

## ANALISA PERHITUNGAN EFISIENSI *CIRCULATING WATER PUMP* 76LKSA-18 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP MENGGUNAKAN METODE ANALITIK

\*Eflita Yohana, Ari Nugroho

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*Email: efnan2003@gmail.com

### ABSTRAK

Pompa adalah suatu peralatan mekanik yang digerakkan oleh suatu sumber tenaga yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat lain, dimana cairan tersebut hanya mengalir apabila terdapat perbedaan tekanan. Perbedaan nilai data pompa antara data spesifikasi pabrikan dengan data aktualnya akan berdampak terhadap kondisi pompa. Perhitungan efisiensi secara analitik dibutuhkan untuk menentukan seberapa besar nilai efisiensi suatu pompa. Berdasarkan data pabrikan, *circulating water pump* mempunyai head pada pompa 18 m, debit 7,17 m<sup>3</sup>/s dan mempunyai efisiensi 87,3 %. Analisa dilakukan pada pembangkit listrik tenaga uap melalui perhitungan efisiensi *circulating water pump* berdasarkan head, daya hidrolis dan daya poros yang dihasilkan *circulating water pump*. Dengan mengolah data secara analitik didapatkan efisiensi pompa *circulating water pump* sebesar 85,25 %. Efisiensi *circulating water pump* mengalami penurunan dari efisiensi pabrikan, yaitu menjadi 87,3 %. Perbedaan nilai efisiensi antara nilai pabrikan dengan hasil perhitungan secara aktual disebabkan karena perbedaan nilai head pada pompa, pada spesifikasi pabrikan mempunyai head 18 m, sedangkan setelah dilakukan perhitungan analitik didapatkan head sebesar 8,9075 m. Semakin kecil head pada sebuah pompa maka efisiensi yang dihasilkan akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Dengan adanya penghitungan ini dapat dilakukan perawatan pada *circulating water pump* sehingga dapat menghasilkan kerja yang lebih optimal.

**Kata kunci:** *Circulating Water Pump*, Daya, Efisiensi, Head, Pompa

### NOMENKLATUR

$\rho$	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	$\pi$	Phi
$G$	Percepatan gravitasi (m/s <sup>2</sup> )	$\epsilon$	Kekasaran ekivalen
$Re$	Bilangan <i>Reynold</i>	$f$	Faktor gesekan Darcy
$\mu$	Viskositas (Ns/m <sup>2</sup> )	$K$	Koefisien kerugian minor
$V$	Kecepatan aliran fluida (m/s)	$h_{losses}$	Headloss (m)
$P$	Tekanan (N/m <sup>2</sup> )	$H_{pompa}$	Head pompa (m)
$Q$	Kapasitas aliran (m <sup>3</sup> /s)	$h_{l\ major}$	Headloss mayor (m)
$l$	Panjang pipa (m)	$h_{l\ minor}$	Headloss minor (m)
$Z_1$	Head potensial sisi isap (m)	WHP	Daya hidrolis(kW)
$Z_2$	Head potensial sisi keluar (m)	SHP	Daya Poros (kW)
$D$	Diameter Pipa	Pi	Daya motor (kW)
$V$	Voltage (Volt)	$\cos \phi$	Faktor daya
$E$	Current (A)		

### 1. PENDAHULUAN

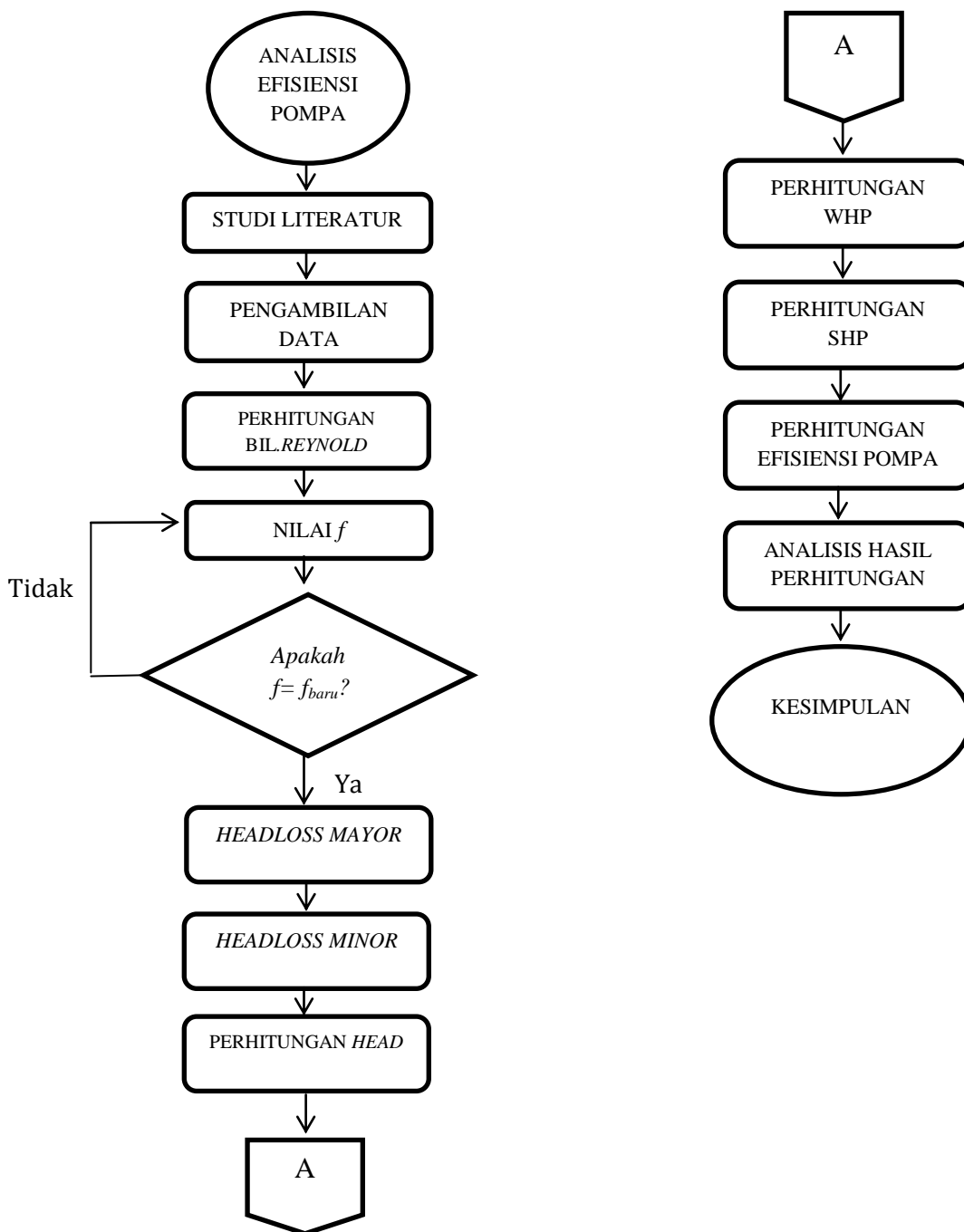
Perkembangan pada bidang industri, properti, teknologi serta semakin meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin bertambah sehingga diperlukan pengembangan pada sistem pembangkit dan juga pemanfaatan listrik secara efisien baik dari segi penggunaan maupun proses pembangkitan energi listrik itu sendiri [1]. Menganalisa efisiensi dari sebuah pembangkit serta perawatan pada komponen – komponen pembangkit merupakan faktor penting dalam menjaga agar efisiensi tetap baik. Salah satu komponen utama dari pembangkit ini adalah *circulating water pump*. *Circulating water pump* merupakan pompa yang berfungsi mensirkulasikan air pada kondensor. *Circulating water pump* yang digunakan harus mempunyai daya hisap dan kapasitas yang besar karena kebutuhan supply air sebagai media pendinginan yang besar, namun penggunaannya secara terus menerus mengakibatkan efisiensinya menurun.

Pengujian kinerja pompa yang pernah dilakukan salah satunya yaitu dengan menggunakan kontrol inventer Kontrol inventer memerlukan suatu alat yang bernama inventer yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mengatur putaran motor dengan menggunakan sistem digital bukan dengan *gearbox*. Sedangkan pengujian lain yaitu menggunakan alat metering pump [2].

Pengujian efisiensi pompa menggunakan metode analitik bertujuan untuk menghitung efisiensi *circulating water pump* dengan hasil pengukuran yang dapat diandalkan serta dapat menganalisa hal-hal yang dapat mempengaruhi besarnya nilai efisiensi, sehingga kinerja pompa dapat bekerja dengan baik.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Data pendukung diolah dengan menggunakan metode analitik. Dari hasil perhitungan bilangan *Reynold* untuk menentukan jenis alirannya, aliran laminar atau turbulen. Setelah mengetahui jenis alirannya maka dilakukan perhitungan faktor gesekan  $f$  yang digunakan untuk mencari nilai *head loss major* dan *head loss minor* kemudian menghitung head totalnya. *Water Horse Power (WHP)* dan *Shaft Horse Power (SHP)* digunakan untuk menghitung efisiensi pompa yang kemudian di analisis. Metodologi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 Diagram alir analisis perhitungan efisiensi *circulating water pump*.



Gambar 1. Diagram alir analisis perhitungan efisiensi *circulating water pump*

Persamaan 1 merupakan persamaan untuk menghitung nilai bilangan *Reynold* untuk mengetahui jenis alirannya dengan  $\rho$  adalah densitas fluida,  $V$  adalah kecepatan rata-rata aliran,  $D$  adalah diameter pipa dan  $\mu$  merupakan viskositas dinamik fluida air laut [3]. Setelah mengetahui bilangan *reynold* maka selanjutnya dilakukan perhitungan nilai  $f$  atau koefisien gesekan Darcy, langkah pertama yang perlu dilakukan yaitu menggunakan persamaan blasius kemudian mengiterasikannya ke dalam persamaan 3(Cholebrook). Persamaan 4 merupakan persamaan untuk menghitung *headloss mayor*, sedangkan persamaan 5 untuk menghitung *headloss minor* atau kerugian minor pada aksesoris perpipaan. *Head* pompa didapatkan dengan menggunakan Persamaan 6 [4]. Dengan menggunakan rumus yang terdapat pada persamaan 7 maka didapatkan daya hidrolis yang digunakan untuk menghitung efisiensi *circulating water pump* [5]. Persamaan 8 merupakan perhitungan daya motor yaitu dengan mengalikan tegangan listrik, arus listrik serta faktor daya dari sebuah motor induksi [6]. Persamaan 9 yaitu menghitung daya poros pompa dengan mengalikan daya motor dengan efisiensi transmisinya kemudian dibagi dengan faktor cadangan [7]. Persamaan 10 merupakan perhitungan efisiensi yang didapatkan melalui daya hidrolis dan daya pompa yang telah dihitung terlebih dahulu [4].

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \tag{1}$$

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \tag{2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,0 \log \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \tag{3}$$

$$h_{l\ mayor} = f \frac{l}{D} \frac{\rho V^2}{2g} \tag{4}$$

$$h_{l\ minor} = K \frac{V^2}{2g} \tag{5}$$

$$H_{pompa} = (Z_2 - Z_1) + \left( \frac{P_2 - P_1}{\rho g} \right) + \left( \frac{V_2 - V_1}{2g} \right) + (h_{l\ mayor} + h_{l\ minor}) \tag{6}$$

$$WHP = \frac{Q \times H \times \rho \times g}{1000} \tag{7}$$

$$Pi = \frac{E \times I \times \cos \phi}{1000} \tag{8}$$

$$SHP = \frac{Pi \times \eta_{transmisi}}{1 + \beta} \tag{9}$$

$$\eta = \frac{WHP}{SHP} \times 100\% \tag{10}$$

### 3. DATA DAN PERHITUNGAN

Penelitian ini menggunakan *circulating water pump* sebagai media yang dianalisis. *Circulating Water Pump* merupakan salah satu pompa yang berfungsi untuk mensirkulasikan air pada kondensor dengan media pendingin air laut yang bertujuan untuk proses kondensasi. Gambar 2 merupakan *Circulating Water Pump*.



Gambar 2. *Circulating Water Pump*

**Tabel 1.** Data pompa

Data Pompa	Keterangan
Type	76LKSA-18
Capacity	7,17 m <sup>3</sup> /s
Head	18 m
Rated Speed	425 rpm
Z <sub>1(suction)</sub>	-1 m
Z <sub>2(discharge)</sub>	1,3 m
Suction Pressure	0,103 MPa
Discharge Pressure	0,14 Mpa
Diameter pipa	1900 mm
Panjang Ekuivalent	16.2 m
Sea water temperature	1 m
Density of sea water	996 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic Viscosity	0,803 x 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s
Pump efficiency design	87,3%

**Tabel 2.** Motor data pompa

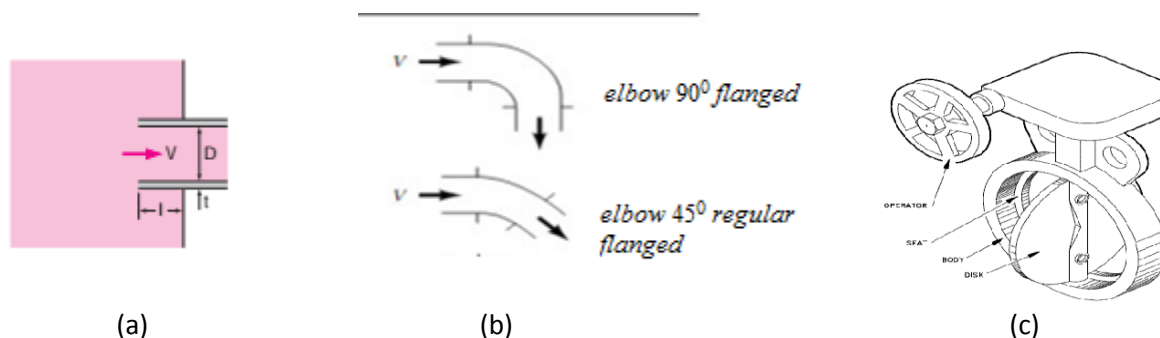
Motor Data	Keterangan
Motor type	YKKL1800-14/1730-1TH
Motor speed	425 rpm
Current	181,2 A
Frequency	50 Hz
$\eta$ transmisi	0,8
Daya motor	37 Kw
Berat motor app.	24000 kg
Protection class	IP 54

Tabel 1 diketahui data pompa dan Tabel 2 diketahui motor data *circulating water pump*. Berdasarkan persamaan 1 maka didapatkan bilangan *reynold* sebesar 5986301,37, maka jenis alirannya alirannya turbulent karena  $Re > 4000$  [3]. Kemudian menentukan nilai koefisien gesek Darcy yaitu dengan menggunakan persamaan 2 kemudian mengiterasikannya pada persamaan 3. *Circulating water pump* mempunyai  $\epsilon = 0,026 \text{ mm}$  maka  $\frac{\epsilon}{D} = 1,36842 \times 10^{-4}$  [8], maka dengan menggunakan persamaan 3 didapatkan nilai  $f$  atau koefisien gesek darcy sebesar  $f_{baru} = 0,012968$  dan *headloss mayor* berdasarkan persamaan 4 sebesar  $h_{l \text{ mayor}} = 0,9419 \text{ m}$  [3].

Terdapat beberapa koefisien kerugian minor yang ada pada *circulating water pump*, Tabel 3 menunjukkan aksesoris perpipaan *circulating water pump* dan Gambar 3 merupakan aksesoris perpipaan *circulating water pump*.

**Tabel 3.** Aksesoris Perpipaan [3]

Aksesoris	Jumlah	K
Inlet pipa	1	0,8
Outlet Pipa	1	1,0
Elbow 90 <sup>0</sup>	2	0,3
Elbow 45 <sup>0</sup>	4	0,2
Butterfly Valve	5	0,512



**Gambar 3.** (a) Inlet pipa, (b) elbow circulating water pump, (c) butterfly valve [3].

*Circulating water pump* mempunyai berbagai macam aksesoris perpipaan antara lain inlet pipa, outlet pipa, elbow circulating water pump dan butterfly valve berdiameter 1620 mm seperti pada **Gambar 3**. Berdasarkan persamaan 5 maka *headloss minor* total pada *circulating water pump* yaitu 1,8788 m.

Dari perhitungan *headloss minor* dan *headloss mayor* maka berdasarkan persamaan 6 diperoleh head pompa sebesar 8,9075 m. Penurunan nilai head dari yang semula 18m menjadi 8,9075m berpengaruh terhadap efisiensi pompa.

Dengan menggunakan rumus daya hidrolis pada persamaan 7, maka didapatkan daya hidrolis atau WHP yang digunakan untuk menghitung efisiensi *circulating water pump* yaitu sebesar 624,027 kW. Daya motor Berdasarkan persamaan 8 didapatkan sebesar 924,664 kW, sedangkan daya poros berdasarkan persamaan 9 didapatkan sebesar 732,025 kW.

Efisiensi dari sebuah pompa dapat dihitung dengan membandingkan kerja yang dibutuhkan dengan kerja yang digunakan pompa untuk mengangkat fluida. Dari perhitungan daya hidrolis dan daya poros, didapat efisiensi pompa sesuai persamaan 10 sebesar 85,25%. **Tabel 4** menunjukkan ringkasan data hasil perhitungan.

**Tabel 4.** Ringkasan Data Hasil perhitungan

Data Hasil Perhitungan	Keterangan
Head	8,9075m
Daya Hidrolis atau WHP	624,027 kW
Daya Poros atau SHP	732,025 kW
Efisiensi	85,25 %

#### 4. KESIMPULAN

Head total pompa yang terdapat pada spesifikasi adalah 18 m, namun setelah dilakukan perhitungan analitik pada kondisi aktual dilapangan didapat head sebesar 8,9075 m. Perbedaan nilai head tersebut yang menyebabkan berkurangnya efisiensi pompa yang semula 87,3% menjadi 85,25%

#### REFERENSI

- [1] Ristyanto, A., Windarto, J, and Handoko, S., 2012, “*Simulasi Perhitungan Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Rembang*”, Laporan Kerja Praktik, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- [2] Putro, Wahyu Djalmono. 2010, “*Pengujian Kinerja Pompa Sentrifugal Menggunakan Kontrol Inverter*”, Semesta Teknik. Vol. 13, 21-30.
- [3] Cengel, A. & Cimbala, J., 2006, “*Fluid mechanics: Fundamentals And Applications*,” International Edition, McGraw Hill Publication, pp.1–2023.
- [4] Fox, Robert W dan Alan T. Mc Donald, 1994, “*Introduction to Fluid Mechanics, fourth edition*”, SI Version, John Wiley & Sons, Inc, Canada.
- [5] Radiman, “*Menghitung Pompa*”, <https://radiman.wordpress.com/2010/06/15/menghitung-pompa/>, diakses: 23 Desember 2016.
- [6] Dermanto, T., “*Menghitung Arus, Daya, Kecepatan, dan Torsi Motor Listrik AC*”, <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id/2013/09/Menghitung-Arus-Motor-AC.html>, diakses: 23 Desember 2016.
- [7] Gasali, H., “*Menurunnya Tekanan Pompa Air Laut Pendingin Diatas Kapal Mv. Tuscarora*”, <http://hariyantogasali89.blogspot.co.id/2013/05/menurunnya-tekanan-pompa-air-laut.html>, diakses: 23 Desember 2016.
- [8] Sularso, Haruo Tahara, 1993, “*Pompa dan Kompresor*”, PT Pradnya Paramitha, Jakarta.