menurut Bentuk Rumah

▪ **Pompa *Volute***

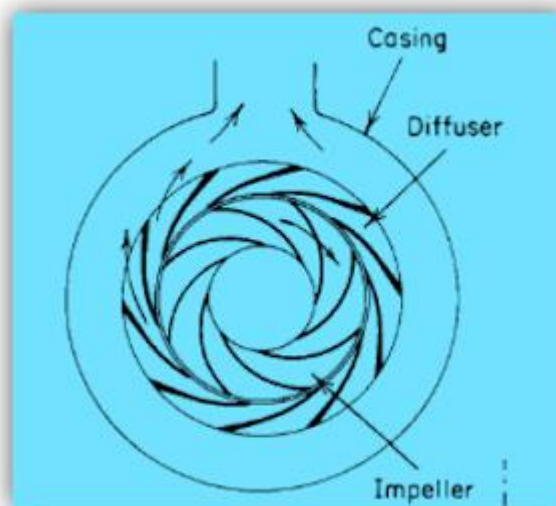
Pada Gambar 2.5 bentuk rumah pompanya seperti rumah keong atau siput (*volute*), sehingga kecepatan aliran yang keluar bisa dikurangi dan dihasilkan kenaikan tekanan.



Gambar 2.5 Pompa Sentrifugal Rumah *Volute*

- **Pompa *Diffuser***

Pada Gambar 2.6 seluruh sisi permukaan luar *impeller* dipasang sudu *diffuser* sebagai pengganti rumah keong.



Gambar 2.6 Pompa Sentrifugal *Diffuser*

- **Pompa Aliran Campur Jenis Volut**

Pada jenis ini pompa mempunyai *impeller* jenis aliran campur dan sebuah rumah keong.

- **Pompa Jenis Turbin**

Pompa ini dikenal sebagai pompa *peri – peri*, *regenerative* dan *vortex*. Fluida pada pompa jenis turbin dipusatkan oleh baling – baling *impeller* dengan menggunakan kecepatan yang tinggi selama satu putaran didalam saluran yang berbentuk cincin (*annular*), tempat *impeller* tadi berputar. Energi ditambahkan kedalam bentuk impuls. Sehingga pompa turbin meningkatkan tekanan pada cairan dalam sejumlah *impuls*.

D. Menurut Jumlah Tingkat

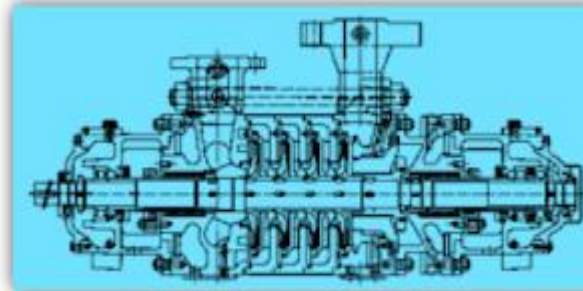
- **Pompa Satu Tingkat**

Pompa satu tingkat hanya mempunyai satu *impeller*. *Head* total yang dihasilkan hanya berasal dari satu *impeller*, jadi cenderung rendah.

- **Pompa Bertingkat Banyak**

Pompa bertingkat yang ditunjukkan Gambar 2.7 banyak menggunakan *impeller* yang dipasang secara sejajar (*seri*) pada poros. Fluida atau zat cair yang keluar dari *impeller* awal akan dimasukkan ke *impeller* selanjutnya dan seterusnya sampai *impeller* terakhir. *Head* total pompa ini adalah gabungan dari *head* yang

dihasilkan oleh masing-masing *impeller* sehingga hasilnya relatif tinggi.



Gambar 2.7 Pompa Sentrifugal Bertingkat Banyak

E. Menurut Letak Poros

Menurut letak porosnya yang ditunjukkan Gambar 2.8 pompa dapat dibedakan menjadi poros horisontal dan poros vertikal seperti pada gambar berikut ini :

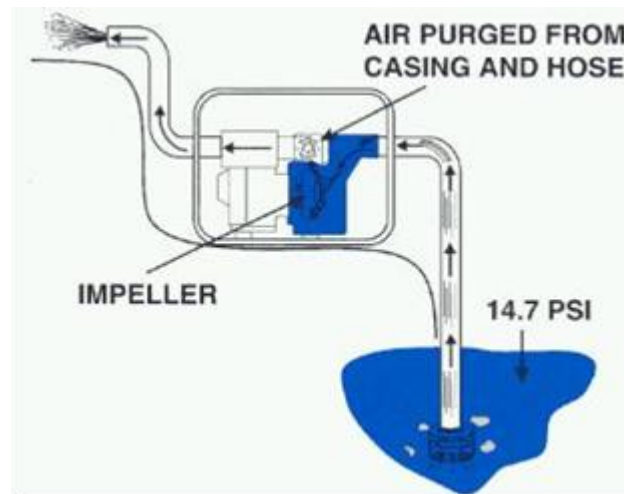


Gambar 2.8 Pompa Sentrifugal Poros Vertikal & Horizontal

2.2.5 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal terdapat *impeller* untuk memompa fluida dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Energi dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller* di dalam zat cair, maka zat cair yang ada di dalam *impeller* ikut berputar. Karena adanya gaya sentrifugal maka fluida mengalir dari tengah *impeller* ke luar melalui saluran di antara sudu-sudu. *Head* tekan fluida menjadi meningkat, demikian pula kecepatan *head* bertambah tinggi karena fluida mengalami percepatan. Jadi *impeller* pompa berfungsi memberikan energi terhadap fluida sehingga energi yang dihasilkan menjadi meningkat. perbedaan energi *head* total fluida antara saluran hisap dan saluran keluar pompa disebut *head* total pompa. Dari penjelasan di atas jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan peningkatan *head* kecepatan, *head* tekanan, dan *head* potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinu (Sularso., 2004).

Pada sisi permukaan luar kipas yang ditunjukkan Gambar 2.9 fluida mengalir masuk ke rumah pompa dengan tekanan tertentu. Dalam rumah pompa fluida akan disalurkan ke berbagai kebutuhan, sehingga terdapat perbedaan kecepatan pada saat pompa dioperasikan. Oleh karena ini, kolom fluida dalam saluran kempa digerakkan. Fluida akan bergerak dalam aliran yang tak terputus dari saluran isap melalui pompa ke saluran kempa. (Sularso., 2004).



Gambar 2.9 Prinsip Kerja Pompa

2.2.6 Penggunaan Pompa Sentrifugal

Dalam kehidupan sehari - hari pompa sentrifugal banyak berkontribusi dalam berbagai manfaat bagi manusia, terutama pada bidang industri. Pada dasarnya pompa sentrifugal digunakan untuk kepentingan pemindahan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain. Berikut beberapa pemanfaatan pompa sentrifugal, diantaranya:

- a) Pada industri minyak bumi, sebagian besar pompa yang digunakan dalam fasilitas *gathering station*, mesin pengumpul fluida atau cairan dari sumur produksi sebelum diolah dan dipasarkan, merupakan pompa berjenis sentrifugal.
- b) Pada industri perkapalan pompa sentrifugal digunakan untuk mempermudah proses kerja di kapal.

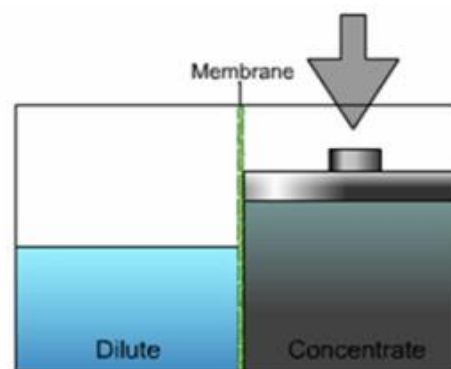
- c) Pompa sentrifugal didesain khusus untuk memompakan lumpur, bahan kimia, dan semua larutan cair yang bercampur dengan partikel padat sehingga viskositas yang di pompakan masih tinggi.
- d) Pompa sentrifugal untuk berbagai jenis bidang, seperti: industri proses, perkapalan, *dock &* lepas pantai, oil, gas dan aplikasi lainnya.

2.3 Membran *Reverse Osmosis*

Membran dapat didefinisikan sebagai film tipis atau selaput yang bertindak sebagai pembatas selektif antara dua fasa atau lebih dikarenakan sifat semipermeable yang dimilikinya (Wenten, 2002)

Reverse osmosis adalah suatu teknologi dimana air masuk melalui membran semi permeable. Air yang memasuki membran disebut air umpan sedangkan air yang telah melewati filtrasi pada membran disebut air hasil pengolahan atau *permeate*. Air yang kembali disebut air yang ditolak atau *reject*. *Reverse osmosis* dapat meminimalisir komponen bakteri, organik, inorganik, dan partikulat yang terdapat di dalam air yang tercemar. Agar proses filtrasi dapat berjalan, air yang akan difiltrasi dari larutan yang tidak dikehendaki diberi suatu tekanan melebihi tekanan osmotik sehingga air dapat melewati membran, tetapi kontaminan tidak dapat melewati dinding membran (tertahan). Hal ini akan menyebabkan air murni terkumpul disisi tengah membran. Air tersebut kemudian ditampung dan langsung dapat digunakan. (Byrne,1995).

Pada Gambar 2.10 dapat diambil kesimpulan bahwa *reverse osmosis* adalah sebuah pemaksaan fluida dari daerah konsentrasi 'solute' tinggi melalui sebuah membran *reverse osmosis* menuju daerah dengan konsentrasi 'solute' rendah dengan memanfaatkan tekanan melebihi tekanan osmotik.



Reverse Osmosis

Gambar 2.10 Proses *Reverse Osmosis*
Sumber : Santoso, 2009

Pada dasarnya membran digunakan untuk menyeleksi air melewati lapisan padat dan mencegah bagian dari zat terlarut (ion garam) melewatinya. Pada proses ini tekanan yang tinggi sangat dibutuhkan pada sisi konsentrasi tinggi membran, biasanya 15 – 25 bar untuk air tawar dan payau dan 40 – 80 bar untuk air laut. Proses ini terkenal karena pemanfaatannya dalam menghilangkan garam dan mineral pada air laut untuk menghasilkan air tawar. Pada proses filtrasi *reverse osmosis*, fenomena ini memberikan tekanan pada larutan yang padat (air tercemar) melalui membran sehingga menghasilkan air bersih dan bebas dari polutan. (Mulder, 1996)

