
EVALUASI EFISIENSI POMPA SENTRIFUGAL PADA RUMAH TANGGA DI DESA GERIH - KABUPATEN NGAWI

Oleh

Diana Rachmawati¹, Farikhatul Iza Riris², Fariz Ahmad Nurfaizi³, Fitrotus Sa'adah⁴
^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

E-mail: ¹diana.rachmawati@polinema.ac.id

Article History:

Received: 21-03-2024

Revised: 18-04-2024

Accepted: 23-04-2024

Keywords:

Pompa, Efisiensi, Daya,
Mechanical Energy

Abstract: Pompa merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dengan cara menaikkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusi fluida. Pada kelompok rumah tangga, jenis pompa yang biasa digunakan untuk mendistribusikan air bersih adalah pompa sentrifugal. Pemilihan daya pompa yang terpasang pada kelompok rumah tangga pada umumnya hanya berdasarkan. Hal ini akan membebani pemakaian energi jika daya pompa terpasang lebih besar dari daya pompa yang dibutuhkan. Evaluasi perlu dilakukan untuk mengetahui efisiensi pompa terpasang saat ini agar dapat dilakukan evaluasi untuk jangka panjang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis kualitatif. Data pendukung dikumpulkan kemudian diolah dan dianalisis dengan persamaan mechanical energy balance. Hasil evaluasi daya pada pompa terpasang diperoleh efisiensi pompa sebesar 57,4%. Rendahnya efisensi dikarenakan pemilihan ukuran pompa yang oversize dari segi kapasitas dan head. Hal ini menyebabkan konsumsi energi listrik membesar. Penghematan energi dapat dilakukan dengan mengganti spesifikasi daya pompa terpasang dengan daya pompa pasaran minimal 200 Watt.

PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari adalah air bersih. Air bersih dibutuhkan oleh banyak sektor mulai dari kebutuhan rumah tangga hingga sektor industri. Secara umum pelanggan air bersih diklasifikasikan menjadi empat kelompok, yaitu: kelompok rumah tangga, kelompok instansi pemerintah, kelompok niaga dan industri, dan kelompok sosial, khusus dan lainnya. Berdasarkan data BPS Jawa Timur (2022) ¹, pelanggan terbesar air bersih dari ke empat kelompok tersebut adalah kelompok rumah tangga yaitu sebesar 92,51%. Air bersih sendiri lebih sering disebut sebagai air baku yang dapat berasal

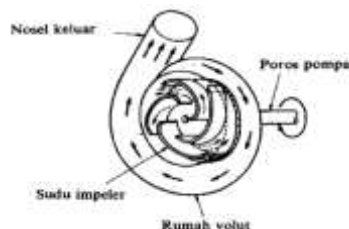
¹ Fajar Choirul Anwar, *Statistik Air Bersih Jawa Timur 2022* (Surabaya: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2022).

dari air tanah, air permukaan, dan air hujan².

Pemenuhan kebutuhan air bersih agar dapat sampai pada kelompok pelanggan harus didukung oleh jaringan distribusi seperti sistem pemipaan. Masalah yang biasa muncul pada sistem distribusi air bersih adalah kurangnya tekanan air sehingga aliran air tidak terdistribusi secara merata³. Pompa merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dengan cara menaikkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusi fluida dari hulu ke hilir⁴. Pada kelompok rumah tangga, jenis pompa yang biasa digunakan untuk mendistribusikan air bersih adalah pompa sentrifugal⁵. Pemilihan daya pompa yang terpasang pada kelompok rumah tangga mayoritas hasil dari perkiraan dan tidak melalui perhitungan pasti. Hal ini akan membebani pemakaian energi jika daya pompa terpasang lebih besar dari daya pompa yang dibutuhkan. Selain mengakibatkan penggunaan energi yang tidak efisien, juga akan menyebabkan tingginya biaya listrik yang harus dibayarkan⁶. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi pada pompa terpasang untuk mengetahui efisiensi pompa terpasang saat ini agar dapat dilakukan evaluasi untuk jangka panjang.

LANDASAN TEORI

Pompa adalah alat yang berfungsi untuk memindahkan fluida *incompressible*⁷. Berdasarkan jenisnya pompa diklasifikasikan menjadi 2 kelompok, yaitu pompa positive displacement dan pompa dinamis. Pompa sentrifugal yang secara umum digunakan pada kelompok rumah tangga masuk ke dalam klasifikasi pompa dinamis⁸. Karakteristik utama dari pompa tekanan dinamis yaitu mempunyai *impeller* dengan sudu-sudu yang akan mengalirkan fluida cair secara terus-menerus yang akan mengalir diantara sudu-sudu *impeller*⁹.



Gambar 1. Bagian Pompa Sentrifugal

² Apik Adzani Diandi, Eka Wardhani, and Agung Ghani Kramawijaya, "Analisis Sumber Air Baku Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Rusunawa Giriasih," *Journal of Environmental Engineering & Waste Management* 4, no. 2 (2019): 68–77.

³ Kharina Hardiana Dewi, Koosdayani, and Adi Yusuf Muttaqien, "Analisis Kehilangan Air Pada Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo," *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil* 9, no. 1 (2015): 9–16.

⁴ Bayu Kusumajati, Solichin, and Koosdayani, "Analisis Distribusi Air Pada Sistem Penyediaan Air Minum Kampus Universitas Sebelas Maret Dengan Epanet," *Jurnal Matriks Teknik Sipil* 2, no. 1 (2016): 806–813.

⁵ Senen, "Sistem Hubungan Pompa Seri Dan Paralel," *Traksi* 2, no. 1 (2004): 19–24.

⁶ Akhmad Muji Hartono and Amiral Aziz, "Evaluasi Efisiensi Pompa Sentrifugal Pada Unit Pengolahan Air Minum Pusat Distribusi Cilincing," *Jurnal Energi Dan Lingkungan* 14, no. 1 (2018): 1–10.

⁷ Christie John Geankoplis, A. Allen Hersel, and Daniel H. Lepek, *Transport Processes and Separation Process Principles*, 5th ed. (New Jersey: Prentice Hall, 2018).

⁸ Ubaidillah, "Analisa Kebutuhan Jenis Dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 PT. Astra Daihatsu Motor," *Jurnal Teknik Mesin* 03, no. 3 (2016): 119–127.

⁹ Agung Ari Wibowo et al., *Transportasi Fluida Pada Proses Industri Kimia*, 1st ed. (Malang: Polinema Press, 2023).

Cara kerja pompa sentrifugal yaitu mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan impeller. Impeller akan memberikan sejumlah kerja kepada zat cair menyebabkan bertambah besarnya energi yang dikandung. Selisih energi yang terbentuk pada sisi hisap dan sisi keluar pompa disebut dengan *total head*. Secara sederhana, pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik yang berbentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi ini mengakibatkan perubahan nilai head tekanan, head kecepatan, dan head potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinu¹⁰. *Head* pompa menunjukkan ukuran daya pompa yang merupakan jumlah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair¹¹. Daya yang diperlukan suatu pompa tergantung dari instalasi sistem pemipaan yang terpasang. Daya pompa yang dibutuhkan dapat dihitung melalui persamaan *mechanical energi balance*.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis kualitatif. Informasi mengenai data pendukung dikumpulkan dari lokasi rumah yang akan dilakukan evaluasi efisiensi pompa terpasang. Kemudian data tersebut diolah dan dianalisis sebagai berikut:

1. Perhitungan Debit Air Terpasang

Data debit air diperoleh berdasarkan lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi tandon air 1000 L yang kemudian dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Dimana:

Q = Debit air (m³/s)

V = Volume air tertampung (m³)

t = waktu yang diperlukan untuk menampung air (s)

2. Perhitungan Kecepatan Alir Air Sepanjang Pipa

Perhitungan kecepatan alir air dihitung melalui persamaan:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Dimana:

v = kecepatan air (m/s)

A = luas penampang pipa (m²)

3. Perhitungan Bilangan Reynolds

Bilangan Reynold diperlukan untuk mengetahui profil aliran air di dalam pipa

$$N_{Re} = \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \quad (2)$$

Dimana:

D = *inside diameter* pipa (m)

ρ = densitas fluida (kg/m³)

μ = viskositas fluida (kg/m.s)

4. Perhitungan Mechanical Energy Balance dan Head

¹⁰ Sularso, *Pompa & Kompresor* (Jakarta: Pradnya Paramita, 2006).

¹¹ Munawar Alfansury Siregar and Wawan Septiawan Damanik, "Pengaruh Variasi Sudut Keluar Impeler Terhadap Performance Pompa Sentrifugal," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi* 3, no. 2 (2020): 166–174.

Kebutuhan daya pompa dapat dihitung melalui persamaan *mechanical energy balance* berdasarkan persamaan Bernoulli. Persamaan ini dihitung berdasarkan perbedaan energi kinetik, energi potensial, beda tekanan, dan kehilangan daya karena friksi.

$$\frac{1}{2\alpha} (v_{2av}^2 - v_{1av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0 \quad (3)$$

Dimana:

z_i = ketinggian (m)

P_i = tekanan (Pa)

ΣF = total friksi (J/s)

W_s = *mechanical energy* (J/s)

Friction loss adalah rugi gesekan yang timbul sepanjang sistem pemipaan yang disebabkan oleh:

a. Gesekan sepanjang pipa

$$F_f = 4f \frac{\Delta L v^2}{D} \quad (4)$$

Dimana:

F_f = loss sepanjang pipa lurus

ΔL = panjang pipa (m)

f = *friction factor* yang diperoleh dari Moody diagram dan tergantung dari bahan pipa yang digunakan

b. Perubahan ukuran

$$h_{ex} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2\alpha} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{v_1^2}{2\alpha} = K_{ex} \frac{v_1^2}{2\alpha} \quad (5)$$

$$h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \frac{v_2^2}{2\alpha} = K_c \frac{v_2^2}{2\alpha} \quad (6)$$

Dimana:

h_{ex} = loss karena pembesaran ukuran pipa

h_c = loss karena pengecilan ukuran pipa

c. Valve dan Sambungan

$$h_f = K_f \frac{v_1^2}{2\alpha} \quad (7)$$

Dimana:

h_f = loss karena valve

K_f = koefisien kerugian tergantung jenis valve dan sambungan yang digunakan

Setelah mengetahui persamaan *mechanical energy balance*, maka total head pompa dapat ditentukan dengan membagi nilai W_s dengan gaya gravitasi sehingga diperoleh head dalam satuan meter. Atau secara lengkap dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$\Delta h = \frac{(P_2 - P_1)}{\rho g} + (z_2 - z_1) + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\alpha g} + \frac{\Sigma F}{g} \quad (8)$$

5. Perhitungan Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa dapat dilakukan pendekatan berdasarkan persamaan daya pompa aktual:

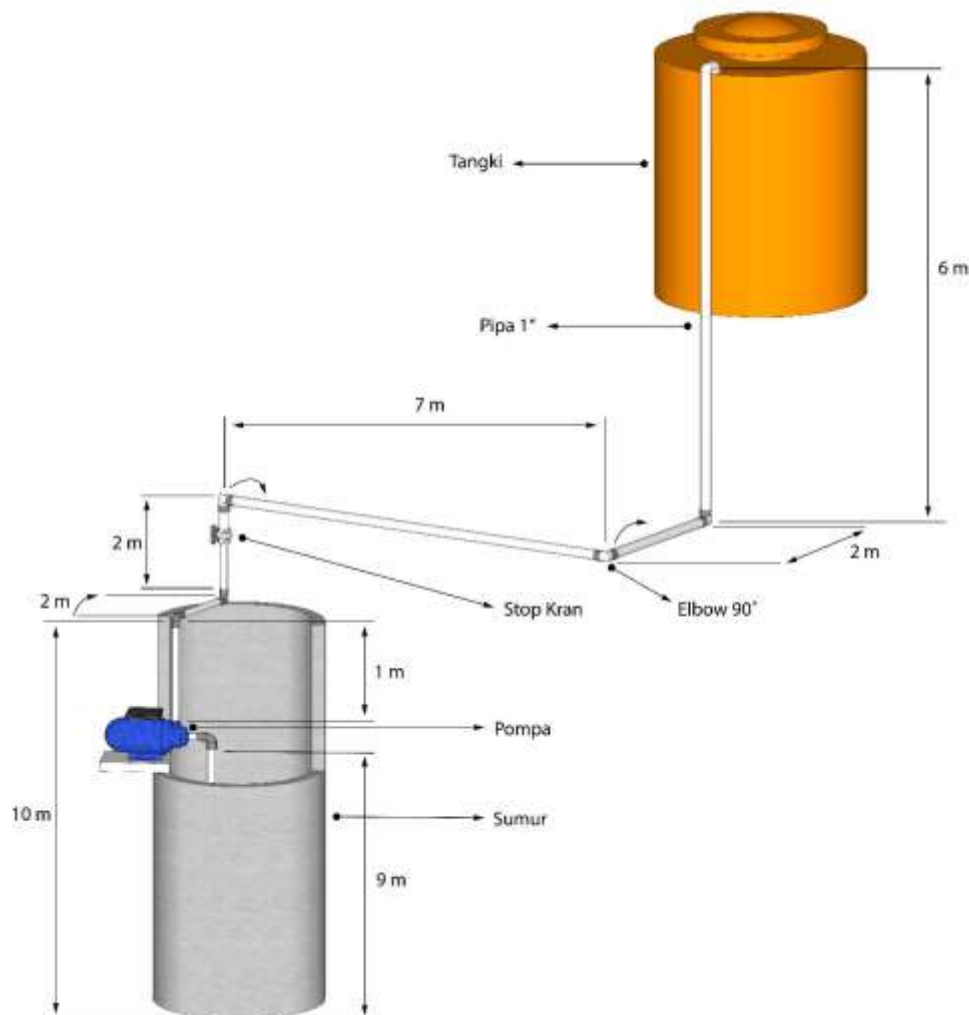
$$W_s = -\eta W_p \quad (8)$$

Dimana:

- $-W_s$ = *mechanical energy* actual yang dihasilkan oleh zat cair (J/s)
- W_p = energi atau *shaft work* yang dilakukan pompa (J/s)
- η = efisiensi motor

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi yang dipilih pada evaluasi efisiensi pompa terpasang adalah pada kelompok rumah tangga tepatnya di salahh satu rumah warga di Desa Gerih, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Sistem pasokan air bersih rumah ini berasal dari sumur. Air sumur dipompakan naik ke tandon penampung air setinggi 8 meter dari permukaan tanah. Gambar 2 menunjukkan gambaran sistem pemipaan dari dalam sumur hingga ke tandon air.



Gambar 2. Sistem Pemipaan

Setelah sistem pemipaan selesai diidentifikasi, maka diperoleh data berupa panjang pipa, diameter pipa, dan juga jumlah valve dan sambungan di sisi suction dan discharge pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Total Panjang Pipa

Sisi suction		Sisi Discharge	
Panjang pipa (m)	Diameter (inch)	Panjang pipa (m)	Diameter (inch)
9	1	20	1

Tabel 2. Jumlah Fitting dan Valve

Sisi suction		Sisi Discharge	
Jenis Fitting/ Valve	Jumlah	Jenis Fitting/ Valve	Jumlah
Elbow 90°	1	Elbow 90°	7
		Stop Kran	1

Kemudian dilakukan penentuan debit air pompa terpasang dengan cara menghitung lama waktu pompa mengisi tandon air dengan volume 1000 L. Dari pengamatan terbet diperoleh debit air terpasang sebesar 3 m³/h. Selanjutnya dilakukan perhitungan *mechanical balance* untuk memperoleh *mechanical energy* actual yang dihasilkan oleh zat cair (-Ws). Perhitungan dilakukan dengan acuan sisi *suction* adalah permukaan air sumur dan sisi *discharge* adalah inlet air masuk ke dalam tandon. Tabel 3 menyajikan data hasil perhitungan *mechanical energy*.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Mechanical Energy*

Parameter	Unit	Sisi suction	Sisi Discharge
Pressure	atm	1	1
Velocity	m/s	1,50	1,50
Kinetics energy	J/kg	1,12	1,12
Potential energy	J/kg	-88,26	88,26
Pressure drop	J/kg	101,62	101,62
Total friction	J/kg	7,94	22,76
-Ws	Watt	172,17	
Total Head	m	17,57	

Diameter pipa di sisi *suction* dan *discharge* tidak ada perbedaan, sehingga kecepatan air tidak berubah sepanjang pipa. Pada Tabel 3 diperoleh hasil perhitungan energi kinetik untuk sisi *suction* dan *discharge* yang sama sebesar 1,12 J/kg sehingga diperoleh $\Delta Ek = 0$. Sisi *suction* dan *discharge* terhubung dengan udara bebas sehingga memiliki tekanan sama dengan tekanan atmosfer sehingga diperoleh $\frac{\Delta P}{\rho} = 0$. Kemudian diperoleh nilai -Ws = 172,17 Watt. Instalasi pemipaan rumah ini telah terpasang pompa dengan daya output sebesar 300

Watt. Sehingga, efisiensi penggunaan pompa berdasarkan daya terpasang terhadap *mechanical energy* fluida aktual yang dipindahkan hanya sebesar 57,4%. Efisiensi pompa kecil dimungkinkan karena adanya penurunan efisiensi. Penurunan efisiensi dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu, terjadinya kavitasi, kehausan, instalasi listrik yang tidak memenuhi standart, pola pengoperasian mekanikal dan elektrikal tidak tepat, pemeliharaan tidak tepat, dan penurunan kinerja pompa karena usia¹². Namun, pada kasus ini efisiensi pompa kecil dapat disebabkan karena toleransi kemananan terlalu besar saat pengadaan yang mengakibatkan pompa *oversize* dari segi kapasitas dan *head*¹³. Hal ini tentu saja juga akan menyebabkan pemborosan konsumsi energi listrik.

KESIMPULAN

Hasil evaluasi daya pada pompa terpasang diperoleh efisiensi pompa sebesar 57,4%. Rendahnya efisiensi dikarenakan pemilihan ukuran pompa yang *oversize* dari segi kapasitas dan *head*. Hal ini menyebabkan konsumsi energi listrik membesar. Penghematan energi dapat dilakukan dengan mengganti spesifikasi daya pompa terpasang dengan daya pompa pasaran minimal 200 Watt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anwar, Fajar Choirul. *Statistik Air Bersih Jawa Timur 2022*. Surabaya: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2022.
- [2] Apik Adzani Diandi, Eka Wardhani, and Agung Ghani Kramawijaya. "Analisis Sumber Air Baku Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Rusunawa Giriasih." *Journal of Environmental Engineering & Waste Management* 4, no. 2 (2019): 68–77.
- [3] Dewi, Kharina Hardiana, Koosdaryani, and Adi Yusuf Muttaqien. "Analisis Kehilangan Air Pada Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Kecamatan Baki , Kabupaten Sukoharjo." *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil* 9, no. 1 (2015): 9–16.
- [4] Kusumajati, Bayu, Solichin, and Koosdayani. "Analisis Distribusi Air Pada Sistem Penyediaan Air Minum Kampus Universitas Sebelas Maret Dengan Epanet." *Jurnal Matriks Teknik Sipil* 2, no. 1 (2016): 806–813.
- [5] Senen. "Sistem Hubungan Pompa Seri Dan Paralel." *Traksi* 2, no. 1 (2004): 19–24.
- [6] Muji Hartono, Akhmad, and Amiral Aziz. "Evaluasi Efisiensi Pompa Sentrifugal Pada Unit Pengolahan Air Minum Pusat Distribusi Cilincing." *Jurnal Energi Dan Lingkungan* 14, no. 1 (2018): 1–10.
- [7] Geankoplis, Christie John, A. Allen Hersel, and Daniel H. Lepek. *Transport Processes and Separation Process Principles*. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2018.
- [8] Ubaedilah. "Analisa Kebutuhan Jenis Dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 PT. Astra Daihatsu Motor." *Jurnal Teknik Mesin* 03, no. 3 (2016): 119–127.
- [9] Wibowo, Agung Ari, Profiyanti Hermien Suharti, Diana Rachmawati, and Polinema Press. *Transportasi Fluida Pada Proses Industri Kimia*. 1st ed. Malang: Polinema Press, 2023.
- [10] Sularso. *Pompa & Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2006.

¹² Muji Hartono and Aziz, "Evaluasi Efisiensi Pompa Sentrifugal Pada Unit Pengolahan Air Minum Pusat Distribusi Cilincing."

¹³ Sonden Winarto, "Optimalisasi Energi Pada Pompa Kali Solo I," *Swara Patra* 9, no. 1 (2019): 58–72.

- [11] Munawar Alfansury Siregar, and Wawan Septiawan Damanik. "Pengaruh Variasi Sudut Keluar Impeler Terhadap Performance Pompa Sentrifugal." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi* 3, no. 2 (2020): 166–174.
- [12] Winarto, Sonden. "Optimalisasi Energi Pada Pompa Kali Solo I." *Swara Patra* 9, no. 1 (2019): 58–72.