

# EVALUASI KEHILANGAN HEAD SALURAN HISAP POMPA PENGISI OIL BARGE MEL 05

Lasro Pandapotan Simanullang<sup>1)</sup>, Prayitno Ciptoadi<sup>2)</sup>, Fany Laamena<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>S1 Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik, Universitas Pattimura  
Email: [lasromanullang674@gmail.com](mailto:lasromanullang674@gmail.com),

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura  
Email: [pciptoadi69@gmail.com](mailto:pciptoadi69@gmail.com),

<sup>3)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura  
Email: [laamenafany@gmail.com](mailto:laamenafany@gmail.com),

**Abstrak** Kapal tongkang minyak (*Oil Barge*) MEL 05 merupakan kapal pengangkut fluida cair, berupa minyak solar dan minyak mentah kelapa sawit. Panjang pipa hisap yang digunakan untuk menyuplai minyak adalah 34,68 m, berpotensi menyebabkan kehilangan head yang besar saat proses pengisian. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kehilangan head yang terjadi pada pipa hisap. Metode penelitian pengumpulan data melalui observasi lapangan, wawancara, dan studi literatur. Hasil perhitungan kehilangan head pada pipa hisap pengisi untuk minyak solar ke tangki kapal adalah 3,1436 m, sedangkan untuk minyak mentah kelapa sawit mencapai 3,1915 m. Pada saat pembongkaran yaitu pengeluaran fluida minyak dari tangki kapal, kehilangan head untuk minyak solar adalah 4,3290 m dan untuk minyak mentah kelapa sawit 4,4066 m. Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa kerugian kehilangan head akibat panjang pipa hisap jika dibandingkan dengan nilai NPSH yang tersedia masih layak untuk digunakan, tetapi disarankan agar merekonstruksi kembali sistem pompa sehingga kerugian head pada saluran hisap tidak terlalu besar.

**Kata kunci:** kehilangan head, saluran hisap, pompa, *oil barge*.

## 1. PENDAHULUAN

Kapal tongkang minyak (*oil barge*) MEL 05 memiliki panjang 79,25 meter, lebar 18,89 meter dan tinggi geladak 5,48 meter. Kapal tersebut dirancang khusus untuk mengangkut muatan fluida cair, termasuk minyak mentah dan produk olahan lainnya. Kapal ini dilengkapi dengan sistem instalasi pipa dan pompa bertekanan tinggi guna memastikan proses pengisian dan pembongkaran dilaksanakan dengan waktu yang efisien. Pompa merupakan komponen yang berperan penting dalam proses pengisian maupun pembongkaran fluida cair ke tangki kargo kapal tongkang minyak (*oil barge*) MEL 05. Pada saat pengisian ini berlangsung, terdapat masalah yang signifikan terkait dengan jarak antara pipa hisap dan pompa. Jarak antara pipa hisap dan pompa sekitar 34,68 meter, dimana hal tersebut berpotensi menyebabkan kehilangan head selama proses pengisian. Batasan head hisap yang aman pada umumnya berkisar antara 4 hingga 6 meter untuk fluida minyak dalam bentuk vertikal pada suhu ruang (Mott, R. L., 2018). Jika panjang pipa hisap yang berlebihan menghasilkan NPSH yang tersedia (NPSHa) bernilai negatif, hal ini dapat menyebabkan kavitasi, menurunkan kinerja pompa, dan merusak komponen. Sebaliknya jika NPSHa positif, sistem dapat beroperasi dengan efisien, tetapi dengan panjang pipa yang ekstrem, risiko kehilangan head tetap ada. Untuk memastikan operasi yang aman, NPSHa harus selalu lebih besar dari NPSH yang dibutuhkan (NPSHr) oleh pompa (Rosmiati, R., 2019).

Kapal tongkang minyak MEL 05 dilengkapi dengan beberapa sistem, yaitu sistem kargo, sistem elektrik, sistem ballast, sistem navigasi dan keselamatan. Sistem kargo digerakkan 2



prime mover yang memiliki daya 125 kW dan memiliki putaran 2500-2600 rpm. Sistem kargo juga dilengkapi dengan 2 gear pump dengan daya tekanan 10 bar. Kapal ini dilengkapi dengan 12 tangki kargo yang memiliki kapasitas 1.500-5.000 ton sesuai daerah pelayarannya. Setiap tangki kargo dihubungkan dengan sistem pipa yang mampu menahan tekanan fluida sebesar 173,5 bar dengan diameter pipa 200 mm. Sistem kargo juga dilengkapi dengan gate valve yang mampu menahan tekanan fluida 10 Kg/cm<sup>2</sup>. Dalam proses pengisian maupun pembongkaran tangki kapal tersebut, fluida cair akan diarahkan melalui jalur pipa hisap, pompa dan dilanjut menuju ke setiap tangkinya.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan head loss akibat gesekan antara fluida dan dinding pipa serta faktor-faktor yang mempengaruhinya, seperti kecepatan aliran, diameter pipa, dan kekasaran permukaan. Menggunakan analisis, diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai efisiensi sistem perpipaan dan rekomendasi untuk mengurangi kehilangan energi (Rumaherang, dkk., 2023). Studi ini juga mengeksplorasi pengaruh variasi diameter pipa dan pengaturan bukaan katup terhadap kehilangan head dan tekanan dalam sistem instalasi pipa. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap desain dan pengoperasian sistem perpipaan yang lebih efisien, serta merekomendasikan praktik terbaik untuk meningkatkan kinerja sistem (Armansyah, R., 2024).

Kehilangan head pada saluran hisap dipengaruhi oleh panjangnya saluran hisap, banyaknya belokan dan katup serta jenis minyak, maka penulis melakukan penelitian untuk mengevaluasi kehilangan head saluran hisap pompa pengisi oil barge MEL 05. Hasil dari penelitian tersebut akan dijadikan skripsi berjudul "EVALUASI KEHILANGAN HEAD SALURAN HISAP POMPA PENGISI *OIL BARGE* MEL 05".

## **2. METODE**

### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Waktu penelitian berlangsung pada tanggal 1 November 2024 sampai 23 November 2024 di Batam. Tempat penelitian berlangsung di PT. Karya Teknik Utama, Shipyard, Batam.

### **B. Variabel Penelitian**

- a. Variabel Bebas ( $x$ ): Panjang pipa hisap, jumlah elbow pada saluran pipa hisap, jumlah katup pipa hisap, jenis fluida minyak
- b. Variabel Terikat ( $y$ ) : Kehilangan head hisap pompa

### **C. Objek Penelitian**

Adapun objek penelitian ini adalah instalasi pipa hisap kapal tongkang minyak (oil barge) MEL 05.

### **D. Metode Pengumpulan Data**

- a. Metode Observasi Lapangan
- b. Metode Kepustakaan
- c. Metode Wawancara

### **E. Teknik Analisis Data**

#### **a. Tahap Identifikasi**

Dimana data yang diperoleh kemudian diteliti untuk menentukan metode yang digunakan dalam analisa masalah ini.

#### **b. Tahap Analisis**

##### **1) Defenisi head hisap**

Head hisap adalah tinggi kolom cair yang dapat dihisap oleh pompa dari sumber (seperti

tangki atau sumur) ke outlet pompa. Sehingga tinggi kerja pompa atau head total pompa adalah jumlah tinggi energi keseluruhan di tambah dengan tinggi rugi-rugi sepanjang saluran.

$$H = h_a + \nabla h_p + h_1 + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

2) *Net Positive Suction Head (NPSH)*

NPSH adalah ukuran yang digunakan untuk menunjukkan tekanan yang tersedia di inlet pompa yang diperlukan untuk mencegah kavitasi. NPSH terdiri dari dua komponen utama yaitu NPSH Tersedia (NPSHa) dan NPSH diperlukan (NPSHr).

$$NPSH_a = \frac{P_{abs} - P_v}{\gamma} - h_s - h_{fs} \dots\dots\dots (2)$$

3) kerugian mayor

Kerugian Mayor yaitu kerugian head akibat gesekan yang terjadi antara fluida yang mengalir dengan dinding bagian dalam pipa. Kecepatan aliran fluida, di hitung dengan persamaan.

$$Q = A \times Vv = \frac{Q}{A}, \text{ dimana } A = \frac{\pi}{4} \times D^2 \dots\dots\dots (3)$$

Bilangan Reynolds:

$$Re = \frac{v \times d}{\nu} \dots\dots\dots (4)$$

Head statis total (Suction Head) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut

$$h_a = h_d + h_s \dots\dots\dots (5)$$

Untuk hubungan antara fisien gesek pipa dengan aliran turbulen untuk permukaan pipa dapat dinyatakan dengan empiris sebagai berikut:

$$f = \frac{0,25}{\left( \log_{10} \left( \frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right)^2} \dots\dots\dots (6)$$

Untuk menganalisis besar kerugian gesek di digunakan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut:

$$h_{fv} = f \times \left( \frac{L}{d} \right) \times \left( \frac{v^2}{2g} \right) \dots\dots\dots (7)$$

a) Kerugian Minor

Untuk menganalisis besarnya gesekan pada saluran pipa digunakan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut: Kehilangan head pada pipa masuk akibat gesekan antar fluida dan pipa dapat di ketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$h_{fv} = f_m \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (8)$$

Kehilangan head pada belokan dapat dihitung dengan cara menentukan nilai

koefisien geseknya. Untuk menghitung nilai  $f_e$  dihitung menggunakan persamaan Fuller berikut:

Untuk belokan lengkung

$$f_e = \left[ 0,131 + 1,847 \times \left( \frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \times \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (9)$$

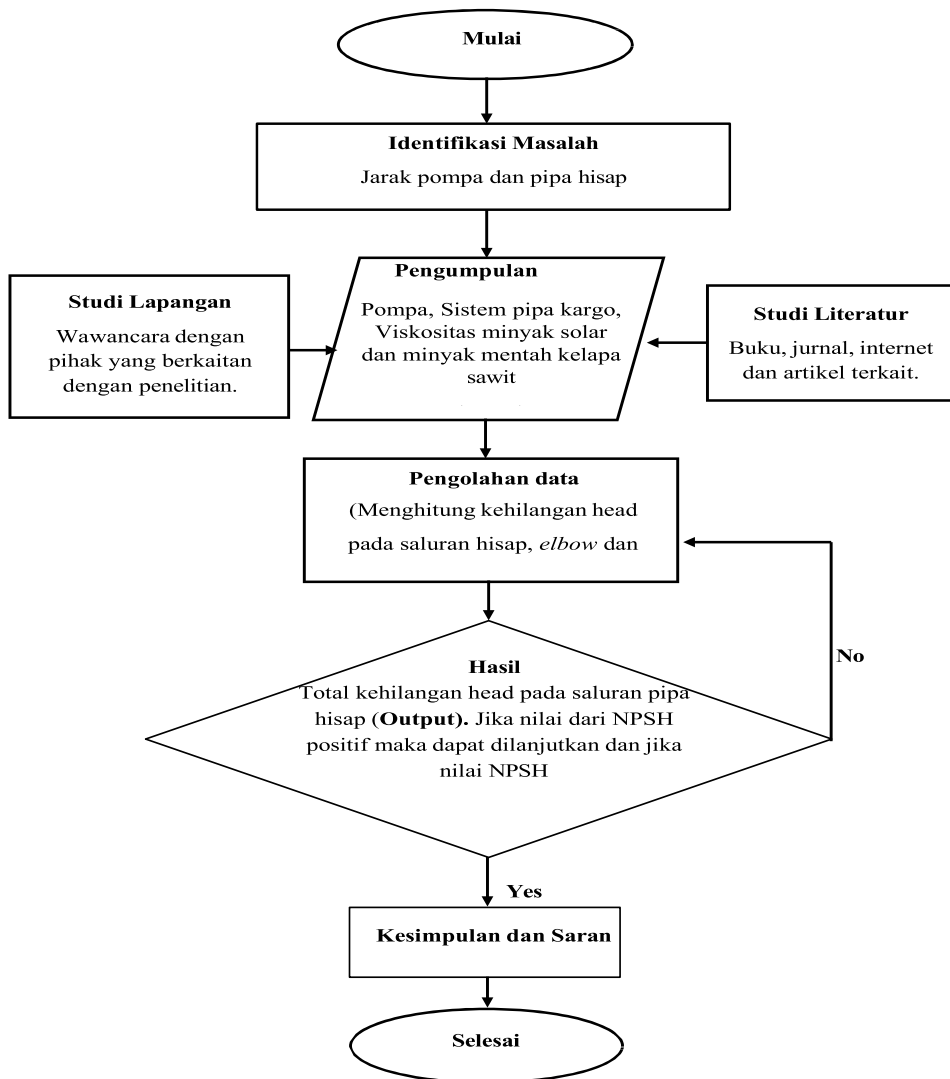
Kehilangan head pada valve akibat terjadi gesekan antar fluida dan valve dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$h_{fv} = f_v \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (10)$$

- c. Perhitungan Head Keseluruhan  
Head total pompa,

$$H_{total} = h_a + \Delta h_p + h_f + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (11)$$

**F. Diagram Alir (Flowchart)**



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil

Data komponen-komponen sistem pipa pada kapal tongkang minyak (*Oil Barge*) MEL 05

Tabel 1 Data Komponen Sistem Pipa Pengisi dan Sistem Bongkar

Nama unit	Data komponen	
	Sistem pengisi	Sistem bongkar
Kapasitas pompa (q)	0,054 m <sup>3</sup> /s	0,054 m <sup>3</sup> /s
Tekanan pompa (p)	10 bar	10 bar
Diameter luar pipa	0,216 m	0,216 m
Diameter dalam pipa	0,200 m	0,200 m
Diameter valve	0,200 m (3 unit)	0,200 m (3 unit)
Diameter elbow	0,200 m (4 unit)	0,200 m (5 unit)
Tinggi pipa	34,68 m	56,194 m
Panjang pipa hisap	2,78 m	1,6 m
Percepatan gravitasi	9,8 m/s <sup>2</sup>	9,8 m/s <sup>2</sup>
Massa jenis solar	820kg/m <sup>3</sup>	820kg/m <sup>3</sup>
Massa jenis minyak kelapa sawit	910 kg/m <sup>3</sup>	910 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas kinematik solar	0.000006 m <sup>2</sup> /s	0.000006 m <sup>2</sup> /s
Viskositas kinematik minyak kelapa sawit	0.0000243 m <sup>2</sup> /s	0.0000243 m <sup>2</sup> /s

#### B. Kerugian Mayor Untuk Sistem Pengisian Fluida Minyak Solar

Kecepatan aliran fluida dapat dihitung berdasarkan persamaan (3) sebagai berikut:

$$v = \frac{0,054m^2}{(3,14/4) \times 0,2^2}, \text{ maka } v = 1,7182 \text{ m/s}$$

Re dapat dihitung berdasarkan persamaan (4) sebagai berikut:

$$Re = \frac{1,7182 \text{ m/s} \times 0,2\text{m}}{0.000006 \text{ m}^2/\text{s}}, \text{ maka } Re = 57272,7273$$

Karena nilai  $Re = 57272,7273$ , lebih dari 4000 ( $Re > 4000$ ) maka aliran minyak solar adalah Aliran Turbulen, koefisien geseknya menggunakan persamaan (6)

$$f = \frac{0,25}{\left( \log_{10} \left( \frac{0,01}{3,7} + \frac{5,74}{57272,7273^{0,9}} \right) \right)^2}, \text{ maka } f = 0,0723$$

Sehingga kerugian akibat gesekan dihitung dengan menggunakan persamaan (7)

$$h_{fv} = 0,0723 \times \left( \frac{34,68 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) \times \left( \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \right), \text{ maka } h_{fv} = 1,8879 \text{ m}$$

Perhitungan Head statis total (Suction Head) dapat dihitung menggunakan persamaan (5) sebagai berikut:

$$h_a = (-2,78 \text{ m}) + 0, \text{ maka } = -2,78 \text{ m (karena inlet pipa hisap berada diatas pompa)}$$

#### C. Kerugian Minor Untuk Sistem Pengisian Fluida Minyak Solar



Kerugian pada pipa masuk dihitung dengan menggunakan persamaan (8), dimana permukaan pipa masuk berbentuk penampang lurus maka koefisien geseknya 0,4 sehingga:

$$h_{fv} = 0,4 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,0602 \text{ m}$$

Kerugian akibat gesekan pada belokan dihitung menggunakan persamaan (12), untuk menghitung koefisien gesek dihitung menggunakan persamaan (9) dimana  $R/D = 1$ ,  $D/R = 1$ , sehingga:

$$f_e = \left[ 0,131 + 1,847 \times \left( \frac{1}{2} \right)^{2,5} \right] \times \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5}, \text{ maka } f_e = 0,2943 \text{ (untuk 1 elbow atau belokan),}$$

Jumlah belokan disepanjang saluran sebanyak 4 belokan, Maka kehilangan head pada belokan:

$$h_{fv} = (0,2943 \times 4) \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,1773 \text{ m}$$

Kerugian pada katub-katub (*valve*) sepanjang saluran pipa dihitung dengan persamaan (10) sebagai berikut:

Tabel 2 Koefisien Kerugian pada Katup Minyak Solar

Fitting	Jumlah	$f$ (koefisien gesek)	$f_{total}$
Gate valve	3	0,17	0,51
Stiner	1	2,75	2,75
Check valve	1	3,5	3,5
Total			6,76

Maka:  $h_{fv} = 6,76 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$ , maka  $h_{fv} = 1,0182 \text{ m}$

Kerugian akibat kecepatan dapat dihitung dengan persamaan (13)

$$h_{fv} = \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,1506 \text{ m}$$

#### D. Perhitungan Head Keseluruhan Untuk Sistem Pengisian Fluida minyak solar

Head total akibat gesekan pada pipa masuk, belokan (*elbow*), katup (*valve*) dan gesekan pada bagian dalam pipa dihitung menggunakan persamaan (14):

$$H_f = 1,8879 \text{ m} + 0,1773 \text{ m} + 1,0182 \text{ m} + 0,0602 \text{ m} \text{ maka } H_f = 3,1436 \text{ m}$$

Maka, head total pompa dihitung dengan persamaan (11). Head statis pada saluran tekan dibuat nol karena perhitungan dilakukan pada saluran hisap.

$$H_{total} = (-2,78 \text{ m}) + 0 + 3,1436 \text{ m} + 0,1506 \text{ m}, \text{ maka } H_{total} = 0,5143 \text{ m}$$

NPSH dihitung dengan persamaan (15):

dimana:  $P_a = 1 \text{ atm} = 10332,274 \text{ kg/m}^2$  dan  $P_v = 0,7 \text{ kPa} = 71,379 \text{ kg/m}^2$

$$NPSH_a = \frac{10332,274 \text{ kg/m}^2}{820 \text{ kg/m}^3} - 2,5 \text{ m} - 3,1436 \text{ m} - \frac{71,379 \text{ kg/m}^2}{820 \text{ kg/m}^3}$$

$$NPSH_a = 6,5896 \text{ m}$$



### E. Kerugian Mayor Untuk Sistem Pengisian Fluida Minyak Mentah Kelapa Sawit

Bilangan Reynolds dapat dihitung berdasarkan persamaan (4) sebagai berikut: maka  $Re = 14141,4141$

$$Re = \frac{1,7182 \text{ m/s} \times 0,2 \text{ m}}{0,0000243 \text{ m}^2/\text{s}}$$

Karena nilai  $Re = 14141,4141$ , lebih dari 4000 ( $Re > 4000$ ) maka aliran minyak mentah kelapa sawit adalah Aliran Turbulen, maka untuk menghitung koefisien geseknya menggunakan persamaan (6) sebagai berikut:

$$f = \frac{0,25}{\left( \log_{10} \left( \frac{0,01/0,2}{3,7} + \frac{5,74}{14141,4141^{0,9}} \right) \right)^2}$$

$$f = 0,0741$$

Sehingga kerugian akibat gesekan dihitung dengan menggunakan persamaan (7) sebagai berikut:

$$h_{fv} = 0,0741 \times \left( \frac{34,68 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) \times \left( \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \right) \text{ maka } h_{fv} = 1,9358 \text{ m}$$

Perhitungan Head statis total (Suction Head) dapat dihitung menggunakan persamaan (5):

$$h_a = (-2,78 \text{ m}) + 0 \text{ maka } h_a = -2,78 \text{ m (karena inlet pipa hisap berada diatas pompa)}$$

### F. Kerugian Minor Untuk Sistem Pengisian Muatan Fluida Minyak Mentah Kelapa Sawit

Kerugian pada pipa masuk dihitung dengan persamaan (8), dimana permukaan pipa masuk berbentuk penampang lurus maka koefisien geseknya 0,4 sehingga:

$$h_{fv} = 0,4 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \text{ , maka } h_{fv} = 0,0602 \text{ m}$$

Kerugian akibat gesekan pada belokan dihitung dengan persamaan (12), untuk menghitung koefisien gesek dengan menggunakan persamaan (9) dimana  $R/D = 1$ ,  $D/R = 1$ , sehingga:

$$f_e = \left[ 0,131 + 1,847 \times \left( \frac{1}{2} \right)^{3,5} \right] \times \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \quad f_e = 4,8384 \text{ (untuk 1 elbow atau belokan)}$$

Jumlah belokan disepanjang saluran sebanyak 4 belokan, Maka kehilangan head pada belokan:

$$h_{fv} = (0,2943 \times 4) \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \text{ , maka } h_{fv} = 0,1773 \text{ m}$$

Kerugian pada katub-katub (*valve*) sepanjang saluran pipa seperti pada table 2 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10)

$$h_{fv} = 6,76 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \text{ maka } h_{fv} = 1,0182 \text{ m}$$

Kerugian akibat kecepatan dihitung dengan persamaan (13) sebagai berikut:



$$h_{fv} = \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \text{ maka } h_{fv} = 0,1506 \text{ m}$$

### G. Perhitungan Head Keseluruhan Untuk Sistem Pengisian Muatan Fluida Minyak Mentah Kelapa Sawit

Head total akibat gesekan pada pipa masuk, *elbow*, katup dan gesekan pada bagian dalam pip dihitung dengan persamaa (14)

$$H_f = 1,9358 \text{ m} + 0,1773 \text{ m} + 1,0182 \text{ m} + 0,0602 \text{ m}, H_f = 3,1915 \text{ m}$$

Head total pompa dihitung dengan persamaan (11). Head statis pada saluran tekan dibuat nol karena perhitungan dilakukan pada saluran hisap.

$$H_t = -2,78 \text{ m} + 0 + 3,1915 \text{ m} + 0,1506 \text{ m}, \text{ maka } H_t = 0,5621 \text{ m}$$

NPSH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (15) sebagai berikut:, dimana:  $P_a = 1 \text{ atm} = 10332,274 \text{ kg/m}^2$  dan  $P_v = 0,01 \text{ kPa} = 1,0197 \text{ kg/m}^2$

$$\text{NPSH}_a = \frac{10332,274 \text{ kg/m}^2}{910 \text{ kg/m}^3} - 2,5 \text{ m} - 3,1915 \text{ m} - \frac{1,0197 \text{ kg/m}^2}{910 \text{ kg/m}^3}, \text{ maka } \text{NPSH}_a = 5,3815 \text{ m}$$

### H. Kerugian Mayor Untuk Sistem Bongkar Fluida Minyak Solar

Bilangan Reynolds dapat dihitung berdasarkan persamaan (4)

$$Re = \frac{1,7182 \text{ m/s} \times 0,2 \text{ m}}{0,000006 \text{ m}^2/\text{s}}, \text{ maka } Re = 57272,7273$$

Karena nilai  $Re = 57272,7273$ , lebih dari 4000 ( $Re > 4000$ ) maka jenis aliran fluida minyak solar adalah Aliran Turbulen, maka untuk menghitung koefisien geseknya menggunakan persamaan (6)

$$f = \frac{0,25}{\left( \log_{10} \left( \frac{0,01/0,2}{3,7} + \frac{5,74}{57272,7273^{0,9}} \right) \right)^2}, \text{ maka } f = 0,0723$$

Sehingga kerugian akibat gesekan dihitung dengan menggunakan persamaan (7).

$$h_{fv} = 0,0723 \times \left( \frac{56,594 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) \times \left( \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \right), \text{ maka } h_{fv} = 3,0591 \text{ m}$$

Perhitungan Head statis total (*Suction Head*) dapat dihitung menggunakan persamaan (5)

$$h_a = 1,6 \text{ m} + 0, \text{ maka } h_a = 1,6 \text{ m}$$

### I. Kerugian Minor Untuk Sistem Bongkar Fluida Minyak Solar

Kerugian pada pipa masuk dihitung dengan menggunakan persamaan (8), dimana permukaan pipa masuk berbentuk penampang beradius maka koefisien geseknya 0,2 sehingga:

$$h_{fv} = 0,2 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,0301 \text{ m}$$

Kerugian akibat gesekan pada belokan dihitung menggunakan persamaan (12), untuk menghitung koefisien gesek dapat menggunakan persamaan (9) dimana  $R/D = 1$ ,  $D/R = 1$ ,



sehingga:

$$f_e = \left[ 0,131 + 1,847 \times \left( \frac{1}{2} \right)^{3,5} \right] \times \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5}, \text{ maka } f_e = 0,2943 \text{ (untuk 1 elbow atau belokan),}$$

jumlah belokan disepanjang saluran sebanyak 5 belokan, Maka kehilangan head pada belokan:

$$h_{fv} = (0,2943 \times 5) \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,2216 \text{ m}$$

Kerugian pada katub-katub (*valve*) sepanjang saluran pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10)

Table 3 Koefisien kerugian pada katup bongkar muat minyak solar

<i>Fitting</i>	Jumlah	<i>f</i> (koefisien gesek)	<i>f</i> <sub>total</sub>
<i>Gate valve</i>	3	0,17	0,51
<i>Stiner</i>	1	2,75	2,75
<i>Check valve</i>	1	3,5	3,5
Total			6,76

Maka: ,  $h_{fv} = 6,76 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$  sehingga  $h_{fv} = 1,0182 \text{ m}$

Kerugian akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (13)

$$\frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \text{ maka } h_{fv} = 0,1506 \text{ m}$$

#### J. Perhitungan Head Keseluruhan Untuk Sistem Pengisian Fluida minyak solar

Head total dapat dihitung menggunakan persamaa (14)

$$H_f = 3,0591 \text{ m} + 0,2216 \text{ m} + 1,0182 \text{ m} + 0,0301 \text{ m}, \text{ maka } = 4,3290 \text{ m},$$

Head total pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (11). Head stastis pada saluran tekan dibuat nol karena perhitungan dilakukan pada saluran hisap.

$$H_t = 1,6 \text{ m} + 0 + 4,3290 \text{ m} + 0,1506 \text{ m} \text{ maka } H_t = 6,0796 \text{ m}$$

NPSH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-6) dimana:  $P_a = 1 \text{ atm} = 10332,274 \text{ kg/m}^2$  dan  $P_v = 0,7 \text{ kPa} = 71,379 \text{ kg/m}^2$

$$\text{NPSH}_a = \frac{10332,274 \text{ kg/m}^2}{820 \text{ kg/m}^3} + 1,6 \text{ m} - 4,3290 \text{ m} - \frac{71,379 \text{ kg/m}^2}{820 \text{ kg/m}^3} \text{ NPSH}_a = 8,5467 \text{ ,m}$$

#### K. Kerugian Mayor Untuk Sistem Bongkar Fluida Minyak Mentah Kelapa

Bilangan Reynolds dapat dihitung berdasarkan persamaan (4)

$$Re = \frac{1,7182 \text{ m/s} \times 0,2 \text{ m}}{0,0000243 \text{ m}^2/\text{s}}, \text{ maka } Re = 14141,4141$$

Karena nilai  $Re = 14141,4141$ , lebih dari 4000 ( $Re > 4000$ ) maka minyak mentah kelapa sawit adalah Aliran Turbulen, maka untuk menghitung koefisen geseknya menggunakan persamaan (6)

$$f = \frac{0,25}{\left( \log_{10} \left( \frac{0,01/0,2}{3,7} + \frac{5,74}{14141,4141^{0,9}} \right) \right)^2}, \text{ maka } f = 0,0741$$



sehingga kerugian akibat gesekan dihitung dengan menggunakan persamaan (7)

$$h_{fv} = 0,0741 \times \left( \frac{54,594 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) \times \left( \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \right), \text{ maka } h_{fv} = 3,1367 \text{ m}$$

Perhitungan Head statis total (Suction Head) dapat dihitung menggunakan persamaan (5)

$$h_a = 1,6 \text{ m} + 0, \text{ maka } h_a = 1,6 \text{ m}$$

#### L. Kerugian Minor Untuk Sistem Bongkar Fluida Minyak Mentah Kelapa Sawit

Kerugian pada pipa masuk dihitung menggunakan persamaan (8), dimana permukaan pipa masuk berbentuk penampang radius maka koefisien geseknya 0,2 sehingga:

$$h_{fv} = 0,2 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \quad h_{fv} = 0,0301 \text{ m}$$

Kerugian akibat gesekan pada belokan dihitung dengan menggunakan persamaan (12), untuk menghitung koefisien gesek dapat menggunakan persamaan (9) dimana  $R/D = 1$ ,  $D/R = 1$ , sehingga:

$$f_e = \left[ 0,131 + 1,847 \times \left( \frac{1}{2} \right)^{3,5} \right] \times \left( \frac{e}{90} \right)^{0,5}, \text{ maka } f_e = 0,2943 \text{ (untuk 1 elbow atau belokan)}$$

jumlah belokan disepanjang saluran sebanyak 5 belokan

$$h_{fv} = (0,2943 \times 5) \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,2216 \text{ m}$$

Kerugian pada katub-katub (*valve*) sepanjang saluran pipa dihitung menggunakan persamaan (10). Untuk koefisien gesek sepanjang saluran pipa seperti pada tabel 5

$$h_{fv} = 6,76 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } H_f = 1,0182 \text{ m}$$

Kerugian akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (13).

$$h_{fv} = \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,1506 \text{ m}$$

#### M. Perhitungan Head Keseluruhan Untuk Sistem Pengisian Fluida minyak Mentah Kelapa Sawit

Head total dapat dihitung menggunakan persamaan (14)

$$H_f = 3,1367 \text{ m} + 0,2216 \text{ m} + 1,0182 \text{ m} + 0,0301 \text{ m}, \text{ maka } H_f = 4,4066 \text{ m}$$

Maka, head total pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (11). Head statis pada saluran tekan dibuat nol karena perhitungan dilakukan pada saluran hisap.

$$H_t = 1,6 \text{ m} + 0 + 4,4066 \text{ m} + 0,1506 \text{ m}, \text{ maka } H_t = 6,1572 \text{ m}$$

#### N. Net Positive Suction Head (NPSH) yang tersedia untuk bongkar minyak mentah kelapa sawit.

NPSH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (15),

dimana:  $P_a = 1 \text{ atm} = 10332,274 \text{ kg/m}^2$  dan  $P_v = 0,01 \text{ kPa} = 1,0197 \text{ kg/m}^2$

$$\text{NPSH}_a = \frac{10332,274 \text{ kg/m}^2}{910 \text{ kg/m}^3} + 1,6 \text{ m} - 4,4066 \text{ m} - \frac{1,0197 \text{ kg/m}^2}{910 \text{ kg/m}^3}, \text{ maka } \text{NPSH}_a = 8,5464 \text{ m}$$



Tabel 4 Hasil perhitungan kehilangan head untuk sistem bongkar fluida solar dan minyak mentah kelapa sawit

Keterangan	Hasil perhitungan sistem pengisi		Hasil perhitungan sistem bongkar	
	minyak solar	minyak mentah kelapa sawit	minyak solar	minyak mentah kelapa sawit
Luas penampang	0,0314 m <sup>2</sup>	0,0314 m <sup>2</sup>	0,0314 m <sup>2</sup>	0,0314 m <sup>2</sup>
Kecepatan fluida	1,7182 m/s	1,7182 m/s	1,7182 m/s	1,7182 m/s
Bilangan reynold	57272,7273	14141,4141	57272,7273	14141,4141
Head statis	-2,78 m	-2,78 m	1,6 m	1,6 m
Kerugian Gesek Dalam pipa	1,8879 m	1,9358 m	3,0591 m	3,1367 m
Kerugian pada pipa masuk	0,0602 m	0,0602 m	0,0301 m	0,0301 m
Kerugian Pada Belokan ( <i>elbow</i> )	0,1773 m	0,1773 m	0,2216 m	0,2216 m
Kerugian Pada Katup ( <i>valve</i> )	1,0182 m	1,0182 m	1,0182 m	1,0182 m
Kerugian akibat kecepatan	0,1506 m	0,1506 m	0,1506 m	0,1506 m
Total head akibat gesekan	3,1436 m	3,1915 m	4,3290 m	4,4066 m
Total head pompa	0,5143 m	0,5621 m	6,0796 m	6,1572 m
NPSH <sub>a</sub>	6,5896 m	5,3815 m	8,5467 m	8,5464 m

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan kerugian head pada sistem pipa hisap pengisi dan sistem pipa hisap untuk bongkar fluida, dapat dilihat bahwa kehilangan head pada sistem pengisi untuk minyak solar sebesar 3,1436 m dan untuk minyak mentah kelapa sawit sebesar 3,1915 m. Sedangkan kehilangan head pada sistem pipa bongkar fluida untuk minyak solar sebesar 4,3290 m dan untuk minyak mentah kelapa sawit sebesar 4,4066 m. Dari hasil kehilangan head tersebut dapat dinyatakan bahwa kerugian akibat panjang pipa hisap jika dibandingkan dengan nilai NPSH yang tersedia masih layak untuk digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andi Sahrul, A. S., Sukran, M., & Sukran, M. (2020). Pembuatan Alat Peraga Hydraulic Gear Pump (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang): 1-51.
- Armansyah, R. (2024). Head Losses Dan Tekanan Instalasi Pipa Dengan Variasi Diameter Pipa Dan Bukaannya Katup (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara).
- Ayre, L. S. (2012). Design and Evaluation of a Marine *Scrubber* System. Graduate Theses, Dissertations, and Problem Reports , 1-90
- Efendi, A. (2022). *Pompa & Kompresor*. Penerbit Andi. Yogyakarta, 1-22.
- Hidayat, N.Y.H (2022). Optimalisasi Penggunaan Alat Bantu Scrubber Dalam Mengatasi Pencemaran Udara Dengan metode Egcs (Exhaust gas cleaning system) Di Mv. HI Port Hedland.
- Mott, R. L. (2006). Applied fluid mechanics (Vol. 1). Pearson Educación. Nasehudin, T. S., & Gozali, N. (2015). Metode penelitian kuantitatif.
- Rennels, D. C. (2022). Pipe flow: A practical and comprehensive guide. John Wiley & Sons.
- Rosmiati, R., Ibrahim, T., & Masykur, M. (2019). ANALISA NPSH KERUSAKAN IMPELLER POMPA CETRIFUGAL CAIRAN CH3OH. Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi, 5(2).
- Rumaherang, E. J., Wattimena, W. M. E., Rawulun, S. M., & Noya, E. (2023). Studi Regim Aliran Fluida Dan Penentuan Head Loss Akibat Gesekan Pada Instalasi Perpipaan. *ALE Proceeding*, 6, 154-161.
- Saidah, A. (2017). Analisa kinerja pompa minyak (pompa bongkar kargo) pada mt. accord. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 2(1), 26-41.