

ANALISIS HEAD LOSSES VERTICAL PUMP-A PADA DEWATERING SYSTEM DI POWER HOUSE PLTA KERINCI MERANGIN HIDRO 350 MW

SULAIMAN ALI¹, MOVI WAHYU²

Dosen Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Padang¹, Mahasiswa Teknik Mesin,
Fakultas Teknik Institut Teknologi Padang²
Sulaemanali3@gmail.com¹, moviwyuadeapranata@gmail.com²

Abstract: *This study discusses the analysis of major and minor head losses in the dewatering system at the Kerinci Merangin Hydro Power Plant 350 MW Power House, specifically in Vertical Pump-A. The dewatering system functions to remove water from the turbine components during the maintenance process. The calculation uses the Darcy-Weisbach approach for major head losses, and local coefficients for minor head losses. The Reynolds number is also calculated to determine the type of fluid flow. The analysis results show that the major head loss in the DN 400 pipe reaches 4.41 meters and the minor is 0.21 meters, with a total pressure loss of 4.62 meters. These results demonstrate the importance of efficient piping system planning to minimize energy loss.*

Keywords: *head losses, dewatering, vertical pump, piping system, hydropower*

Abstrak: Penelitian ini membahas analisis rugi tekanan (head losses) mayor dan minor pada sistem dewatering di Power House PLTA Kerinci Merangin Hidro 350 MW, khususnya pada Vertical Pump-A. Sistem dewatering berfungsi untuk mengeluarkan air dari komponen turbin saat proses perawatan. Perhitungan menggunakan pendekatan Darcy-Weisbach untuk head losses mayor, dan koefisien lokal untuk head losses minor. Nilai Reynolds juga dihitung untuk menentukan jenis aliran fluida. Hasil analisis menunjukkan bahwa head losses mayor pada pipa DN 400 mencapai 4,41 meter dan minor sebesar 0,21 meter, dengan total rugi tekanan sebesar 4,62 meter. Hasil ini menunjukkan pentingnya perencanaan sistem perpipaan yang efisien untuk meminimalkan kehilangan energi.

Kata Kunci: head losses, dewatering, pompa vertikal, sistem perpipaan, PLTA

A. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu bentuk pemanfaatan energi terbarukan yang memanfaatkan energi potensial dan kinetik aliran air untuk menghasilkan listrik. PLTA memiliki peranan penting dalam penyediaan energi listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu proses penting dalam operasional dan pemeliharaan PLTA adalah sistem dewatering, yaitu sistem yang digunakan untuk mengeluarkan atau menguras air dari ruang turbin maupun saluran lain pada saat dilakukan perawatan atau perbaikan.

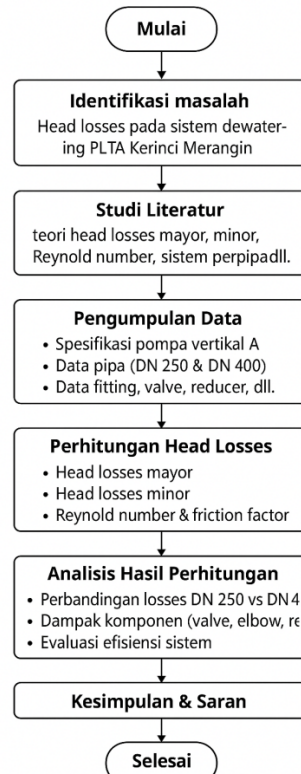
Dalam sistem *dewatering*, air dipindahkan melalui jaringan perpipaan dengan bantuan pompa. Namun, pada proses perpindahan fluida ini terjadi kerugian tekanan atau *head losses* yang dapat memengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. *Head losses* terbagi menjadi dua jenis, yaitu: *Head losses* mayor merupakan kerugian tekanan yang terjadi akibat gesekan antara fluida dengan dinding pipa sepanjang aliran. *Head losses* minor merupakan kerugian tekanan yang disebabkan oleh adanya *fitting*, belokan, katup, perubahan diameter, dan komponen lokal lainnya di sepanjang sistem perpipaan.

Analisis terhadap *head losses* menjadi penting untuk memastikan sistem *dewatering* dapat bekerja secara efisien dan mendukung kelancaran proses perawatan turbin. Jika kerugian tekanan terlalu besar, pompa harus bekerja lebih keras sehingga berdampak pada peningkatan konsumsi energi dan penurunan umur pakai pompa.

Studi ini berfokus pada analisis *head losses* yang terjadi pada *Vertical Pump-A* di Power House PLTA Kerinci Merangin Hidro dengan kapasitas 350 MW. Sistem perpipaan yang dianalisis memiliki diameter nominal (DN) 400 mm. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan *Darcy-Weisbach* untuk menghitung *head losses* mayor dan penggunaan koefisien lokal (*loss coefficient*) untuk menghitung *head losses* minor. Selain itu, nilai bilangan *Reynolds* juga dihitung untuk menentukan karakteristik aliran fluida (laminer atau turbulen) dalam pipa.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran mengenai besarnya kerugian tekanan yang terjadi, serta menjadi bahan pertimbangan dalam perancangan atau evaluasi sistem dewatering agar lebih efisien dan andal.

B. Metodologi



Gambar 1 Diagram Alir

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus dengan pendekatan kuantitatif. Pengumpulan data dilakukan secara langsung dari spesifikasi alat, pengukuran lapangan, dan dokumentasi teknis. Perhitungan *head losses* dilakukan dengan:

a. *Head Losses Mayor (Major Losses)*

Menggunakan rumus *Darcy-Weisbach*:

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.1)$$

Keterangan:

H_f : *head loss* mayor (m)

f : faktor gesekan (friction factor)

L : panjang pipa (m)

D : diameter dalam pipa (m)

v : kecepatan aliran (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

b. *Head Losses Minor (Minor Losses)*

Menggunakan rumus:

$$H_{fm} = \sum K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.2)$$

Keterangan:

\sum : koefisien kehilangan untuk fitting, katup, dan sambungan

v : Kecepatan aliran (m/s)

g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

c. Bilangan Reynolds

Menentukan jenis aliran:

$$Re = v \cdot \frac{D}{\mu} \quad (2.3)$$

Keterangan:

Re : bilangan Reynolds

v : kecepatan aliran (m/s)

D : Diameter pipa (m)

C. Hasil dan Pembahasan

Analisa Head Losses Pompa Vertikal A

Tabel Spesifikasi Pompa Vertikal A

No	Spesifikasi Pompa Vertikal A	
1	Pabrikan	Sanghai Liancheng (Group) Co. Ltd
2	Tipe Pompa	300 L PZ-40
3	Jenis	LP (Z) Vertikal Drainage Pump
4	Daya (Power)	90 kW
5	Kapasitas Aliran	300 m ³ /h
6	Head	40m
7	Kecepatan	1480 rpm
8	Tegangan	380 v

Tabel data Pompa Vertikal A

Pipa	L (m)	CV	GV	Elbow 45	Elbow 90	Reducer	Tee
250	4,06	1	1	2	0	1	0
400	54,08	0	0	0	4	0	1

Tabel Nilai Koefisien pada *valve* dan *fitting* pompa vertikal A

Condition	N	K	ΣK
Elbow 45	2	0,4	0,8
Elbow 90	4	0,9	3,6
Tee	1	1,8	1,8
Reducer	1	0,9	0,9
CV	1	0,75	0,75
GV	1	0,17	0,17

Spesifikasi Pipa

PIPA	D _{out}	T (mm)
250	273,1	9,27
400	406,4	12,7

Perhitungan Data

1. Diameter dalam pipa 250 dan 400

Dari data diatas dapat kita lakukan perhitungan diameter dalam pipa.

Pipa 250:

$$D_{in} = D_{out} - 2(t)$$

$$D_{in} = 273,1 \text{ mm} - 2 (9,27) \text{ mm}$$

$$D_{in} = 254,56 \text{ mm} \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_{in} = 0,25456 \text{ m}$$

Pipa 400:

$$D_{in} = 406,4 \text{ mm} - 2 (9,27) \text{ mm}$$

$$D_{in} = 281 \text{ mm} \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_{in} = 0,281 \text{ m}$$

2. Luas Penampang Pipa 250 dan 400

Dari nilai diameter dalam pipa diatas dapat dilakukan perhitungan luas penampang dari pipa 250 dan 400.

Pipa 250:

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

$$A = \frac{1}{4} \pi 0,25456^2 \text{ m}$$

$$A = 0,050894424 \text{ m}^2$$

Pipa 400

$$A = \frac{1}{4} \pi 0,381^2 \text{ m}$$

$$A = 0,114009183 \text{ m}^2$$

3. Kapasitas aliran dalam pipa

Dari nilai spesifikasi pompa dapat diketahui bahwa kapasitas aliran dalam pipa adalah:

$$Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 300/3600$$

$$Q = 0,0833 \text{ m}^3/\text{s}$$

4. Kecepatan aliran dalam Pipa 250 dan 400

Dari nilai kapasitas aliran dalam pipa diatas dapat kita lakukan perhitungan untuk mengetahui kecepatan aliran dalam pipa dengan rumus:

$$v = Q/A$$

Pipa 250

$$v = 0,0833/0,050894424$$

$$v = 1,63 \text{ m/s}$$

Pipa 400

$$v = 0,0833/0,114008183$$

$$v = 0,73 \text{ m/s}$$

5. Reynold Number

Setelah didapatkan nilai nilai yang dibutuhkan dapat dilakukan perhitungan nilai dari Reynold number.

Pipa 250:

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

$$R_e = \frac{1,63 \cdot 0,25456}{1,004 \times 10^{-3}}$$

$$R_e = 413.279$$

Pipa 400

$$R_e = \frac{0,73 \cdot 0,381}{1,004 \times 10^{-3}}$$

$$R_e = 277.021$$

Dari nilai Reynold number diatas dapat diketahui bahwa aliran dalam pipa berjenis turbulence.

6. Kekasaran relative pipa.

Dapat diketahui dengan menggunakan rumus $\frac{\epsilon}{D}$

Kekasaran relative:

$$\frac{\epsilon}{D} = 0.5 \text{ mm}/281 \text{ mm}$$

Maka kekasaran relative pipa = 0,001

7. *Friction factor*

Dari nilai Reynold number dan kekasaran relative pipa dapat diketahui nilai friction factor adalah 0,020.

8. *Head losses* mayor pompa vertical A

Head losses mayor merupakan kerugian yang terjadi sepanjang pipa.

$$H_f = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$H_f = 0,001 \frac{58,14}{0,381} \cdot \frac{0,73^2}{2(9,81)}$$

$$H_f = 4,14 \text{ m}$$

9. *Head losses* minor Pompa vertical A

Head losses minor merupakan kerugian yang terjadi karena ada nya valve, fitting sepanjang pipa.

$$H_{fm} = \sum k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{fm} = 8,02 \cdot \frac{0,73^2}{2(9,81)}$$

$$H_{fm} = 0,21 \text{ m}$$

10. Tabel hasil perhitungan

Mayor	Minor
4,41 m	0,21 m
4,62 m	

D. Penutup

Berdasarkan hasil analisis head losses mayor dan minor pada sistem dewatering di Power House PLTA Kerinci Merangin Hidro 350 MW, diperoleh beberapa kesimpulan penting. Pertama, head losses mayor dan minor terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi sistem dewatering. Head losses mayor terutama disebabkan oleh gesekan fluida dengan dinding pipa sepanjang aliran, sedangkan head losses minor muncul akibat adanya komponen perpipaan seperti elbow, valve, dan reducer yang mengganggu kelancaran aliran.

Kedua, nilai head losses mayor tercatat lebih tinggi pada pipa berdiameter DN 400 dibandingkan DN 250, yang menunjukkan bahwa konfigurasi dan pemilihan diameter pipa sangat menentukan besarnya rugi tekanan. Oleh karena itu, desain sistem perpipaan perlu mempertimbangkan keseimbangan antara kapasitas aliran dan rugi tekanan.

Ketiga, integrasi yang baik antara desain pompa dan jaringan perpipaan menjadi kunci untuk menjaga efisiensi sistem dewatering. Desain yang kurang optimal dapat meningkatkan head losses secara signifikan, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan konsumsi energi dan menurunkan performa pompa.

Terakhir, untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem dewatering, perlu dilakukan optimalisasi layout perpipaan, penggunaan fitting dengan desain low-loss, serta evaluasi ulang spesifikasi pompa. Langkah-langkah tersebut diharapkan dapat menekan rugi tekanan dan mendukung kinerja sistem secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

- Cengel, Y.A., & Cimbala, J.M. (2014). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill.
- White, F.M. (2011). *Fluid Mechanics* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Streeter, V.L., et al. (1998). *Fluid Mechanics* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Sularso & Soepangkat. (1995). *Pompa dan Kompresor*. PT Pradnya Paramita

- Cengel, Y.A., & Cimbala, J.M. (2014). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill.
- White, F.M. (2011). *Fluid Mechanics* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Streeter, V.L., et al. (1998). *Fluid Mechanics* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Sularso & Soepangkat. (1995). *Pompa dan Kompresor*. PT Pradnya Paramita.