

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah suatu pompa yang memindahkan cairan dengan memanfaatkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran *impeller*. Pompa sentrifugal mengubah energi kecepatan menjadi energi tekanan. Ada juga yang menyebutnya sebagai mesin kecepatan karena semakin cepat putaran pompanya maka akan semakin tinggi tekanan (head) dihasilkan. Dan salah satu jenis pompa pemindah no positif karena pada dasarnya merubah energi kinetis menjadi energi potensial melalui suatu *impeller* yang bekerja dalam casing. Pada dasarnya kinerja pompa sentrifugal banyak kita jumpai sehari – hari seperti :

1. Pompa Air
2. Aquarium
3. Pengisian ulang Air minum
4. Cucian steam

Dan pompa sentrifugal adalah suatu pompa *rotodynamic* yang menggunakan *impeller* yang berputar untuk meningkatkan tekanan fluida. Pompa sentrifugal biasanya digunakan untuk menggerakkan cairan melalui sistem pipa. Fluida memasuki *impeller* pompa di sepanjang atau dekat sumbu yang berputar dan dipercepat oleh *impeller*, radial mengalir keluar ke dalam *diffuser* atau pilin kamar (casing), dari mana ia keluar ke dalam sistem pipa hilir. Pompa sentrifugal digunakan untuk pembuangan besar melalui kepala lebih kecil. Dan Sebuah pompa sentrifugal juga bekerja dengan konversi dari energi kinetik rotasi, biasanya dari sebuah motor listrik atau turbin, untuk meningkatkan tekanan fluida statis. Tindakan ini dijelaskan oleh prinsip *Bernoulli*. Perputaran

impeller pompa menyampaikan energi kinetik fluida seperti yang digambarkan dalam mata dari *impeller* (pusat) dan dipaksa keluar melalui baling-baling *impeller* ke pinggiran. Ketika fluida keluar dari *impeller*, energi kinetik fluida (kecepatan) yang kemudian dikonversi ke (statis) akibat tekanan perubahan di daerah fluida pengalaman di bagian pilin. Biasanya dalam bentuk pilin casing pompa (peningkatan dalam volume), atau *diffuser vanes* (yang berfungsi untuk memperlambat fluida, mengubah menjadi energi kinetik untuk aliran kerja) bertanggung jawab atas konversi energi. Konversi energi mengakibatkan peningkatan tekanan pada sisi hilir pompa, menyebabkan aliran.^[6]

2.1.1 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pengaliran Fluida yang akan di pompa masuk kedalam nozzle isap menuju *eye of impeler* dan fluida tersebut terjebak diantara sudu-sudu dari *impeler*. *Impeler* tersebut berputar dan fluida mengalir karena gaya sentrifugal melalui *impeler* yang menyebabkan terjadinya peningkatan kecepatan fluida tersebut. Sesuai hukum *Bernoulli* jika kecepatan meningkat maka tekanan akan menurun, hal ini menyebabkan terjadinya zona tekanan rendah (vakum) pada sisi isap pompa. Selanjutnya fluida yang telah terisap terlempar keluar *impeller* akibat gaya sentrifugal yang dimiliki oleh fluida itu sendiri. Dan selanjutnya ditampung oleh casing (rumah pompa) sebelum dibuang kesisi buang. Dalam hal ini ditinjau dari perubahan energi yang terjadi, yaitu : energi mekanis poros pompa diteruskan kesudu-sudu *impeller*, kemudian sudu tersebut memberikan gaya kinetik pada fluida. Akibat gaya sentrifugal yang besar, fluida terlempar keluar mengisi rumah pompa dan didalam rumah pompa inilah energi kinetik

energi kinetik fluida sebagian besar diubah menjadi energi tekan. Arah fluida masuk kedalam pompa sentrifugal dalam arah aksial dan keluar pompa dalam arah radial. Pompa sentrifugal biasanya diproduksi untuk memenuhi kebutuhan head medium sampai tinggi dengan kapasitas aliran yang medium. Dalam aplikasinya pompa sentrifugal banyak digunakan untuk kebutuhan proses pengisian ketel dan pompa - pompa rumah tangga.^[9]

2.2 Klasifikasi Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria, antara lain:

- Bentuk arah aliran yang terjadi di *impeller*. Aliran fluida dalam *impeller* dapat berupa *axial flow*, *mixed flow*, atau *radial flow*.^[7]
- Banyaknya jumlah *suction inlet*. Beberapa pompa setrifugal memiliki *suction inlet* lebih dari dua buah. Pompa yang memiliki satu *suction inlet* disebut *single-suction pump* sedangkan untuk pompa yang memiliki dua *suction inlet* disebut *double-suction pump*.^[7]
- Banyaknya *impeller*. Pompa sentrifugal khusus memiliki beberapa *impeller* bersusun. Pompa yang memiliki satu *impeller* disebut *single-stage pump* sedangkan pompa yang memiliki lebih dari satu *impeller* disebut *multi-stage pump*.^[7]

Merupakan suatu pompa yang memiliki elemen utama sebuah motor dengan sudu impeler berputar dengan kecepatan tinggi. Fluida masuk dipercepat oleh impeler yang menaikkan kecepatan fluida maupun tekanannya dan melemparkan keluar volut. Prosesnya yaitu :

- Antara sudu impeller dan fluida Energi mekanis alat penggerak diubah menjadi energi kinetik fluida.^[7]
- Pada Volut Fluida diarahkan ke pipa tekan (buang), sebagian energi kinetik fluida diubah menjadi energi tekan.^[7]

Ini adalah merupakan klarifikasi tentang bentuk aliran fluida pompa sentrifugal :

- **Pompa Radial**

Fluida diisap pompa melalui sisi isap adalah akibat berputarnya impeler yang menghasilkan tekanan vakum pada sisi isap. Selanjutnya fluida yang telah terisap terlempar keluar impeler akibat gaya sentrifugal yang dimiliki oleh fluida itu sendiri. Dan selanjutnya ditampung oleh casing (rumah pompa) sebelum dibuang kesisi buang. Dalam hal ini ditinjau dari perubahan energi yang terjadi, yaitu : energi mekanis poros pompa diteruskan kesudu-sudu impeler, kemudian sudu tersebut memberikan gaya kinetik pada fluida.^[7]

Akibat gaya sentrifugal yang besar, fluida terlempar keluar mengisi rumah pompa dan didalam rumah pompa inilah energi kinetik fluida sebagian besar diubah menjadi energi tekan. Arah fluida masuk kedalam pompa sentrifugal dalam arah aksial dan keluar pompa dalam arah radial. Pompa sentrifugal biasanya diproduksi untuk memenuhi kebutuhan head medium sampai tinggi dengan kapasitas aliran yang medium. Dalam aplikasinya

➤ *Pump Aksial*

Berputarnya impeler akan menghisap fluida yang dipompa dan menekannya kesisi tekan dalam arah *aksial* karena tolakan impeler. *Pump aksial* biasanya diproduksi untuk memenuhi kebutuhan head rendah dengan kapasitas aliran yang besar. Dalam aplikasinya pompa aksial banyak digunakan untuk keperluan pengairan. ^[8]

➤ *Pump Mixed Flow*

Head yang dihasilkan pada pompa jenis ini sebagian adalah disebabkan oleh gaya sentrifugal dan sebagian lagi oleh tolakan impeller. Aliran buangnya sebagian radial dan sebagian lagi aksial, inilah sebabnya jenis pompa ini disebut pompa aliran campur. ^[3]

Dan menurut klarifikasi diatas maka penulis dapat menyimpulkan bahwa pengujian yang dilaksanakan penulis adalah tentang pompa radial. Mengapa tentang pompa radial Karena pompa jenis radial merupakan pompa yang merubah energi kinetis menjadi energi potensial melalui suatu *impeller* yang bekerja dalam casing. Ini adalah merupakan klarifikasi tentang fungsi dari suction inlet pompa sentrifugal :

➤ *Suction inlet*

Merupakan suatu alat yang terdapat dalam pompa sentrifugal yang fungsinya adalah untuk mengisap aliran fluida yang masuk melalui

pipa – pipa dan langsung terhubung pada impeller. Dan suction inlet ini memiliki beberapa tipe yaitu :

➤ *Single suction inlet*

Yaitu dimana suction inletnya satu sehingga untuk menghisap aliran fluida yang masuk melalui pipa – pipa hanya satu dan untuk kecepatan alirannya sangat normal.^[8]

➤ *Double suction inlet*

Yaitu dimana suction inletnya dua sehingga untuk kecepatan menghisap aliran fluida yang masuk melalui pipa – pipa sangatlah cepat.^[5]

Dari klarifikasi diatas maka penulis dapat menyimpulkan bahwa pompa sentrifugal yang ia uji memiliki single suction inlet dimana aliran pompa untuk menghisap sangatlah normal kecepatannya sehingga pengujian yang ia lakukan tidak memiliki kecepatan yang tinggi

➤ *Impeller*

Merupakan suatu alat untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang di pompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi hisap secara terus menerus pula akan mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan sebelumnya. Dan impeller memiliki beberapa tingkatan yaitu :

➤ *Single stage*

Yaitu terdiri dari satu impeller dan satu casing.^[7]

2. Rumah Pompa

Rumah pompa adalah bagian terluar dari rumah pompa yang berfungsi sebagai :

- pelindung semua elemen yang berputar
- tempat kedudukan difuser guide vane, inlet dan outlet nozzle
- tempat yang memberikan arah aliran dari impeller
- tempat mengkonversikan energi kinetik menjadi energi tekan (untuk rumah pompa keong atau volute).^[7]

3. Difuser Guide Vane

Bagian ini biasanya menjadi satu kesatuan dengan casing atau dipasang pada casing dengan cara dibaut. Bagian ini berfungsi untuk :

- mengarahkan aliran fluida menuju volute (untuk single stage) atau menuju stage berikutnya (untuk multi stage)
- merubah energi kinetik fluida menjadi energi tekanan.^[4]

4. Stuffing Box

Fungsi utama *stuffing box* adalah untuk mencegah terjadinya kebocoran pada daerah dimana pompa menembus casing. Jika pompa bekerja dengan suction lift dan tekanan pada ujung stuffing box lebih rendah dari tekanan atmosfer, maka *stuffing box* berfungsi untuk mencegah kebocoran udara masuk kedalam pompa. Dan bila tekanan lebih besar daripada tekanan atmosfer, maka berfungsi untuk mencegah kebocoran cairan keluar pompa. Secara umum stuffing box berbentuk silindris sebagai tempat kedudukan beberapa mechanical packing yang mengelilingi *shaft sleeve*. Untuk menekan packing digunakan gland packing yang dapat diatur posisinya ke

arah aksial dengan cara mengencangkan atau mengendorkan baut pengikat.^[8]

5. Cincin Penahan Aus

Adalah ring yang dipasang pada casing (tidak berputar) sebagai wearing ring casing dan dipasang pada impeler (berputar) sebagai wearing ring impeler. Fungsi utama wearing ring adalah untuk memperkecil kebocoran cairan dari impeler yang masuk kembali ke bagian eye of impeler.^[9]

6. Discharge Nozzle

Discharge Nozzle adalah saluran cairan keluar dari pompa dan berfungsi juga untuk meningkatkan energi tekanan keluar pompa.^[7]

➤ Bagian pompa yang bergerak :

1. Poros

Shaft berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama pompa beroperasi, dan merupakan tempat kedudukan impeler dan bagian yang berputar lainnya.^[10]

2. Selongsong Poros

Selongsong Poros berfungsi untuk melindungi shaft dari erosi, korosi dan keausan khususnya bila poros itu melewati stuffing box.^[10]

3. Impeler

impeler berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang di pompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi hisap secara terus menerus pula akan mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan sebelumnya.^[10]

2.4 Keuntungan dan kerugian pompa sentrifugal :

Keuntungannya :

- Merupakan jenis yang paling umum/ banyak digunakan
- Konstruksinya sederhana
- Operasinya andal
- Harganya murah
- Kapasitasnya besar
- Efisiensinya bagus
- Dapat digunakan untuk suhu tinggi. ^[4]

Kerugiannya :

- Cocok untuk cairan yang viskositasnya rendah
- Tidak self priming, walaupun dengan desain khusus dapat dibuat menjadi self priming
- Tidak cocok untuk kapasitas yang kecil. ^[4]

2.5 Jenis Pompa Serntrifugal

Menurutnya Jenis pompa sentrifugal di bagi menjadi 3 yaitu sebagai berikut :

- Pompa jenis rumah keong

Pada jenis ini impeller membuang cairan dalam rumah spiral yang berangsur – angsur berkembang, ini dibuat sedemikian rupa untuk mengurangi kecepatan dapat diubah menjadi tekanan statis. Rumah keong ini akan menyeimbangkan beban – beban radial pada poros pompa sehingga beban akan saling meniadakan, dengan demikian akan mengurangi pembebanan poros dan resultant lenturan. ^[10]

- Pompa jenis difuser

Pada jenis ini baling – baling pengarah tetap akan mengelilingi runer atau impeller. Laluan – laluan yang berangsur – angsur mengembang ini akan mengubah arah cairan dan mengkonversikannya menjadi tinggi tekan tekanan (*pressure head*).^[10]

- Pompa jenis turbin

Pompa ini juga dikenal dengan pompa vorteks, peri – peri, dan regeneratif, cairan pada jenis ini dipusar oleh baling – baling impeller dengan kecepatan yang tinggi selama hampir dalam satu putaran didalam saluran yang berbentuk cincin (*annular*), tempat impeller tadi berputar. Energi ditambahkan kecairan kedalam bentuk impuls. Jadi pompa trubin menambah energi pada cairan dalam sejumlah impuls.^[10]

2.6 Teori Pompa Sentrifugal

2.6.1 Head Total Pompa

Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair,yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. Menurut persamaan Bernauli, ada tiga macam head (energi) fluida dari sistem instalasi aliran, yaitu, energi tekanan, energi kinetik dan energi potensial Hal ini dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$h_{total} \text{ Pompa} = h_z + h_p + h_m + h_f \quad \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

h_z : head elevasi (m)

h_p : head tekan pompa (m)

dimana :

h_z : head elevasi (m)

h_m : head rugi minor (m)

h_p : head tekan pompa (m)

h_f : head rugi mayor (m)

2.6.2 Head Rugi Mayor dan Rugi Minor

1. Rugi Minor

Untuk setiap penampang pipa di samping itu ada permasalahan yang menghambat pada laju putaran ataupun angin yang keluar antara lain rugi gesekan yang dihitung untuk seluruh panjang pipa ada pula yang dinamakan rugi kecil yang disebabkan oleh beberapa factor antara lain sebagai berikut :

- A. Lubang yang masuk dan lubang yang keluar dari pipa tersebut.
- B. Pemuaian ataupun penyusutan yang tiba – tiba.
- C. Kelokan atau siku sambungan T dan pembesaran maupun pengecilan pada pipa dan lain sebagainya.
- D. Penyesuaian ataupun penyusutan yang beransur – angsur dengan waktu pemakaian yang lama.

Keterangan pada rugi diatas mungkin tidak begitu kecil misalnya katup tertutup sebagian dapat menyebabkan penurunan tekanan yang lebih besar dari pipa yang panjang karena pola aliran dalam pitting dan katup yang cukup rumit. Kerugian ini biasanya di ukur secara eksperimental dan di korelasikan dengan parameter aliran pada pipanya. Terutama untuk katup sedikit banyak tergantung pada rancangan dari pabrik tertentu sehingga nilai yang didaftarkan harus dianggap sebagai perkiraan rancang bangun rata – rata.^[8]

V : kecepatan aliran (m/s)

2.6.3 Daya Pompa

Daya pompa adalah besarnya energi persatuan waktu atau kecepatan melakukan kerja. Ada beberapa pengertian daya, yaitu :

A. Daya Air

Daya hidrolik (daya pompa teoritis) adalah daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan sejumlah zat cair. Daya ini dapat dihitung dengan rumus :

$$WHP = \rho \times g \times H \times Q \quad \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

Q = Kapasitas Air (m³/det) ρ = Massa Jenis (1000 kgm/m³)

H = Head Total Pompa(m) g = Percepatan gravitasi bumi
(9,81 m/s²)

B. Daya Poros Pompa

Untuk mengatasi kerugian daya yang dibutuhkan oleh poros yang sesungguhnya adalah lebih besar dari pada daya hidrolik. Besarnya daya poros sesungguhnya adalah sama dengan efisiensi pompa atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$BHP = \frac{2 \times \pi \times n \times T}{s} \quad \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

π = koefisien (3,14 /s)

T = torsi (nm)

n = kecepatan Putaran(rpm)

s = detik (60s)

2.6.4 Effisiensi Pompa

Effisiensi pada dasarnya didefinisikan sebagai perbandingan antara output dan input atau perbandingan antara HHP Pompa dengan BHP pompa. Harga effisiensi yang tertinggi sama dengan satu harga effisiensi pompa yang didapat dari pabrik pembuatnya. Effisiensi pompa merupakan perkalian dari beberapa effiaisiensi, yaitu:

$$\eta = \text{WHP/BHP} \times 100 \% \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

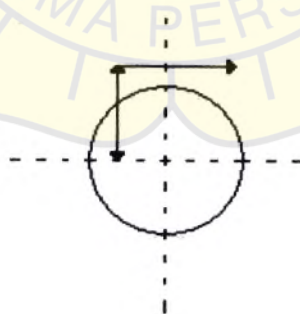
WHP : Nilai Daya Air Pada Pompa (watt)

BHP : Nilai Daya Poros Pada Pompa (watt)

100 % : Nilai mutlak Efisiensi

2.6.5 Momen Torsi

Besar dan efek yang ditimbulkan oleh suatu gaya pada suatu benda bergantung pada suatu letak garis kerja gaya itu, jadi pada gambar 2.6. menyebabkan putaran pada suatu benda



Gambar 2.6 Momen Torsi

Garis kerja gaya dapat diperinci dengan menentukan jarak tegak lurus antara sebuah titian patokan dengan garis kerja gaya tersebut. Jarak tegak lurus dari titik ini ke garis kerja suatu gaya disebut lengan momen

dari gaya tersebut terhadap sumbu. Hasil kali gaya terhadap lengan momen disebut momen gaya itu terhadap sumbu atau juga disebut gaya putar (torque).^[10]

$$T = (f \times g) \cdot l \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

f : Gaya (n)

l : Jarak (m)

g : Percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s²)

2.7 Bilangan *Reynolds*

Dalam mekanika fluida, bilangan *Reynolds* adalah rasio antara gaya inersia (vsp) terhadap gaya viskos (μ/L) yang mengkuantifikasi hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda, misalnya laminar dan turbulen. Namanya diambil dari *Osborne Reynolds* (1842 - 1912) yang mengusulkannya pada tahun 1883.

Bilangan *Reynolds* merupakan salah satu bilangan yang tak berdimensi paling penting dalam mekanika fluida dan digunakan seperti halnya dengan bilangan tak berdimensi lain, untuk memberikan criteria untuk menentukan *dynamic similitude*. Jika dua pola aliran yang mirip secara geometris, mungkin pada fluida yang berbeda dan laju aliran yang berbeda pula, memiliki nilai bilangan tak berdimensi yang relevan, keduanya disebut memiliki kemiripan dinamis.^[2]

2.7.1 Tipe Aliran Bilangan *Reynolds*

Aliran fluida bisa mengalir secara laminar atau turbulen. Faktor yang menentukan tipe aliran yang terbentuk tergantung kepada nilai gaya inersia

2.7.1 Tipe Aliran Bilangan Reynolds

Aliran fluida bisa mengalir secara laminar atau turbulen. Faktor yang menentukan tipe aliran yang terbentuk tergantung kepada nilai gaya inersia dan gaya gesek akibat kekentalan dalam aliran itu sendiri dan dinyatakan oleh suatu bilangan tak berdimensi yaitu bilangan Reynolds. [7]

$$Re = \frac{V \times d}{\nu} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

V = kecepatan aliran (m/s)

d = diameter pipa (m)

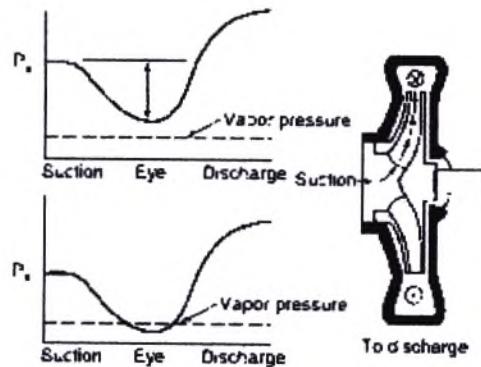
ν = kekentalan kinematik (m^2/s)

untuk aliran diatas benda lempeng d dapat berupa jarak tempuh dari ujung lempeng. Biasanya tekanan gaya gesekan dalam aliran mempunyai kecenderungan untuk membuat aliran menjadi stabil dan membuat aliran sedangkan bila gaya inersia lebih besar dari gaya gesek akan menimbulkan ketidakberaturan dalam aliran dan akhirnya membentuk aliran turbulen. Aliran akan berada laminar sampai $Re = 2000$ dan untuk $Re = 4000$ aliran akan mengalir secara turbulen antara $2000 < Re < 4000$ aliran berada dalam kondisi transisi antara laminar dan turbulen sehingga di dapat beberapa lapisan yang mengalir secara laminar dan lapisan lainnya mengalir secara turbulen. [5]

2.8 Kavitasi dan cara menghindarinya Kavitasi

Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya turun sampai dibawah tekanan uap jenuhnya. Ketika zat cair terhisap

pada sisi isap pompa, tekanan pada permukaan zat cair akan turun, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7 Kavitasi Pompa ⁽¹⁾

Bila tekanannya turun sampai pada tekanan uap jenuhnya, maka cairan akan menguap dan membentuk gelembung uap. Selama bergerak sepanjang impeler, kenaikan tekanan akan menyebabkan gelembung uap pecah dan menumbuk permukaan pompa. Fenomena ini dinamakan kavitasi. Jika permukaan saluran/pipa terkena tumbukan gelembung uap tersebut secara terus menerus dalam jangka lama akan mengakibatkan terbentuknya lubang-lubang pada dinding saluran atau sering disebut erosi kavitasi. Pengaruh lain dari kavitasi adalah timbulnya suara berisik, getaran dan turunnya performansi pompa. ^[9]

2.7.1 Cara Menghindari Kavitasi

Kavitasi pada dasarnya dapat dicegah dengan membuat NPSH yang tersedia lebih besar dari pada NPSH yang diperlukan. Dalam perencanaan instalasi pompa, hal-hal berikut harus diperhitungkan untuk menghindari kavitasi.

1. Ketinggian letak pompa terhadap permukaan zat cair yang dihisap harus dibuat serendah mungkin agar head isap statis menjadi rendah pula.

2. Pipa isap harus dibuat sependek mungkin. Jika terpaksa dipakai pipa isap yang panjang, sebaiknya diambil pipa yang berdiameter satu nomor lebih besar untuk mengurangi kerugian gesek.
3. Hindari penggunaan katup yang tak perlu dan menekuk pipa pengisapan.
4. Hindari masuknya udara pada sisi isap pompa.^[8]

2.7.2 Net Positive Suction Head (NPSH)

Kavitasi akan terjadi bila tekanan statis zat cair turun sampai dibawah tekanan uap jenuhnya. Agar dalam system pemompaan tidak terjadi kavitasi, harus diusahakan agar tidak ada satu bagianpun dari aliran pada pompa yang mempunyai tekanan statis lebih rendah dari tekanan uap jenuh cairan pada temperatur yang bersangkutan. Berhubung dengan hal ini didefinisikan suatu Head Isap Positif Netto atau NPSH yang dipakai sebagai ukuran keamanan pompa terhadap kavitasi. Dalam praktek kerjanya NPSHa harus lebih besar dari NPSHr supaya tidak terjadi kavitasi Ada dua macam NPSH yaitu :

- NPSHa (available) yang berhubungan dengan tekanan yang tersedia pada flense siap pompa. NPSHa besarnya tergantung dari pemasangan instalasi pompa sedang.
- NPSHr. (required) yang berhubungan dengan tekanan yang diisyaratkan. NPSHr tergantung dari pompanya itu sendiri yang biasanya telah ditentukan oleh pabrik pembuatannya.^[10]