

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pompa

Pompa bekerja dengan cara menciptakan hasil beda tekanan antara sisi hisap dan sisi tekan. Artinya, pompa mempunyai tugas merubah bentuk energi mekanis dari motor yang kemudian menjadikannya energi kinetik (kecepatan), lalu dimanfaatkan sebagai penyalur cairan dan mengatasi tantangan dalam proses aliran (Nopian, Ratih Diah Andayani, 2020). Pompa adalah alat penting untuk proses produksi di industri-industri, terutama sebagai alat mensirkulasikan minyak (*oil*) pelumas dan air untuk pendingin mesin pada industri ataupun pabrik.

2.2. Jenis-jenis Pompa

Pompa aksi positif memiliki *head* yang lebih besar tetapi kapasitas yang lebih sedikit. Pompa perpindahan positif memungkinkan fluida cair berpindah dari satu tempat menuju ke tempat lain karena volume yang ada pada tempat penampungan fluida didalam pompa berubah karena gerak dari elemen pompa tersebut, seperti gerak bolak-balik lalu berputar (Sudirman lubis, Irpansyah Siregar, A M Siregar et al., 2020). Pompa dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan jenisnya, yaitu:

1. Pompa Rotari

Pompa ini menghasilkan tekanan dari elemen yang bergerak dengan berputar atau disebut juga gerak putar gabungan. Dalam prinsipnya, komponen menekan fluida yang masuk dari sisi buang lalu ditekan menuju ke pipa tekan. Dimana, pompa rotari dapat bekerja sebagai motor dan sebagai pompa terbalik, karena tidak memiliki *valve*. Pompa ini memiliki putaran mencapai titik maksimumnya hingga 5000 Rpm. Karena manfaatnya, pompa ini begitu banyak digunakan sebagai pompa pelumas dan tranmisi daya hidrolik. Contoh *rotary pump* adalah *gear pump*, *screw pump*, dan *vane pump*.

2. Pompa Torak (*Reciprocating Pump*)

Tekanan yang dihasilkan oleh pompa torak disebabkan karena gerak bolak-balik translasi dari elemen-elemennya itu sendiri, ini termasuk komponen *crankshaft*, *camshaft*, dan lain sebagainya. Pompa jenis ini memiliki *valve* masuk dan *valve* buang yang mengatur aliran fluida masuk dan keluar dari ruang kerja. *Valve* (katup) ini beroperasi dengan otomatis, dan derajat pembukaannya bergantung pada jumlah fluida yang dihasilkan. Tekanan yang dihasilkan lebih dari 10 atm. Pompa ini memiliki putaran sampai kecepatan terendah hingga 250–500 Rpm. Jadi, dimensinya besar dan berat. Banyak pabrik menggunakan pompa ini untuk memompa cairan kental. Contoh *reciprocating pump* antara lain *single-acting piston pump* dan *double-acting piston pump*.

3. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*)

Sebuah motor dengan sudu yang dapat berputar hingga kecepatan tinggi adalah komponen utama pompa ini. *Impeller* meningkatkan tekanan dan kecepatan fluida yang masuk, melemparkannya keluar dari *volute liner*. Dengan kapasitas aliran medium yang tinggi, pompa ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan *head* medium yang tinggi. Jenis pompa sentrifugal sangat banyak beberapa diantaranya seperti pompa *centrifugal pump*, *submersible pumpe*, *booster pump*, *vertical centrifugal pump*, *centrifugal horizontal pump*, *centrifugal multi-stage pump*, *circulating centrifugal pump*, *centrifugal cryogenic pump*, dan *centrifugal self-priming pump*.

Pompa sentrifugal merupakan salah satu yang banyak digunakan dalam industri pertambangan. Pompa sentrifugal PT Antam UBPE Pongkor menggunakan pompa Warman tipe 6/4 E-AH dan 4/3 EE-HH. Pompa 6/4 E-AH berfungsi mengalirkan (mentransfer) *slurry* (lumpur) dari *ball mill* ke *mill cyclone*. Sedangkan pompa 4/3 EE-HH berfungsi mengalirkan (mentransfer) *slurry* (lumpur) dari tangki *backfilling silo* menuju sump *tailling overflow*. Dari data yang didapatkan diketahui bahwa pompa Warman tipe 6/4 E-AH dan 4/3 EE-HH sering mengalami penurunan kinerja secara tiba-tiba karena mengalami kavitasi, sehingga mengakibatkan terjadinya keausan pada

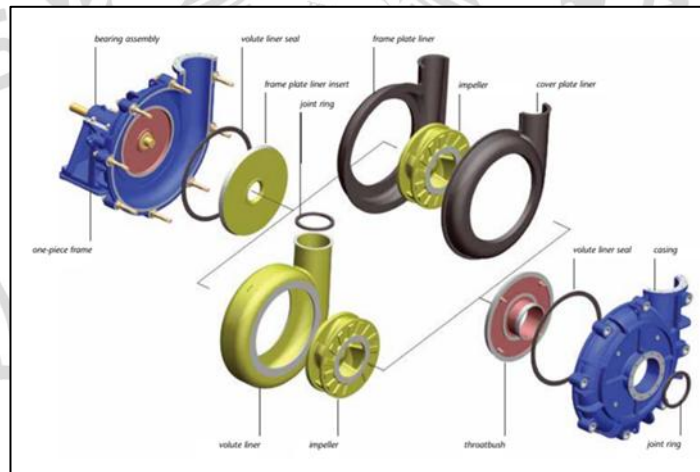
komponen pompa. Pada umumnya apabila penggantian *spare part* (komponen) ini sering dilakukan dengan jangka waktunya yang lebih cepat dari penjadwalan *maintenance* (perawatan) maka akan mempengaruhi kinerja operasi dan *downtime* nya lebih sering dibawah standar (*life time*) lebih cepat pada pompa tersebut.

Dibanyak tambang, bijih emas harus digiling hingga dibawah ukuran sekitar 70 μ m (mikro) kemudian dilakukan pemisahan pada *slurry* (lumpur) dengan menggunakan *tromol screen* yang merupakan salah satu komponen dari *ball mill*, selanjutnya mentransfer *slurry* dari *ball mill* menuju *cyclone* dilanjutkan lagi ke proses *leaching* (pelarutan), *Carbon In Leach (CIL)*, *elution*, *electrowinning*, dan *smelting* (peleburan) menjadi *dore bullion*.

Selanjutnya limbah *tailling* dari hasil proses pengolahan diolah sebelum dibuang sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan dan ditampung ke *tailling dump* (penampungan limbah) sebagai proses akhir.

2.2.1. Komponen Utama Pompa Sentrifugal Tipe 6/4 E-AH Dan 4/3 EE-HH

komponen utama pada pompa sentrifugal tipe 6/4 E-AH dan tipe 4/3 EE-HH dapat dilihat pada Gambar 2.1, diantaranya:



Gambar 2.1 Bagian Pompa Warman Tipe 6/4 E-AH dan 4/3 E-HH

Penjelasan gambar maupun fungsi dari masing-masing komponen pompa sentrifugal 6/4 E-AH dan 4/3 EE-HH adalah, sebagai berikut:

- a) *Bearing Assembly* : Sebagai penumpu lengan poros dan menahan beban dan mengatur gerakan relatif antara motor dan pompa agar bergerak sesuai dengan arah yang diinginkan.
- b) *Frame Plate* : Pelat bingkai pelapis untuk melindungi bagian-bagian *internal* pompa, termasuk *impeller* dan *casing*.
- c) *Impeller* : Alat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik dari motor menjadi energi kinetik pada fluida yang dipompakan secara *continue*.
- d) *Volute Liner* : Bagian penampung *slurry* dari *impeller* yang dapat merubah energi kinetik menjadi tekanan menuju ke sisi luar *outlet* pompa.
- e) *Throat Bush* : Pembatas jarak bebas disekitar poros (selongsong) pada ujung luar segel untuk mengurangi kebocoran.

2.3. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Berdasarkan cara kerjanya pompa sentrifugal *mill discharge* dan *filling* yaitu daya dari luar disalurkan ke poros pompa kemudian memutar *impeller* didalam cairan, selanjutnya cairan yang berada didalam *impeller* akan didorong mata sudu sehingga fluida akan ikut berputar. Fluida yang melewati ditengah *impeller* akan keluar melewati jalur diantara rongga *impeller* karena gaya sentrifugal. Ini adalah tempat tekanan zat cair meningkat dan *head* kecepatan meningkat karena percepatan fluida. Selanjutnya, saluran berbentuk *volute liner* yang mengelilingi *impeller* menampung fluida keluar dari pompa melalui *nozzel*. Didalam *nozzel* ini, sebagian *head* tekanan sehingga dapat didefinisikan bahwa pompa sentrifugal bisa merubah energi mekanik (gerak) yang terjadi dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida.

2.4. Fluida

Fluida merupakan zat yang dimana akan bergerak ketika mendapatkan gaya. Mereka juga tidak permanen dan dapat berubah bentuk. Bentuk benda yang dilewati fluida membentuk benda padat (Elger et al., 2020). Fluida lebih mudah mengalir dari pada zat padat, karena ikatan molekulnya lebih kecil dalam fluida dari pada zat dalam zat padat. Gesekan menghalangi perubahan bentuk fluida secara relatif kecil (Aya'snura, 2013). Fluida memiliki dua

kategori berdasarkan kemampatannya, yaitu fluida tak terkompresi yang volumenya hampir tidak berubah meskipun ada perubahan tekanan, dan fluida terkompresi yang volumenya dapat berubah signifikan akibat perubahan tekanan seperti pada gas.

2.5. Sifat-sifat Fluida

Variabel yang dibutuhkan terkait dengan berbagai sifat fluida. Untuk fluida, karakteristiknya adalah:

A. Rapat Jenis (*Density*)

Rapat massa dapat diartikan sebagai perbandingan massa fluida persatuan volume pada *temperature* dan tekanan tertentu.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

Dimana:

ρ = Rapat jenis (kg/m^3)

m = Massa benda (kg)

v = Volume benda (m^3)

B. Berat Jenis

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat dari benda dan volumenya. Sedangkan, berat suatu benda merupakan hasil dari massa dikali dengan percepatan gravitasi.

$$\gamma = \rho g \quad (2.2)$$

Dimana:

γ = Berat jenis ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}^2$)

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

g = Gravitasi bumi (m/s^2)

C. Kekentalan Fluida (Viskositas)

Kekentalan zat adalah ketahanan sebuah fluida terhadap perubahan bentuk atau deformasi. *Temperature*, kohesi, tekanan, dan laju perpindahan momentum molekul mempengaruhi viskositanya. Viskositas dibagi menjadi 2 (dua) jenis, dimana ada viskositas kinematik serta viskositas dinamik (mutlak), sebagai berikut:

a) Viskositas Kinematik

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.3)$$

Dimana:

ν = Viskositas kinematik (m^2/s)

μ = Viskositas dinamik (kg.m/s^2)

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

b) Viskositas Dinamik (Viskositas Mutlak)

$$\mu = \frac{\tau}{\gamma} \quad (2.4)$$

Dimana:

μ = Viskositas dinamik (kg.m/s^2)

τ = Tegangan geser (N/m^2)

γ = Laju geser ($1/\text{s}$)

2.6. Bilangan Reynolds

Bilangan *reynolds* dipruntukkan untuk memilih karakteristik pada suatu aliran. Dimana fluida tersebut tergolong pada aliran laminar, transisi maupun turbulen. Lokasi aliran pada skala juga menunjukkan kecenderungan turbulen dibandingkan laminar. Aliran fluida dibedakan menjadi 3 (tiga) macam berdasarkan nilai *reynolds number*, dimana:

$$\text{Re} = \frac{D.v.\rho}{\mu} \quad (2.5)$$

Dimana:

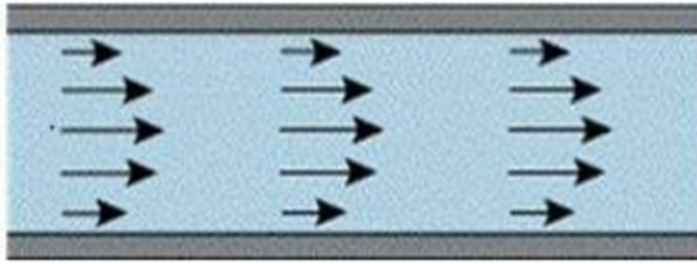
v = Kecepatan rata-rata fluida yang mengalir (m/s)

D = Diameter dalam pipa (m)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

μ = Viskositas dinamik fluida (kg/m.s)

a. Aliran Laminar



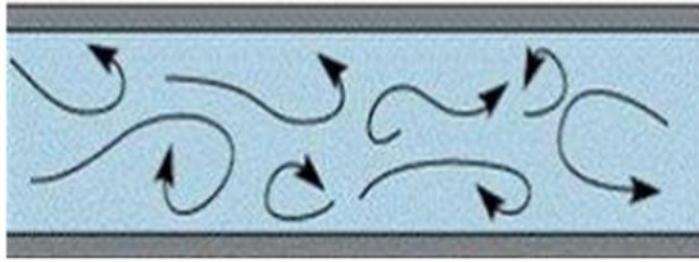
Gambar 2.2 Aliran Laminar (Sudirman lubis, Irpansyah Siregar, A M Siregar et al., 2020)

Fluida dengan aliran laminar ditunjukkan dengan gerak fluida yang teratur mengikuti jalur yang saling sejajar. Aliran laminar sangat mudah terjadi apabila alirannya sangat kecil tetapi viskositas cairan besar dan pengaruh kekentalan cukup dominan dibandingkan dengan kecepatan aliran, sehingga fluida akan bergerak teratur mengikuti lintasan lurus (Aya'snura, 2013). Aliran laminar memiliki bilangan *reynolds* ($Re < 2000$).

b. Aliran Transisi

Aliran transisi adalah aliran perpindahan dari aliran laminar menuju ke aliran turbulen. Kondisi perpindahan ini bergantung jenis viskositas fluida, kecepatan dan faktor lain yang berkaitan dengan geometri aliran. Aliran transisi memiliki bilangan *reynolds* ($2300 < Re < 4000$).

c. Aliran Turbulen



Gambar 2.3 Aliran Turbulen (Sudirman lubis, Irpansyah Siregar, A M Siregar et al., 2020)

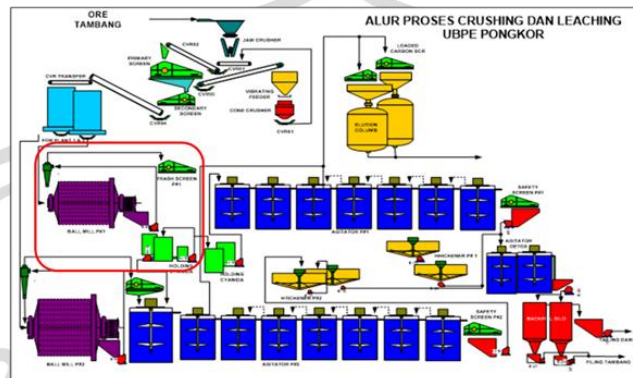
Aliran turbulen memiliki kecepatan aliran yang sangat tinggi, yang sehingga menyebabkan aliran tidak sejajar namun, aliran ini juga penuh dengan lintasan gerak partikel yang tidak teratur. Ciri-ciri aliran turbulen termasuk aliran banyak bercampur, kecepatan aliran yang tinggi, panjang aliran yang besar dan viskositasnya yang rendah (Aya'snura, 2013). Aliran turbulen memiliki bilangan *reynolds* ($Re > 4000$).

2.7. Proses Pengolahan Bijih Emas PT Antam UBPE Pongkor

Tahapan pengolahan bijih emas PT Antam UBPE Pongkor menggunakan metode oksida yang dapat diproses melalui langkah-langkah pengecilan ukuran, hal ini bertujuan untuk memisahkan bijih emas dari batuan yang tidak mengandung unsur emas dan perak. Ada tahapan dalam proses pengolahan bijih emas seperti *crushing* (pemecah), *milling* (menggiling), *leaching* (pelarutan), *carbon in leach (CIL)*, *elution* (pelepasan), *electrowinning* (elektrolisis), *smelting* (peleburan). PT Antam UBPE Pongkor mengolah bijih emas melalui 2 *plant* dengan kapasitas yang berbeda, tetapi prosesnya sama. Kapasitas *plant* 1 adalah 500 *dry million ton* (ton kering per jam), sedangkan *plant* 2 adalah 700 *dry million ton* (ton kering per jam). Karena *plant* 1 tidak dapat menampung jumlah bijih emas yang ada, maka *plant* 2 mulai beroperasi pada tahun 1998.

2.8. Ball Mill

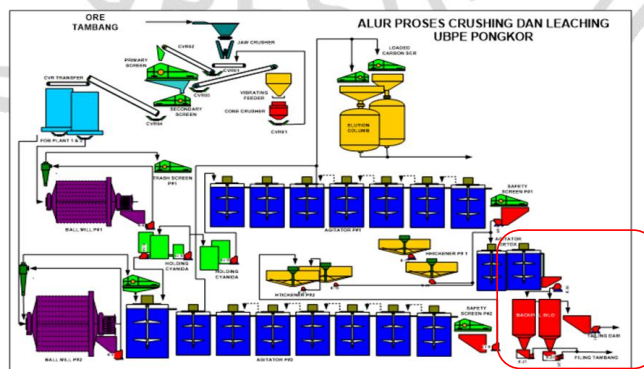
Ball mill terdiri *Semi-Autogeneous* menggiling material dari ukuran besar - 16 μm (mikro) menjadi bentuk *slurry* berukuran 70 μm (mikro) ditampung ke sump *mill discharge* ditransfer menggunakan pompa menuju *mill cyclone*. *Under flow mill cyclone* ukuran +70 μm (mikro) kembali ke *ball mill* itu sendiri. *Over flow mill cyclone* yang berukuran -10 μm (mikro) dimasukkan ke dalam tangki *leaching*.



Gambar 2.4 Proses *Mill Cyclone*

2.9. Filling

Slurry (lumpur) yang berukuran -10 μm (mikro) dari tangki *Carbon In Leach (CIL)*, kemudian ditransfer menuju tangki *thickener* untuk meningkatkan konsentrasi *slurry*, setelah itu *slurry* ditransfer ke tangki *detoksifikasi* untuk menurunkan kandungan sianida pada *slurry* menjadi dibawah batas 0,5 ppm. Setelah diolah *slurry* (tanpa kandungan emas) ditransfer ke tangki *backfilling silo* menuju sump *tailling overflow*.



Gambar 2.5 Proses *Filling*

2.10. Kavitasi

Terbentuk dan pecahnya suatu gelembung uap pada suatu aliran fluida pada saat tertentu adalah peristiwa kavitasi, peristiwa tersebut bisa terjadi didalam pompa maupun diluar pompa. Kavitasi adalah proses pecahnya cairan dengan menurunkan tekanan pada suhu cairan yang konstan (Brennen, 1995). Pompa sentrifugal mengalami penurunan tekanan hingga tekanan terkecil pada sisi *suction*. Jika turunnya tekanan tersebut hingga dititik terkecil tekanan uap jenuhnya (Darmawan, n.d.), gelembung uap akan terbentuk dan bergerak menuju daerah tekanan yang lebih tinggi, dimana ia akan pecah oleh tekanan disekelilingnya. Jika pompa sentrifugal bekerja pada saat kavitasi berlangsung, gelembung uap akan pecah secara *continue* dan menghasilkan suara bising pompa tersebut. Ketika gelembung udara mengenai *casing*, maka akan mengakibatkan getaran gelombang yang sangat besar. Apabila peristiwa kavitasi berlangsung pada sudu pompa sentrifugal ini akan mengakibatkan kerusakan komponen dengan ditandainya lubang pada sudu impeler yang disebut erosi kavitasi (Soyama et al., 1993).

Kavitasi akan terjadi ketika tekanan air pada turbin berkurang menjadi tekanan uap jenuhnya, menimbulkan getaran, pengikisan, dan turunnya efisiensi pada pompa tersebut. Tingkat kavitasi turbin dapat dihitung untuk memperkirakan dan mencegah kavitasi berlangsung saat beroperasi. Hasil dari perbandingan nilai angka Thoma aktual dan kritis dapat digunakan untuk melakukan hal ini (Fernando P. Gurning et al., 2017). Kondisi kavitasi terjadi ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung dalam aliran fluida dapat dilihat didalam *venture* dikarenakan warnanya yang transparan. Kavitasi terjadi bila penurunan tekanan uap jenuhnya dalam suatu aliran fluida yang mengalami pengecilan karena sebagian *head* tekanan berubah menjadi *head* kecepatan. Karena tekanan uap cairan lebih rendah, kerapatan fluida menurun, sehingga kavitasi lebih mudah terjadi jika suhunya lebih tinggi (Prayogo, 2008). Gelembung uap transparan yang terbentuk mulai dari sisi *suction* menunjukkan kavitasi visual. Gelembung uap ini akan menjadi lebih besar jika jenisnya berada pada saat putaran naik dan tekanan turun (Delly, 2009).

Kondisi optimal pompa adalah ketika pompa dapat bekerja dengan baik tanpa kavitasi, korosi, atau penurunan efisiensi. Dalam hal ini, lapisan *coating impeller* terkelupas, menyebabkan endapan *slurry* (lumpur) pada sisi hisap pompa, yang, menyebabkan vibrasi tinggi (Hariady, 2014).

Kurva karakteristik pompa menunjukkan bahwa penurunan tekanan *suction* pompa hingga tekanan tertentu akan menyebabkan penurunan kinerja, *head*, laju aliran fluida (kemampuan), dan efisiensi pompa. Kavitasi dapat mengurangi kinerja pompa itu sendiri (Muis and Basri, 2019).

Fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal dapat diidentifikasi dengan menggunakan metode analisa sinyal vibrasi berbasis *Principal Component Analysis* (PCA). Metode ini memungkinkan untuk mengklasifikasikan kavitasi normal, kavitasi menengah, kavitasi lanjut, dan kavitasi dini pada pompa sentrifugal (Paripurna Kamiel and Aprima Kausar, 2018).

Semakin besar penutupan katub pada pipa hisap dan kecepatan aliran berkurang akan mengidentifikasi bahwa pompa terjadi kavitasi dan semakin besar penurunan tekanan yang terjadi didinding impeler pompa semakin besar kemungkinan terjadi kavitasi (Hajar, 2017).

Apabila ukuran sisi hisap pompa kurang dari ukuran sisi tekan pompa, maka tekanan hisap akan menurun menjadi sangat rendah yang dapat menyebabkan kavitasi, dimana hal ini sangat berbahaya bagi pompa itu sendiri. Kavitasi merupakan terbentuknya sebuah gelembung uap dalam suatu fluida pada daerah yang mempunyai tekanan kecil yang terjadi didaerah tertentu maka cairan akan dipercepat ke kecepatan yang lebih tinggi, seperti pompa sentrifugal saat beroperasi (Suliono et al., 2023).

Dari hasil yang akan terjadi, semakin tinggi instalasi deaerator berdasarkan potensi, semakin kecil kemungkinan kavitasi dan semakin besar nilai presentasenya (Effendi et al., 2021).

Jika perubahan dari permukaan area slip didepan ke permukaan tanpa slip dibelakangnya akan menaikkan penyaluran tekanan pelumasan dan meningkatkan kemungkinan terjadi kavitasi. Dengan demikian apabila transisi dari permukaan tanpa slip didepan permukaan slip akan mengurangi distribusi

tekanan pelumasan dan kemungkinan kavitasi terjadi (Widodo and Tauviqirrahman, 2011).

Hal yang mempengaruhi turunnya kinerja pada pompa secara tiba-tiba dapat mengakibatkan ketidak stabilannya pada saat pengoperasian sehingga menimbulkan bahaya yang signifikan dan mengganggu kinerja sistem secara menyeluruh. Contoh faktor yang mengakibatkan turunnya kinerja pompa yaitu fenomena kavitasi.

2.11. NPSH (*Net Positive Suction Head*)

NPSH (*Net Positive Suction Head*), adalah tekanan terkecil yang dibutuhkan pompa untuk mencegah agar tidak mengalami kavitasi. NPSH begitu penting untuk mengevaluasi efisiensi dan kapasitas pompa. NPSH dibagi menjadi 2 yaitu, sebagai berikut:

1. NPSHA

NPSHA (*Net Positive Suction Head Available*), yaitu tekanan minimum (gravitasi) yang ada pada sisi masuk pompa. Dimana hal ini digunakan sebagai cara untuk mencegah cairan menguap dan menghindari terjadinya kavitasi berlangsung, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{NPSHA} = \text{Hatm} - \text{Hvap} + \text{Hgs} + \text{Hvs} \quad (2.6)$$

Dimana:

Hatm : Ketinggian akibat tekanan atmosfer (m)

Hvap : Ketinggian *absolut* yang sama dengan tekanan uap disaat fluida fluida dipompa (m)

Hgs : *Head* hisap pangukur positif (m)

Hvs : *Head* kecepatan dalam pipa hisap (m)

2. NPSHR (*Net Positive Suction Head Required*)

NPSHR (*Net Positive Suction Head Required*), yaitu tekanan terkecil saat dibutuhkan *head* pada sisi masuk pompa dikurangi penurunan tekanan, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{NPSHR} = \text{Hatm} - \text{Hvap} - \text{Hf} - \text{Hs} \quad (2.7)$$

Dimana:

Hatm : Ketinggian akibat tekanan atmosfer (m)

Hvap : Ketinggian *absolut* yang sama dengan tekanan uap disaat fluida dipompa (m)

Hf : *Head* gesekan dalam saluran *suction* (m)

Hs : *Head* hisap pada sisi *suction* (m)

Jumlah sudu yang ada pada pompa sentrifugal *impeller* mempengaruhi nilai tekanan masuk normal NPSH (Sembada and Siregar, 2017). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tekanan positif pompa yang tersedia lebih besar dari tekanan positif pompa yang diperoleh. Akibatnya, pompa dapat beroperasi dengan aman dari peristiwa kavitasi (Sumarjo, 2017). Semakin banyak putaran pompa, maka semakin banyak daya hisap (NPSHA) yang diperlukan pompa tersebut (Halim, 2012).

Nilai NPSHA yang lebih besar dari pada NPSHR yang dimiliki masing-masing pompa, sehingga pompa tidak terjadi kavitasi (Cantona, 2019). Jika NPSHA dikurangi secara terus-menerus hingga berada dititik tertentu (saat kavitasi atau NPSHA kurang dari nilai NPSHR), *head* akan menurun secara relevan (Muis and Basri, 2019).

Pengaruh jumlah sudu terhadap NPSHR kritikal adalah dengan penambahan sudu nilai NPSHR meningkat (Nugroho, 2014).

2.12. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA adalah salah satu dari beberapa cara yang banyak dipakai sebagai teknik mengidentifikasi, menganalisa, serta mengevaluasi risiko yang akan terjadi pada sistem (Munawir et al., 2014). Standar internasional menyarankan penggunaan metode FMEA sebagai salah satu teknik analisis. Peran FMEA sendiri juga dapat digunakan untuk mengetahui resiko kecelakaan pada sistem, resiko kegagalan produksi komponen dan lain sebagainya (Sidik et al., 2022).

Teknik FMEA telah menjadi salah satu cara yang berhasil dan banyak dipakai oleh banyak pihak untuk meningkatkan keamanan dan keandalan sistem (M. Imron Mustajib, 2013). Ada 3 hal yang perlu diketahui untuk menandai kegagalan pada metode FMEA, yaitu:

1. Penyebab kerusakan
2. Pengaruh dari kerusakan
3. Kriteria penyebab kerusakan

Ada 3 (tiga) hal yang dapat membantu dalam menentukan nilai prioritas pada FMEA, yaitu:

1. Kerusakan (S)
2. Kejadian (O)
3. Deteksi (D)

Perhitungan jumlah *Risk Priority Number* (RPN) dapat dilakukan dalam metode FMEA. RPN terdiri dari *Severity* yang disimbolkan (S), *Occurance* yang disimbolkan (O), serta *Detection* yang disimbolkan (D), dan dihitung dengan rumus yang menentukan tingkat prioritas kegagalan, berdasarkan persamaan dibawah ini:

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.8)$$

Dimana:

S = *Severity* (Kerusakan)

O = *Occurance* (Kejadian)

D = *Detection* (Deteksi)

RPN = *Risk Priority Number* (Nilai Resiko Prioritas)