

## **Pengaruh Debit Terhadap Peforma *Boiler Feed Pump* (BFP) 1 dan 2 Pada PLTU PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin Unit 1**

Zendie Eka Nadya Ardanu<sup>1</sup>; Nofirman<sup>2</sup>; Mefrizon<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Sekolah Tinggi Teknik PLN Jakarta

<sup>3</sup> PT. PLN UPK Ombilin

<sup>1</sup> zendieka97@gmail.com

### **ABSTRACT**

*Boiler Feed Pump (BFP) is a pump with a type of centrifugal pump whose function is to flow demin water from through the HP heater, economiser daerator to the steam drum. The Ombilin power plant pumping process uses a motor to drive a centrifugal pump. Boiler Feed Pump using a motor. Knowing the Performance of Boiler Feed Pump at Ombilin Power Plant. By calculating capacity, total head, pump power, and fill power, and efficiency. What affects the performance of the Boiler Feed Pump is Head, Cavitation. The solution to maintain the performance of BFP is to maintain the motor rather to work optimally, and maintain the pump power so that the incoming fluid flow is constant. And scale maintenance of pumps, motors and coolant. With the trendline line the ratio of the value of discharge with the head on BFP 1 tends to decrease by 2329.824 m to 2329.101 m and the ratio of the value of debit to head on BFP 2 tends to increase by 2346.96 m to 2346.079 m. Head reduction caused by leakage in the pipe, the need for inadequate lubricants and mechanical seals have leaks, and there is the possibility of low motor work. And the trend line comparison of the value of debit with efficiency in BFP 1 tends to increase by 82.75967% to 82.78154% and in BFP 2 the trend increases by 82.4829% to 82.5192%. It can be concluded that the effect of discharge affects the performance of BFP to decrease.*

**Keywords:** *Boiler Feed pump, peforma, efisiensi*

### **ABSTRAK**

*Boiler Feed Pump (BFP) adalah suatu pompa dengan jenis pompa sentrifugal yang berfungsi mengalirkan air demin dari melalui HP heater, economiser daerator menuju ke steam drum. Proses pemompaan PLTU Ombilin memakai motor untuk menggerakkan pompa sentrifugal. Boiler Feed Pump dengan menggunakan motor. Mengetahui peforma Boiler Feed Pump di PLTU Ombilin. Dengan menghitung kapasitas, Head total, Daya pompa, dan Daya pengisi, dan efisiensi. Yang mempengaruhi peforma Boiler Feed Pump yaitu Head, Kavitasi. Solusi untuk menjaga peforma BFP yaitu dengan menjaga motor agak bekerja dengan maksimal, dan menjaga Daya pompa agar aliran fluida yang masuk konstan. Dan perawatan berskala terhadap pompa, motor dan fluida pendingin. Dengan garis trendline perbandingan nilai debit dengan head pada BFP 1 kecenderungan turun sebesar 2329,824 m menjadi 2329,101 m dan perbandingan nilai debit dengan head pada BFP 2 kecenderungan naik sebesar 2346,96 m menjadi 2346,079 m. penurunan head disebabkan oleh kebocoran pada pipa, kebutuhan pelumas yang kurang memadai dan mechanical seal mengalami kebocoran, dan ada kemungkinan dari kerja motor yang rendah. Dan garis trendline perbandingan nilai debit dengan efisiensi pada BFP 1 kecenderungan naik sebesar 82,75967 % menjadi 82,78154 % dan pada BFP 2 kecenderungan naik sebesar 82,4829% menjadi 82,5192 %. Bisa disimpulkan bahwa pengaruh debit mempengaruhi peforma BFP menjadi menurun.*

**Kata kunci:** *Boiler Feed pump, peforma, head, efisiensi*

## 1. PENDAHULUAN

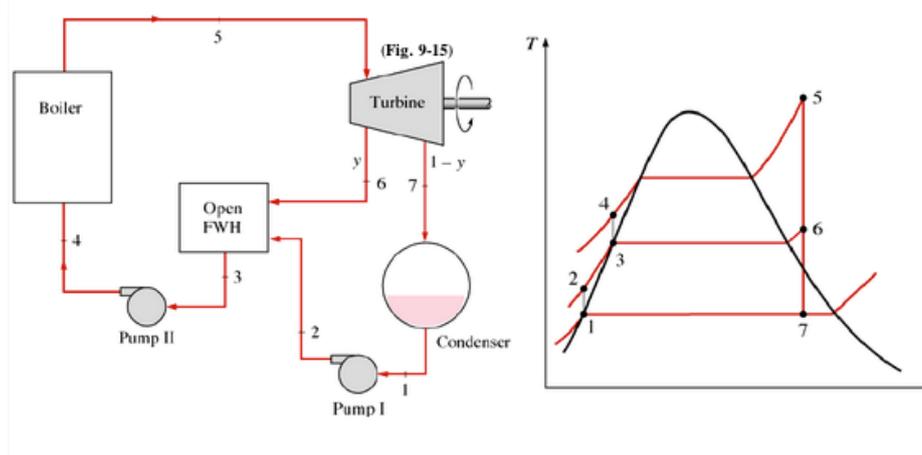
Energi listrik berperan penting dalam kehidupan manusia dikarenakan dapat mempermudah segala pekerjaan manusia. Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya tingkat kebutuhan penduduk maka, sebanding dengan tingkat kebutuhan akan energi listrik. Di Indonesia kebutuhan listrik tiap harinya meningkat, maka PT. PLN sebagai penyedia energi listrik di Indonesia berusaha mengoptimalkan produksi energi listrik dengan meningkatkan kinerja pembangkit yang dimiliki. Salah satu pembangkit yang dioptimalkan kinerjanya yaitu PLTU. Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit yang memanfaatkan batu bara sebagai bahan bakarnya untuk menghasilkan energi panas. Batu bara sendiri disuplai dari tambang rakyat yang terletak di parambahan. Yang berjarak  $\pm 12$  KM dari pusat kota Sawahlunto. Energi panas tersebut digunakan untuk merubah air menjadi uap (*steam*) yang bertekanan dan bertemperatur tinggi. Uap (*steam*) tersebut yang digunakan sebagai menggerakkan generator dengan media turbin yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik. Salah satu bagian peralatan pada PLTU adalah (*Boiler Feed Pump*) atau pompa pengisi boiler. BFP adalah jenis pompa dengan penggerak yaitu dengan mini turbine atau motor listrik untuk penggerakannya yang bertujuan untuk mengontrol dan mensuplai air yang berasal dari tanki air ( *feed water tank*) menuju ke boiler dengan tekanan tertentu. Di Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin menggunakan pompa sentrifugal multistage dengan penggerak yaitu motor listrik. Penurunan tersebut disebabkan oleh faktor operasi yang cukup lama, rendahnya daya fluida, kavitasi. Oleh karena itu, perlu dilakukann evaluasi kinerja dari BFP dengan menggunakan data Performance Test Record pada bulan Juni 2018 sampai bulan April 2019. Evaluasi kinerja BFP diharapkan mampu mengetahui apakah BFP masih layak beroperasi atau perlu di lakukan overhaul (perbaikan). Hal tersebut yang melatar belakangi penulis untuk mengambil judul **“PENGARUH DEBIT PEFORMA BOILER FEED PUMP (BFP) 1 DAN 2 PADA PLTU PT. PLN (PERSERO) UNIT PELAKSANA PEMBANGKITAN OMBILIN UNIT 1”**.

## 2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

### 2.1. Siklus Rankine

Siklus Rankine merupakan rangkaian sebuah proses dimana dimulai dari suatu tingkat kondisi yang akan kembali ke tingkat kondisi semula dan selalu berulang. Pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), fluida yang mengalami proses-proses tersebut adalah air. Air berfungsi sebagai fluida kerja, air dalam siklus kerjanya mengalami proses pemanasan, penguapan, ekspansi, pendinginan, dan kompresi. Siklus standar pembangkit listrik tenaga uap adalah siklus Rankine, siklus Rankine sederhana terdiri dari empat komponen utama yaitu Boiler, Turbin, Kondensor, dan pompa

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) UPP Ombilin menggunakan siklus Rankine (siklus tertutup) pada gambar sebagai berikut :



**Gambar 1.** Siklus Rankine dan Proses PLTU [3]

Berikut adalah siklus kerja dari siklus rankine seperti yang tertera pada gambar 2.3 diatas :

- 1-2 = Air kondensasi dari kondensor di pompa oleh CEP menuju Feedwater Heater, dengan adanya proses kompresi dari pompa, maka temperature dan tekanan fluida akan meningkat.
- 2-3 = Proses Pemanasan air oleh feedwater heater, sehingga temperature akan meningkat pada tekanan konstan
- 3-4 = Air keluaran dari feedwater heater dipompakan oleh BFP menuju boiler sehingga tekanan dan temperature akan meningkat.
- 4-5 = Proses Perubahan fasa fluida dari air menjadi uap bertekanan dan temperature tinggi, proses ini terjadi pada boiler.
- 5-6-7 = Proses ekspansi uap yang terjadi pada turbin uap, pada proses ini energy panas dari uap diubah menjadi energy mekanik turbin dan menghasilkan daya turbin.
- 7-1 = Proses kondensasi uap dari hasil ekspansi turbin uap menjadi air yang nantinya akan digunakan Kembali

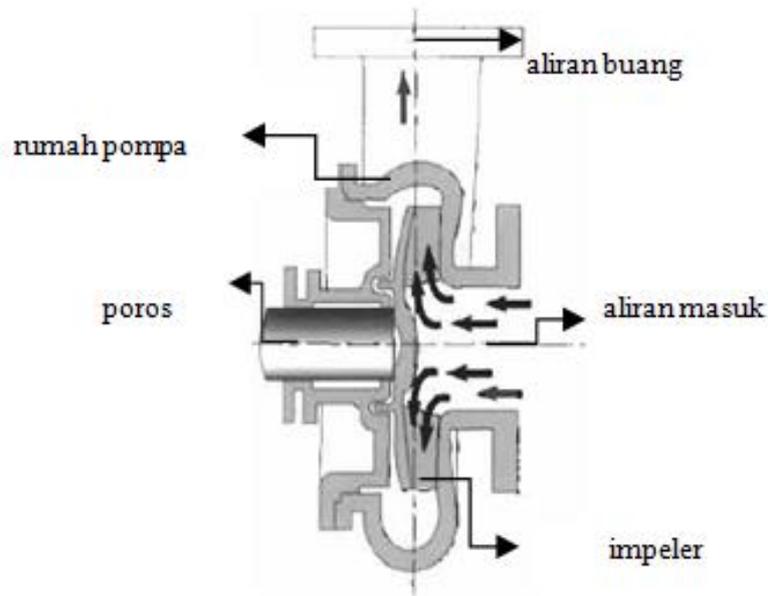
## 2.2. Pompa

Pompa merupakan salah satu jenis mesin yang berfungsi mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ketempat yang lebih tinggi. Zat cair contohnya air, oli atau minyak pelumas, serta fluida lain yang mampu mampat. Hampir semua industri menggunakan pompa sebagai salah satu alat bantu yang penting bagi proses produksi. Contoh dari pompa dari pembangkit listrik tenaga uap, yaitu memompa air umpan dari daerator mengalir ke boiler.[5]

Pompa beroperasi dengan prinsip perbedaan tekan antara tekanan masuk (*pressure suction*) dengan bagian tekanan keluar (*pressure discharge*). Dengan kata lain fungsi dari pompa yaitu mengubah tenaga mekanis(penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan). Dimana berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada saat pengaliran.

### a. Prinsip Kerja Pompa

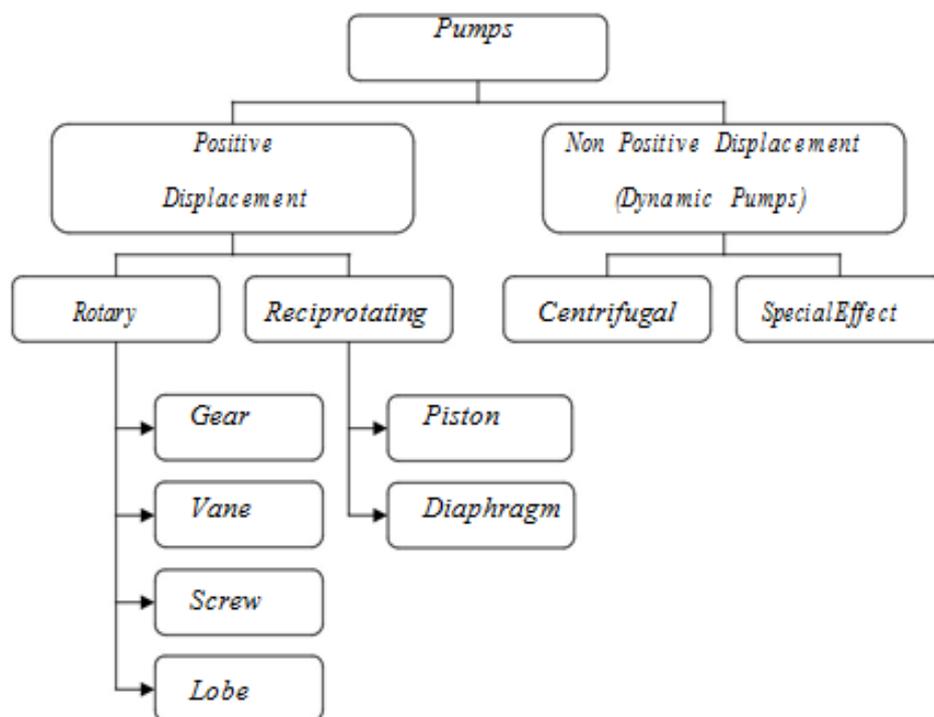
Pada pompa terdapat sudu-sudu impeler berfungsi sebagai tempat terjadinya proses konversi energi dari energi mekanik (putaran) menjadi energi fluida *head*. Impeler di pasang pada poros pompa yang berhubungan dengan motor penggerak (motor listrik atau turbin uap). Poros pompa akan berputar apabila penggeraknya berputar.



Gambar 2. Proses Pemompaan [5]

### b. Klasifikasi Pompa

Klasifikasi pompa dilihat berdasarkan head atau berdasarkan debit. Untuk *positif displacement pump*, yang diinginkan adalah debit dan untuk *dynamic pump*, yang diinginkan adalah head. Untuk klasifikasi pompa dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini [6].



Gambar 3. Klasifikasi Pompa

## 2.3. Persamaan Perhitungan Peforma Boiler Feed Pump

### a. Kapasitas Pompa

Persamaan kontinuitas diperoleh dari hukum kekekalan massa yang menyatakan bahwa untuk aliran yang stasioner massa fluida yang melalui semua bagian dalam arus fluida tiap satuan waktu adalah sama, dan dinyatakan dengan:

$$\dot{m} = Q_1 A_1 = Q_2 A_2 = \text{konstan} \quad 2.1$$

Kapasitas pompa adalah sejumlah volume cairan yang dihasilkan pompa secara *continue* dalam satuan waktu. Kapasitas yang dihasilkan pompa biasanya direncanakan sesuai kebutuhan operasi atau dapat dihitung berdasarkan instalasi perpipaan pada sisi hisap (*suction*) atau sisi tekan (*discharge*) sebagai berikut : [8]

$$Q = \frac{\pi}{4} d_s^2 \cdot v_s = \frac{\pi}{4} d_d^2 \cdot v_d \quad 2.2$$

Dimana:

- $Q$  = Kapasitas pompa ( $m^3/s$ )
- $d_s$  = Garis Tengah bagian dalam pipa suction (m)
- $v_s$  = Kecepatan cairan pipa suction (m/s)
- $d_d$  = Garis Tengah bagian dalam pipa discharge (m)
- $v_d$  = Kecepatan cairan pipa discharge (m/s)

### b. Head [8]

Head adalah energi setiap satuan berat dengan unit satuan panjang. Sedang yang dimaksud dengan head sistem pemompaan adalah head total yaitu selisih head pada sisi discharge dan sisi suction yang terdiri dari :

- Head tekanan ( $p/\rho g$ )  $\rightarrow$  (m)
- Head kecepatan ( $v^2/2g$ )  $\rightarrow$  (m)
- Head potensial ( $z$ )  $\rightarrow$  (m)
- Head rugi-rugi akibat gesekan cairan dengan media sepanjang pengaliran.

$$H = (H_d - H_s) + hl + \left( \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right), \text{ atau}$$

$$H = \frac{p_s - p_d}{\rho g} + hl + \left( \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) \quad 2.3$$

### c. Daya Motor

Daya pompa adalah daya yang harus disediakan oleh mesin penggerak pompa (motor) untuk memindahkan fluida. Dalam hal ini pompa motor penggerak 3 fasa, untuk sistem yang seimbang . penggunaan daya untuk motor 3 fasa dalam satuan watt :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi \quad 2.4$$

Dimana :

- $P$  = daya pompa
- $V$  = Voltage
- $I$  = Arus
- $\cos\phi$  = Faktor daya

### d. Daya Fluida

$$P_f = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000} \quad 2.5$$

Dimana :

$P_f$  = Daya fluida (kW)

$Q$  = Kapasitas yang dihasilkan pompa ( $m^3/s$ )

$H$  = Head total (m)

$\rho$  = Massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )

**e. Efisiensi Pompa**

$$\eta = \frac{P_f}{P_t} \times 100\% \quad 2.6$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Perhitungan**

**Tabel 1. Hasil Perhitungan BFP 1**

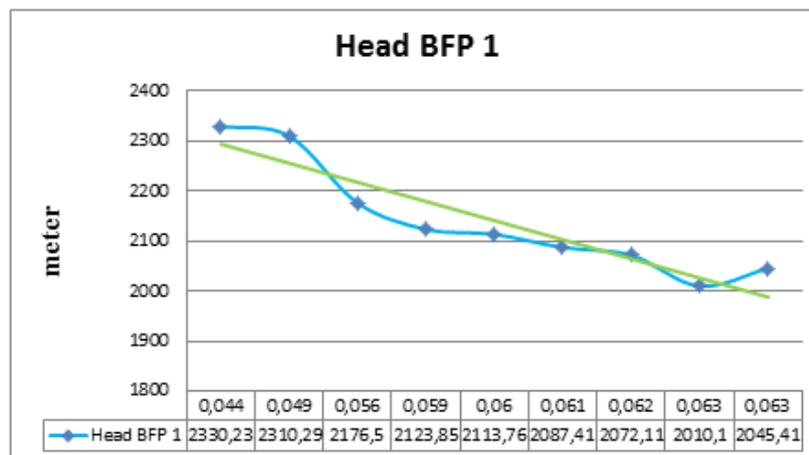
Bulan	Parameter								
	(Q) $m^3/s$	(V <sub>s</sub> ) $m/s$	(V <sub>d</sub> ) $m/s$	(H) m	(P <sub>motor</sub> ) kW		(P <sub>f</sub> ) kW	(η) %	(η <sub>isentropic</sub> ) %
				Hasil aktual	Hasil aktual	η <sub>motor operasi</sub> (%)			
Juni 2018	0,061	1,198	1,198	2087,41	1181,512	86,887	1067,62	90,36	85,62
Juli 2018	0,060	1,185	1,185	2113,76	1188,129	87,373	1069,88	90,05	85,53
Agustus 2018	0,063	1,24	1,24	2045,41	1186,585	87,260	1090,67	91,92	85,59
Oktober 2018	0,059	1,155	1,155	2123,85	1166,886	85,811	1048,04	89,81	85,75
November 2018	0,049	0,957	0,957	2310,29	1110,239	81,645	944,89	85,11	85,37
Desember 2018	0,044	0,866	0,866	2330,23	1067,482	78,501	856,82	80,27	85,84
Februari 2019	0,056	1,111	1,111	2176,50	1177,417	86,585	1028,37	87,34	85,19
Maret 2019	0,063	1,249	1,249	2010,10	1199,204	88,188	1070,47	89,27	85,94
April 2019	0,062	1,231	1,231	2072,11	1182,863	86,986	1089,10	92,07	84,64

**Tabel 2. Hasil Perhitungan BFP 2**

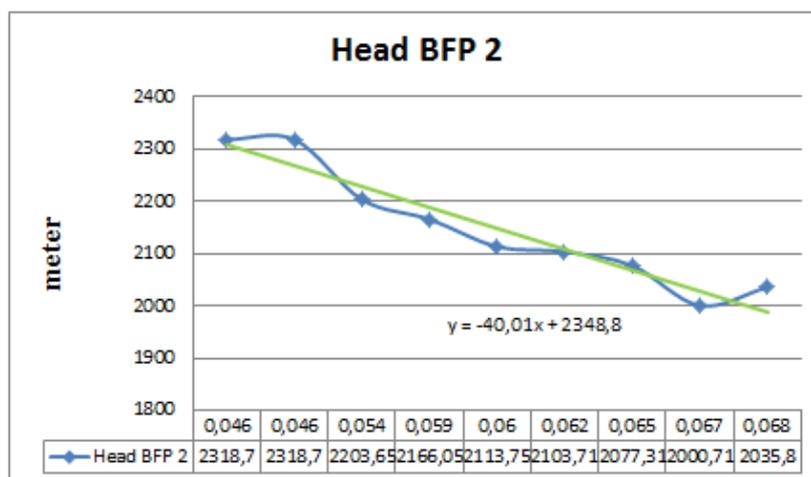
Bulan	Parameter								
	(Q) $m^3/s$	(V <sub>s</sub> ) $m/s$	(V <sub>d</sub> ) $m/s$	(H) m	(P <sub>motor</sub> ) kW		(P <sub>f</sub> ) kW	(η) %	(η <sub>isentropic</sub> ) %
				Hasil aktual	Hasil aktual	η <sub>motor operasi</sub> (%)			
Juni 2018	0,065	1,275	1,275	2077,31	1210,844	89,0436	1134,1	93,66	84,96
Juli 2018	0,062	1,233	1,232	2103,71	1188,129	87,373	1112,08	93,60	84,77
Agustus	0,068	1,35	1,345	2035,8	1214,999	89,349	1187,08	97,70	84,42

2018									
September 2018	0,054	1,074	1,074	2203,645	1132,662	83,294	1020,66	90,11	84,59
Oktober 2018	0,060	1,191	1,191	2113,745	1175,783	86,465	1079,55	91,82	84,96
Desember 2018	0,046	0,906	0,906	2318,70	1061,581	78,067	896,22	84,42	84,93
Januari 2019	0,046	0,902	0,902	2322,47	1097,893	80,737	896,23	81,63	85,59
Februari 2019	0,059	1,162	1,162	2166,05	1189,036	87,440	1074,93	90,40	84,74
Maret 2019	0,067	1,313	1,313	2000,71	1215,544	89,389	1125,04	92,55	85,11

**B. Analisa Debit Terhadap Head BFP**



**Gambar 4.** Grafik Debit Terhadap BFP 1

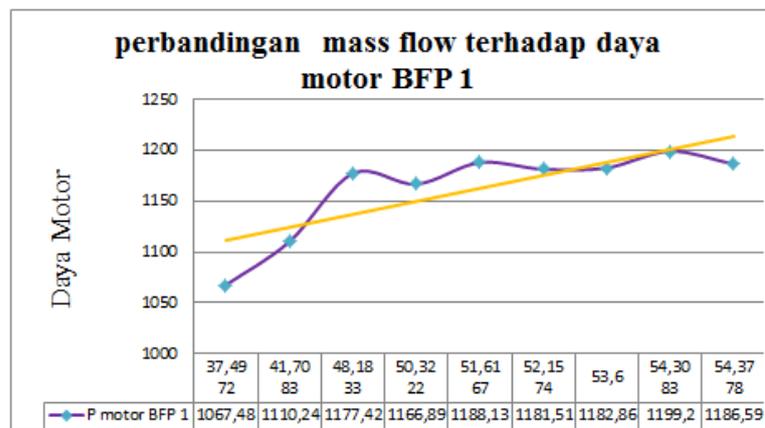


**Gambar 5.** Grafik Debit Terhadap BFP 2

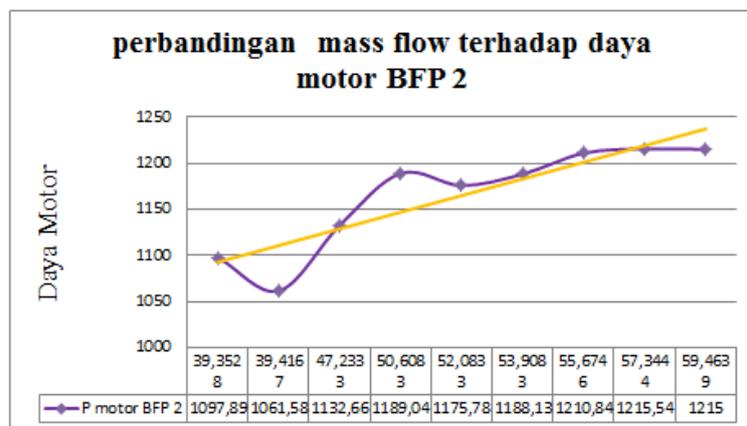
Bisa dilihat pada Grafik4 dan 5 pada bulan Juni 2018-April 2019 mengalami naik turun. Pada BFP 1 head paling tinggi terletak pada bulan Desember November 2018 sebesar 2330,23 m

dengan debit sebesar 0,044 m<sup>3</sup>/s dan *head* paling rendah terletak pada bulan Maret 2019 sebesar 2010,10 m dengan debit sebesar 0,063 m<sup>3</sup>/s. Dan pada BFP 2 *head* paling tinggi terletak pada bulan Januari 2019 sebesar 2322,47 m dengan debit sebesar 0,046 m<sup>3</sup>/s dan *head* paling rendah terletak pada bulan Maret 2019 sebesar 2000,71 m dengan debit sebesar 0,067 m<sup>3</sup>/s. Jika dengan menggunakan trendline nilai *Head* pada BFP 1 mengalami kecenderungan penurunan sebesar 0,723 m dari nilai kurva sebesar 2329,824 m menjadi 2329,101 m. Dan nilai *Head* pada BFP 2 mengalami kecenderungan kenaikan sebesar 0,88022 m dari nilai kurva sebesar 2346,96 m menjadi 2346,079 m. Nilai *head* dipengaruhi debit, semakin tinggi nilai *head* maka semakin kecil nilai debit begitu juga sebaliknya, semakin rendah nilai *head* maka semakin besar nilai debit. Akan tetapi, dapat dilihat terjadi *head* yang tinggi dengan nilai debit yang besar yang disebabkan oleh kebocoran pada pipa, kebutuhan pelumas yang kurang memadai dan mechanical seal mengalami kebocoran, dan ada dari kerja motor yang rendah.

### C. Analisa Mass Flow Terhadap Daya Motor



Gambar 6. Grafik Mass Flow Terhadap Daya Motor BFP 1



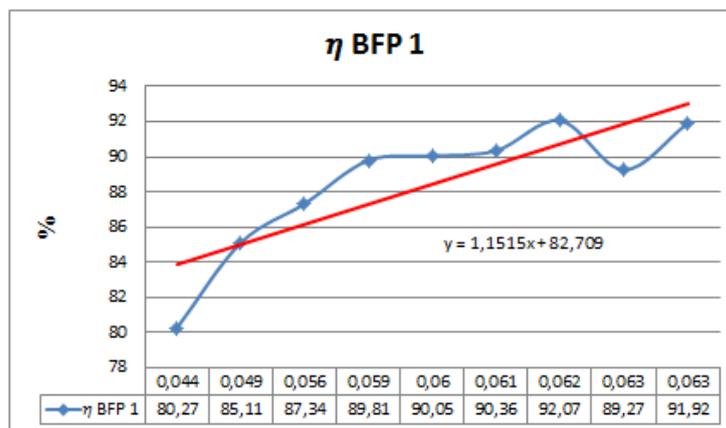
Gambar 7. Grafik Mass Flow Terhadap Daya Motor BFP 2

Bisa dilihat perbandingan *mass flow* terhadap daya motor pada Grafik 6. Nilai *mass flow* terkecil yaitu 37,4973 kg/s dengan daya motor sebesar 1067,482 kW dan nilai *mass flow* tertinggi yaitu 54,3778 kg/s dengan daya motor sebesar 1187,585 kW . Dapat diartikan bahwa semakin tinggi *mass flow* maka daya motor untuk menggerakkan pompa makin besar begitu juga sebaliknya

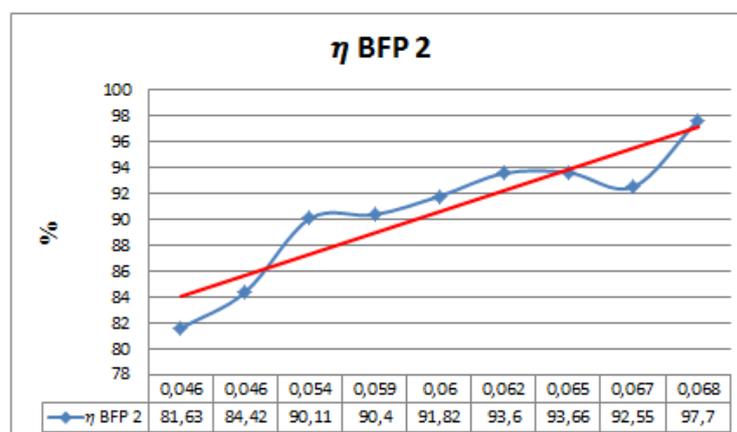
semakin kecil mass flow maka daya motor jugag makin kecil. Akan tetapi dilihat pada grafik 4.5 ada nilai *mass flow* yang kecil dengan nilai daya motor yang besar bisa jadi dikarenakan ada kebocoran pada pipa distribusi ke boiler yang mengakibatkan *mass flow* kecil dengan daya motor yang besar.

Bisa dilihat perbandingan *mass flow* terhadap daya motor pada Grafik 7. Nilai *mass flow* terkecil yaitu 39,3528 kg/s dengan daya motor sebesar 1097 kW dan nilai *mass flow* tertinggi yaitu 59,4639 kg/s dengan daya motor sebesar 1215 kW. Dapat diartikan bahwa semakin tinggi *mass flow* maka daya motor untuk menggerakkan pompa makin besar begitu juga sebaliknya semakin kecil *mass flow* maka daya motor jugag makin kecil. Akan tetapi dilihat pada grafik 4.6 ada nilai *mass flow* yang kecil dengan nilai daya motor yang besar bisa jadi dikarenakan ada kebocoran pada pipa distribusi ke boiler yang mengakibatkan *mass flow* kecil dengan daya motor yang besar.

#### D. Analisa Debit Terhadap Efisiensi



Gambar 8. Grafik Debit terhadap Efisiensi BFP 1



Gambar 9. Grafik Debit terhadap Efisiensi BFP 2

Pada gambar 8 grafik perbandingan debit terhadap efisiensi BFP 1 dan gambar 9 grafik perbandingan debit terhadap efisiensi BFP 2. Dengan ini bisa di lihat naik turunnya efisiensi yang didapat dari hasil perhitungan data performance test pada bulan juni 2018 – april 2019. Naik turunnya Efisiensi dipengaruhi oleh daya fluida. Nilai daya fluida bisa dilihat pada tabel 1 hasil perhitungan BFP 1 dan tabel 2 hasil perhitungan BFP 2. Pada BFP 1 dapat dilihat efisiensi paling

tinggi terdapat pada bulan Agustus 2018 yaitu 91,92 % dengan debit sebesar 0,063 m<sup>3</sup>/s dan efisiensi paling rendah terdapat pada bulan Desember yaitu 80,27 % dengan debit sebesar 0,044 m<sup>3</sup>/s. Dan pada BFP 2 dapat dilihat efisiensi paling tinggi terdapat pada bulan Agustus 2018 yaitu 97,7 % dengan debit sebesar 0,068 m<sup>3</sup>/s dan efisiensi paling rendah pada bulan Januari 2019 yaitu 81,63 % dengan debit sebesar 0,046 m<sup>3</sup>/s. Terjadinya perbedaan efisiensi ini karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain adalah, Rugi-rugi pompa. Kerugian tersebut bisa disebabkan oleh kebocoran pompa, kurangnya suplai pelumas yang menyebabkan gesekan, rusaknya mekanik seal atau perekat dan juga kavitasi. Dari data tersebut dapat dianalisa pada BFP 1 dan BFP 2 bahwa semakin besar nilai debit maka nilai efisiensi juga semakin tinggi. Begitu sebaliknya semakin kecil nilai debit maka nilai efisiensi semakin rendah. Jadi dapat disimpulkan bahwa memakai trendline dengan opsi linier maka nilai efisiensi kemungkinan naik . kemungkinan kenaikan dari bulan Juni 2018 – April 2019 sebesar 0,0218% pada BFP 1 dan 0,036 % pada BFP2 disebabkan dari lamanya jam operasi tersebut.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Bahwa debit mempengaruhi terhadap performa BFP unit 1 yaitu semakin besar nilai debit maka nilai efisiensi semakin tinggi berdasarkan data *performance test* pada bulan Juni 2018 sampai April 2019. Dapat dilihat pada garis trendline nilai efisiensi BFP 1 dan BFP 2 mengalami kecenderungan naik. Kenaikan nilai efisiensi pada BFP 1 sebesar 0,0218 % dari 82,7597 % menjadi 82,7815 % dan penurunan nilai efisiensi BFP 2 sebesar 0,0363 % dari 82,4829 % menjadi 82,5192 %.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UPK Ombilin yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan kerja magang sebagai pendukung pembuatan jurnal penelitian ini, selain itu penulis mengucapkan terimakasih pula pada Dosen Program Studi Teknik Mesin STT PLN Jakarta yang telah membantu kelancaran penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P[1]U. PLN, "Pengoperasian Pltu," 2013.
- [2] S. Muslim, *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik Jilid 1*. 2008.
- [3] fx adeodatus Alfa and indra agung Tama, "Laporan Audit Energi 2018," *Lap. Audit Energi*, 2018.
- [4] L. H. Rambe and S. T. Kasim, "Studi Keandalan dan Ketersediaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Unit 2 PT . PLN ( Persero ) Sektor Pembangkitan Belawan," *Singuda Ensikom*, vol. 6, no. 3, pp. 105–110, 2014.
- [5] S. Anis and Karnowo, "Buku Ajar Pompa dan Kompresor," 2008.
- [6] H. Simbolon, "Analisa Efisiensi Pompa Sentrifugal(vogel pump) di PT. Krakatau Steel, Devisilab Steel Plant," pp. 1–46, 2015.
- [7] D. P. Agus Samsul Arifin, Peter Sahupala, "Analisis Instalasi Pompa Pemadam Kebakaran Pada Kompleks Terminal Bahan Bakar Minyak Merauke," vol. 3, no. 3, pp. 267–284, 2014.
- [8] R. S. Beebe, *Condition monitoring*, no. April. 2007.