

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

E. Saputra, pada jurnal berjudul Kriteria Pemilihan Jenis Pipa, pipa adalah media tempat mengalirnya fluida proses dari suatu unit yang satu ke unit lainnya. Secara umum karakteristiknya ditentukan berdasarkan material (bahan) penyusunnya.

Terminologi pipa biasanya disamakan dengan istilah *tube*, namun biasanya istilah untuk pipa memiliki diameter lebih dari 3/4 in. Berdasarkan standard dalam pebuatannya, pipa biasanya di dasarkan pada diameter nominalnya, ia biasanya memiliki nilai outside diameter (OD) atau diameter luarnya tetap sedangkan untuk tebalnya menggunakan istilah *schedule* yang memiliki nilai bervariasi. Pipa sendiri di bedakan menjadi dua istilah, *piping* dan *pipeline*. *Piping* di gunakan untuk istilah pipa yang mengalirkan dari satu tempat ke tempat lain dalam jarak yang berdekatan, sedangkan pipa yang digunakan berukuran relatif kecil. Sedangkan *pipeline* istilah tersebut digunakan untuk mengalirkan fluida dari satu fasilitas (*plant*) ke *plant* yang lain, dan biasanya ukurannya sangat besar.

Menurut jurnal oleh Dharmasetiawan tahun 2004, perilaku air secara fisik yang dipelajari dalam hidrolika meliputi hubungan antara debit air yang mengalir dalam pipa dikaitkan dengan diameter pipa, sehingga dapat diketahui gejala-gejala timbulnya tekanan, kehilangan energi, dan gaya lainnya yang timbul. Pada dasarnya dalam menelaah aspek hidrolika dalam pipa selalu diasumsikan bahwa air adalah fluida yang mempunyai sifat *incompressible* atau diasumsikan tidak mengalami perubahan volume apabila terjadi tekanan. Selain itu fluida yang bergerak di dalam pipa juga dianggap mempunyai kecepatan yang konstan dari waktu ke waktu apabila melalui suatu pipa dengan diameter yang sama (*steady state*), dan dianggap mempunyai kecepatan yang konstan sepanjang apabila melalui suatu pipa dengan diameter yang sama.

Pada kenyataannya di lapangan kondisi yang dijelaskan tersebut tidak selalu tercapai. Penyimpangan keadaan tersebut disebut keadaan transient.

Efek yang timbul disebut sebagai *water hammer* yang terefleksi dengan kejadian pengempisan pipa, pecahnya pipa, atau dalam keadaan yang ringan adalah terdengarnya suara seperti ketukan palu di pipa besi.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Daerah Aliran Sungai**

Daerah aliran sungai adalah suatu daerah tangkapan air (*catchment area*) yang secara topografis dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Daerah tangkapan air terjadi dalam beberapa bentuk yaitu aliran limpasan pada permukaan tanah, aliran melalui parit/selokan, aliran melalui sungai-sungai kecil, dan aliran melalui sungai utama. Aliran limpasan pada permukaan tanah terjadi selama atau setelah hujan dalam bentuk lapisan air yang mengalir pada permukaan tanah. Aliran tersebut masuk ke parit/selokan yang kemudian mengalir ke sungai-sungai kecil dan selanjutnya menjadi aliran di sungai utama. Karakteristik hidrologis dari daerah tangkapan air dipengaruhi oleh luas, bentuk, relief, panjang sungai, dan pola drainase daerah tangkapan (Asdak 2007).

Dalam kawasan DAS Cidanau mengalir sungai dan anak sungai, yaitu Sungai Cisalak, Sungai Cikalumpang, Sungai Cisumur, Sungai Cikarasak, Sungai Cibuntu, Sungai Cisaar, Sungai Ciapus, Sungai Cisumur, Sungai Cilahum, Sungai Cisaat, Sungai Ciomas, Sungai Cibarugbug, Sungai Cigalusun, dan Sungai Cirakah Gede. Secara umum sungai-sungai tersebut membentuk pola aliran sub dendritik (mendaun). Hampir sebagian besar sungai-sungai tersebut bermuara ke Rawa Danau dengan aliran debit yang bervariasi sepanjang tahun tergantung musim. Namun hanya ada satu sungai yang mengalir dari Rawa Danau ke laut, yaitu Sungai Cidanau. Sungai Cidanau ini kemudian menjadi sumber air utama untuk PT. KTI dalam memenuhi kebutuhan air bagi industri dan masyarakat di wilayah Kota Cilegon. Untuk itu, seiring bertambahnya

jumlah konsumen air baku, maka PT. KTI melakukan penambahan lokasi pengambilan air pada Sungai Cipasauran.

### **2.2.2 Analisis Ketersediaan Air Baku**

Secara umum ketersediaan air akan tetap stabil karena adanya proses daur ulang secara alami. Namun kenyataan menunjukkan ketersediaan air tawar di beberapa sungai dan danau menjadi berkurang, baik secara kuantitas maupun kualitas. Hal tersebut dapat terjadi jika dalam pemanfaatannya melebihi daya pulih.

#### **2.2.2.1 Analisis Frekuensi**

Salah satu masukan data yang diperlukan dalam menganalisis kuantitas air adalah curah hujan rencana. Curah hujan rencana adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan bila tidak terjadi evaporasi, aliran permukaan, dan infiltrasi. Curah hujan rencana diperoleh dari analisis frekuensi dengan menggunakan data curah hujan regional DAS Cipasauran. Analisis frekuensi ini dihitung dengan menggunakan lima metode, yaitu Metode Polygon Thiessen, Log Normal, Gumbell, dan Log Pearson III. Dari keempat metode tersebut kemudian akan dipilih metode terbaik berdasarkan perhitungan persentase *error* dan nilai deviasi.

#### **2.2.2.2 Debit Aliran**

Debit aliran adalah laju larian air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran, yaitu suatu perilaku debit sebagai respon adanya perubahan karakteristik biogeofisik yang berlangsung dalam suatu DAS (oleh adanya kegiatan pengelolaan DAS) atau adanya perubahan iklim lokal. Debit aliran rata-rata tahunan dapat memberikan gambaran potensi sumber daya air yang dapat dimanfaatkan dari suatu daerah aliran sungai

(Asdak 2007). Jumlah ketersediaan air dapat diketahui dari data debit yang dipengaruhi oleh presipitasi atau curah hujan. Presipitasi adalah curahan atau jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda, yaitu curah hujan di daerah tropis dan curah hujan di daerah beriklim sedang. Mengingat bahwa di daerah tropis presipitasi hanya ditemui dalam bentuk curah hujan, maka presipitasi dalam konteks daerah tropis adalah sama dengan curah hujan.

Untuk mengetahui debit andalan dari suatu sungai, data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan minimal 10 tahun. Debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Dalam menentukan besarnya debit andalan digunakan probabilitas Metode *FJ. Mock*, dengan persamaan 2.1 sebagai berikut :

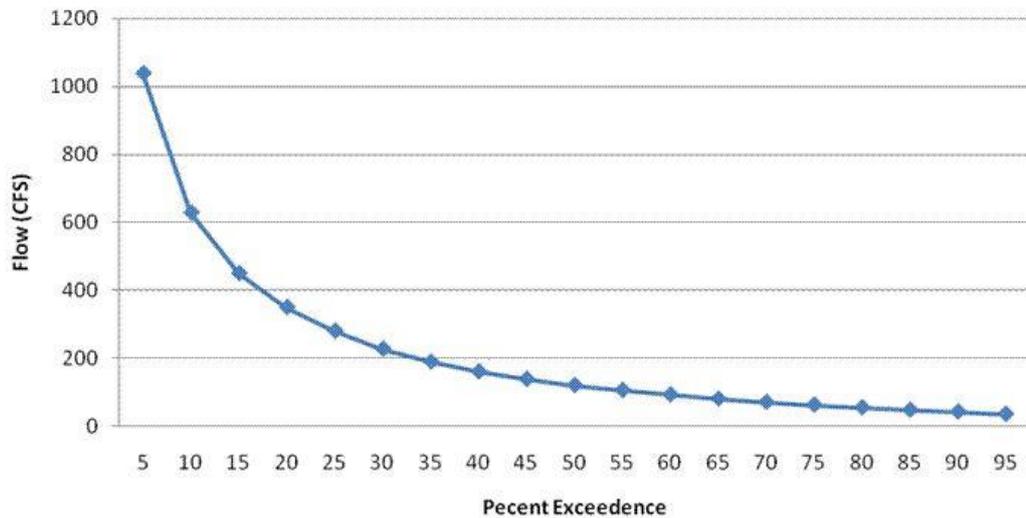
$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana:

- P = Peluang (%)
- m = nomor urut data
- n = jumlah data

Data yang digunakan dalam metode probabilitas Weibull merupakan data debit minimum aliran sungai Cipasauran setiap satu tahun yang diperoleh dari pengolahan data curah hujan 10 tahun milik stasiun cuaca Ciomas dan Padarincang yang merupakan hasil pengukuran PT. KTI dengan menggunakan

metode FJ. Mock. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai debit andalan sebesar 600 liter/detik.



Gambar 2.1. Flow Duration Curve.

Selain itu masukan data yang juga diperlukan adalah debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah debit banjir yang dipakai untuk dasar perencanaan pengendalian banjir, dan dinyatakan menurut periode ulang tertentu.

Menghitung debit yang terjadi di dalam pipa yang diakibatkan oleh perbedaan kecepatan pada setiap bagian pipa. Hal yang mempengaruhi kecepatan aliran pipa adalah karena adanya belokan dan *valve*. *Valve* adalah sebuah perangkat yang terpasang pada system perpipaan, yang berfungsi untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida dengan cara membuka, menutup atau mengalirkan sebagian fluida guna mendapatkan *pressure* yang lebih rendah. Rumus menghitung debit adalah dengan persamaan 2.2 berikut :

$$Q = A \cdot V \tag{2.2}$$

Q = Debit (L/det)

A = Luas penampang pipa pesat (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan aliran (m/s)

### **2.2.3 Analisis Curah Hujan Area**

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada daerah tangkapan (*catchment area*) tersebut, yaitu dengan menganalisis data curah hujan maksimum yang didapat dari tiga stasiun penakar hujan yaitu Sta Ciomas, Sta Cinangka dan Sta Padarincang.

Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah Metode Poligon Thiessen seperti Persamaan 2.3 Bab II sebagai berikut (Soemarto, 1999).

Persamaan :

$$R = \frac{A1.R1 + A2.R2 + \dots + An.Rn}{A1 + A2 + \dots + An} \quad (2.3)$$

Dimana :

R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

R1, R2, ..., Rn = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A1, A2, ..., An = Luas daerah pada Polygon 1, 2, ..., n (km<sup>2</sup>)

Dari ketiga curah hujan rata – rata stasiun dibandingkan, yang nilai curah hujan rata – ratanya maksimum diambil sebagai curah hujan areal DAS Cidanau.

### 2.2.3.1 Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)

Suatu kenyataan bahwa tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-ratanya (Sosrodarsono dan Takeda, 1993). Besarnya dispersi dapat dilakukan pengukuran dispersi yakni melalui perhitungan parameter statistik untuk  $(X_i - X)$ ,  $(X_i - X)^2$ ,  $(X_i - X)^3$ ,  $(X_i - X)^4$  terlebih dahulu.

Di mana :

$X_i$  = Besarnya curah hujan daerah (mm)

$X$  = Rata-rata curah hujan maksimum daerah (mm)

## 2.2.4 Klasifikasi Aliran

### 2.2.4.1 Berdasarkan Keadaan Aliran (*State of Flow*)

Berdasarkan Bilangan Reynold, persamaan 2.4 :

$$Re = \frac{V \times d}{\nu} \quad (2.4)$$

Dimana:

Re = Bilangan Reynold

V = Kecepatan Aliran (m/dt)

d = Diameter pipa (m)

$\nu$  = Viskositas kekentalan kinematic ( $m^2/dt$ )

Tipe aliran berdasarkan gaya inersia gravitasi dan kekentalan yang dikenal sebagai bilangan Reynolds (Re).

a. Aliran laminar

Pada saluran tertutup  $Re < 2000$

Pada saluran terbuka  $Re < 500$

b. Aliran peralihan (transisi)

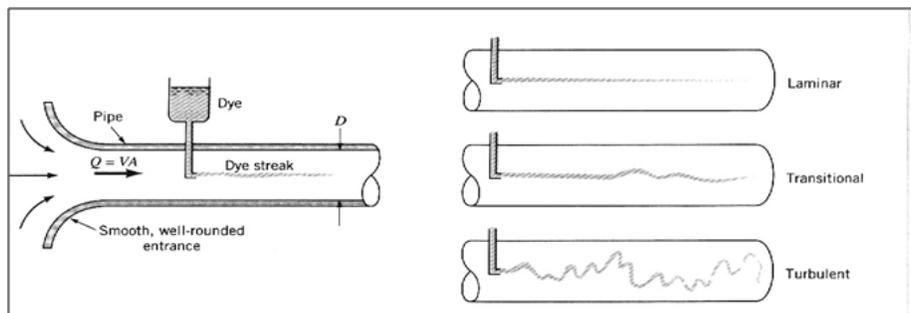
Pada saluran tertutup  $2000 < Re < 4000$

Pada saluran terbuka  $500 < Re < 1000$

c. Aliran turbulen

Pada saluran tertutup  $Re > 4000$

Pada saluran terbuka  $Re > 1000$



Gambar 2.2. Ilustrasi Jenis Aliran

## 2.3 Hidrolika Perpipaan

### 2.3.1 Kehilangan Tekanan

Salah satu faktor yang penting dalam perhitungan hidrolis perpipaan adalah perhitungan kehilangan tekanan. Terdapat beberapa rumusan yang dapat dipakai dalam menghitung kehilangan tekanan, yaitu:

1. Hazen William
2. Darcy Weisbach
3. De Chezy

### 2.3.2 Persamaan Hazen William

Persamaan Hazen William cocok untuk menghitung kehilangan tekanan untuk pipa dengan diameter besar yaitu diatas 100 mm. Selain itu persamaan ini sering digunakan karena mudah dipakai. Persamaan Hazen William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (S) yang dinyatakan sebagai ratio antara kehilangan tekanan (hL) terhadap panjang pipa (L) atau  $S = (hL/L)$ .

Faktor C yang menggambarkan kondisi fisik dari pipa seperti kehalusan dinding dalam pipa yang menggambarkan jenis dan umur pipa. Secara umum persamaan 2.5 *Hazen William* adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,2785 \times C \times d^{2,63} \times S^{0,54}$$

Dimana:

$$S = \frac{hL}{L}$$

$$hL = \left[ \frac{Q}{0,2785 \times C \times d^{2,68}} \right]^{1,85} \times L \quad (2.5)$$

Keterangan:

d = Diameter pipa dalam (m)

S = Kemiringan lahan

hL = *Headloss* mayor (m)

L = Panjang pipa (m)

C = Koefisien Hazen William (berbeda untuk berbagai jenis pipa, dapat dilihat pada Tabel 2.1)

Tabel 2.1. Koefisien Hazen-William

No.	Jenis Material Pipa	Nilai C
1	<i>Asbes Cement</i>	120
2	<i>Poly Vinyl Chloride (PVC)</i>	120-140
3	<i>High Density Poly Ethylene (HDPE)</i>	130
4	<i>Medium Density Poly Ethylene (MDPE)</i>	130
5	<i>Ductile Cast Iron Pipe (DCIP)</i>	110
6	Besi tuang / <i>Cast Iron (CIP)</i>	110
7	<i>Galvanized Iron Pipe (GIP)</i>	110
8	<i>Steel Pipe (Pipa Baja)</i>	110

Sumber: Dharmasetiawan (2004)

### 2.3.3 Persamaan Darcy Weisbach

Persamaan Darcy Weisbach diturunkan secara sistematis dan menyatakan bahwa kehilangan tekanan sebanding dengan kecepatan kuadrat dari aliran air, panjang pipa dan berbanding terbalik dengan diameter. Secara umum rumus 2.6 Darcy Weisbach adalah sebagai berikut:

$$hL = f \left( \frac{L}{d} \right) \left( \frac{V^2}{2g} \right) \quad (2.6)$$

$$1/\sqrt{f} = -2 \log \left[ \frac{\epsilon}{(3,7d)} + \frac{2,51}{(Re \cdot \sqrt{f})} \right]$$

Keterangan:

hL = Headloss

f = Faktor gesekan

L = Panjang pipa

d = Diameter pipa

V = Kecepatan aliran

Re = Bilangan Reynold

$\epsilon$  = Ketidaktepatan permukaan (dapat dilihat pada Tabel 2.2)

Tabel 2.2. Nilai koefisien Colebrook

No.	Lapisan Dalam Pipa	Nilai dalam mm	
		Nilai Ancar-ancar	Angka
1	Kuningan	0.0015	0.0015
2	Tembaga	0.0015	0.0015
3	Beton	0.3-3.0	1.2
4	Besi tuang-tanpa pelapisan	0.12-0.61	0.24
5	Besi tuang-pelapisan aspal	0.061-0.183	0.12
6	Besi tuang-pelapisan semen	0.0024	0.0024
7	<i>Galvanized Iron Pipe</i>	0.061-0.24	0.15
8	Pipa Baja	0.030-0.024	0.061
9	<i>Welded Steel Pipe</i>	0.020-0.091	0.061
10	<i>Riveted Steel Pipe</i>	0.020-0.091	1.81
11	PVC	0.0015	0.0015
12	HDPE	0.007	0.007

#### 2.3.4 Persamaan De Chezy

Persamaan ini umum dipakai di saluran terbuka, tetapi dapat pula dipakai di jaringan perpipaan. Secara umum persamaan 2.7 de Chezy adalah sebagai berikut:

$$V = C\sqrt{RS} \tag{2.7}$$

$$V = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n} \sqrt{RS} = R^{\frac{2}{3}} \frac{S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Apabila  $Q = A.V$  atau  $Q = \frac{v.\pi}{4.d^2}$  maka persamaan menjadi:

$$Q = \frac{d^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \pi}{4 n 4} d^2$$

$$Q = d^{\frac{8}{3}} \frac{h^{\frac{1}{2}} S^{\frac{1}{2}} \pi^{\frac{5}{3}}}{L n 4}$$

$$h = \frac{Q^2 \cdot 4^{\frac{10}{3}} \cdot n^2}{\frac{16}{d^{\frac{3}{2}}} \cdot \pi^2} L$$

Keterangan:

V = Kecepatan (m/dt)

R = Radius hidrolils pipa

S = Slope hidrolis C = koefisien Manning dimana  $C = \frac{1}{n R^{\frac{1}{6}}}$

Tabel 2.3. Koefisien Manning

No.	Lapisan Dalam Pipa	Angka
1	<i>Asbestos Cement Pipe</i>	0.011
2	Tembaga	0.011
3	Pipa Beton	0.011
4	Besi Tuang	0.012
5	<i>Galvanized Iron Pipe</i>	0.012
6	Pipa Baja	0.012
7	<i>Weldeed Steel Pipe</i>	0.01
8	<i>Riveted Steel Pipe</i>	0.019
9	PVC	0.01
10	HDPE	0.01

Sumber: Dharmasetiawan (2004)

### 2.3.5 Kehilangan Tekanan di Pipa

#### 1. *Fitting-fitting* pipa

Kehilangan tekanan di dalam pipa dapat terjadi akibat faktor berikut:

1. Penyempitan
2. Belokan atau *bend*
3. Percabangan atau *tee*

#### 2. *Valve* (katup)

Kehilangan tekanan berbanding kuadrat dengan kecepatan aliran pipa, yang secara matematika dinyatakan sebagai persamaan 2.8 berikut:

$$hm = n \cdot K \cdot \left( \frac{V^2}{2g} \right) \tag{2.8}$$

Keterangan:

hm = *Headloss minor* (m)

n = Jumlah aksesoris

K = Koefisien Kehilangan tekanan minor

V = Kecepatan aliran (m/detik)

g = Gaya gravitasi ( $m^2/detik$ )

Dalam jaringan perpipaan kehilangan tekanan ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan kehilangan akibat gesekan di dalam pipa, maka kehilangan tekanan ini disebut sebagai kehilangan minor atau *minor losses* (Dharmasetiawan, 2004).

### 2.3.6 Karakteristik Pipa Transmisi

Dalam perencanaan redesain system operasi perpipaan dan pemompaan air baku, PT. KTI merencanakan pembangunan jalur transmisi baru yang membutuhkan pipa transmisi sepanjang 14 km untuk menyalurkan air dari Sungai Cipasauran menuju rumah pompa Cidanau. Adapun karakteristik pipa transmisi adalah sebagai berikut:

1. Durabilitas dan kondisi air yang dihantarkan
2. Ketahanan terhadap erosi dan korosi
3. Harga pipa dan biaya pemasangan
4. Jenis sambungan yang diperlukan, kekuatannya dan kemudahan konstruksi
5. Kondisi lokal (mudah didapat, bahan lokal, dan biaya perawatan rendah)

Tabel 2.4. Kriteria Pipa Transmisi

No.	Uraian	Notasi	Kriteria
1	Debit Perencanaan	Q Puncak	Kebutuhan air jam puncak $Q_{Peak} = F_{Peak} \times Q_{rata-rata}$
2	Faktor Jam Puncak	F Puncak	1.15-3
3	Kecepatan Aliran Air Dalam Pipa a) Kecepatan minimum b) Kecepatan maksimum Pipa PVC atau ACP Pipa Baja atau DCIP	V min  V max V max	0.3 - 0.6 m/s  3.0 - 4.5 m/s 6.0 m/s
4	Tekanan Air Dalam Pipa a) Tekanan minimum b) Tekanan maksimum Pipa PVC atau ACP Pipa Baja atau DCIP Pipa PE 100 Pipa PE 80	h min  h max h max h max h max	(0.5 - 1.0 atm) pada titik jangkauan pelayanan terjauh  6 atm 10 atm 12.4 MPa 9 MPa

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007.

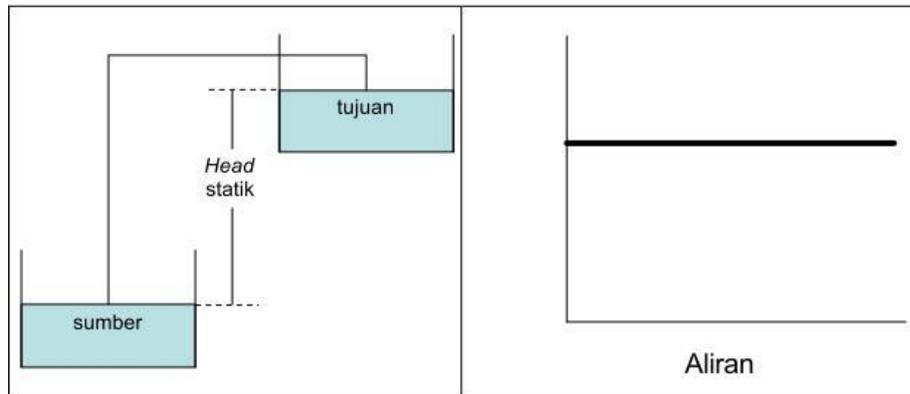
## 2.4 Sistem Dasar Pemompaan

Pompa adalah alat untuk memberikan energi mekanis kepada cairan. Secara umum pompa memiliki dua kegunaan, yaitu untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lainnya (misalnya air dari akuifer bawah tanah ke tangki penyimpanan air), dan untuk mensirkulasikan cairan sekitar sistem (misalnya air pendingin atau pelumas yang melewati mesin-mesin dan peralatan). Karakteristik perhitungan sistem pemompaan dapat dilakukan dari perhitungan sebagai berikut:

### 2.4.1 Karakteristik Sistem Pemompaan

#### 1. Tahanan sistem (*Head*)

Tekanan diperlukan untuk memompa cairan melewati sistem pada laju tertentu. Tekanan ini harus cukup tinggi untuk mengatasi tahanan sistem, yang juga disebut *head*. *Head* total merupakan jumlah dari *head* statik dan *head* gesekan atau friksi.



Gambar 2.3. Head Statik

Gambar tersebut menunjukkan pengambilan air dari sumber dengan menggunakan pompa dipengaruhi oleh ketinggian perbedaan elevasi yang berpengaruh juga pada tahanan sistem head pompa sehingga apabila tekanan cukup untuk mengatasi tahanan maka aliran yang dialirkan akan stabil.

#### a. Head Statik

Merupakan perbedaan tinggi antara sumber dan tujuan dari cairan yang dipompakan seperti terlihat pada Gambar 2.3. *Head* statik pada tekanan tertentu tergantung pada berat cairan dan dapat dihitung dengan persamaan 2.9 berikut:

$$Head = \frac{Tekanan \times 2,31}{Specific Gravity} \quad (2.9)$$

Keterangan :

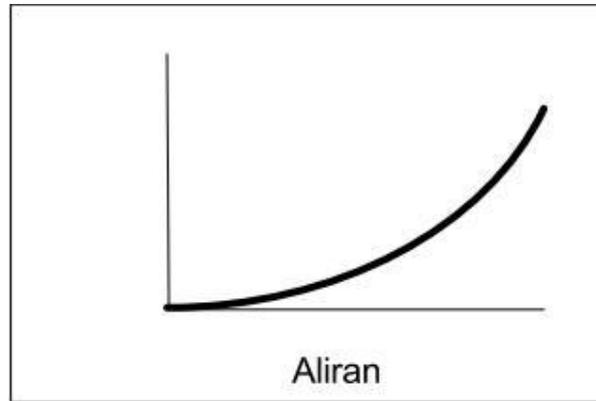
Head = Perbedaan tinggi (ft)

Tekanan = Tekanan fluida yang mengalir (psi)

Specific Gravity = Air (1000 kg/m<sup>3</sup>)

Head yang digunakan dalam metode dengan menggunakan Head akibat gesekan atau Head friksi. *Head* gesekan atau friksi merupakan kehilangan yang diperlukan untuk mengatasi tahanan sehingga dapat mengalir dalam pipa dan sambungan-sambungan. Head ini bergantung pada ukuran, kondisi dan jenis pipa, jumlah dan jenis sambungan, debit aliran, dan sifat dari cairan. Head gesekan atau friksi juga sebanding

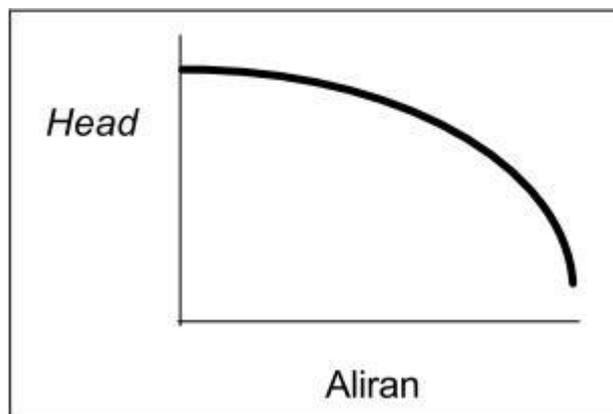
dengan kuadrat debit aliran. Kurva yang dihasilkan akan seperti gambar 2.4.



Gambar 2.4. Kurva Head gesekan

#### **b. Kurva Kinerja Pompa**

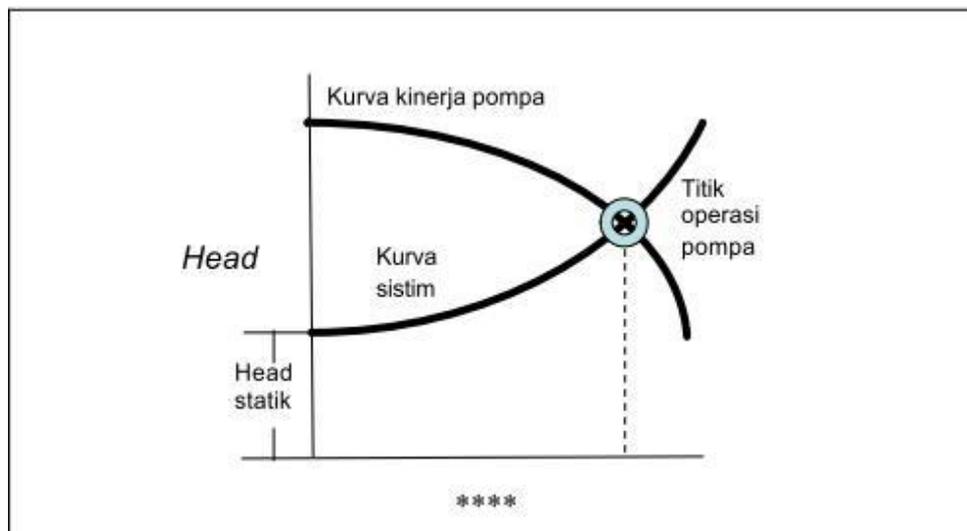
*Head* dan debit aliran menentukan kinerja sebuah pompa yang secara grafis ditunjukkan dalam Gambar 2.5 sebagai kurva kinerja atau kurva karakteristik pompa. Gambar memperlihatkan kurva pompa sentrifugal dimana *head* secara perlahan turun dengan meningkatnya aliran. Dengan meningkatnya tahanan sistim, maka *head* juga akan naik. Hal ini pada gilirannya akan menyebabkan debit aliran berkurang dan akhirnya mencapai nol. Debit aliran nol hanya dapat diterima untuk jangka pendek tanpa menyebabkan pompa terbakar.



Gambar 2.5. Kurva kinerja pompa

### c. Titik Operasi Pompa

Apabila telah mendapat kurva Head dan kurva kinerja pompa, maka hal yang perlu dilakukan adalah mengabung kedua kurva tersebut agar mendapat titik potong. Titik potong tersebut merupakan titik operasi pompa yang bekerja. Titik operasi pompa ditentukan oleh perpotongan kurva Head dengan kecepatan kinerja pompa (rpm) sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Titik operasi pompa

### d. Kinerja hisapan pompa (NPSH)

Kavitasi atau penguapan adalah pembentukan gelembung dibagian dalam pompa. Hal ini dapat terjadi manakala tekanan statik fluida setempat menjadi lebih rendah dari tekanan uap cairan (pada suhu sebenarnya). Kemungkinan penyebabnya adalah jika fluida semakin cepat dalam kran pengendali atau disekitar impeler pompa.

Penguapan itu sendiri tidak menyebabkan kerusakan. Walau demikian, bila kecepatan berkurang dan tekanan bertambah, uap akan menguap dan jatuh. Hal ini memiliki tiga pengaruh yang tidak dikehendaki:

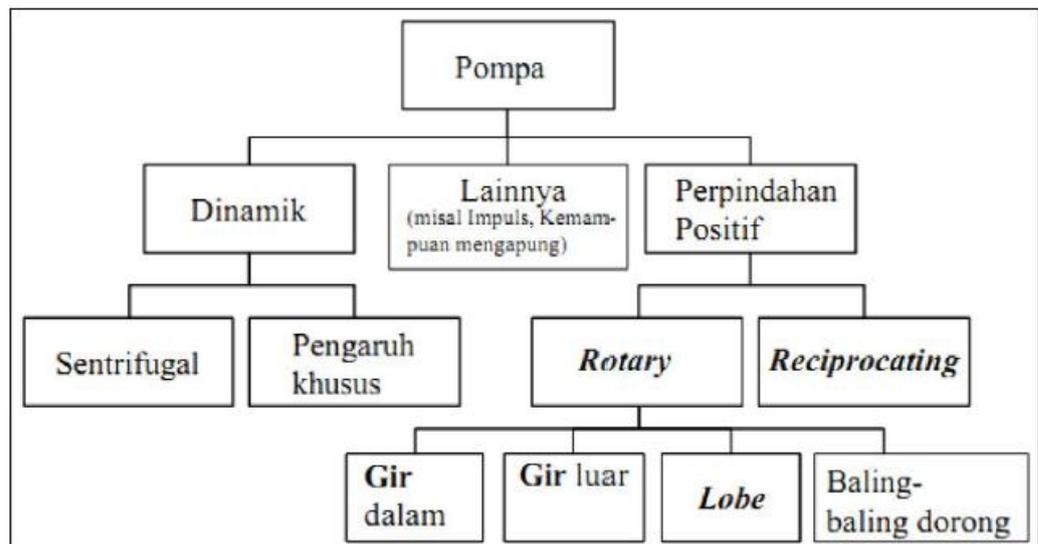
- Erosi permukaan baling-baling, terutama jika memompa cairan berbasis air.
- Meningkatnya kebisingan dan getaran, mengakibatkan umur sil dan *bearing* menjadi lebih pendek.

- Menyumbat sebagian lintasan impeler, yang menurunkan kinerja pompa dan dalam kasus yang ekstrim dapat menyebabkan kehilangan *head* total.

*Head* Hisapan Positif Netto Tersedia/*Net Positive Suction Head Available* (NPSHA) menandakan jumlah hisapan pompa yang melebihi tekanan uap cairan, dan merupakan karakteristik rancangan sistim. NPSH yang diperlukan (NPSHR) adalah hisapan pompa yang diperlukan untuk menghindari kavitasi, dan merupakan karakteristik rancangan pompa.

### 2.4.2 Jenis – jenis Pompa

Pompa hadir dalam berbagai ukuran untuk penggunaan yang luas. Pompa-pompa dapat digolongkan menurut prinsip operasi dasarnya seperti pompa dinamik atau pompa pemindahan positif. Berikut adalah bagan yang menunjukkan berbagai jenis pompa.



Sumber: Mr. T Augustyn (*Pump Choosing*)

Gambar 2.7 Jenis-jenis Pompa

## 1. Pompa perpindahan positif

Pompa perpindahan positif dikenal dengan caranya beroperasi, yaitu cairan diambil dari salah satu ujung dan pada ujung lainnya dialirkan secara positif untuk setiap putarannya. Pompa perpindahan positif digunakan secara luas untuk pemompaan fluida selain air, biasanya fluida kental. Pompa jenis ini selanjutnya digolongkan berdasarkan cara perpindahannya, yaitu sebagai berikut.

- Pompa *Reciprocating*, jika perpindahan dilakukan oleh maju mundurnya jarum piston. Pompa reciprocating hanya digunakan untuk pemompaan cairan kental dan sumur minyak.
- Pompa *Rotary*, jika perpindahan dilakukan oleh gaya putaran sebuah gir, *cam* atau balingbaling dalam sebuah ruangan bersekat pada *casing* yang tetap. Pompa *rotary* selanjutnya digolongkan diantaranya sebagai gir dalam, gir luar, *lobe*, dan baling-baling dorong. Pompa tersebut digunakan untuk layanan khusus dengan kondisi khusus yang ada di lokasi industri.

## 2. Pompa Dinamik

Pompa dinamik juga dikarakteristikkan oleh cara pompa beroperasi, yaitu impeler yang berputar mengubah energi kinetik menjadi tekanan atau kecepatan yang diperlukan untuk memompa fluida. Terdapat dua jenis pompa dinamik, yaitu sebagai berikut.

- Pompa sentrifugal, merupakan pompa yang sangat umum digunakan untuk pemompaan air dalam berbagai penggunaan industri.
- Pompa dengan efek khusus merupakan pompa terutama digunakan untuk kondisi khusus di lokasi industri.

## 2.5 Kerangka Penelitian

