

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PERBANDINGAN POMPA SENTRIFUGAL DAN  
POMPA TORAK TRANSFER *SLURRY* DARI *UNDERFLOW*  
*THICKENER TANK 400* KE *DROPBOX 8A* DENGAN KAPASITAS  
2935 GPM DAN KONSENTRASI BERAT *SOLID 60.2%***

(Studi Kasus PT. FREEPORT INDONESIA)



DISUSUN OLEH:

ALEKSIUS YUSMIDO TANGDILOMBAN (D211 16 308)

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2020**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PERBANDINGAN POMPA SENTRIFUGAL DAN POMPA  
TORAK TRANSFER *SLURRY* DARI *UNDERFLOW THICKENER TANK*  
*400* KE *DROPBOX 8A* DENGAN KAPASITAS 2935 GPM DAN  
KONSENTRASI BERAT *SOLID* 60.2%**

**OLEH :**

**ALEKSIUS YUSMIDO TANGDILOMBAN**

**D211 16 308**

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelas Sarjana Teknik pada  
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti ujian akhir guna memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

### JUDUL :

**ANALISIS PERBANDINGAN POMPA SENTRIFUGAL DAN POMPA TORAK TRANSFER *SLURRY* DARI *UNDERFLOW THICKENER TANK 400 KE DROPBOX 8A* DENGAN KAPASITAS 2935 GPM DAN KONSENTRASI BERAT *SOLID 60.2%***

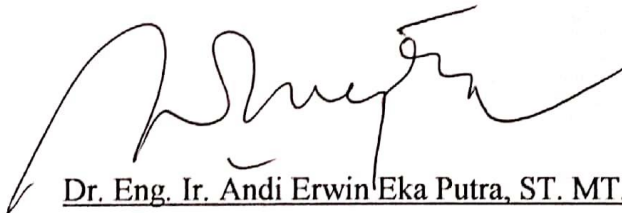
**ALEKSIUS YUSMIDO TANGDILOMBAN**

**D211 16 308**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Hari / tanggal : Rabu, 25 November 2020

Dosen Pembimbing I



Dr. Eng. Ir. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT.

NIP. 19711221 199802 1 001

Dosen Pembimbing II



Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT.

NIP. 19720825 200003 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT.  
NIP. 19720825 200003 1 001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : Aleksius Yusmido Tangdilomban  
NIM : D211 16 308  
JUDUL SKRIPSI : Analisis Perbandingan Pompa Sentrifugal dan Pompa Torak Transfer *Slurry* Dari *Underflow Thickener Tank 400* Ke *Dropbox 8a* Dengan Kapasitas 2935 Gpm dan Konsentrasi Berat *Solid 60.2%*

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Hasanuddin atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Gowa, 25/11/2020

Yang membuat pernyataan,



Aleksius Yusmido Tangdilomban

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan ke-hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Perbandingan Pompa Sentrifugal dan Pompa Torak Transfer Slurry dari Underflow Thickener Tank 400 ke Dropbox 8a dengan Kapasitas 2935 Gpm dan Konsentrasi Berat Solid 60.2%”** yang mana merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Petrus Simido dan Ibu Yuspina yang selalu mendampingi, memberi semangat dan mendoakan.
2. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT. sebagai Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan
3. Dr. Eng. Ir. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT., dan Ir. Baharuddin Mire., MT., sebagai Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu, arahan, dan saran selama proses pengerjaan skripsi ini.
4. Prof. Dr-Ing. Ir. Wahyu H Piarah.,MSME dan Dr.Ir. Zuryati Djafar.,MT selaku penguji yang telah memberikan saran-saran selama proses pengerjaan skripsi.
5. Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST.,M.Sc., sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan ilmu dan nasehat sejak menjadi mahasiswa baru.
6. Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, nasehat dan pengalaman kepada penulis selama menempuh studi di dunia perkuliahan

7. Yujin, Apot, Agung, Anto, Dennis, Egy, Mex serta teman-teman Teknik Mesin angkatan 2016/COMPRESSOR'16 yang senantiasa mendukung dan berjuang bersama sejak mahasiswa baru hingga saat ini.
8. HMM FT-UH, yang telah menjadi tempat belajar dan mencoba banyak hal di kampus tercinta.
9. Keluarga Mahasiswa Katolik Teknik Universitas Hasanuddin (KMKT-UH) yang menjadi tempat belajar dan berkarya selama masa-masa perkuliahan.
10. Serta seluruh pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini.

Gowa, 22 Oktober 2020

Penulis

## ABSTRACT

This pump comparison analysis were carried out for the needs of slurry distribution from the Underflow Thickener Tank 400 ore processing plant to be transferred to Drop Box 8A with a capacity of 2935 gpm with a solid weight concentration of 60.2%. Transfer of slurry to Drop Box 8A requires the appropriate pump specifications. Selection of the appropriate pump is carried out by accurate calculations according to existing data and field surveys. The analysis carried out includes the total pump head, pump power, selection of pump type, and pipe diameter to be used. The specifications of this pump will be obtained according to the needs if the design is done carefully and precisely. The results of this pump design with a capacity of  $Q = 2935$  gpm and recommended pipe diameter in 2 sizes are 8 and 10 inches with the type of slurry flow in the pipe is turbulent, resulting in a machine head of 123.46 m and 56.33 m respectively. The pumps used and the comparisons were made, namely the centrifugal pump and the piston pump where the operation was estimated over a long time. In the final analysis, the break horse power required for the centrifugal pump is 270.2 HP in diameter for 8 inches and 116.53 HP for 10 inches in diameter for a total cost of \$ 589,997.00. While the piston pump in this project is said to be feasible based on the estimated initial cost and preventive expenses for tool preventive maintenace, where the cost of the 3 cylinder piston pump is only \$ 440,000.00, but from a technical point of view the piston pump requires too much power, which is 11,670 HP for pipe in diameter 8 inches and 5321.25 HP for a pipe diameter of 10 inches.

**Key Words:** Pump, Centrifugal Pump, Reciprocating Pump

## ABSTRAK

Analisis perbandingan pompa ini dilakukan untuk kebutuhan penyaluran *slurry* dari *Underflow Thickener Tank 400* pabrik pengolah bijih yang akan ditransfer ke *Drop Box 8A* dengan kapasitas 2935 gpm dengan konsentrasi berat solid yaitu 60.2%. Penyaluran *slurry* ke *Drop Box 8A* membutuhkan spesifikasi pompa yang sesuai. Pemilihan pompa yang sesuai dilakukan dengan perhitungan yang akurat sesuai dengan data yang ada serta survey lapangan. Analisa yang dilakukan meliputi total head pompa, daya pompa, pemilihan jenis pompa, serta diameter pipa yang akan digunakan. Spesifikasi pompa ini akan didapat sesuai dengan kebutuhan apabila perancangannya dilakukan dengan cermat dan tepat. Hasil dari perancangan pompa ini dengan kapasitas  $Q = 2935$  gpm dan diameter pipa di rekomendasikan dalam 2 ukuran yaitu 8 dan 10 inci dengan jenis aliran *slurry* dalam pipa bersifat turbulen menghasilkan masing masing head sebesar 123,46 m dan 56,33 m. Pompa yang digunakan dan dilakukan perbandingan yaitu pompa jenis sentrifugal dan pompa torak dimana pengoperasiannya diperkirakan dalam jangka waktu yang panjang. Pada analisis akhir diperoleh daya poros yang dibutuhkan pada pompa sentrifugal yaitu 270,2 HP pada diameter untuk diameter 8 inci dan 116,53 HP untuk diameter 10 inci dengan total biaya pengeluaran keseluruhan \$589,997.00. Sementara pompa torak pada proyek ini dikatakan layak berdasarkan estimasi biaya awal dan biaya pengeluaran preventive pergantian alat, dimana biaya pada pompa torak 3 silinder yaitu hanya sebesar \$440,000.00, namun dari segi teknis pompa torak membutuhkan daya yang terlalu besar yaitu sebesar 11.670 HP untuk diameter pipa 8 inci dan 5321,25 HP untuk diameter pipa 10 inci.

**Kata Kunci:** Pompa, pompa sentrifugal, pompa torak



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRACT .....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR RUMUS .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
NOMENKLATUR .....	xv
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 <i>Slurry</i> .....	6
2.1.1 Homogeneous Flow .....	6
2.1.2 Heterogeneous Flow .....	7
2.2 Sistem Pemipaan .....	7
2.2.1 Komponen sistem pemipaan .....	8
2.2.2 Sifat Aliran Fluida Pada Pipa .....	9
2.3 Pompa .....	10
2.3.1 Pompa Perpindahan Positif .....	10
2.3.2 Pompa Dinamis .....	13
2.4 <i>Settling Velocity</i> .....	17
2.5 <i>Head Instalasi</i> .....	18

2.6	Power Pompa.....	20
2.6.1	Pompa Sentrifugal .....	20
2.6.2	Pompa Torak.....	21
2.7	<i>Preventive Maintenance</i> .....	21
BAB III .....		24
METODOLOGI .....		24
3.1	Metode Pengambilan Data .....	24
3.2	Analisis Perbandingan .....	24
3.3	Skema Instalasi Sistem Pemipaan dan Sistem Pemompaan.....	25
3.4	Prosedur.....	25
3.5	Data Spesifikasi Pompa dan <i>Slurries Properties</i> .....	26
4.1	Diagram Alir Penelitian .....	28
BAB IV .....		29
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Hasil .....	29
4.1.1	Perhitungan.....	29
4.2	Pembahasan.....	49
4.2.1	Perbandingan Daya Pompa.....	49
4.2.2	Perbandingan Biaya Pompa.....	50
4.2.3	Penentuan Pompa berdasarkan Daya dan Total Estimasi Biaya Pengeluaran .....	52
BAB V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI .....		54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Rekomendasi .....	54
DAFTAR PUSTAKA .....		56
LAMPIRAN.....		59
LAMPIRAN A. Tabel perhitungan biaya perawatan <i>preventive</i> .....		60
LAMPIRAN B. Spesifikasi Pompa .....		61
LAMPIRAN C. Harga Komponen Pompa .....		63
LAMPIRAN D. Koefisien Gesek Pipa .....		47
LAMPIRAN E. Desain Instalasi Peripaan.....		48

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Peta Kesampaian Daerah PT. Freeport Indonesia .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Pabrik Pengolah Bijih.....	6
<b>Gambar 2.3</b> Distribusi partikel berdasarkan konsentrasi dan kecepatan aliran..	7
<b>Gambar 2.4</b> Klasifikasi Pompa Perpindahan Positif .....	11
<b>Gambar 2.5</b> Komponen – komponen pompa torak .....	12
<b>Gambar 2.6</b> Klasifikasi Pompa Dinamis .....	13
<b>Gambar 2.7</b> Pola aliran pada <i>slurry</i> .....	17
<b>Gambar 2.8</b> Komponen-komponen pemipaan penyebab <i>Head Loss</i> .....	18
<b>Gambar 3.1</b> Skema instalasi sistem pemipaan dan sistem pemompaan.....	25
<b>Gambar 4.1</b> Pipa HDPE dengan diameter 10 inci .....	32
<b>Gambar 4.2</b> Total <i>Head</i> Statis Pompa .....	33
<b>Gambar 4.3</b> Diagram LSA Expanded GIW Pump Range .....	37
<b>Gambar 4.4</b> Pompa GIW LSA 8x10; 32 in .....	40
<b>Gambar 4.5</b> Kurva sistem head pada Pompa GIW LSA 8x10 ; 32 in .....	41
<b>Gambar 4.6</b> Diameter Piston Pompa Torak 2 Silinder .....	43
<b>Gambar 4.7</b> Geho PD Pump 2 Silinder .....	45
<b>Gambar 4.8</b> Diameter Piston Pompa Torak 3 Silinder .....	46
<b>Gambar 4.9</b> Geho PD Pump 3 Silinder .....	48
<b>Gambar 4.10</b> Besar debit pompa sentrifugal 8x10;32 diameter pipa 10 inci ....	49

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Pompa Sentrifugal 8x10;32 .....	26
<b>Tabel 3.2</b> Spesifikasi Pompa Sentrifugal 10x12;32 .....	26
<b>Tabel 3.3</b> Spesifikasi Pompa Senrifugal 10x12;36 .....	26
<b>Tabel 3.4</b> Spesifikasi Pompa Torak 2 Silinder .....	27
<b>Tabel 3.5</b> Spesifikasi Pompa Torak 3 Silinder .....	27
<b>Tabel 3.6</b> <i>Slurries Properties</i> .....	27
<b>Tabel 4.1</b> Data <i>Slurry Properties TT400 underflow pump</i> .....	29
<b>Tabel 4.2</b> Kecepatan aliran pada variasi diameter pipa.....	30
<b>Tabel 4.3</b> <i>Settling Velocity</i> pada variasi diameter pipa .....	31
<b>Tabel 4.4</b> <i>Settling</i> pada variasi diameter pipa.....	31
<b>Tabel 4.5</b> Perhitungan <i>Head Loss</i> Pipa Hisap pada diameter 203 mm ( <i>Suction Pipe</i> ).....	34
<b>Tabel 4.6</b> Perhitungan <i>Head Loss</i> Pipa Buang pada diameter 203 mm ( <i>Discharge Pipe</i> ).....	35
<b>Tabel 4.7</b> Perhitungan <i>Head Loss</i> Pipa Hisap pada diameter 254 mm ( <i>Suction Pipe</i> ).....	35
<b>Tabel 4.8</b> Perhitungan <i>Head Loss</i> Pipa Buang pada diameter 254 mm ( <i>Discharge Pipe</i> ).....	36
<b>Tabel 4.8</b> Perhitungan BHP pompa sentrifugal pada diameter 8 inci .....	38
<b>Tabel 4.8</b> Perhitungan BHP pompa sentrifugal pada diameter 10 inci .....	39
<b>Tabel 4.11</b> Daya motor Penggerak .....	40
<b>Tabel 4.9</b> Perbandingan daya masing-masing pompa .....	49
<b>Tabel 4.10</b> Harga masing-masing pompa.....	50
<b>Tabel 4.11</b> Biaya Preventive Penggantian alat Pompa Sentrifugal .....	50
<b>Tabel 4.12</b> Biaya Preventive Penggantian alat Pompa Torak 2 Silinder .....	51
<b>Tabel 4.13</b> Biaya Preventive Penggantian alat Pompa Torak 3 Silinder .....	51
<b>Tabel 4.14</b> Estimasi Biaya Pengeluaran .....	52

## DAFTAR RUMUS

<b>Persamaan 1 (<i>Settling Velocity</i>)</b> .....	17
<b>Persamaan 2 (<i>Suction Head</i>)</b> .....	18
<b>Persamaan 3 (<i>Suction Lift</i>)</b> .....	18
<b>Persamaan 4 (<i>Major Head Loss</i>)</b> .....	19
<b>Persamaan 5 (<i>Minor Head Loss</i>)</b> .....	19
<b>Persamaan 6 (<i>Total Head</i>)</b> .....	20
<b>Persamaan 7 (<i>Daya Pompa Sentrifugal</i>)</b> .....	20
<b>Persamaan 8 (<i>Daya Pompa Torak</i>)</b> .....	21
<b>Persamaan 9 (<i>Biaya Perawatan</i>)</b> .....	23

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- LAMPIRAN A.** Tabel perhitungan biaya perawatan *preventive*
- LAMPIRAN B.** Spesifikasi Pompa
- LAMPIRAN C.** Harga Komponen Pompa
- LAMPIRAN D.** Koefisien Gesek Pipa
- LAMPIRAN E.** Skema Instalasi Perpipaan

## NOMENKLATUR

Notasi	Keterangan	Satuan
P	Daya	Watt (W)
p	Tekanan	mH <sub>2</sub> O
Q	Debit	m <sup>3</sup> /s
n	Putaran	rpm
η	Efisiensi	%
ρ	Densitas Air	kg/m <sup>3</sup>
m	Massa	kg
A	Luas	m <sup>2</sup>
v	Kecepatan Aliran	m/s
g	Percepatan Gravitasi	m/s <sup>2</sup>
h	Head	meter (m)
T	Temperatur Air	°C
t	Waktu	sekon (s)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

PT. Freeport Indonesia (PT-FI) merupakan sebuah perusahaan yang menambang, memroses dan melakukan eksplorasi terhadap bijih yang mengandung tembaga, emas, dan perak. PT. Freeport Indonesia beroperasi di daerah dataran tinggi Tembagapura, Kabupaten Mimika, Provinsi Papua dengan luas 212.950 Ha. Empat pabrik pengolahan utama (*concentrator*) di PT. Freeport Indonesia yaitu *concentrator 1* dan *concentrator 2* menggunakan kombinasi proses pemecahan batu (*crushing*) dan penggilingan dengan bola baja (*ball milling*), sedangkan *concentrator 3* dan *concentrator 4* menggunakan kombinasi penggilingan semi autogenous (*Semi Autogenous Grind*) dan penggilingan dengan bola baja (*ball milling*). Pada proses pengolahan, *ore* dihancurkan dan digiling sampai ukuran partikel kecil untuk memastikan pembebasan secara penuh *ore* yang mengandung logam berharga. Setelah dibebaskan, logam yang berharga dipisahkan dari material yang tidak bernilai ekonomis dimana material ini berbentuk *slurry*. (<https://ptfi.co.id/id/about/overview>)

PT Freeport Indonesia beroperasi dengan menggunakan dua macam sistem penambangan, yaitu sistem tambang terbuka dengan metode *open pit* dan sistem tambang bawah tanah dengan metode *block caving*. Metode *open pit* yaitu penambangan yang langsung dilakukan di area permukaan areal tambang sedangkan metode *block caving* yaitu penambangan bawah tanah dengan efisiensi sumberdaya yang tinggi untuk melakukan penambangan, di mana blok-blok besar bijih di bawah tanah dipotong dari bawah sehingga bijih tersebut runtuh akibat gaya beratnya sendiri. *Big Gossan* merupakan salah satu tambang bawah tanah yang letaknya relatif dekat dengan sarana pabrik pengolahan yang ada di PT. Freeport Indonesia. Pengembangan tambang bawah tanah *Big Gossan* pada tahun 2005-2009 diperkirakan menghabiskan biaya \$225 juta AS. Tambang mulai berproduksi pada tahun 2009 dan mencapai produksi tertinggi 7.000 ton/hari pada



tahun 2011. *Big Gossan* diharapkan menghasilkan logam tambahan sebesar kurang lebih 135 juta pon Cu dan 65.000 ons Au setiap tahun. (<https://ptfi.co.id/id/about/overview>)

Berdasarkan bentuk geometri dari cadangan mineral yang ada di PT. Freeport Indonesia, *Big Gossan* yang merupakan daerah bawah tanah yang paling sesuai untuk ditambang secara selektif dengan menggunakan metode "*open stope with paste backfill*". *Open Stope with paste backfill* adalah salah satu metode penambangan bawah tanah dengan melakukan pengisian kembali rongga bekas tambang menggunakan pasta semen. Pasta semen ini merupakan campuran dari *slurry* dan semen. (<https://ptfi.co.id/id/about/overview>)

Proses penambangan dengan metode *Open Stope with paste backfill* memerlukan suplai *slurry* yang cukup sebagai bahan dalam produksi beton. Suplai *slurry*, sebelum diteruskan ke tambang bawah tanah *Big Gossan*, terlebih dahulu disaring pada tempat yang disebut *Drop Box 8A*. Saat ini suplai *slurry* yang ditranspor dari *drop box 8A* menuju tambang bawah tanah *Big Gossan* hanya berasal dari *underflow Thickener Tank 301* yang terletak pada sistem pabrik *Concentrator 3*. Permasalahan utamanya yaitu saat pabrik *Concentrator 3* sedang dalam keadaan *break operation*, proses transport *slurry* ikut berhenti mengakibatkan proses pembetonan di tambang bawah tanah *Big Gossan* ikut berhenti beroperasi akibat tidak menerima suplai *slurry*.

Untuk mengatasi permasalahan ini, dimanfaatkanlah *Slurry* dari *Underflow Thickener Tank 400 (TT400)* yang berada pada pabrik *concentrator 4*. Sistem pemipaan dari *underflow TT 400* ke *Drop Box 8A* dirancang dengan debit 2935 gpm dengan konsentrasi berat solid 60,2%. Sistem pemipaan ini membutuhkan kapasitas dan tipe pompa yang sesuai dan ekonomis dengan membandingkan pompa sentrifugal dan pompa torak.

Beberapa penelitian perencanaan pompa untuk *slurry* telah dilakukan. Hariyono dan Djoni (2013) merencanakan pompa sentrifugal type *single stage* untuk kapasitas *slurry* 3.5 BPM dan *head 30 feet*. *Head* efektif pompa, *head ratio* digunakan untuk merancang impeller dan sudu pompa. Selain itu dirancang juga *casing*, poros, *bearing*, serta pemilihan *seal* dan *packing*. Pompa sentrifugal

tingkat 2 juga dirancang untuk *water treatment plant* yang berkapasitas  $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan menggunakan putaran motor 1450 rpm dan diameter pipa 0.416 m. Daya poros sebesar 245,25 kW diameter minimal poros 80 mm, serta jumlah sudu yang digunakan untuk impeller pompa sebanyak 9 sudu dengan tebal sudu 13,1mm, lebar roda  $b_1 = 60\text{mm}$ , serta lebar roda  $b_2 = 40\text{mm}$ . (Harahap dan Fakhruddin, 2018).

Injeksi lumpur kedalaman 10.000 ft dengan debit 500 gpm menggunakan pompa torak dengan power minimum sebesar 700 HP dengan diameter silinder 6.5 inchi dan panjang langkah 14.65 inchi (Setiadi dan Djoni, 2013). Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang di atas, dilakukan penelitian dengan judul **analisis perbandingan pompa sentrifugal dan pompa torak transfer *slurry* dari underflow thickener tank 400 ke dropbox 8a dengan kapasitas 2935 gpm dan konsentrasi berat *solid* 60.2%**.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan sistem pemipaan yang sesuai dengan kondisi lapangan?
2. Bagaimana menentukan jenis dan kapasitas pompa yang sesuai dengan aspek teknis, kondisi lapangan dan aspek ekonomis dengan membandingkan pompa sentrifugal dan pompa torak?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk menentukan sistem pemipaan yang sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Untuk menentukan jenis dan kapasitas pompa yang sesuai dengan aspek teknis, kondisi lapangan dan aspek ekonomis dengan membandingkan pompa sentrifugal dan pompa torak.

## 1.4 Batasan Masalah

1. Kapasitas pemindahan *slurry* sebesar 2935 gpm.
2. Konsentrasi berat *solid* 60.2 %.
3. Pemilihan pompa yang tersedia di pasaran.

4. Sifat-sifat *slurry* diperoleh dari laboratorium metalurgi divisi *concentrating*.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

#### 1. Manfaat Teoretis

Dengan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan bagi penelitian-penelitian selanjutnya demi mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya dalam merencanakan pompa dan sistem pemipaan.

#### 2. Manfaat Praktis

##### a. Bagi Akademik

Dapat menambah pemahaman mengenai hal-hal yang berhubungan dengan sistem pemipaan beserta perencanaan pompa yang sesuai dengan aspek teknis, kondisi lapangan dan aspek ekonomis.

##### b. Bagi Industri

Dapat digunakan sebagai pedoman untuk melakukan perencanaan sistem pemipaan beserta pompa yang sesuai dengan aspek teknis, kondisi lapangan dan aspek ekonomis sesuai dengan kebutuhan perusahaan industri.

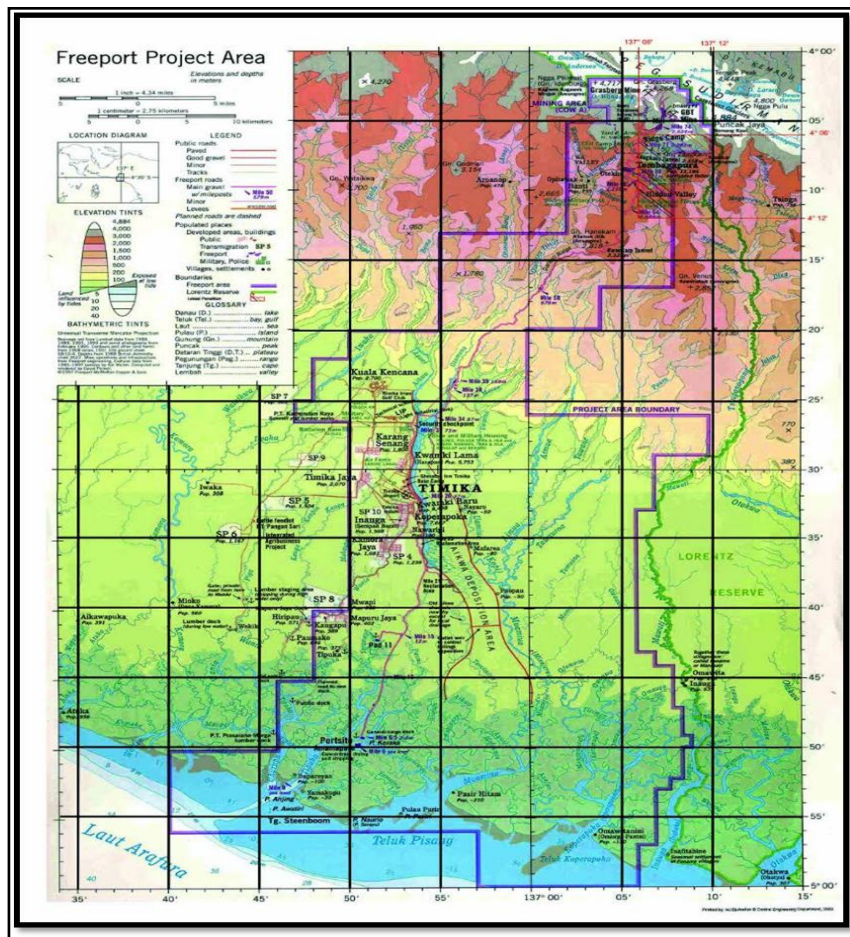
##### c. Bagi Almamater

Hasil penelitian ini diharapkan sebagai bahan kajian ilmu dan menambah referensi dalam dunia ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan sistem pemipaan dan perencanaan pompa.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

PT Freeport Indonesia merupakan perusahaan tambang terbesar di Indonesia dengan luas wilayah Kontrak Karya seluas 10.000 hektar (Gambar 2.1). PT Freeport Indonesia terletak di pegunungan Jaya Wijaya, Kecamatan Mimika Timur, Kabupaten Mimika, Propinsi Papua, dan berada pada posisi geografis  $04^{\circ} 06' - 04^{\circ} 012'$  Lintang Selatan (*South Latitude*) dan  $137^{\circ} 06' - 137^{\circ} 12'$  Bujur Timur (*EastLongitude*).



**Gambar 2.1:** Peta Kesampaian Daerah PT. Freeport Indonesia (*Sumber:UG*

*Mine Geology & Hydrology Dept. PTFI, 2012)*

Pabrik pengolahan bijih (*concentrator*) merupakan pabrik yang mengolah bijih mineral berharga di mana letaknya berada pada *mile 74* Tembagapura, PT. Freeport Indonesia, kabupaten Mimika, Provinsi Papua.



**Gambar 2.2:** Pabrik Pengolah Bijih (*Sumber: Concentrating Engineering Dept. PTFI, 2016*)

## 2.1 *Slurry*

*Slurry* merupakan campuran antara *solid* dan *liquid*, memiliki karakteristik fisik yang bergantung pada ukuran, konsentrasi dan distribusi dari partikel *solid*, turbulensi, kecepatan dan viskositas dari *liquid* yang membawanya. Aliran *slurry* berbeda dengan aliran fluida pada umumnya; *liquid* dengan viskositas rendah dapat mengalir dengan aliran laminar maupun turbulen, namun pada *slurry*, campuran *solid* dan *liquid* harus mengalir dengan kecepatan di atas nilai kritis untuk menghindari pengendapan pada partikel *solid*. Gambar 2.2 menunjukkan pola aliran pada *slurry* serta hubungan antara konsentrasi padatan dan kecepatan aliran *slurry*. Aliran pada *slurry* dapat dibagi menjadi dua yakni *homogeneous* dan *heterogeneous* (Albion, et al., 2011).

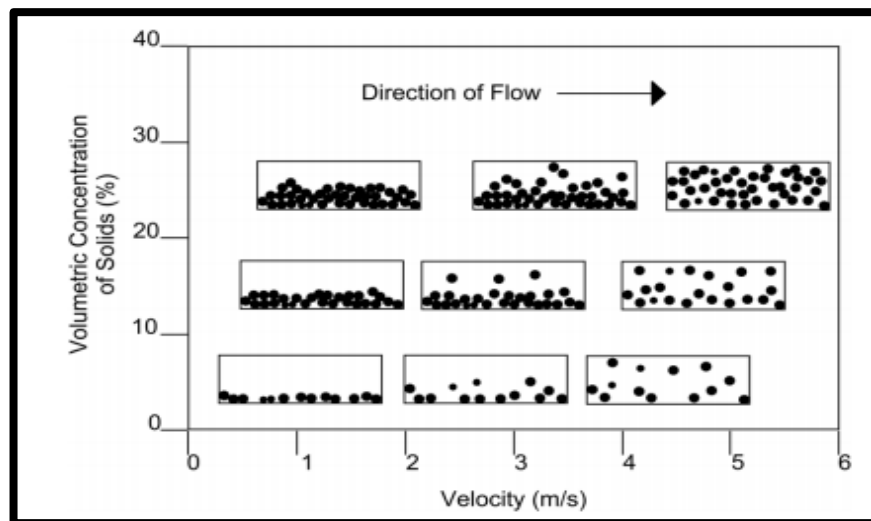
### 2.1.1 Homogeneous Flow

Pada aliran *homogenous slurry*, partikel *solid* terdistribusi secara merata diantara aliran *liquid*. Partikel yang terkandung di dalam *slurry* tidak mengendap atau menumpuk pada bagian dasar sepanjang *slurry* mengalir. Aliran *homogenous* dapat dilihat pada partikel yang sangat baik, umumnya

dengan diameter partikel lebih kecil dari 40-70  $\mu\text{m}$ , dengan densitas yang rendah, dan konsentrasi dari *slurry* paling tinggi 50-60 wt%. Ketika konsentrasi meningkat, *slurry* akan menjadi kental. Contoh dari *homogeneous slurry* adalah campuran batu bara-air, tanah liat, lumpur hasil pengeboran, pulp kertas dan campuran batu kapur. (Albion, et al., 2011)

### 2.1.2 Heterogeneous Flow

Aliran heterogeneous memiliki karakteristik yakni konsentrasi partikel solid tidak terdistribusi secara merata pada bidang horizontal dan memiliki gradient jika ditempatkan pada bidang vertical. Aliran heterogeneous dapat terjadi pada saat konsentrasi paling rendah 35 wt%. Contoh aliran heterogeneous adalah lumpur yang mengandung pasir dan kerikil, batu-bara kasar dan material kasar lainnya (Albion, et al., 2011).



**Gambar 2.3** Distribusi partikel berdasarkan konsentrasi dan kecepatan aliran.  
(Albunaga, 2002)

## 2.2 Sistem Pemipaan

Sistem pemipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk transportasi fluida antar peralatan dalam suatu pabrik atau dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga proses produksi dapat berlangsung. Sistem pemipaan (*piping system*) secara umum terdiri dari komponen-komponen seperti pipa, katup, *fitting* (*elbow, reducer, tee*), *flange, nozzle*, dan komponen lain adalah instrument untuk

mengukur dan mengendalikan parameter aliran fluida, seperti temperatur, tekanan, laju aliran massa, level ketinggian. Selain itu alat penukar kalor, bejana tekan, pompa *compressor*, penyangga pipa (*pipe support* dan *pipe hanger*) dan komponen khusus (*strainer, drain dan vent*) juga dibutuhkan. Dalam dunia industri, biasanya biasanya dikenal beberapa istilah mengenai sistem pemipaan seperti *piping* dan *pipeline*. (Dimas, 2017).

*Piping* adalah sistem pemipaan disuatu *plant*, sebagai fasilitas untuk mengantarkan fluida (cair atau gas) antara satu peralatan ke peralatan lainnya untuk melewati proses-proses tertentu. *Piping* ini tidak akan keluar dari satu wilayah *plant*. Sedangkan *pipeline* adalah sistem pemipaan untuk mengantarkan atau mengalirkan fluida antara satu *plant* ke *plant* lainnya yang biasanya melewati beberapa daerah. Sistem pemipaan dapat ditemukan hampir pada semua jenis industri, dari sistem pipa tunggal sederhana sampai sistem bercabang yang sangat kompleks. Contoh sistem pemipaan adalah sistem distribusi air bersih pada gedung atau kota, sistem pengangkutan minyak dari sumur ke tandon atau tangki penyimpanan, sistem distribusi udara pendingin pada suatu gedung, sistem distribusi uap pada proses pengeringan dan lain sebagainya. Sistem pemipaan meliputi semua komponen dari lokasi awal sampai dengan lokasi tujuan, yaitu saringan (*strainer*), katup (*valve*), sambungan (*fitting*), *nozzle* dan lain sebagainya. Untuk sistem pemipaan yang menggunakan fluida cair umumnya dari lokasi awal fluida dipasang saringan untuk menyaring kotoran agar tidak menyumbat aliran fluida. Saringan (*strainer*) dilengkapi dengan katup searah (*foot valve*) yang berfungsi mencegah aliran kembali ke lokasi awal atau tandon. Sedangkan sambungan dapat berupa sambungan penampang tetap, sambungan penampang berubah, belokan (*elbow*) atau sambungan bentuk T (*tee*) dan masih banyak komponen-komponen yang digunakan dalam sistem pemipaan. (Dimas, 2017)

### **2.2.1 Komponen sistem pemipaan**

#### **a. Pipa**

Pipa yaitu didefinisikan sebagai lingkaran panjang dari, logam, metal, kayu dan seterusnya, yang berfungsi untuk mengalirkan fluida (air, gas,

minyak dan cairan lain) dari suatu tempat ke tempat lain sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki. Jenis-jenis pipa mulai dari material hingga kegunaannya, secara umum pipa dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu (Hermawan, et al., 2018):

1. Jenis pipa tanpa sambungan (pipa baja *seamless*), merupakan pembuatan dengan menusuk batang besi silinder untuk menghasilkan lubang pada diameter dalam pipa tanpa sambungan pengelasan.
2. Jenis pipa dengan sambungan (pipa baja *welded*), yaitu merupakan pembuatan pipa dengan cara pelengkungan plat baja hingga ujung sisinya saling bertemu untuk kemudian dilakukan pengelasan.

b. *Flange*

*Flange* adalah sebuah mekanisme, yang menyambungkan antar element pemipaan. Fungsinya *flange*, agar element tersebut lebih mudah di bongkar pasang tanpa mengurangi kegunaan untuk mengalirkan fluida pada pressure yang tinggi.

c. Katup

Katup atau *valve*, adalah sebuah alat untuk mengatur aliran suatu fluida dengan menutup, membuka atau menghambat laju aliran fluida, contoh katup adalah keran air.

d. *Fitting*

*Fitting* adalah salah satu komponen pemipaan yang memiliki fungsi untuk merubah, menyebarkan, membesar atau mengecilkan aliran. *Fitting* merupakan salah satu komponen utama dalam pemipaan. Adapun jenis *fitting* antara lain: *elbow*, *cross* (silang), *reducer*, *tee*, *cap* (penutup), *elbowlet*.

### 2.2.2 Sifat Aliran Fluida Pada Pipa

a. Aliran Laminar

Aliran fluida jenis ini akan terjadi apabila kecepatan fluida yang mengalir melalui pipa rendah, maka gerakan alirannya akan konstan (steady) baik besarnya maupun arahnya pada titik manapun. Aliran laminar dapat diketahui dari perhitungan *Reynold Number*. Aliran akan bersifat laminar jika



hasil perhitungan *Reynold Number* ( $Re$ ) dibawah 2000 ( $Re < 4000$ , aliran laminar) (Ubaedilah, 2016).

b. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Aliran akan disebut sebagai aliran transisi jika hasil perhitungan *Reynold Number* ( $Re$ ) berkisar antara 2000 – 4000 (Ubaedilah, 2016).

c. Aliran Turbulen

Aliran ini terjadi apabila kecepatan fluida tinggi, aliran tidak lagi steady namun bervariasi baik besar maupun arahnya pada setiap titik. Aliran akan bersifat turbulen jika hasil perhitungan *Reynold Number* ( $Re$ ) diatas 4000 ( $Re > 4000$ , aliran turbulen) (Ubaedilah, 2016).

## 2.3 Pompa

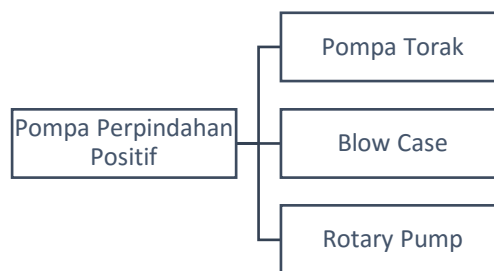
Pompa yaitu salah satu jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memberikan energi kepada fluida, dimana fluida adalah zat cair, sehingga zat cair tersebut dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain. Dalam operasinya pompa perlu digerakkan oleh suatu penggerak mula, dalam hal ini dapat digunakan motor listrik maupun motor torak. (Haruno, 2000).

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida. Kenaikan tekanan cairan tersebut dibutuhkan untuk mengatasi hambatan-hambatan selama pengaliran. Satu sumber umum mengenai terminology, definisi, hukum dan standar pompa adalah *Hydraulic Institute Standards* dan telah disetujui oleh *American National Standards Institute* (ANSI) sebagai standar internasional. Berdasarkan cara kerjanya, pompa terbagi menjadi dua jenis, yaitu (Haruno, 2000):

### 2.3.1 Pompa Perpindahan Positif

Pompa perpindahan positif pada *slurry* dibedakan menjadi dua jenis yakni *rotary* dan *reciprocating pumps*. Pompa *rotary* didefinisikan sebagai *vane, piston, flexible member, lobe, gear circumferential piston, or screw pumps*. Pada semua tipe *rotary pump, chamber* dibuat bertingkat melalui poros penggerak sehingga

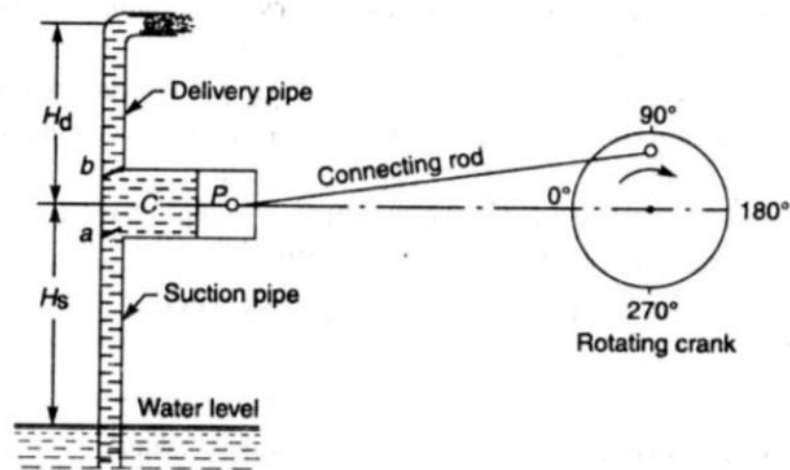
kondisi beberapa *chamber* terbuka di saat bersamaan dapat terjadi, bergantung pada desain pompa. *Chamber* ditutup dari bagian *suction* dengan menutup celah antara rotor dan rumah pompa, atau menutup celah antara rotor. Putaran poros berpindah sepanjang *bore* atau rumah pompa pada saat kondisi *discharge*. *Chamber* dalam kondisi discharge akan berpindah akibat dari putaran tersebut. Pada saat kondisi discharge rotasi menyebabkan penurunan volume sehingga aliran fluida terjadi pada umumnya tanpa getaran. (Parker, 1994)



**Gambar 2.4:** Klasifikasi Pompa Perpindahan Positif (Ubaedilah, 2016)

### **Pompa Torak**

Pompa torak bekerja dengan cara memerangkap volume tetap fluida pada saluran hisap, mengkompresinya hingga mencapai tekanan tertentu dalam ruang kompresi, dan mendorong keluar melewati saluran buang. Pompa torak dalam bentuknya yang sederhana terdiri dari beberapa bagian seperti terlihat pada gambar berikut (Rizal, 2014):



**Gambar 2.5:** Komponen – komponen pompa torak (Rizal, 2014)

Keterangan gambar:

- 1) Silinder C, didalamnya ada torak P. Gerakan torak diperoleh dengan adanya batang penghubung yang menghubungkan torak dengan engkol berputar.
- 2) Pipa hisap, menghubungkan sumber air dengan silinder.
- 3) Pipa hantar untuk mengalirkan air keluar dari pompa.
- 4) Katup a, mengatur aliran ke dalam silinder.
- 5) Katup b, mengatur aliran keluar dari silinder.

Bagian yang mengkompresi cairan pada pompa reciprocating biasanya disebut *fluid end*. *Fluid end* memiliki piston atau plunger yang memindahkan cairan yang dipompa; sebuah silinder di mana piston bergerak; dan katup penghisap dan buang untuk menyalurkan fluida yang dipompa.

Kelebihan dan Kekurangan Pompa Torak (Puspawan, 2013)

a. Kelebihan Pompa Torak:

1. Kapasitas dipengaruhi oleh kecepatan (putaran) dan tidak dipengaruhi oleh tekanan.
2. Tekanan yang diberikan atau dibangkitkan tergantung dari tenaga penggeraknya.
3. Dapat digunakan untuk semua cairan.
4. Cocok digunakan pada sistem pompa dengan head tinggi.

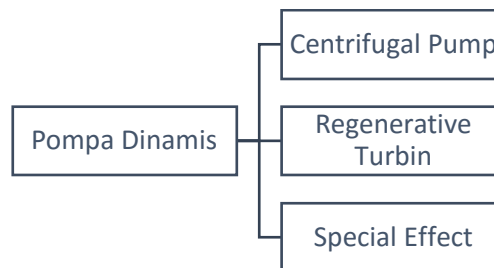
b. Kekurangan Pompa Torak:

1. Aliran tidak kontinyu (berpuls).  
2. Aliran tidak steady.  
3. Apabila perpindahan dilakukan oleh maju mundurnya jarum piston, pompa ini hanya digunakan untuk pemompaan cairan kental dan sumur minyak.

### 2.3.2 Pompa Dinamis

Pompa dinamik juga dikarakteristikan oleh caranya beroperasi, yaitu; *impeller* yang berputar akan mengubah energi kinetik menjadi tekanan maupun kecepatan yang diperlukan untuk mengalirkan fluida. Contoh dari *dynamic pump* yaitu:

- a. Pompa sentrifugal
- b. *Jet pump*



**Gambar 2.6:** Klasifikasi Pompa Dinamis (Ubaedilah, 2016)

#### Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal digunakan secara komersil di sistem transportasi pada *slurry* yang lebih ekonomis dalam memindahkan padatan dalam ukuran dan jumlah yang besar. Jenis pompa ini didesain agar dapat beroperasi dalam memindahkan campuran *solid-liquid* serta meminimalisir keausan pada komponen pompa. Partikel *solid* pada yang dipindahkan oleh pompa sentrifugal tidak menyimpan, menyerap, atau memindahkan energi tekanan, namun masih sulit untuk mengurangi efek partikel *solid* terhadap kinerja pompa. (Kumar, et al., 2014)

### **i. Prinsip Dasar Pompa Sentrifugal**

Dalam menciptakan perbedaan tekanan antara sisi masuk dan sisi buang, pompa sentrifugal bekerja dengan prinsip sebagai berikut (Mahendra, 2016):

- a. Gaya sentrifugal bekerja pada *impeller* untuk mendorong fluida ke sisi luar sehingga kecepatan fluida meningkat.
- b. Kecepatan fluida yang tinggi diubah oleh *casing* pompa (*volute* atau *diffuser*) menjadi tekanan atau *head*.

### **ii. Bagian – Bagian Pompa Sentrifugal**

Fungsi dari bagian-bagian utama pompa sentrifugal adalah sebagai berikut (Mahendra, 2016):

#### **A. *Stuffing box***

*Stuffing box* berfungsi untuk mencegah kebocoran cairan pada daerah dimana poros 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 ke dalam pompa. Sebaliknya, apabila tekanan lebih besar dari tekanan atmosfer, maka *stuffing box* berfungsi untuk mencegah kebocoran cairan keluar dari pompa.

#### **B. *Packing***

*Packing* terletak pada *stuffing box* dan berfungsi untuk mencegah kebocoran dari fluida yang dipompakan.

#### **C. *Shaft***

*Shaft* berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan sebagai tempat kedudukan *impeller* dan bagian-bagian berputar yang lainnya.

#### **D. *Shaft***

*Sleeve Shaft Sleeve* berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi, dan keausan pada *stuffing box*.

#### E. *Vane*

*Vane* merupakan sudu dari *impeller* yang berfungsi sebagai tempat berlalunya cairan pada *impeller*.

#### F. *Casing*

*Casing* merupakan bagian terluar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung bagian-bagian yang berputar dan berfungsi sebagai tempat untuk mengubah kecepatan fluida menjadi tekanan.

#### G. Eye of *Impeller*

Eye of *Impeller* merupakan saluran masuk fluida pada *impeller*

#### H. *Impeller Wearing ring*

*Wearing ring* berfungsi untuk mencegah kebocoran fluida dari sisi *discharge* ke sisi *suction*. *Wearing ring* yang dipasang pada *impeller* disebut *impeller wearing ring*.

#### I. *Casing Wearing ring*

*Wearing ring* yang dipasang pada *casing* dan tidak berputar disebut *casing wearing ring*.

#### J. *Impeller*

*Impeller* merupakan komponen utama pompa sentrifugal yang berfungsi menambahkan energi pada fluida menggunakan prinsip gaya sentrifugal.

#### K. *Discharge Nozzle*

*Discharge Nozzle* merupakan saluran keluar cairan dari pompa

### **Kavitasi**

Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai dibawah tekanan uap jenuhnya sehingga akan timbul gelembung-gelembung uap zat cair. Jika pompa dijalankan terus-menerus dalam keadaan kavitasi, akan menyebabkan kerusakan terhadap area *impeller*, sehingga pada akhirnya terjadi erosi. Turunnya performance, timbulnya suara dan

getaran, serta rusaknya pompa merupakan kerugian-kerugian dari timbulnya kavitasi. (Nayyar, 2019)

Kelebihan dan Kekurangan Pompa Sentrifugal (Hariady, 2014):

a. Kelebihan Pompa Sentrifugal:

1. Kapasitas bisa lebih besar dan aliran kontinyu.
2. Pada kapasitas yang sama dengan pompa jenis lain ukurannya lebih kecil, bobot lebih ringan, ruangan yang dipakai lebih kecil.
3. Pada waktu operasi suara relatif tenang.
4. Pompa dihubungkan langsung dengan penggerak sehingga tidak ada kerugian transmisi.

b. Kekurangan Pompa Sentrifugal:

1. Dalam jenis tertentu dan operasi tertentu perlu pancingan (*priming*).
2. Tidak bisa untuk kapasitas yang kecil dengan head yang tinggi.
3. Kurang cocok digunakan pada cairan yang kental dan kotor.
4. Head pompa terbatas sesuai dengan design pompa.

## 2.4. *Settling Velocity*

Selain menjaga biaya minimum, diameter pipa yang tepat dapat mencegah sedimentasi atau pengendapan lumpur (*settling*). Kecepatan medium yang

$$V_D = FL\sqrt{2gD(s - 1)} \dots \dots \dots (1)$$

dipompa tergantung pada kepadatan, kandungan padatan dan ukuran butiran partikel. *Slurry* dengan kandungan padatan yang lebih tinggi membutuhkan kecepatan yang lebih tinggi. Untuk menentukan *settling velocity* digunakan persamaan Durand's sebagai berikut (Crocker, 1998):

Dimana :

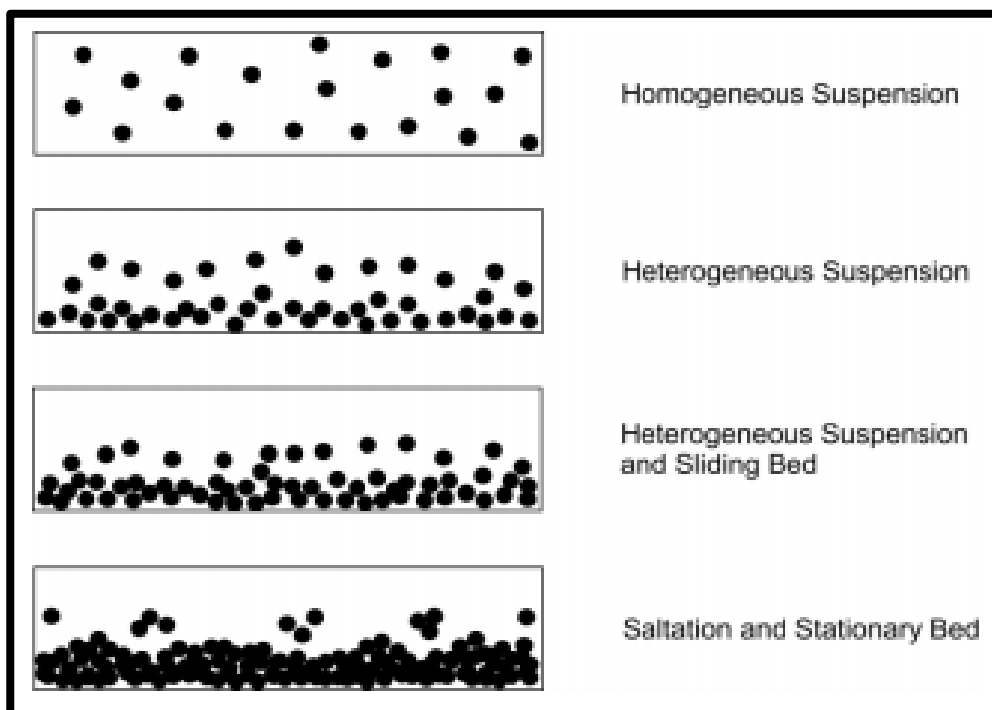
FL : Koefisien Durand's berdasarkan ukuran partikel dan volume friksi dari *Slurry*

FL :  $1,3 \times C_v^{0.125} \times (1 - e^{-6,9 \times d^{50}})$  ;  $C_v =$  Volume Friksi

g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

D : Diameter Pipa (m)

s : *Special Gravity Solid* (kg/m<sup>3</sup>)



**Gambar 2.7:** Pola aliran pada *slurry* (Albion, et al., 2011)



## 2.5 Head Instalasi

*Head* pompa adalah energi per satuan berat fluida yang diberikan oleh pompa sehingga fluida tersebut dapat mengalir dari *suction* ke *discharge*. *Head* pompa disini meliputi (Ubaedilah, 2016):

### i. Head Statis

*Head* Statis Meliputi :

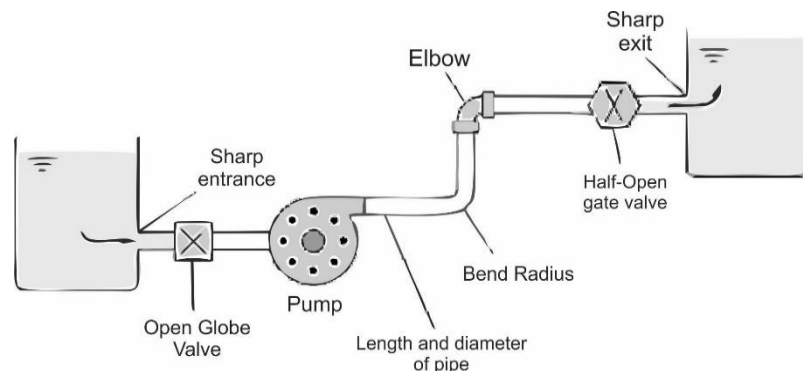
- a. *Pressure Head*: Merupakan energi yang terdapat pada fluida akibat perbedaan tekanan antara *suction* reservoir dengan *discharge* reservoir.
- b. *Elevation Head*: Merupakan *head* yang disebabkan oleh adanya perbedaan ketinggian dari permukaan fluida di *suction* reservoir dengan permukaan fluida di *discharge* reservoir dengan sumbu pompa sebagai acuannya. Ada dua macam instalasi pada pipa *suction*, yaitu:
  - i. *Suction Head*. Suatu instalasi pipa *suction* dimana permukaan fluida terletak diatas sumbu pompa. Bersarnya *elevation head* adalah:

$$H_s = S_{dh} - S_{sh} \dots\dots\dots (2)$$

- ii. *Suction Lift* : yaitu suatu instalasi pipa *suction* dimana permukaan fluida terletak dibawah sumbu pompa. Besarnya *elevation head* adalah:

$$H_s = S_d + S_{sh} \dots\dots\dots (3)$$

### ii. Head Dinamis



**Gambar 2.8:** Komponen-komponen pemipaan penyebab *Head Loss* (Ubaedilah, 2016)

*Head* dinamis merupakan *head* pompa yang terdiri dari:

a. *Velocity Head*

*Velocity Head* merupakan *head* yang disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan fluida di *suction* reservoir dengan di *discharge* reservoir

b. *Head Loss*

*Head Loss* adalah suatu kerugian aliran yang terjadi sepanjang saluran pipa, baik itu pipa lurus, belokan, *saringan*, katup dan sebagainya.

i. *Head Loss* Mayor

Merupakan suatu kerugian aliran yang disebabkan oleh adanya gesekan antara fluida dengan dinding saluran pipa lurus. Besarnya *Head Loss* mayor dapat dihitung menggunakan persamaan Hazen William sebagai berikut (J. Karassik, 2012):

$$H_f = \left( \frac{3,35 \times 10^6 \times Q}{d^{2,63} \times C} \right) / 100 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

- Q : Debit (m<sup>3</sup>/s)
- C : Konstanta Hazen William
- d : Diameter Pipa (mm)

ii. *Head Loss* Minor

Kerugian aliran yang disebabkan oleh adanya gesekan yang terjadi pada komponen tambahan (asesoris) seperti elbow, katup, *fitting* dan lain sebagainya sepanjang jalur pemipaan. Besarnya *Head Loss* minor tergantung dari koefisien tahanan (f) asesoris yang digunakan (J. Karassik, 2012):

$$H = f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

- f : Koefisien kerugian gesek
- V : Kecepatan aliran fluida (m/s)
- g : Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

**i. Head Total Instalasi**

Merupakan pejumlahan dari *head* statis dengan *head* dinamis. *Head* ini menyatakan besarnya kerugian yang harus diatasi oleh pompa dari seluruh komponen-komponen yang ada. *Head* total instalasi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$TDH = H_s + H_d \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

$H_s$  : *Head* Statis (m)

$H_d$  : *Head Loss* Dinamis (m)

**2.6 Power Pompa**

**2.6.1 Pompa Sentrifugal**

Konsumsi power pada shaft pompa dapat dihitung berdasarkan efisiensi mekanik dari pompa. Konsumsi power dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut (Nayyar, 2009):

$$BHP = \frac{SG \times Q \times TDH}{1,02 \times \eta} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

BHP : Power Pompa (watt)

SG : *Special Gravity Slurry* (kg/m<sup>3</sup>)

Q : Debit *Slurry* (m<sup>3</sup>/s)

TDH : Total Head (m)

H : Efisiensi Mekanik Pompa (%)

### 2.6.2 Pompa Torak

Dalam proses pemindahan zat alir dibutuhkan suatu usaha baik secara manual maupun menggunakan permesinan. Tenaga pompa torak dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut (Dietzel, 1990):

$$N = \frac{\pi^2 D^2 S n S G g (TDH)}{240} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

- s : Panjang Langkah (m)
- D : Diameter Piston (m)
- n : Kecepatan Putaran Motor Penggerak
- SG : *Special Gravity Slurry* (kg/m<sup>3</sup>)
- g : Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- TDH : Total Head (m)

### 2.7 Preventive Maintenance

Pemeliharaan atau perawatan dalam suatu industri merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung proses produksi. Oleh karena itu proses produksi harus didukung oleh peralatan yang siap bekerja setiap saat dan handal. Untuk mencapai hal itu maka peralatan-peralatan penunjang proses produksi ini harus mendapatkan perawatan yang teratur dan terencana (Daryus, 2007). Sedangkan tujuan dilakukannya pemeliharaan menurut Corder (1996) antara lain adalah:

1. Memperpanjang kegunaan asset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya).
2. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi atau jasa untuk mendapatkan laba investasi semaksimal mungkin.
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

Parida and Kumar (2006) menyatakan bahwa tingkat efisiensi dan efektivitas sistem pemeliharaan memiliki peran yang penting dalam kesuksesan dan keberlangsungan sebuah perusahaan. Sehingga performance dari sistem tersebut perlu diukur menggunakan sebuah teknik pengukuran kinerja. Beberapa alasan yang mendukung pentingnya MPM menurut Parida dan Kumar (2006) yaitu :

1. Untuk mengukur nilai yang ditimbulkan oleh pemeliharaan.
2. Untuk menganalisis investasi yang dilakukan.
3. Untuk meninjau sumber daya yang dialokasikan.
4. Untuk menciptakan lingkungan kerja yang sehat dan aman.
5. Untuk berfokus pada knowledge management.
6. Untuk beradaptasi dengan tren baru pada strategi operasi dan pemeliharaan.
7. Untuk perubahan organisasi secara struktural

Suatu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan spesifikasi peralatan mesin. Kegiatan ini melibatkan hal-hal sebagai berikut (Baroto, 2003):

1. Pemasangan dan desain yang tepat pada peralatan dan mesin.
2. Pengamatan dan kegiatan pemeliharaan yang mencegah terjadinya kerusakan secara tiba-tiba.
3. Pembongkaran dan penggantian secara terencana dan berulang untuk mempertahankan kondisi mesin sehingga memenuhi persyaratan operasi.
4. Pemeliharaan meliputi pelumasan, penambahan bahan pembantu, pengecatan dan lain-lain agar mesin dapat beroperasi kembali.

Menurut Sofyan Assauri (1993) dalam usaha untuk dapat menggunakan terus fasilitas produksi tersebut, dibutuhkan kegiatan-kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang meliputi pengecekan, meminyaki, dan perbaikan/parasi atas kerusakan-kerusakan yang ada serta penyesuaian/penggantian spare part atau komponen yang terdapat pada fasilitas tersebut.

Metode preventive maintenance policy (kebijakan perawatan pencegahan) dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Kyriakidis & Dimitrakos. 2006):

$$TMC = TCM \times n \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

TMC : Biaya total perawatan per tahun

TCM : Biaya preventive maintenance per tahun

n : Jumlah periode (tahun)