



ANALISIS PERFORMANSI POMPA AIR UMPAN KE TANGKI DEAERATOR DENGAN KAPASITAS 50 m³/h DAN HEAD 42 m

Fahri Aji Yusuf^a, Abdul Razak^a, Daniel Barus^b, Joko Sutrisno^c, Fajri, N^d

^aProgram Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^bPKS Aek Loba PT. Socfindo, Aek Loba, Aek Kuasan, Kabupaten Asahan, Sumatera Utara 21273, Indonesia

^cProgram Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^dProgram Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Jambi, Jalan Lingkar Barat No.1, Bagan Pete, Kota Baru, Jambi 36361, Indonesia

E-mail: fahriaji@students.polmed.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 2 Juni 2022

Direvisi pada 22 Juli 2022

Disetujui pada 29 Juli 2022

Tersedia daring pada 15 Agustus 2022

Kata kunci:

Deaerator, Pompa, Air Umpan, Kapasitas

Keywords:

Deaerator, Head, feed water, Capacity

ABSTRAK

Pompa *Deaerator* adalah suatu alat yang berfungsi untuk pemindahan atau mentransferkan air tanah yang telah dinetralkan dari *water treatment* menuju ke *deaerator* sebagai air umpan *boiler*. Pada pembahasan ini tentang analisis kinerja pompa pada Pompa *deaerator*. Hasil dari pembahasan adalah pompa yang digunakan memiliki kapasitas 50 m³/h. *Head* total yang dilayani pompa adalah 24 m, dengan kecepatan spesifik pompa sebesar 1081,3562 rpm. Dengan diketahui kecepatan spesifik, maka jenis *Impeller* yang digunakan adalah *impeller* radial dengan efisiensi 62%. Daya poros pompa sebesar 5,0194 kW dan daya motor penggerak mula sebesar 6,0233 kW. Instalasi pipa bebas dari gangguan kavitasi karena NPSH yang tersedia lebih besar dibandingkan NPSH yang diperlukan, yaitu NPSH yang tersedia adalah 6,4656 m dan NPSH yang dibutuhkan adalah 2,4002 m.

ABSTRACT

The *Deaerator pump* is an instrument to move or transfer groundwater that has not been neutralized from the *Water Treatment* to the *Deaerator Tank* as *Boiler water*. This study discusses the analysis of pump performance on the *Deaerator Pump*. The discussion result revealed that the pump used had a capacity of 50 m³/h. The total head served by the pump was 23,8178 m, with a specific pump speed of 1081,3562 rpm. The type of *impeller* used was a radial *impeller* with an efficiency of 62%. The pump shaft power was 5,0194 kW, and the starting motor power was 6,0233 kW. Pipe installation was avoided from cavitation disturbances since the available NPSH was greater than the NPSH required. The available NPSH was 6,4656 m, and the NPSH required was 2,4002 m.

1. PENGANTAR

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan dengan sumber daya airnya yang melimpah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai energi dan memberikan dampak baik bagi keberlangsungan hidup manusia. Air merupakan kebutuhan sangat penting yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan manusia. Oleh karena itu, air disebut juga sumber dari segala sumber kehidupan. Bahkan tidak sedikit biaya yang dikeluarkan kebanyakan dari mereka untuk rela memenuhi kebutuhan akan air bersih yang cukup. Kebutuhan air bersih pun bukan hanya diperlukan dalam kegiatan rumah tangga saja, namun juga dibutuhkan dalam kegiatan industri. PKS Aek Loba PT. Socfindo sebagai salah satu pelaku pengadaan kegiatan industri mendirikan sebuah instalasi *water treatment* yang berfungsi untuk mengubah air sungai dan air tanah untuk kegiatan atau kebutuhan fluida di PKS Aek Loba PT. Socfindo. Berlangsungnya proses pemindahan dan penyaringan air di dalam *water treatment* membutuhkan sebuah alat yang disebut dengan pompa. Fungsi pompa tersebut ialah untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain yang jaraknya berjauhan serta memindahkan air dari tekanan yang lebih rendah menuju ke tekanan yang lebih tinggi (Sularso dan Haruo Tahara, 2016). Jadi, proses yang terjadi di *water treatment* memerlukan pompa untuk memindahkan atau mentransfer air sungai yang telah dinetralisir dari *water treatment* menuju ke *deaerator* sebagai air umpan *boiler* (Nurmiati Pasra dan Faisol Hakim, 2015). Pompa tersebut dinamakan *deaerator pump*. Pentingnya sebuah pompa dalam proses di PKS Aek Loba PT. Socfindo terutama pada pompa bertekanan tinggi.

1.1. Pompa

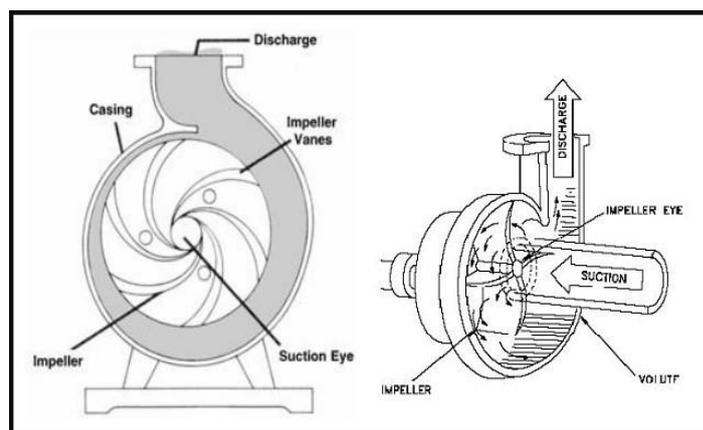
Pompa adalah suatu alat atau mesin yang berfungsi untuk menghisap, mengalirkan, dan memindahkan fluida cair dengan menaikkan tekanan dan kecepatan melalui *impeller* atau torak. Suatu fluida mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, ini disebabkan adanya gaya tarik bumi atau gaya gravitasi. Fluida cair yang berada di tempat lebih tinggi memiliki energi potensial yang besar sesuai dengan ketinggiannya dari pada fluida yang berada di tempat rendah. Karena perbedaan potensial ini, maka air dapat mengalir. Tetapi, jika kedua tempat memiliki tekanan yang sama maka fluida tidak dapat mengalir. Pompa juga berfungsi untuk menambah kecepatan suatu fluida dan dapat memindahkan fluida lebih banyak dalam jangka waktu yang lebih singkat. Pompa berfungsi sebagai pendorong fluida air ataupun gas untuk dipindahkan dari satu tempat ketempat yang lain (Sularso dan Haruo Tahara, 2016). Gambar 1 pompa *deaerator* yang digunakan di PKS Aek Loba PT. Socfindo,



Gambar 1: Pompa *deaerator* PKS Aek Loba PT. Socfindo (PKS Aek Loba PT. Socfindo, 2021)

1.2. Prinsip Kerja Pompa

Pada dasarnya prinsip kerja pompa sentrifugal adalah membuat tekanan rendah pada sisi isap atau sisi masuk sehingga fluida akan terhisap masuk, kemudian dalam pompa air terlempar sehingga memiliki kecepatan tinggi yang kemudian dikonversi menjadi tekanan yang dikeluarkan pada sisi keluar dengan tekanan yang lebih tinggi. Bergeraknya pompa membutuhkan energi dari luar yang diperoleh dari motor. Untuk melihat aliran air dalam pompa sentrifugal masih terdapat kekurangan pada alat peraga pompa sentrifugal dikarenakan *volute casing* pada pompa sentrifugal yang tidak transparan. Pada pompa sentrifugal terdapat impeler yang merupakan inti dari pompa sentrifugal tersebut (Gunawan, P., 2018).



Gambar 2: Sistem pompa sentrifugal (Gunawan, P., 2018)

1.3. Performansi pompa

Dalam memilih suatu pompa, maka terlebih dahulu diketahui performansi dari pompa tersebut. Hal-hal yang perlu diketahui dari performansi pada pompa. Kinerja pompa yang digunakan untuk proses dari *hot feed water tank* menuju *deaerator tank*. Performansi pompa adalah suatu kemampuan pompa untuk melakukan suatu indikator-indikator diantaranya yaitu (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

1. Kapasitas pompa
2. *Head* total pompa
3. Putaran spesifik pompa
4. Efisiensi pompa
5. Daya pompa
6. Daya motor penggerak
7. *Net positive suction head* (NPSH)

2. METODE

2.1 Data Pompa Deaerator pada PKS Aek Loba PT. Socfindo

Berikut ini adalah data pompa *deaerator* pada di PKS Aek Loba PT. Socfindo dapat dilihat pada tabel 1-3 sebagai berikut:

Tabel 1: Spesifikasi pompa *deaerator* pada *name plate* di PKS Aek Loba PT. Socfindo

Parameter Pompa	Nilai
Head pompa	42 m
Kapasitas pompa	50 m ³ /h
Daya pompa	15 kW
Kecepatan putaran pompa	2930 rpm

Tabel 2: Pada sisi hisap (*Suction*)

Parameter Pompa	Nilai
Diameter pipa hisap	4 inchi
Panjang pipa hisap	2 m
Jenis bahan pipa hisap	<i>Galpanis</i>
<i>Globe valve</i> sebanyak 2 buah	3 inchi dan 4 inchi
<i>Elbow 45°</i> sebanyak 1 buah	<i>Long radius inchi 4 inchi</i>

Tabel 3: Pada sisi tekan (*Discharge*)

Parameter Pompa	Nilai
Diameter pipa tekan	3 inchi
Panjang pipa tekan	10 m
Jenis bahan pipa tekan	<i>Galpanis</i>
<i>Globe valve</i> sebanyak 1 buah	3 inchi
<i>Elbow 90°</i> sebanyak 4 buah	<i>Long radius 3 inchi</i>

2.2 Spesifikasi Pompa

Hal-hal yang diperhatikan pada pompa adalah spesifikasi dari pompa terdiri dari beberapa bagian yaitu (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

2.2.1 Kapasitas pompa

Kapasitas pompa adalah banyaknya cairan yang dapat dipindahkan oleh pompa setiap satuan waktu atau jumlah aliran persatuan waktu yang keluar sisi tekan pompa tersebut. Kapasitas pompa digolongkan atas:

1. Kapasitas nominal: kapasitas nominal adalah kapasitas pompa pada *name plate* atau kapasitas pompa yang diminta pada saat pemesanan.
2. Kapasitas optimum: kapasitas optimum adalah kapasitas pompa pada kondisi kerja dengan efisiensi optimum yang masih dapat dicapai.
3. Kapasitas maksimum: kapasitas maksimum adalah kapasitas pompa yang dapat dicapai pada kondisi kerja pompa yang masih diperbolehkan.
4. Kapasitas minimum: kapasitas minimum adalah kapasitas yang dapat dicapai pompa pada batas kondisi kerja minimum yang masih diperbolehkan.

Kondisi pipa telah ditentukan, maka kapasitas pompa akan tertentu besarnya. Instalasi pipa juga sangat berpengaruh pada kerja pompa. Apabila terdapat kebocoran pada pipa atau kerusakan pada katup pipa hisap, maka pompa tidak dapat bekerja dengan baik. Susunan instalasi pompa sangat mempengaruhi kapasitas pompa, hal ini dapat dilihat dari persamaan 1 sebagai berikut ini (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$$Q = V \times A \quad (1)$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m³/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang (m²)

2.2.2 Head Pompa

Head adalah kemampuan pompa untuk memberikan kerja mekanik per satuan berat untuk memindahkan air setinggi yang diinginkan dimana *head* digolongkan atas beberapa jenis yaitu (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

1. *Head* nominal

Head nominal adalah *head* pompa yang tercantum pada *name plate* atau *head* pompa yang diinginkan pada saat pemesanan pompa tersebut.

2. *Head* optimum

Head optimum adalah *head* yang dicapai pompa pada kondisi kerja dengan efisiensi optimum yang dapat dicapai.

3. *Head shut-off*

Head shut-off adalah *head* pompa maksimum pada saat kapasitas pompa sama dengan nol. *Head* total dapat ditentukan dengan persamaan 2 sebagai berikut:

$$H_p = h_a + h_f \quad (2)$$

Dimana:

H_a = Panjang sisi hisap + panjang sisi tekan (m)

h_f = Panjang total rugi-rugi hisap + panjang total sisi tekan (m)

Sisi aliran pompa umumnya terdapat 2 jenis *losses*:

a. *Head Mayor*

Head mayor adalah kerugian gesekan yang terjadi pada sistem perpipaan pada persamaan 3.

$$h_{my} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{Vd^2}{2g} \quad (3)$$

b. *Head Minor*

Head minor adalah kerugian yang ditimbulkan oleh alat kelengkapan pada sistem perpipaan seperti, *elbow*, katup, *fitting*, saringan, dan lain-lain pada persamaan 4.

$$h_{mn} = f \times \frac{Vd^2}{2g} \quad (4)$$

Dimana:

f = Koefisien gesekan

d = Diameter pipa (m)

2.2.3 Putaran Pompa

Putaran pompa harus ditentukan apabila akan dipakai motor listrik sebagai penggerak pompa, maka putaran sinkron harus dipilih dari putaran standar yang ada untuk motor-motor tersebut. Jika akan dipakai motor induksi tersebut, putaran harus diambil 1 sampai 20 % lebih kecil dari putaran motor listrik karena adanya slip (Nurmiati Pasra dan Faisal Hakim, 2015).

2.2.4 Putaran spesifik pompa

Putaran spesifik adalah putaran untuk satu tingkat dimana *impeller* dapat memindahkan cairan sebanyak 1 m³/s dengan *head* 1 m. Putaran spesifik juga merupakan indek jenis pompa, yang menggunakan kapasitas dan tinggi tekan yang diperoleh pada titik efisiensi maksimum. Putaran spesifik menentukan profil atau bentuk umum *impeller* dengan persamaan 5 sebagai berikut (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$$N_s = n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (5)$$

Dimana:

N_s = Putaran spesifik pompa (rpm)

N = Putaran poros spesifik pompa (rpm)

Q = Kapasitas pompa (m³/s)

H = *Head* pompa (m)

2.2.5 Efisiensi pompa

Efisiensi tergantung pada kapasitas, *head*, dan kecepatan (putaran), putaran spesifik dan kerugian-kerugian lain. Untuk menentukan efisiensi dengan menggunakan grafik hubungan antara putaran spesifik dengan kapasitas aliran fluida yang akan dibahas dalam

pembahasan putaran spesifik.

2.2.6 Daya pompa

Daya pompa adalah besarnya daya yang diterima pompa dari motor penggerak yang memutar *impeller* ditunjukkan pada persamaan 6 sebagai berikut (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$$P = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{\eta_{pompa}} \quad (6)$$

Dimana:

- P = Daya pompa (w)
 η pompa = Efisiensi spesifik pompa (%)
 H = *Head* total pompa (m)
 γ = Berat zat per satuan volume (kgf/m³)
 Q = Kapasitas pompa (m³/s)

2.2.7 Daya motor penggerak

Pompa sentrifugal digerakkan oleh sebuah motor induksi secara langsung. Besarnya daya motor penggerak dapat diketahui dengan persamaan 7 sebagai berikut (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$$P_m = P \frac{1+a}{\eta_t} \quad (7)$$

Dimana:

- P_m = Daya motor penggerak (kw)
 P = Daya pompa(kw)
 a = Faktor koreksi untuk motor induksi
 η_t = Efisiensi transmisi putaran poros

2.2.8 Net Positif Section Head (NPSH)

Head positif *netto* atau NPSH dipakai sebagai ukuran keamanan pompa terhadap kavitasi. Ada dua macam NPSH, yaitu (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

1. NPSH yang Tersedia

Tinggi hisap yang tersedia adalah *head* yang dimiliki air pada sisi hisap pompa dikurangi dengan tekanan uap jenuh air ditempat tersebut. Dari persamaan 8 dibawah ini, maka NPSH yang tersedia adalah:

$$h_{sv} = \frac{P_a - P_v}{\gamma} - h_a - h_{f,suction} \quad (8)$$

Dimana:

- h_{sv} = NPSH yang tersedia(m)
 P_a = Tekanan atmosfer(kgf/m²)
 P_v = Tekanan uap jenuh (kgf/m²)
 γ = Berat zat persatuan volume (kgf/m³)
 h_a = *Head* statis hisap(m)
 h_{f,suction} = Kerugian *head* pada sisi hisap(m)

2. NSPH yang Dibutuhkan

NPSH yang dibutuhkan tergantung pada harga kapasitas, *head* dan putaran pompa, besarnya dapat dihitung dengan persamaan 9:

$$NPSH_{svn} = \left(\frac{n}{s}\right)^{4/3} \times Q^{2/3} \quad (9)$$

Dimana:

- n = Putaran pompa (rpm)
 Q = Kapasitas pompa (m³/s)
 S = Kecepatan spesifik isap (rpm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas operasional pompa kapasitas pompa *deaerator* yang dipakai dalam perhitungan ini adalah kapasitas operasional dalam proses mentransferkan air tanah yang telah dinetralisir dari *water treatment* pada *hot feed water tank* ke *deaerator* lalu kemudian menuju *upper drum* sebesar 50 m³/h. maka, Q = 50 m³/h Q = 0,0139 m³/s.

3.1. Analisis Data Head Pompa

3.1.1 Head statis pompa

Head statis pompa adalah perbedaan tinggi antara permukaan pada sisi tekan dan pada sisi hisap. Head statis pompa merupakan penjumlahan antara head statis hisap dan head statis tekan pada persamaan 10 dan persamaan 11 (Sularso dan Haruo Tahara, 2016): Pada data yang didapat: Head statis hisap (h_s) = 0,5 m

Head statis tekan (h_d) = 10 m

Maka, $h_a = h_d + h_s$ (10)

Karena pompa berada dibawah permukaan sisi hisap, maka h_s adalah negatif (-), sehingga:

$h_a = h_d + h_s$ (11)

= 10 m + (-0,5) m

= 9,5 m

3.1.2 Kerugian Head losses pada pipa sisi hisap (h_{fs})

Diameter pipa hisap 4 inchi sehingga diperoleh diameter dalam pipa dengan persamaan 12 yaitu (Sularso dan Haruo Tahara, 2016): $D_i = 98,0 \text{ mm} = 0,098 \text{ m}$

$Q = 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}$

Maka,

$V = \frac{4 \times Q}{\pi D_i^2}$ (12)

$V = \frac{4 \times 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,098 \text{ m})^2}$

$V = 1,84371 \text{ m/s}$

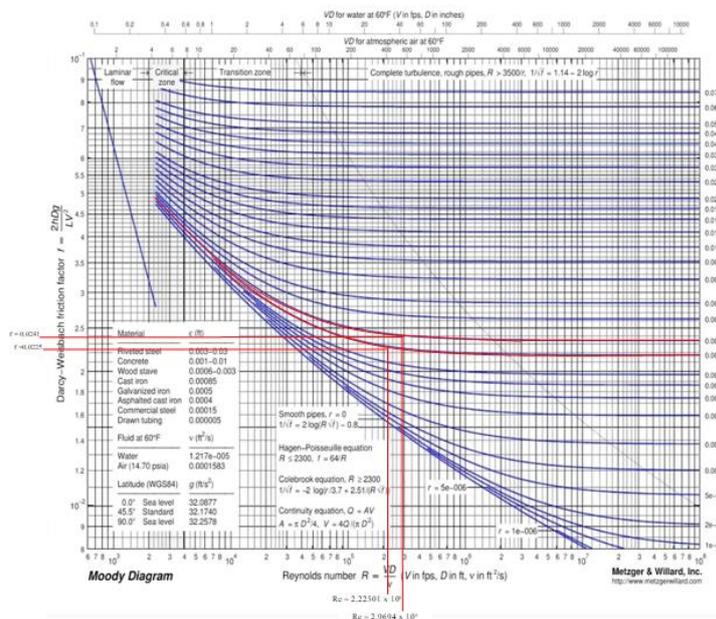
Untuk menghasilkan bilangan reynold diketahui data viskositas kinematik zat cair, (ν) = $8,03 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ dengan menggunakan persamaan 13 yaitu (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$Re = \frac{v \times D_i}{\nu}$ (13)

$Re = \frac{1,84371 \text{ m/s} \times 0,098 \text{ m}}{8,03 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$

$Re = 2,22501 \times 10^5$

$Re > 4000$ (turbulen) dan pipa yang digunakan adalah pipa galvanis, nilai kekasaran pada pipa (e) = 0,15 mm. $e/D = 0,0015$. Dengan koefisien kerugian gesek didapatkan dengan cara pencarian pada diagram moody pada gambar 3 yaitu $f = 0,0225$ dan persamaan 14 (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):



Gambar 3: Diagram moody

$$h_{ls} = f \times \frac{L_{dis}}{D_i} \times \frac{v^2}{2g} \quad (14)$$

$$h_{ls} = 0,0225 \times \frac{2 \text{ m}}{0,098 \text{ m}} \times \frac{(1,84371 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{ls} = 0,0796 \text{ m}$$

Komponen rugi-rugi minor pada pipa sisi hisap *resistance coefficients k for valve, elbow, and tees*.

1. *Globe valve (flanged)* 4 inchi, $K = 5,8$
2. *Globe valve (flanged)* 3 inchi, $K = 6,1$
3. *Elbow 90° (long radius)* 4 inchi, $K = 0,27$

Maka, jumlah total dari komponen rugi-rugi minor adalah $\Sigma k = 12,17$ dan menggunakan persamaan 15 yaitu (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$$h_{mn,s} = \Sigma k \times \frac{v^2}{2g} \quad (15)$$

$$h_{mn,s} = 12,17 \times \frac{(1,84371 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}$$

$$h_{mn,s} = 2,1184$$

Kerugian *head losses* pengecilan tiba-tiba pada pipa data yang didapat sebagai berikut:

$$D_i = 0,098 \text{ m}$$

$$d = 0,0498 \text{ m}$$

Untuk mencari koefisien gesek (k) pada pengecilan tiba-tiba dilihat pada tabel 4 dan tabel 5 dan persamaan 16 (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

Tabel 4: Koefisien pembesaran pipa secara tiba-tiba (Sularso dan Haruo Tahara, 2016)

d/D_i	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
k	0,583	0,624	0,632	0,643	0,695	0,681	0,712	0,755	0,813

Tabel 5: koefisien pengecilan pipa secara tiba-tiba (Sularso dan Haruo Tahara, 2016)

d/D_i	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
K	0,50	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07

$$V_1 = \frac{4 \times 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,0498 \text{ m})^2} = 7,13981 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{4 \times 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,098 \text{ m})^2} = 1,84371 \text{ m/s}$$

$$\text{Untuk } \frac{d}{D_i} = \frac{0,0498 \text{ m}}{0,098 \text{ m}} = 0,5$$

$$K = 0,29$$

Maka,

$$h_{f1} = K \times \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (16)$$

$$h_{f1} = 0,29 \times \frac{(7,13981 \text{ m/s} - 1,84371 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{f1} = 0,4150$$

Kerugian pipa yang keluar dari *feed water tank*, data yang diamati pada tabel 6 dan persamaan 17 sebagai berikut (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$$h_{f2} = K \times \frac{v^2}{2g} \quad (17)$$

$$h_{f2} = 0,1 \times \frac{(1,84371 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,0173$$

Tabel 6: Koefisien pada pintu masuk dan keluar pompa (Sularso dan Haruo Tahara, 2016)

Deskripsi	Nilai koefisien K
Pada bagian masuk pompa	0,5
Pada bagian keluar pipa	1,0

Maka, jumlah total hasil dari kerugian *head losses* pada sisi hisap (*suction*) pada persamaan 18 adalah (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$$\text{Total } h_{f,s} = h_{ls} + h_{mn,s} + h_{f1} + h_{f2} \quad (18)$$

$$= 0,0796 \text{ m} + 2,1184 \text{ m} + 0,4150 \text{ m} + 0,0173 \text{ m}$$

$$= 2,6393 \text{ m}$$

3.1.3 Kerugian head losses pada pipa sisi tekan (h_{ld})

Diameter pipa tekan adalah 3 inci sehingga diperoleh diameter dalam pipa pada persamaan 12, yaitu:

$$D_i = 73,8 \text{ mm} = 0,0738 \text{ m}$$

$$Q = 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}$$

Maka,

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_i^2}$$

$$V = \frac{4 \times 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,0738 \text{ m})^2}$$

$$V = 3,2511 \text{ m/s}$$

Untuk menghasilkan bilangan *reynold* diketahui data viskositas kinematik zat cair, (ν) = $8,03 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ pada persamaan 13 yaitu:

$$Re = \frac{v \times D_i}{\nu}$$

$$Re = \frac{3,2511 \text{ m/s} \times 0,0738 \text{ m}}{8,03 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 2,9694 \times 10^5$$

Maka, $Re > 4000$ (Turbulen). Pipa yang digunakan adalah pipa yang sama *galvanis*. Nilai kekasaran pada pipa (e) = 0,15 mm. $e/D = 0,002$

Dengan koefisien kerugian gesek didapatkan dengan cara pencarian diagram *moody* pada yaitu $f = 0,0241$ dan persamaan 14.

$$h_{ld} = f \times \frac{L \cdot \text{dis}}{D_i} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{ld} = 0,0241 \times \frac{10 \text{ m}}{0,0738 \text{ m}} \times \frac{(3,2511 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{ld} = 1,7610 \text{ m}$$

Komponen rugi-rugi minor pada pipa sisi tekan dilihat dari *Resistance coefficients k for valve, elbow, and tees*.

1. *Globe valve (flanged)* 3 inci, $K = 6,1$
2. *Swing check valve (screwed)* 3 inci, $K = 1,80$
3. *Elbow 90° (long radius)* 6 buah 3 inci, $K = 0,29 \times 6 = 1,74$

Maka, jumlah total dari komponen rugi-rugi minor adalah $\Sigma k = 9,64$ pada persamaan 15.

$$h_{mn,d} = \Sigma k \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{mn,d} = 9,64 \times \frac{(3,2511 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 5,1985$$

Kerugian *head losses* pengecilan tiba-tiba pada pipa data yang didapat sebagai berikut:

$$D_i = 0,0738 \text{ m}$$

$$d = 0,0376 \text{ m}$$

Untuk mencari koefisien gesek (k) pada pengecilan tiba-tiba dilihat pada tabel 7 dan tabel 8.

$$V_1 = \frac{4 \times 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,0376 \text{ m})^2} = 12,5236 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{4 \times 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,0738 \text{ m})^2} = 3,2511 \text{ m/s}$$

$$\text{Untuk } \frac{D_i}{d} = \frac{0,0738 \text{ m}}{0,0376 \text{ m}} = 0,5$$

$$K = 0,681$$

Maka,

$$h_{f1} = K \times \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$$h_{f1} = 0,681 \times \frac{(12,5236 \text{ m/s} - 3,2511 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{f1} = 2,9873$$

Kerugian pipa yang masuk *deaerator* menggunakan persamaan 16 dan persamaan 17 sebagai berikut:

$K = 0,5$ didapat dari tabel 4 dan koefisien pada pintu masuk dan keluar pompa.

$$h_{f2} = K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{f2} = 0,5 \times \frac{(3,2511 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,2696$$

Kerugian akibat dari tekanan pompa *deaerator* dengan data yang diamati sebagai berikut:

$$P = 1,5 \text{ bar} = 1,5 \times 10^5 \text{ Pa} = 15295,74 \text{ kg/m}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Maka,

$$h_{f3} = \frac{P}{\rho \times g} = \frac{15295,74 \text{ kg/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 1,5607 \text{ m}$$

Maka, jumlah total hasil dari keugian head losses pada sisi tekan (discharge) menggunakan persamaan 18 adalah

$$\begin{aligned} \text{Total } h_{f,d} &= h_{fd} + h_{mn,d} + h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} \\ &= 1,7610 \text{ m} + 5,1985 \text{ m} + 2,9047 \text{ m} + 0,2696 \text{ m} + 1,5607 \text{ m} \\ &= 11,6875 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, Total } h_f &= h_{f,s} + h_{f,d} \\ &= 2,6303 \text{ m} + 11,6875 \text{ m} \\ &= 14,3178 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_p &= h_a + h_f \\ &= 9,5 \text{ m} + 14,3178 \text{ m} \\ &= 23,8178 \text{ m} \\ &= 24 \text{ m} \end{aligned}$$

3.2. Analisis Putaran Spesifik Pompa

Berdasarkan hasil data pada name plate, maka dapat dicari besar putaran spesifik N_s dengan persamaan 19 sebagai berikut (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$$N_s = n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \tag{19}$$

Dimana:

$$Q = 0,0139 \text{ m}^3/\text{s} = 220,32 \text{ gpm}$$

$$H_p = 42 \text{ m} = 137,7953 \text{ ft}$$

$$n = 2930 \text{ rpm}$$

$$N_s = n \times \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

$$N_s = 2930 \times \frac{\sqrt{220,32}}{(137,7953)^{3/4}}$$

$$N_s = 1081,3562 \text{ rpm}$$

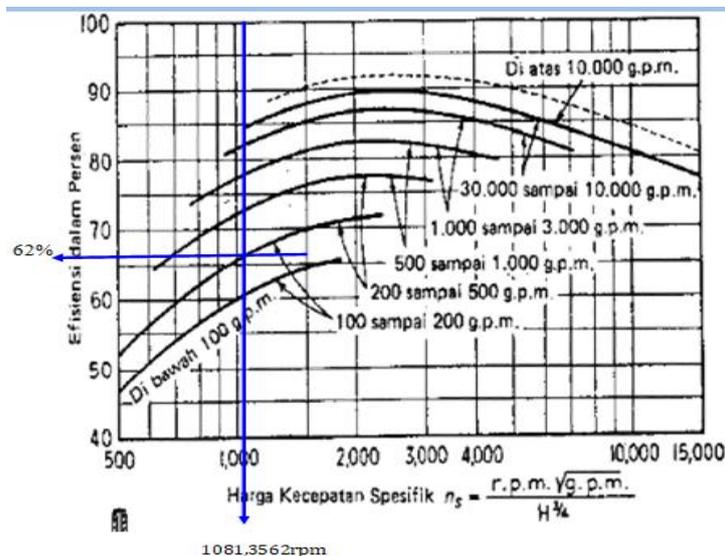
3.3. Analisis Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa dengan grafik hubungan antara putaran spesifik dengan kapasitas aliran fluida dapat dilihat pada gambar 4 yaitu:

$$Q = 0,0139 \text{ m}^3/\text{s} = 220,32 \text{ gpm}$$

$$N_s = 1081,3562 \text{ rpm}$$

$$\text{Efisiensi pompa} = 62\%$$



Gambar 4: Grafik hubungan putaran spesifik dengan kapasitas aliran fluida

3.4. Analisis Daya Pompa Operasional

Daya pompa dan data yang diambil dapat menggunakan persamaan 20 yaitu (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$$P_m = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{\eta_{pompa}} \quad (20)$$

Diketahui,

$$Q = 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_p = 24 \text{ m}$$

$$\eta_{pompa} = 62\% = 0,72$$

$$T_f = 100^\circ\text{C}, \gamma = 9400 \text{ kgf/m}^3$$

Maka,

$$P = \frac{9400 \text{ N/m}^3 \times 24 \text{ m} \times 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}}{0,62}$$

$$P = 5057,8 \text{ watt}$$

$$P = 5,0578 \text{ kW}$$

3.5. Analisis Daya Motor Penggerak

Daya motor penggerak dan data yang diambil dapat menggunakan persamaan 21 yaitu (Sularso dan Haruo Tahara, 2016):

$$P_m = P \frac{1+\alpha}{\eta_t} \quad (21)$$

Diketahui:

$$P = 5,0578 \text{ kW}$$

$$\alpha = 0,2 \text{ (motor induksi dilihat dari tabel 7)}$$

$$\eta_t = 1$$

$$P_m = 5,0578 \text{ kW} \times \frac{1 + 0,2}{1}$$

$$P_m = 6,0694 \text{ kW}$$

Tabel 7: Harga faktor koreksi cadangan daya untuk motor induksi

Jenis penggerak mula	A
Motor induksi	0,1-0,2
Motor bakar kecil	0,15-0,25
Motor bakar besar	0,1-0,2

3.6 Analisis Net Positif ection Head (NSPH)

3.6.1 NSPH yang tersedia

NPSH yang tersedia pada pompa adalah

$$P_a = 1,01325 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2$$

$$T_f = 100^\circ\text{C}, P_v = 10332 \text{ Kgf/m}^2$$

$$h_{sv} = \frac{P_a - P_v}{\gamma} - h_s - h_{f,s}$$

$$h_{sv} = \frac{1,01325 \times 10^5 \text{ kgf/m}^2 - 10332 \text{ kgf/m}^2}{9400 \text{ kgf/m}^3} - 0,9 - 2,7145 \text{ m}$$

$$h_{sv} = 6,4656 \text{ m}$$

3.6.2 NSPH yang dibutuhkan

NPSH yang dibutuhkan pada pompa adalah

$$NPSH_{svn} = \left(\frac{n}{S}\right)^{4/3} \times Q^{2/3}$$

$$n = 2930 \text{ rpm}$$

$$S = 1387,11 \text{ rpm}$$

$$Q = 50 \text{ m}^3/\text{h} = 0,8333 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$\text{Maka, } NPSH_{svn} = \left(\frac{2930 \text{ rpm}}{1387,11 \text{ rpm}}\right)^{4/3} \times (0,8333 \text{ m}^3/\text{menit})^{2/3}$$

$$NPSH_{svn} = 2,4002 \text{ m}$$

Syarat pompa aman dari kavitasi adalah kavitasi NPSH yang tersedia harus lebih besar dari NPSH yang diperlukan.

$$h_{sv} > h_{svn} = 6,4656 \text{ m} > 2,4002 \text{ m.}$$

Pompa *deerator* dengan hasil perhitungan analisis diatas pada tabel 8, yaitu:

Tabel 8: Hasil dari perhitungan data yang didapat

Indikator yang dihitung	Hasil perhitungan
Kapasitas	$Q = 50 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0139 \text{ m}^3/\text{s}$
Head total pompa	$H_p = 24 \text{ m}$
Putaran spesifik pompa	$\eta_s = 1081,3562 \text{ rpm}$
Efisiensi pompa	62%
Daya pompa operasional	$P = 5,0578 \text{ kW}$
Daya motor penggerak	$P_m = 6,0694 \text{ kW}$
NSPH (<i>Net Positif Suction Head</i>)	$h_{sv} > h_{svn} = 6,4656 \text{ m} > 2,4002 \text{ m}$

3.6. Pembahasan

Unjuk kerja pompa bertambah apabila kapasitas pompa bertambah dengan debit aliran akan meningkat. Ini disebabkan karena putaran poros pompa yang memutar impeler berputar semakin tinggi sehingga air yang dipindahkan semakin banyak. *Head* pompa adalah kemampuan suatu pompa untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ketempat lain yang berbeda ketinggian atau kemampuan pompa untuk memindahkan fluida antara dua tempat yang berbeda jaraknya (Siswanto Soeadgihardo, 2013). *Head* pompa di pengaruhi oleh tekanan pada *suction* dan *discharge* dimana semakin bertambah kecepatan sudut pompa maka *head* pompa akan semakin meningkat (Sudarja, 2016). Hal ini disebabkan karena bertambahnya debit fluida yang mengalir yang mengakibatkan tekanan pada sisi *discharge* pompa semakin meningkat. Pada penelitian ini menghasilkan *head* sebesar 24 m. Efisiensi pompa *deaerator* adalah 62 % dan dipengaruhi oleh nilai daya pompa, apabila daya pompa. Semakin besar maka nilai efisiensinya juga akan semakin meningkat dimana kapasitas debit pompa alirannya yang bertambah dan *head* pompa yang semakin bertambah. Penggunaan motor induksi sebagai penggerak awal memiliki factor koreksi yang kecil dan dari hasil perhitungan adalah 6,0694 kW. Adapun kavitas terjadi pada saat penguapan dimana fluida menguap pada tekanan rendah dan temperature menjadi tinggi. Untuk mencegah terjadinya kavitas maka NPSH yang tersedia harus lebih besar dari NPSH yang dibutuhkan (Sularso dan Haruo Tahara, 2016). Penelitian ini menghasilkan NPSH yang tersedia lebih besar dari NPSH yang dibutuhkan sehingga pompa aman dari kavitas. Untuk mencegah terjadinya kavitas maka NSPH yang tersedia harus lebih besar (6,4656 m) dari pada NSPH yang dibutuhkan (2,4002 m).

4. KESIMPULAN

Pompa *deaerator* di PKS Aek Loba PT Socfindo merupakan alat untuk proses memindahkan air yang sudah di netralsisir dari *water treatment* pada *feed water tank* menuju *deaerator tank*. *Head* total pompa lebih rendah dari pada *head* pompa pada *name plate* dan memiliki factor rugi yang kecil dalam sistem perpipaan. Tipe pompa yang digunakan adalah tipe pompa *impeller* radial atau *close impeller*. Adapun faktor yang mempengaruhi efisiensi pompa adalah nilai daya pompa dan faktor yang mempengaruhi diantaranya *head* pompa dan temperatur pada fluida. Pompa memiliki NPSH yang tersedia lebih besar dari pada NPSH yang diperlukan, sehingga meminimalisir kavitas dan *head losses* nya tidak besar dan perawatan komponen-komponen pada pemasangan instalasi pompa yaitu *elbow*, katup, pembesaran pengecilan pipa secara tiba-tiba mengikuti standar pemipaan yang ada di industri. Performa *pompa deaerator* memiliki kurva performa yang mendekati kurva performa pada spesifikasinya sehingga penggunaan pompa air dengan kondisi yang optimum, sehingga mampu menghasilkan efisiensi maksimum merupakan salah satu hal yang penting karena mempengaruhi konsumsi energi listrik di PKS Aek Loba PT. Socfindo terutama pada pompa bertekanan tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur karena berkat dan rahmat yang maha kuasa penulis dapat menyelesaikan artikel ini, serta terima kasih yang sedalamnya karena dukungan finansial yang diberikan oleh Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui Pusat Penelitian Pengabdian Masyarakat, Politeknik Negeri Medan dan Jurusan Teknik Mesin POLMED.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunawan, P. 2018. Rancang Bangun Alat Peraga Sistem Pompa Sentrifugal. Diakses pada 5 Oktober 2021 dari <https://dSPACE.uin.ac.id>.
- Nurmiati Pasra N. & Hakim, F. (2016). Pengoperasian *Water Treatment Plant* di PT PJB Unit *Pembangkitan Paiton*. *Jurnal Energi & Kelistrikan* 7, 41-48.
- PKS Aek Loba PT. Socfindo. (2021). Laporan Proses Produksi CPO dan Kernel di PT Socfin Indonesia.
- Rokhman, T. (2018). Macam-Macam Pompa (*Pump*). Diakses pada 28 September 2021 dari <https://taufiqurrokhman.wordpress.com/2018/04/04/macam-macam-pompa/>.
- Soeadgihardo, S. (2013). Diktat Kuliah Mekanika Fluida diakses pada 25 September 2021 dari <http://repository.ummy.ac.id>.
- Sudarja, S. (2016). Diktat Kuliah Mekanika Fluida diakses pada 10 oktober 2021 dari <http://repository.ummy.ac.id/handle/123456789/3583>.
- Sularso & Haruo Tahara. (2016). Pompa dan Kompresor. Jakarta: PT Pradnya Paramita.