

ANALISIS HEAD LOSSES PADA MESIN POMPA AIR SAWAH

Achmad Rijanto^{*1)} dan Suesthi Rahayuningsih^{*2)}

^{*1,2)}Universitas Islam Majapahit, Mojokerto

Email: rijanto1970@gmail.com

ABSTRAK

Ketika fluida melalui pipa atau saluran terdapat pengurangan dari energi yang dialirkan searah dengan aliran fluida. Pengurangan energi ini mengakibatkan terjadinya kerugian tinggi (*head losses*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *head losses* pada mesin pompa air yang biasa digunakan di persawahan. Metode penelitian ini menggunakan penghitungan *head losses* pompa berdasarkan spesifikasi sebagai berikut; *head* dorong maksimal 32 m, *head* hisap maksimal 8 m, kapasitas aliran maksimal 1000 liter/menit, diameter pipa hisap 3 inci, diameter pipa dorong 3 inci, tegangan listrik 220 V, daya keluaran maksimal motor (bersih) 4,8 HP/3600 rpm dan daya keluaran maksimal motor (kotor) 5,5 HP/3600 rpm. Dari hasil penelitian diperoleh, bahwa *head losses* pompa air sawah 9,54 m, terdiri dari *head losses* pipa hisap sebesar 1,908 m dan *head losses* pipa dorong sebesar 7,632 m.

Kata Kunci: kerugian head, pompa air sawah, pipa hisap, pipa dorong

ABSTRACT

When a fluid passes through a pipe or conduit there was a reduction in the energy flowing in the direction of the fluid flow. This energy reduction results in high losses (head losses). This study aims to determine head losses in water pump machines commonly used in rice fields. This research method uses pump head losses calculation based on the following specifications; maximum discharge head 32 m, maximum suction head 8 m, maximum flow capacity 1000 liters/minute, 3 inch suction pipe diameter, 3 inch discharge pipe diameter, 220 V mains voltage, maximum motor output power (net) 4.8 HP/3600 rpm and maximum motor output power (gross) 5.5 HP/3600 rpm. From the results of the study, it was found that the head losses of the paddy water pump were 9.54 m, consisting of the suction pipe head losses of 1.908 m and the discharge pipe head losses of 7.632 m.

Keywords: head loss, paddy water pump, suction pipe, discharge pipe

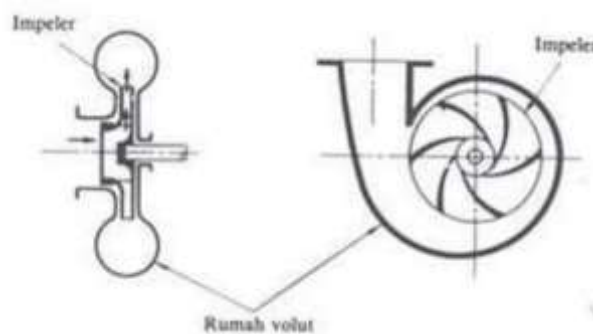
PENDAHULUAN

Head losses pada mesin pompa air pasti terjadi, namun seberapa besar *head losses* yang terjadi perlu dilakukan analisis. Pada spesifikasi mesin pompa air tidak dicantumkan besarnya *head losses*, namun dari spesifikasi yang ada dapat diketahui seberapa besar *head losses* yang terjadi pada pompa. Dengan adanya *head losses* ini, maka energi dari fluida yang dipindahkan melalui saluran dapat mengalami pengurangan. Adanya pengurangan energi disebabkan terjadinya *head losses*, mengakibatkan kerugian bagi konsumen pompa air, karena dianggap apa yang ada di spesifikasi tidak sesuai pada kenyataannya. Pada pompa air biasanya yang berkaitan dengan head, hanya dicantumkan *head* maksimum, yang terdiri dari *head* dari pipa hisap maksimum dan *head* dari pipa dorong maksimum. Disamping besarnya *head* maksimum, ada faktor lain untuk

mengetahui *head losses* dari pompa air, yaitu karakteristik aliran fluida yang melalui pipa, baik pada pipa hisap maupun pipa dorong. Pada fluida yang mengalir melalui pipa, terdapat koefisien kerugian gesek terhadap bagian dalam pipa. Hal ini dapat mempengaruhi kecepatan fluida pada saluran pipanya. Kapasitas efektif pompa dapat diketahui, setelah kecepatan fluida yang mengalir dalam pipa diketahui. Analisis penghitungan besarnya *head losses* pompa dapat diketahui dari spesifikasi variabel yang ada, disamping juga koefisien rugi gesek pipa dalam sangat mempengaruhi besarnya *head losses*. Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *head losses* pada pompa sentrifugal jenis pompa air sawah.

Pompa merupakan suatu mesin fluida yang mempunyai fungsi untuk mengalirkan fluida dari tempat yang satu ke tempat yang lain. Hal ini bisa terjadi karena adanya energi yang diberikan pompa pada fluida. Dengan adanya energi ini, fluida dapat mengalir. Pompa digerakkan oleh penggerak mula, dapat berupa motor listrik atau motor torak (Sularso, & Tahara, 2000).

Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa dimana di dalamnya terdapat sudu-sudu yang berputar yang dapat menghasilkan gaya sentrifugal maupun lift yang dapat membentuk *head*. Pada gambar 1, dapat dilihat jenis pompa sentrifugal. Pompa ini dapat mengangkat air dari tempat rendah ke tempat tinggi karena mempunyai sebuah *impeller* (baling-baling) (Stepanoff, 1957).



Gambar 1. Jenis pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal mempunyai *suction* yang berbeda. Ada yang bekerja dengan *single suction* dan ada yang *double suction*. Hal ini tergantung pada arah masukan fluida ke dalam *impeller*, apakah arah masuknya satu arah apa dua arah. Pada pompa *double suction*, paktis hilang untuk dorongan belakang terhadap poros praktis hilang, dan pada ukuran tertentu kecepatan masukan *impeller* berkurang (Dietzel, 1988).

Kerugian *head* (*head losses*) adalah kerugian-kerugian yang diakibatkan fluida melewati saluran, sehingga pada arah aliran cenderung terjadi pengurangan terhadap energi total yang dipindahkan. Terjadinya pengurangan energi yang dipindahkan terbagi menjadi dua kerugian secara umum yaitu kerugian gesek dan kerugian minor. Kerugian gesek terjadi akibat adanya gesekan pergerakan fluida terhadap permukaan dalam saluran. Kerugian ini juga karena adanya benturan aliran fluida dengan kecepatan bergerak yang tidak sama yang mengakibatkan kehilangan energi kinetis (White, 2008).

Kerugian *head* pada pipa atau saluran tertutup yang diakibatkan oleh gesekan berbanding lurus terhadap kecepatan dan panjang saluran, serta berbanding terbalik terhadap diameter saluran. Hal ini ditunjukkan pada persamaan Darcy, persamaan 1.

$$h_l = \lambda \frac{LV^2}{D2g} \quad \dots (1)$$

dimana :

h_l = kerugian dalam pipa (m), D = diameter pipa (m), L = panjang pipa (m), λ = koefisien kerugian gesek, V = kecepatan fluida pada pipa (m/detik), g = percepatan gravitasi (m/detik²).

Dari penelitian sebelumnya head total menurun, jika debit pompa naik. Dengan demikian head total berbanding terbalik terhadap debit fluida, dimana pada debit yang paling besar nilai head terendah didapat (Putro et al., 2020). Pada pompa sentrifugal nilai head dipengaruhi oleh debit dari pompa sentrifugal tersebut. Semakin kecil debit pompa, maka semakin besar nilai head pompa sentrifugal (Choirul Anam et al., 2020).

Aliran Turbulen

Bilangan Reynolds pada aliran turbulen mempunyai nilai lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$). Di dalam aliran fluida pola garis arus pada aliran turbulen tidak teratur atau berfluktuasi (bergejolak). Pada gambar 2 ditunjukkan pola garis arus aliran turbulen:



Gambar 2. Pola garis arus aliran turbulen

Pada setiap hidrolika pola aliran turbulen sering terjadi. Pola gerakan aliran turbulen tidak menunjukkan pola gerakan yang mudah diamati dan partikel fluidanya tidak membentuk frekwensi tertentu (Al-Shemmeri, 2012). Kerugian akibat gesekan yang

terjadi dalam pipa pada aliran turbulen dapat dihitung, dengan mengetahui terlebih dulu besarnya koefisien kerugian gesek untuk pipa dalam (λ), yang ditunjukkan pada persamaan 2 berikut:

$$\lambda = 0,02 + \frac{0,0005}{D} \quad \dots (2)$$

dimana :

λ = koefisien kerugian gesek, D = diameter pipa

Dari eksperimen sebelumnya besarnya bilangan reynold atau karakteristik aliran sangat mempengaruhi besarnya koefisien gesek. Semakin besar blangan reynold, maka semakin kecil koefisien geseknya (Subagyo, 2011).

Kecepatan aliran fluida dalam pipa

a. Kecepatan aliran fluida dalam pipa hisap

Kecepatan aliran fluida dalam pipa hisap dapat diketahui menggunakan persamaan 3 berikut:

$$V_s = \frac{4Q_{ep}}{\pi D_s^2} \quad \dots (3)$$

dimana :

V_s = kecepatan fluida dalam pipa hisap (m/detik), Q_{ep} = kapasitas efektif pompa (m³/detik), D_s = diameter pipa hisap (m).

Pada pompa sentrifugal kapasitas pompa sangat dipengaruhi oleh besarnya diameter pipa, dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa semakin besar diameter pipa, maka semakin besar pula kapasitas pompa yang dihasilkan (Muhammad & Jawwadi, 2018).

b. Kecepatan aliran fluida dalam pipa dorong

Kecepatan aliran fluida dalam pipa dorong dapat diketahui menggunakan persamaan 4 berikut:

$$V_d = \frac{4Q_{ep}}{\pi D_d^2} \quad \dots (4)$$

dimana :

V_d = kecepatan fluida dalm pipa dorong (m/detik), Q_{ep} = kapasitas efektif pompa (m³/detik), D_d = diameter pipa dorong (m).

a. Kerugian *head* dalam pipa hisap

Untuk menghitung kerugian *head* (*head losses*) dalam pipa hisap dapat menggunakan persamaan 5 berikut:

$$h_{ls} = \lambda \frac{L_s V_s^2}{D_s 2g} \quad \dots (5)$$

dimana :

h_{ls} = kerugian *head* pada pipa hisap (m), D_s = diameter pipa hisap (m), L_s = panjang pipa hisap (m), λ = koefisien kerugian gesek, V_s = kecepatan fluida dalam pipa hisap (m/detik), g = percepatan gravitasi (m/detik²).

b. Kerugian *head* dalam pipa dorong

Untuk menghitung kerugian *head* (*head losses*) dalam pipa dorong dapat menggunakan persamaan 6 berikut:

$$h_{ld} = \lambda \frac{L_d V_d^2}{D_d 2g} \quad \dots (6)$$

dimana :

h_{ld} = kerugian *head* pada pipa hisap (m), D_d = diameter pipa hisap (m), L_d = panjang pipa hisap (m), λ = koefisien kerugian gesek, V_d = kecepatan fluida pada pipa hisap (m/detik), g = percepatan gravitasi (m/detik²).

Di samping kerugian *head* pada pipa hisap (h_{ls}) dan pipa dorong (h_{ld}), juga terdapat kerugian *head* yang diakibatkan oleh kontraksi dalam pipa hisap ($h_{l_{sk}}$) dan kontraksi dalam pipa dorong ($h_{l_{de}}$). Dalam penelitian ini kerugian *head* yang diakibatkan oleh kontraksi pada pipa hisap ($h_{l_{sk}}$) dan kontraksi pada pipa dorong ($h_{l_{de}}$) diabaikan.

Kerugian *head* total dalam pipa (total *head losses*):

Untuk menghitung kerugian *head* (*head losses*) total dalam pipa dapat menggunakan persamaan 7 berikut:

$$h_l = h_{ls} + h_{ld} + h_{l_{sk}} + h_{l_{de}} \quad \dots (7)$$

dimana:

h_l = kerugian *head* total pada pipa (m), h_{ls} = kerugian *head* pada pipa hisap (m), h_{ld} = kerugian *head* dalam pipa hisap (m), $h_{l_{sk}}$ = kerugian *head* akibat kontraksi dalam pipa hisap (m), $h_{l_{de}}$ = kerugian *head* akibat ekspansi dalam pipa dorong (m).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode menghitung *head losses* berdasarkan spesifikasi dari mesin pompa air sawah yang sudah dikeluarkan oleh pabrik. Tahapan penelitian atau prosedur penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat berupa diagram alir penelitian pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Adapun tahapan penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut; 1. merumuskan masalah penelitian yaitu menghitung *head losses* pada mesin pompa air sawah, 2. mencari literature atau pustaka yang berkaitan dengan rumusan masalah yang diteliti, meliputi seluk beluk pompa, mekanika fluida dan literatur yang menunjang penelitian lainnya, 3. mengambil data penelitian mengacu pada spesifikasi dari pompa, sekaligus melakukan pencarian data lain yang terkait dengan *head losses*, 4. menganalisis data yang telah diperoleh dan melakukan penghitungan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang relevan dengan dengan rumusan masalah penelitian sekaligus melakukan pembahasan, 5. berdasarkan analisis dan pembahasan, kemudian membuat kesimpulan akhir penelitian dan saran yang diperlukan guna penelitian lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan pompa air sawah sebagai obyek penelitian. Pada gambar 3 ditunjukkan jenis pompa air sawah yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 3. Mesin pompa air sawah

Pada tabel 1 dapat dilihat data spesifikasi mesin pompa air sawah yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Data spesifikasi mesin pompa air sawah

| No | Spesifikasi | Nominal | Satuan |
|----|--------------------------------------|---------|--------------|
| 1 | Diameter pipa hisap | 3 | inci |
| 2 | Diameter pipa dorong | 3 | inci |
| 3 | Head dorong maksimal | 32 | m |
| 4 | Head hisap maksimal | 8 | m |
| 5 | Kapasitas aliran maksimum | 1000 | liter/menit |
| 6 | Volume silinder | 163 | cc |
| 7 | Daya <i>output</i> maksimal (bersih) | 4,8 | HP/ 3600 rpm |
| 8 | Daya <i>ouput</i> maksimal (kotor) | 5,5 | HP/ 3600 rpm |
| 9 | Kapasitas isi maksimal oli mesin | 0,6 | liter |
| 10 | Kapasitas isi maksimal bahan bakar | 3,8 | liter |

Berdasarkan spesifikasi data yang ada dari tabel 1, agar dapat memperoleh data yang lebih akurat dalam melakukan penghitungan *head losses*, maka perlu data tersebut diolah dengan melakukan konversi satuan data-data yang ada pada tabel 1. Pada tabel 2, ditunjukkan data hasil konversi satuannya.

Tabel 2. Data hasil konversi satuan

| No | Spesifikasi | Nominal | Satuan |
|----|--------------------------------------|----------|-----------------------|
| 1 | Diameter pipa hisap | 0,0762 | m |
| 2 | Diameter pipa dorong | 0,0762 | m |
| 3 | Head dorong maksimal | 8 | m |
| 4 | Head hisap maksimal | 32 | m |
| 5 | Kapasitas aliran maksimum | 0,0167 | m ³ /detik |
| 6 | Volume silinder | 0,000163 | m ³ |
| 7 | Daya <i>output</i> maksimal (bersih) | 3579 | watt/ 3600 rpm |
| 8 | Daya <i>ouput</i> maksimal (kotor) | 4101 | watt/ 3600 rpm |
| 9 | Kapasitas isi maksimal oli mesin | 0,0006 | m ³ |
| 10 | Kapasitas isi maksimal bahan bakar | 0,0038 | m ³ |

Berdasarkan data dari tabel 2, maka analisis *head losses* dapat dilakukan dengan melakukan penghitungan berdasarkan data yang ada dan variabel terkait lainnya.

Analisis *head losses*:

Besarnya *head losses* (h_l) dapat dihitung, setelah diketahui besarnya *head losses* dalam pipa hisap (h_{ls}) dan pipa dorong (h_{ld}). Untuk mengetahui besarnya *head losses* dalam pipa hisap (h_{ls}) dan pipa dorong (h_{ld}), maka perlu diketahui besarnya 5 variabel yang lain, yaitu; koefisien kerugian gesekan (λ), panjang pipa hisap (L_s) dan pipa dorong (L_d), kecepatan aliran fluida pada pipa hisap (V_s) dan pipa dorong (V_d), dan diameter pipa hisap (D_s) dan pipa dorong (D_d), serta percepatan gravitasi bumi (g).

Koefisien kerugian gesekan (λ) pada pipa dapat diketahui, dengan menganalisis karakteristik aliran fluida dalam pipa hisap dan pipa dorong. Pada penelitian ini telah diketahui, bahwa karakteristik aliran fluida pada pipa hisap dan pipa dorong adalah aliran turbulen.

a. Analisis dan penghitungan *head losses* dalam pipa hisap (h_{ls}).

Besarnya h_{ls} dapat dihitung, setelah besarnya λ pada pipa hisap diketahui. Dari penghitungan telah diperoleh D_s sebesar 0,0762 m, maka dengan memasukkan besarnya D_s ke persamaan 2, diperoleh besarnya λ pada pipa hisap sebesar 0,026562. Besarnya h_{ls} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5. Dari penghitungan sebelumnya telah diketahui λ pada pipa hisap sebesar 0,026562, L_s sebesar 8 m, V_s sebesar 3,663843 m/detik, D_s sebesar 0,0762 m dan g sebesar 9,81 m/detik². Berdasarkan analisis dan penghitungan yang dilakukan, maka diperoleh besarnya h_{ls} adalah 1,908 m. Data dan hasil analisis *head losses* pada pipa hisap (h_{ls}) ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Data dan hasil analisis h_{ls}

| No | Variabel | Nominal | Satuan |
|----|-----------|----------|----------------------|
| 1 | λ | 0,026562 | --- |
| 2 | L_s | 8 | m |
| 3 | V_s | 3,663843 | m/detik |
| 4 | D_s | 0,0762 | m |
| 5 | g | 9,81 | m/detik ² |
| 6 | h_{ls} | 1,908 | m |

b. Analisis dan penghitungan *head losses* dalam pipa dorong (h_{ld}).

Besarnya h_{ld} dapat dihitung, setelah besarnya λ pada pipa dorong diketahui. Dari penghitungan telah diperoleh D_d sebesar 0,0762 m, maka dengan memasukkan besarnya D_d ke persamaan 2, diperoleh besarnya λ pada pipa dorong sebesar 0,026562. Besarnya h_{ld} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6. Dari penghitungan sebelumnya telah diketahui λ pada pipa dorong sebesar 0,026562, L_d sebesar 32 m, V_d sebesar

3,663843 m/detik, D_d sebesar 0,0762 m, dan g sebesar 9,81 m/detik². Berdasarkan analisis dan penghitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh besarnya h_{ld} adalah 7,632 m. Data dan hasil analisis *head losses* pada pipa dorong (h_{ld}) ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Data dan hasil analisis h_{ld}

| No | Variabel | Nominal | Satuan |
|----|-----------|----------|----------------------|
| 1 | λ | 0,026562 | --- |
| 2 | L_d | 32 | m |
| 3 | V_d | 3,663843 | m/detik |
| 4 | D_d | 0,0762 | m |
| 5 | g | 9,81 | m/detik ² |
| 6 | h_{ld} | 7,632 | m |

Dari tabel 3 dan tabel 4 telah diketahui h_{ls} sebesar 1,908 m dan h_{ld} sebesar 7,632 m. Dengan mengabaikan besarnya kerugian akibat kontraksi pada pipa hisap ($h_{l_{sk}}$) dan kerugian akibat ekspansi pada pipa dorong ($h_{l_{de}}$), maka dengan menggunakan persamaan 9 diperoleh besarnya total *head losses*. Total *head losses* pada mesin pompa air sawah diperoleh sebesar 9,54 m.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan, bahwa: total *head losses* (h_l) pompa air sawah sebesar 9,54 m, terdiri dari *head losses* pipa hisap (h_{ls}) sebesar 1,908 m dan *head losses* pipa dorong (h_{ld}) sebesar 7,632 m.

Saran yang dapat disampaikan, agar dapat lebih memaksimalkan hasil penelitian ini adalah perlu adanya analisis lebih lanjut *head losses* kontraksi dan ekspansi akibat penyempitan dan pelebaran diameter pipa, sehingga besarnya variabel ini dapat diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Shemmeri, T. (2012). *Engineering Fluid Mechanic*. Al-Shemmeri.
- Choirul Anam, R., Widodo, E., Iswanto, & Fahrudin, A. (2020). Comparative Analysis of the Head Loss of Two Centrifugal Pumps in a Fluid Test Laboratory. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v5i1.409>
- Dietzel, F. (1988). *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Erlangga.
- Muhammad, A., & Jawwadi, B. (2018). *Teknik Analisa Perbedaan Diameter Suction Pada Pompa Sentrifugal Merek Prima Tipe Poros Horisontal*. 07, 44–52.
- Putro, E. P., Widodo, E., Fahrudin, A., & Iswanto, I. (2020). Analisis Head Pompa

Sentrifugal Pada Rangkaian Seri Dan Paralel. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 21(2), 46–56. <https://doi.org/10.23917/mesin.v21i2.10671>

Stepanoff, A. J. (1957). *Centrifugal and Axial Flow Pumps* (2nd ed.). John Wiley and Sons.

Subagyo, R. (2011). Analisis Faktor Gesekan Pada Pipa Lurus Dengan Variasi Debit Aliran. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 3(Turnbull 1986), 6–17.

Sularso, & Tahara, H. (2000). *Pompa dan Kompresor*. Pradnya Paramita.

White, F. (2008). *Fluid Mechanic* (7th ed.). McGraw Hill.