

# ANALYSIS OF HEADLOSS AND EFFICIENCY OF UGA-301AB TYPE-CENTRYFUGAL PUMP FROM COOLING TOWER INSTALATION TO DUST CHAMBER ON UREA P-IV MAINTENANCE DIVISION (CASE STUDY IN PT. PUPUK SRIWIDJAJA, PALEMBANG CITY, SOUTH SUMATERA PROVINCE)

<sup>1</sup>Angky Puspawan, <sup>2</sup>Agus Nuramal, <sup>3</sup>Agus Suandi, <sup>4</sup>Nurul Iman Supardi  
<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu  
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371A  
Email : angkypuspawan@yahoo.com

## ABSTRACT

Centrifugal Pumping Unit (CPU) is a pump that uses a centrifugal system. According to data obtained from known fields  $\rho_{\text{liquid}}$  is  $995 \text{ kg/m}^3$ , and  $Z$  is  $57.7 \text{ m}$ . Then the calculation of the value of headloss, enter the known value of the pump motor power ( $P_m$ ) is  $10.54 \text{ kW}$ , the pump power ( $P_p$ ) is  $5.83 \text{ kW}$ , pump inlet pressure ( $p_1$ ) is  $19.6 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ , the pump exit pressure ( $p_2$ ) is  $107.19 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ , suction pipe diameter ( $d_1$ ) is  $0.1524 \text{ m}$ , the diameter of the pipe exit ( $d_2$ ) is  $0.0889 \text{ m}$ , flow rate ( $Q$ ) is  $0.0041 \text{ m}^3/\text{s}$ . Suction pipe in order to get the speed ( $V_s$ ) is  $0.226 \text{ m/s}$ , and the exit pipe velocity ( $V_d$ ) is  $0.662 \text{ m/s}$ . For the results obtained from the calculation of the total headloss major ( $h_f$ ) of  $0.45 \text{ m}$ , and the total headloss minor ( $h_m$ ) of  $0.358 \text{ m}$ . Thus obtained headloss on the pump type Centrifugal Pumping Unit (CPU) is equal to  $0.808 \text{ m}$ . According to results, it can be concluded that the type of Centrifugal Pumping Unit (CPU) used are ideal because the value of the pump head is larger than the total headloss value and efficiency pump  $55.3\%$

*Keywords : Centrifugal Pumping Unit (CPU), Pump Head, Headloss.*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara agraris dengan lahan pertanian dan perkebunan hampir 60% wilayah daratannya, yang hasilnya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan kebutuhan luar negeri (ekspor). Dengan melihat kondisi ini menjadi kewajiban bagi pemerintah Indonesia untuk memberikan dukungan kepada petani melalui pihak BUMN, yaitu PT. Pupuk Sriwidjaja sebagai industri dalam memproduksi berbagai jenis pupuk berkualitas untuk selalu meningkatkan kinerja petaninya agar dapat meningkatkan hasil produksi pertanian dan perkebunan.

Pada industri pembuatan pupuk di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang memerlukan bahan baku utama yaitu air ( $H_2O$ ), karbondioksida ( $CO_2$ ) dan amoniak ( $NH_3$ ) sebagai bahan dasar pembuatan pupuk. Bahan baku yang paling mudah di dapat adalah air dikarenakan industri dekat dengan sumber air yaitu sungai musi. Dikarenakan kebutuhan air sangat banyak, maka dibuatlah aliran air yang disesuaikan dengan kebutuhan proses industri

yaitu seperti untuk air pendingin, air demin yang diolah menjadi uap untuk turbin uap, dan ada juga air sebagai pelarut untuk reaksi dan lain-lain. Agar air dapat dialirkan ketempat dimana untuk mensuplai kebutuhan proses produksi pabrik maka digunakanlah suatu alat yang dinamakan pompa.

Pompa digunakan sebagai alat untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ketempat lain melalui media pipa dengan terjadinya perubahan tekanan pada fluida<sup>[1]</sup>. Pompa biasanya untuk memindahkan fluida bersifat cair adapun pompa udara yang biasa disebut kompresor untuk memindahkan fluida bersifat udara atau gas. Pada instalasi pompa untuk *dust chamber* adalah pompa sentrifugal yang diproduksi sesuai dengan kebutuhan industri berdasarkan spesifikasi desain secara ideal sedangkan pada keadaan lapangan aliran pipa memiliki gangguan-gangguan yang menyebabkan aliran fluida terganggu sehingga perlunya analisa kinerja pompa secara aktual untuk mengetahui kinerja dan efisiensinya.

## 2. LANDASAN TEORI

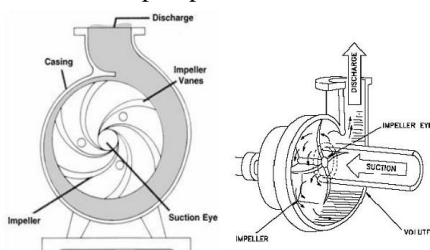
## 2.1 Pengertian Pompa<sup>[2,5]</sup>

Pompa adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ketempat lain melalui media instalasi pemipaan dengan terjadinya perubahan tekanan pada fluida yang berlangsung secara terus menerus (*countinue*). Perubahan tekanan terjadi pada bagian hisap (*suction*) dan keluaran (*discharge*) pompa. Pompa digerakkan dengan menggunakan motor ataupun turbin.

## 2.2 Pompa Sentripugal<sup>[2,5]</sup>

Pompa Sentripugal terdapat dua komponen utama yaitu impeller yang mengubah energi mekanik yang di sebabkan putaran poros menjadi energi kinetik. Kedua adiffuser yaitu casing pompa yang diam, yang mengkonversikan energy kinetik menjadi energi tekanan Energi kinetik diakibat oleh gerakan motor yang menggerakkan impeler sehingga fluida terhisap pada bagian tengah impeller lalu fluida mengalir pada bagian sudu-sudu akan mendapat gaya dorong, pada bagian sudu-sudu inilah terjadinya gaya sentripugal yang menyebabkan fluida keluar menjauhi titik pusat aliran. Jadi fungsi impeller adalah sebagai penambah percepatan aliran fluida sehingga bertambahnya head kecepatan. Pompa sentripugal bekerja dengan memanfaatkan gaya sentripugal akibat putaran pada *impeller*.

Pada head kecepatan fluida akan berubah menjadi head tekanan pada bagian discharge dikarenakan fluida akan mengalir ke atas yang berpengaruh terhadap gaya gravitasi terhadap tingginya fluida dan masa jenis fluida. Semakin besar head yang dihasilkan maka semakin kecil debit airan fluida yang dihasilkan. Sehingga besar debit fluida yang di airkan oleh pompa sentripugal pada putaran konstan, tergantung head atau tekanan yang dihasilkan oleh pompa.



Gambar 1 Pompa Sentripugal<sup>[2,4,5]</sup>

### 1. Klasifikasi pompa sentripugal

Pompa sentripugal dibedakan berdasarkan aliran fluida yaitu:

a. Pompa aliran radial

Pompa yang mengalirkan fluida yang arah keluarannya tegak lurus terhadap aliran masuknya.

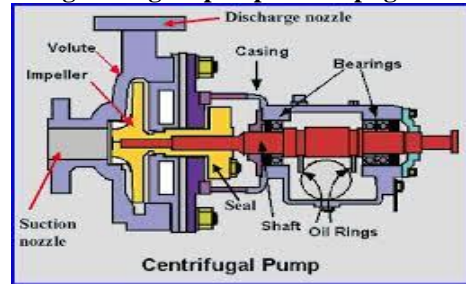
b. Pompa aliran aksial

Pompa aliran aksial adalah pompa yang mengalirkan fluida dengan arah keluaran sejajar dengan airan masuknya.

c. Pompa aliran radial dan aksial

Pompa Arah aliran berbentuk kerucut yang menyesuaikan bentuk impelernya. Diameter sisi buang lebih besar dari pada diameter sisi masuk.

## 2. Bagian-bagian pompa sentripugal<sup>[2]</sup>



Gambar 2. Bagian-bagian pompa sentripugal

**Impeller** berfungsi mengubah energy mekanis menjadi energi kecepatan fluida.

**Suction Nozzle** adalah bagian sisi isap fluida pada pompa.

**Discharge Nozzle** adalah bagian sisi keluar fluida pada pompa.

**Casing** adalah bagian luar yang melindungi pompa, serta sebagai dudukan shaft.

**Shaft** adalah bagian berfungsi meneruskan momen puntir yang dihasilkan oleh penggerak seperti motor.

**Seal** adalah bagian yang berfungsi melindungi pompa dari kebocoran.

**Motor** adalah penghasil gerak puntir yang menyebabkan impeler berputar.

### 3. Head

**Head** pompa adalah suatu satuan yang digunakan untuk menunjukkan ketinggian maksimum aliran fluida yang dicapai oleh suatu pompa.

### 4. Head Total Pompa<sup>[3,4,6]</sup>

**Head Total** Pompa yang diperlukan untuk mengalirkan jumlah air ke suatu tempat sesuai yang diinginkan di dapat daro kondisi instalasi pompa tersebut dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$H = h_a + \Delta h_p + h_\ell + \frac{v_d^2}{2g} \quad (1)$$

Dimana:  $H$  : Head Total pompa (m)

$h_a$  = Head statis total (m)

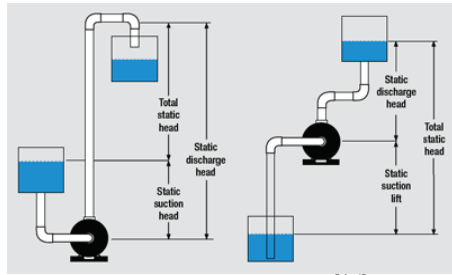
$h_\ell$  = Kerugian head di pipa

$g$  = percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$\frac{v_d^2}{2g}$  = Head kecepatan keluar (m)

$h_a$  adalah perbandingan antara tinggi hisap dan keluar.

$$h_a = Z_1 - Z_2$$



Gambar 3 Static Head<sup>[4,6]</sup>

$\Delta h_p$  adalah perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

$$\Delta h_p = h_{p2} + h_{p1} \quad (2)$$

$$h_t = h_f + h_m \quad (3)$$

Ada pun untuk mendapatkan laju aliran fluida dapat diketahui dengan persamaan :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (4) \quad (4)$$

$V$  = laju aliran (m/s)

$Q$  = debit (m<sup>3</sup>/s)

$A$  = luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

Adapun hubungan antara tekanan dengan head tekanan yaitu:

$$h_p = \frac{P}{\rho g}$$

$h_p$ : = Head tekanan (m)

$P$  = Tekanan (Kgf/cm<sup>2</sup>)

$\gamma$  = Berat jenis (Kgf/l)

$$\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1} \quad (5)$$

$P'$  = Tekanan (Pa)

$\rho$  = Rapat massa (kg/l)

### 5. Headloss<sup>[3,4,5]</sup>

Headloss adalah kerugian tekanan yang terjadi pada aliran internal pipa yang disebabkan oleh gesekan, belokan-belokan, katup dan lain-lain. Headloss dibagi menjadi 2 yaitu major losses dan minor losses.

#### a. Major losses

Yaitu kerugian yang terjadi akibat gesekan fluida dengan permukaan didalam pipa. Rugi aliran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (6)$$

$h_f$  = Kerugian dalam pipa (m)

$f$  = Koefisien gesek

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$L$  = Panjang pipa (m)

$d$  = Diameter dalam pipa (m)

Menentukan tipe aliran fluida dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$Re = \frac{Vd}{\nu} \quad (7)$$

Dimana:  $Re$ : Bilangan Reynolds

$V$ : Kecepatan aliran fluida (m/s)

$d$ : Diameter dalam pipa (m)

$\nu$ : Viskositas kinetik zat cair (m<sup>2</sup>/s)

Pada  $Re < 2300$ , aliran bersifat laminar.

Pada  $Re > 4000$ , aliran bersifat turbulen.

Pada  $Re = 2300-4000$  terdapat pada daerah transisi dimana aliran dapat bersifat laminar dan turbulen tergantung kondisi pipa.

Pada aliran laminar nilai koefisien gesek dinyatakan dengan

$$f = \frac{64}{Re} \quad (8)$$

Pada aliran turbulen nilai koefisien gesek dinyatakan dengan

$$f = 0.020 + \frac{0.0005}{D} \quad (9)$$

Koefisien gesek ini berlaku untuk pipa baru. Adapun untuk menentukan gesekan dalam pipa dengan menggunakan diagram moody

#### b. Minor losses

Minor losses adalah rugi-rugi aliran yang disebabkan oleh adanya hambatan yang terjadi di sepanjang pipa. Kerugian head terbagi beberapa bagian yaitu:

##### 1. Kerugian head pada belokan

$$h_c = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (10)$$

$V$  = Kecepatan rata-rata dalam pipa (m/s)

$K_L$  = Koefisien kerugian belokan

$g$  = Percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$h_c$  = Kerugian head (m)

##### 2. Kerugian head pada katup

$$h_g = C_L \frac{V^2}{2g} \quad (11)$$

$V$  = Kecepatan rata-rata dalam pipa (m/s)

$C_L$  = Koefisien kerugian katup

$G$  = Percepatan Gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$h_g$  = Kerugian head (m)

### 6. Efisiensi<sup>[3,4,5]</sup>

#### 6.1 Daya air

Daya air adalah energi yang diterima oleh air secara efektif dari pompa yang dapat ditulis

$$P_w = \gamma Q H \quad (12)$$

$\gamma$  = Massa jenis air persatuan volume (kN/m<sup>3</sup>)

$Q$  = Debit (m<sup>3</sup>/s)

$H$  = Head total pompa (m)

$P_w$  = Daya air (kW)

$$\gamma = \rho g \quad (13)$$

Dimana  $\gamma$  dinyatakan dalam kN/m<sup>3</sup>.

#### 6.2 Daya Poros<sup>[3,4]</sup>

Daya poros diperoleh dari daya motor yang digunakan sebagai penggerak poros yang menggunakan arus listrik atau pun turbin. Efisiensi adalah perbandingan antara daya air dari pompa dengan daya listrik ke pompa sehingga,

$$\eta_{pompa} = \frac{P_w}{P} \quad (14)$$

$P$  = Daya poros pompa (kW)

Daya Poros dapat di ketahui dari arus dan volt listrik dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P = V I \cos \theta \quad (15)$$

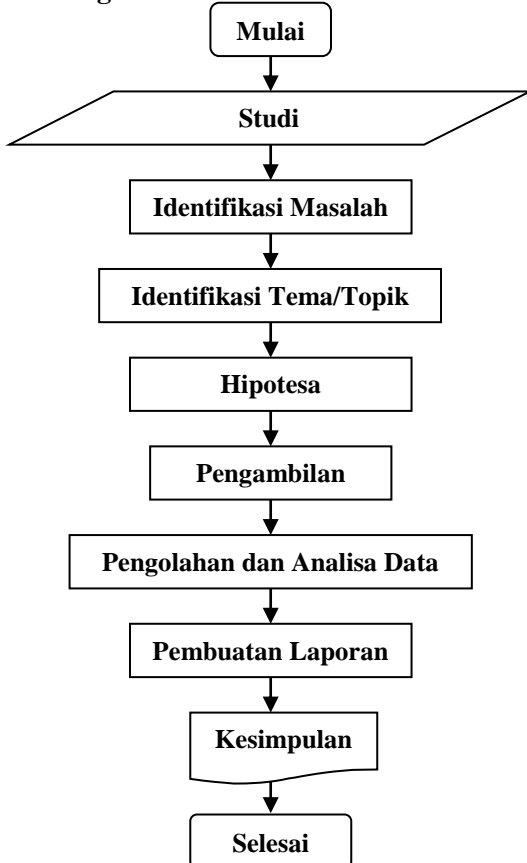
V = Tegangan listrik (Volt)

I = Kuat Arus listrik (Ampere)

cos  $\theta$  = 0.85

### 3. METODE PENELITIAN

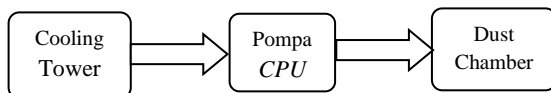
#### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

#### 3.2 Pengambilan Data

##### 3.2.1. Mekanisme Aliran Fluida<sup>[2]</sup>



Gambar 5 Instalasi Aliran Fluida

##### 3.2.2. Pompa yang diteliti



Gambar 6 Centrifugal Pumping Unit (CPU)<sup>[2]</sup>

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Perhitungan dan Hasil Headloss

##### 1.1 Data perhitungan

Setelah dilakukan pengambilan data pada pompa sentripugal U-GA301 dilapangan dan study literatur, didapatlah data perhitungan sebagai berikut :

Diameter pipa isap ( $d_s$ )=6 in = 0.1524 m

Diameter pipa buang( $d_d$ )=3.5 in=0.0889 m

Tekanan isap ( $P_1$ )= 2 kg/cm<sup>2</sup>= 19.6 x 10<sup>4</sup> N/m<sup>2</sup>

Tekanan buang ( $P_2$ )=11 kg/cm<sup>2</sup>= 107.91 x 10<sup>4</sup> N/m<sup>2</sup>

Panjang pipa isap ( $L_s$ )= 21 m

Panjang pipa buang ( $L_d$ )= 65.5 m

Ketinggian Pipa isap ( $z_s$ )= 1.4 m

Ketinggian pipa buang ( $z_d$ )= 59.1 m

Volt (V)= 400 V

Frekuensi (F)= 40 Hz

Ampere (I)= 31 A

cos  $\theta$ = 0.85

Debit (Q)= 14.8 m<sup>3</sup>/h = 0.0041 m<sup>3</sup>/s

##### 1.1.1 Kecepatan aliran fluida

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$d_d = 0.089 \text{ m}$$

$$d_s = 0.152 \text{ m}$$

1. Kecepatan aliran pada pipa isap ( $V_s$ )

$$V_s = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{14.8 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{1}{4} \pi d^2}$$

$$= \frac{0.0041 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{1}{4} 3.14 \times (0.152 \text{ m})^2}$$

$$= \frac{0.0041 \text{ m}^3 / \text{s}}{0.018136 \text{ m}^2}$$

$$V_s = 0.226 \text{ m/s}$$

2. Kecepatan aliran pada pipa buang ( $V_d$ )

$$V_d = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{14.8 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{1}{4} \pi d^2}$$

$$= \frac{0.0041 \frac{m^3}{s}}{\frac{1}{4} \cdot 3.14 \times (0.089 m)^2}$$

$$= \frac{0.0041 \frac{m^3}{s}}{0.006218 m^2}$$

$V_d = 0.662 \text{ m/s}$

**Tabel 1 Physical Propertis Water<sup>[4,5]</sup>**

Temperature T (°C)	Specific Weight $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Density $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Dynamic Viscosity <sup>a</sup> $\mu$ ( $\times 10^{-3}$ kg/m-s)	Kinematic Viscosity $\nu$ ( $\times 10^{-6}$ m <sup>2</sup> /s)	Surface Tension <sup>c</sup> $\sigma$ (N/m)	Modulus of Elasticity <sup>d</sup> E ( $\times 10^9$ N/m <sup>2</sup> )	Vapor Pressure P <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
0	9.805	999.8	1.781	1.785	0.0765	1.98	0.61
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.0749	2.05	0.87
10	9.804	999.7	1.307	1.306	0.0742	2.10	1.23
15	9.798	999.1	1.139	1.139	0.0735	2.15	1.70
20	9.789	998.2	1.002	1.003	0.0728	2.17	2.34
25	9.777	997.0	0.890	0.893	0.0720	2.22	3.17
30	9.764	995.7	0.798	0.800	0.0712	2.25	4.24
40	9.730	992.2	0.653	0.658	0.0696	2.28	7.38
50	9.689	988.0	0.547	0.553	0.0679	2.29	12.33
60	9.642	983.2	0.466	0.474	0.0662	2.28	19.92
70	9.589	977.8	0.404	0.413	0.0644	2.25	31.16
80	9.530	971.8	0.354	0.364	0.0626	2.20	47.34
90	9.466	965.3	0.315	0.326	0.0608	2.14	70.10
100	9.399	958.4	0.282	0.294	0.0589	2.07	101.33

### 1.1.2 Headloss

Nilai *viscositas kinematic* ( $\nu$ ) pada T = 32°C adalah  $0.7716 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

**Tabel 2 Perbedaan Kekasaran<sup>[4]</sup>**

Material	Condition	$\epsilon$		Uncertainty, %
		ft	mm	
Steel	Sheet metal, new	0.00016	0.05	± 60
	Stainless, new	0.000007	0.002	± 50
	Commercial, new	0.00015	0.046	± 30
	Riveted	0.01	3.0	± 70
Iron	Rusted	0.007	2.0	± 50
	Cast, new	0.00085	0.26	± 50
	Wrought, new	0.00015	0.046	± 20
	Galvanized, new	0.0005	0.15	± 40
Asphalted cast	Asphalted cast	0.0004	0.12	± 50
	Brass	Drawn, new	0.000007	0.002
Plastic	Drawn tubing	0.000005	0.0015	± 60
	Glass	—	Smooth	Smooth
Concrete	Smoothed	0.00013	0.04	± 60
	Rough	0.007	2.0	± 50
Rubber	Smoothed	0.000033	0.01	± 60
Wood	Stave	0.0016	0.5	± 40

Sumber : *Fluid Mechanics edition 4 By Frank M. White*

#### 1. Headloss pada pipa ( $h_f$ )

Adapun kerugian head dihitung berdasarkan sisi isap dan sisi keluarnya

##### 1. Headloss pada pipa isap ( $h_{fs}$ )

$$Re = \frac{V_s d}{\nu}$$

$$= \frac{0.226 \frac{m}{s} \times 0.152 m}{0.7716 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$= 0.044 \times 10^6$$

$Re > 4000 \rightarrow$  Tipe aliran turbulen

Jadi aliran fluida dalam pipa isap (*suction*) adalah turbulen dengan nilai Reynolds ( $Re$ ) =  $44 \times 10^3$ . Nilai kekasaran dengan diameter 0.152 m =

152 mm dan pipa  $\epsilon$  pada material besi tuang (iron cast) yaitu 0.26 mm (Tabel 4.2). Sehingga nilai koefisien geseknya adalah:

$$\frac{\epsilon}{d} = \frac{0.26 \text{ mm}}{152 \text{ mm}} = 0.00171$$

Dari nilai relative roughness 0.00171 dapat dilihat pada diagram *moody* nilai  $f$  (*friction factor*) adalah sebesar **0.027**.

$$h_{fs} = f \frac{L V_s^2}{d 2g}$$

$$= 0.027 \times \frac{21 m}{0.152 m} \times \frac{(0.226 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{fs} = 0.01 \text{ m}$$

##### 2. Headloss pada pipa buang ( $h_{fd}$ )

$$Re = \frac{V_d d}{\nu}$$

$$= \frac{0.662 \frac{m}{s} \times 0.089 m}{0.7716 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$= 0.076 \times 10^6 = 76 \times 10^3$$

$Re > 4000 \rightarrow$  Tipe aliran turbulen  
Jadi aliran fluida dalam pipa buang (*discharge*) adalah turbulen dengan

nilai Reynolds ( $Re$ ) =  $76 \times 10^3$ . Nilai koefisien kekasaran  $\epsilon$  jenis pipa iron yaitu 0.26 mm dengan diameter 0.089 m = 89 mm (Tabel 4.2). Sehingga nilai koefisien geseknya adalah:

$$\frac{\epsilon}{d} = \frac{0.26 \text{ mm}}{89 \text{ mm}} = 0.00292.$$

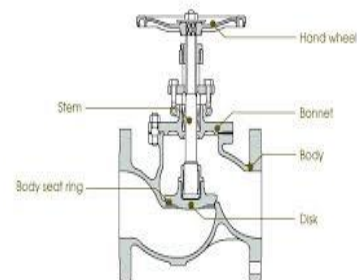
Dari nilai relative roughness 0.00292 dapat dilihat pada diagram *moody* nilai  $f$  (*friction factor*) adalah sebesar **0.027**.

$$h_{fd} = f \frac{L V_d^2}{d 2g}$$

$$= 0.027 \times \frac{65.5 m}{0.089 m} \times \frac{(0.662 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{fd} = 0.44 \text{ m}$$

##### 2. Headlosses pada katub ( $h_g$ )



Gambar 5 *Globe Valve*<sup>[4,5]</sup>

Katup yang digunakan berbentuk globe (open full) koefisien loss didapat

$$K_L = 10$$

1. Pada pipa isap ( $h_{gs}$ )

$$h_{gs} = K_L \frac{V_s^2}{2g}$$

$$= 10 \frac{(0.226 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{gs} = 0.026 \text{ m}$$

2. Pada pipa keluar ( $h_{gd}$ )

$$h_{gd} = K_L \frac{V_d^2}{2g}$$

$$= 10 \frac{(0.662 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{gd} = 0.22 \text{ m}$$

### 3. Headloss pada belokan ( $h_c$ )

Pada instalasi pipa pada pompa sentripugal U-GA301 terdapat 3 belokan pada bagian discharge dan 3 belokan pada suction. Dimana pipa melengkung  $90^\circ$   $C_L = 1.5$ , sambungan pipa ulir.

1. Pada pipa isap ( $h_{cs}$ )

$$h_{cs} = C_L \frac{V_s^2}{2g}$$

$$= 1.5 \frac{(0.226 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{cs} = 0.004 \text{ m}$$

Pada bagian pipa isap terdapat 3 belokan dengan sudut  $90^\circ$  sehingga nilai  $h_c$  keseluruhan =  $3 \times 0.004 = 0.012 \text{ m}$ .

2. Pada pipa keluar ( $h_{cd}$ )

$$h_{cd} = C_L \frac{V_d^2}{2g}$$

$$= 1.5 \frac{(0.662 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{cd} = 0.0335$$

Pada bagian pipa keluar (discharge) terdapat 3 belokan dengan sudut  $90^\circ$  sehingga nilai  $h_c$  keseluruhan =  $3 \times 0.0335 = 0.1 \text{ m}$

### 4. Headloss total ( $h$ )

$$h_{\text{suction}} = h_{fs} + h_{gs} + h_{cs}$$

$$= 0.01 \text{ m} + 0.026 \text{ m} + 0.012 \text{ m}$$

$$= 0.048 \text{ m}$$

$$h_{\text{discharge}} = h_{fd} + h_{gd} + h_{cd}$$

$$= 0.44 \text{ m} + 0.22 \text{ m} + 0.1 \text{ m}$$

$$= 0.76 \text{ m}$$

$$\text{Jadi } h_{\text{total}} = 0.048 \text{ m} + 0.76 \text{ m}$$

$$= 0.808 \text{ m}$$

### 5. Head Total Pompa ( $H$ )

$$P_1 = 19.6 \times 10^4 \text{ N/m}^2 = 19.6 \times 10^4 \text{ (kg m/s}^2\text{)/m}^2 = 19.6 \times 10^4 \text{ kg/m.s}^2$$

$$P_2 = 107.91 \times 10^4 \text{ N/m}^2 = 107.91 \times 10^4 \text{ (kg m/s}^2\text{)/m}^2 = 107.91 \times 10^4 \text{ kg/m.s}^2$$

$$V_1 = 0.226 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 0.662 \text{ m/s}$$

$$h_a = Z_1 + Z_2 = 1.4 \text{ m} + 59.1 \text{ m} = 60.5 \text{ m}$$

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_a + \sum h_{\text{total}}$$

$$=$$

$$\frac{107.91 \times 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2} - 19.62 \times 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}}{995 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} +$$

$$\frac{(0.662 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - (0.226 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} +$$

$$61.5 \text{ m} + 0.776 \text{ m}$$

$$= \frac{88.29 \times 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}}{9760.95 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2.\text{s}^2}} + \frac{0.387 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} +$$

$$60.5 \text{ m} + 0.808 \text{ m}$$

$$= 90.45 \text{ m} + 0.01975 \text{ m} + 60.5 \text{ m} +$$

$$0.808 \text{ m}$$

$$H = 151.77 \text{ m}$$

### 1.1.3 Daya

1. Daya Pompa ( $P_w$ )

Dik :

$$\rho_{\text{air}} = 955 \text{ kg/m}^3 \text{ interpolasi } T = 32^\circ\text{C}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 0.0041 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 151.77 \text{ m}$$

$$P_w = \rho_{\text{air}} g Q H$$

$$= 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 955 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.0041 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 151.77 \text{ m}$$

$$= 5830 \text{ W}$$

$$P_w = 5.830 \text{ kW}$$

2. Daya Motor ( $P$ )

$$V = 400 \text{ Volt}$$

$$I = 31 \text{ A}$$

$$\theta = 0.85$$

$$P = V I \theta$$

$$= 400 \times 31 \times 0.85$$

$$= 10540 \text{ W}$$

$$P = 10.54 \text{ kW}$$

### 1.1.4 Efisiensi Pompa ( $\eta_{\text{pompa}}$ )

$$\eta_{\text{pompa}} = \frac{P_w}{P}$$

$$= \frac{5.83 \text{ kW}}{10.54 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{pompa}} = 55.3 \%$$

Pompa sentripugal ini masih memiliki efisien yang tinggi yang mana pompa tersebut masih sangat baik untuk menyalurkan air ke *Dust Chamber*.

## 4.2. Pembahasan

### Rugi Aliran (Headloss)

Berdasarkan data yang didapatkan yaitu diameter pipa isap  $d_1$  adalah 0.154 m dan diameter pipa keluar  $d_2$  adalah 0.089 m dengan laju aliran isap ( $V_s$ ) 0.226 m/s dan laju aliran keluar ( $V_d$ ) 0.662 m/s. Pada temperature

air 32°C didapat nilai viskositas kinematik  $0.7716 \times 10^{-6}$  sehingga didapat bilangan  $Re$  pada aliran pipa isap  $44 \times 10^3$  dan aliran pada pipa keluar  $76 \times 10^3$  yang mana nilai  $Re$  kedua aliran pipa tersebut lebih besar dari 4000 maka jenis aliran pada kedua pipa adalah *turbulen*.

Untuk kerugian *head* pada jalur pipa pada sisi isap ( $h_{fs}$ ) adalah 0.01 m dan pada jalur pipa sisi keluar ( $h_{fd}$ ) 0.44 m. Nilai kerugian head di katup pada jalur pipa isap ( $h_{gs}$ ) adalah 0.0026 m dan pada jalur pipa sisi keluar ( $h_{gd}$ ) adalah 0.22 m. kerugian head pada belokan di jalur sisi isap ( $h_{cs}$ ) adalah 0.012 m dan pada jalur sisi keluar ( $h_{cd}$ ) adalah 0.1 m. dari hasil nilai kerugian head dapat ditotalkan nilai *Headloss* ( $h_l$ ) adalah 0.808 m

Pada *head* total pompa ( $H$ ) didapat nilai sebesar 151.77 m. nilai daya pompa ( $P_w$ ) adalah 5.83 kW dan daya poros ( $P$ ) 10.4 kW sehingga didapatlah efisiensi pompa ( $\eta_{pompa}$ ) adalah 55.3 %.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan pada instalasi pipa *cooling tower instalation* menuju *dust chamber* dimana diameter pipa isap ( $d_1$ ) adalah 0,1524 m, diameter pipa keluar ( $d_2$ ) adalah 0,0889 m, dan kecepatan pipa isap ( $V_s$ ) adalah 0,226 m/s, kecepatan pipa keluar ( $v_d$ ) adalah 0,662 m/s, serta debit aliran fluida ( $Q$ ) adalah sebesar 0,00412 m<sup>3</sup>/s. Sehingga didapat nilai *headloss* total adalah sebesar 0.808 m, serta nilai head

pada pompa ( $h_p$ ) adalah sebesar 151,77 m dan efisiensi pompa 55,3 %

Maka dapat disimpulkan bahwa pompa jenis *Centrifugal Pumping Unit (CPU)* yang digunakan masih ideal dikarenakan nilai head pada pompa lebih besar daripada nilai *headloss* total.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sudiby. 2011. *Oil and Gas Pipeline Design, Operation and Maintenance*. Yogyakarta : KOPUM IATMI.
- [2]. Tim Pertamina. 2009. *Modul Expertest Centrifugal Pumping Unit (CPU)*. Jakarta.
- [3]. White, Frank M. 1988. *Mekanika Fluida Edisi Kedua Jilid 1*. Jakarta Erlangga.
- [4]. White, Frank M. 2003. *Fluid Mechanics Fifth Edition*. University Rhode Island : Mc Graw Hill.
- [5]. Subramanya, K. 1993. *Theory and Application of Fluid Mechanics*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi.
- [6]. Munson, Bruce R., Young, Donald F., and Okiishi, Theodore H. 1994. *Fundamentals of Fluid Mechanics. Second Edition*. John Wiley & Sons, Inc. Toronto.