

## Analisis Unjuk Kerja Boiler Feed Pump Turbine Untuk Kapasitas Ketel Uap 2000 Ton/Jam Di PLTU Cirebon Jawa Barat

(Analisis Performance Efficiency Of *Boiler Feed Pump Turbine Capacity Boiler*  
2000 T/H Power Cirebon West Java)

SUKAMTA, SUDARJA, MUHAMMAD MUJADDID IGHNA WATHON

### ABSTRACT

Boiler feed pump turbine (BFPT) has an important role in the circulating of demin water from deaerator to the separator of steam power plant operations (PLTU) in Cirebon. Flow rate, temperature and pressure were important parameters in boiler feed pump process. Based on the BFPT function, it was necessary to do the analysis interpretation of the performance BFPT. Data needed for evaluation include pressure and temperature on the suction, pressure and temperature on the discharge, and flow capacity. In this study, the data were taken starting in January to December 2014. Data processing was performed using a centrifugal pump calculations, presented in tables and graphs using MS Excel. Analysis of data using qualitative interpretation of quantitative data. BFPT efficiency during operations in 2014 decreased in February - March amounted to 17.91% (BFPT A) and 18.04% (BFPT B). BFPT A highest efficiency obtained in January amounted to 73.76%, the lowest in March amounted to 55.45%. The highest efficiency BFPT B in February amounted to 72.94%, the lowest in March amounted to 54.9%. Change of Performance BFPT occur due to changes load generator power plant that led to the pressure change and flow capacity. Other factors that degrade the performance because BFPT was operated continuously for 24 hours and the age of BFPT sufficient old cause decrease in pump performance.

**Keyword:** performance, pressure, temperature, boiler feed pump turbine

### PENDAHULUAN

PLTU Cirebon dengan kapasitas 1x660 MW (*nett*) dan tegangan 150 kV, merupakan salah satu pembangkit listrik yang berada di pertengahan beban listrik pulau Jawa yang berperan penting sebagai penyeimbang pasokan listrik PLN di jalur transmisi Jawa-Madura-Bali. Dengan beroperasinya PLTU Cirebon akan memperkuat sistem kelistrikan Jawa-Madura-Bali. PLTU Cirebon telah menggunakan teknologi *supercritical boiler*, *supercritical boiler* merupakan jenis *boiler* yang beroperasi di atas *critical point* dengan suhu di atas 374°C dan memiliki tekanan di atas 22,1 Mpa, maka dibutuhkan sistem pemasok air yang bekerja secara optimal sesuai dengan kebutuhan *boiler*. PLTU Cirebon kerap kali mengalami *trouble* hingga mengakibatkan terjadinya *trip* pada operasional PLTU, hal tersebut dikarenakan pompa utama

*boiler* dengan penggerak mini turbin atau disebut *boiler feed pump turbine* mengalami permasalahan. *Boiler feed pump turbine* (BFPT) memiliki peranan penting yaitu memompa atau mensirkulasi air *demin* dari *deaerator* menuju *separator*. Debit aliran, temperatur dan tekanan disesuaikan dengan kebutuhan *boiler* untuk proses *evaporasi* menjadi *main steam*, karena peran *boiler feed water turbine* (BFPT) sangat vital pada operasional kerja PLTU Cirebon, maka perlu dilakukan evaluasi kinerja dari BFPT selama beroperasi tahun 2014.

### TINJAUAN PUSTAKA

Joseph Nasal (2003), menghitung unjuk kerja *boiler feed pump* dengan menggunakan metode *affinity laws*. Dengan data pengukuran tekanan dan temperatur pada bagian *suction* pompa, tekanan dan temperatur pompa pada bagian

*discharge*, rpm dan *flow* yang diperlukan untuk metode perhitungan. *Suyanto, Irham (2007)*, melakukan penelitian kaji eksperimental fenomena kavitasi pada sudu pompa sentrifugal. Pada penelitian ini parameter yang digunakan untuk mengamati adalah angka *Thoma (s)*, dan hasil yang diperoleh bahwa kavitasi pada sudu pompa sentrifugal intensitasnya semakin besar pada angka kavitasi rendah yang disebabkan oleh tekanan isap yang rendah, temperatur fluida tinggi, kapasitas dan putaran besar. *Bruno Schiavello dan Visser, Frank C. (2009)* melakukan penelitian terhadap pengaruh NPSHR (*Nett Positive Suction Head Required*) dan NPSHA (*Nett Positive Suction Head Available*), nilai NPSHA dan NPSHR mempengaruhi terjadinya fenomena kavitasi, dalam penelitian ini digambarkan adanya pengaruh NPSHR dan NPSHA terhadap panjang umur dari *impeller*.

*Delly, Jenny (2009)*, melakukan penelitian pengaruh tepe ratur terhadap terjadinya kavitasi pada sudu pompa sentrifugal. Pada penelitian ini divariasikan temperature fluida yang diduga berpengaruh terhadap terjadinya kavitasi pada sudu pompa sentrifugal. Untuk mengetahui terjadinya kavitasi parameter yang digunakan untuk mengamati adalah angka *Thoma ( $\sigma_p$ )*, visualisai dengan Gambar yang terdeteksi. Semakin tinggi temperatur, maka semakin besar kemungkinan terjadinya kavitasi pada sudu. Hal ini juga terjadi dengan semakin turunnya tekanan hisap. *P.Satheesh dkk.* Pada tahun 2014 menyebutkan pada tabel 1. beberapa masalah atau gangguan yang sering terjadi pada *boiler feed pump* ada empat gangguan yang sering dialami oleh *boiler feed pump* dan analisa penyebab dari gangguan yang sering terjadi serta memberikan solusi dari penyebab gangguan tersebut dengan cara memperbaiki atau penggantian alat tertentu.

*Hu Si-ke dkk.* pada tahun (2012) mengitung menggunakan program, dimana *generator supercritical* dengan kapasitas 600 MW, menggunakan tekanan operasi pada *boiler* dengan variasi 30 – 90 %. Sebagai contohnya, membandingkan kosumsi energi dari *boiler feed-water pump* ketika menggunakan mode operasi yang berbeda dan meringkas hasil

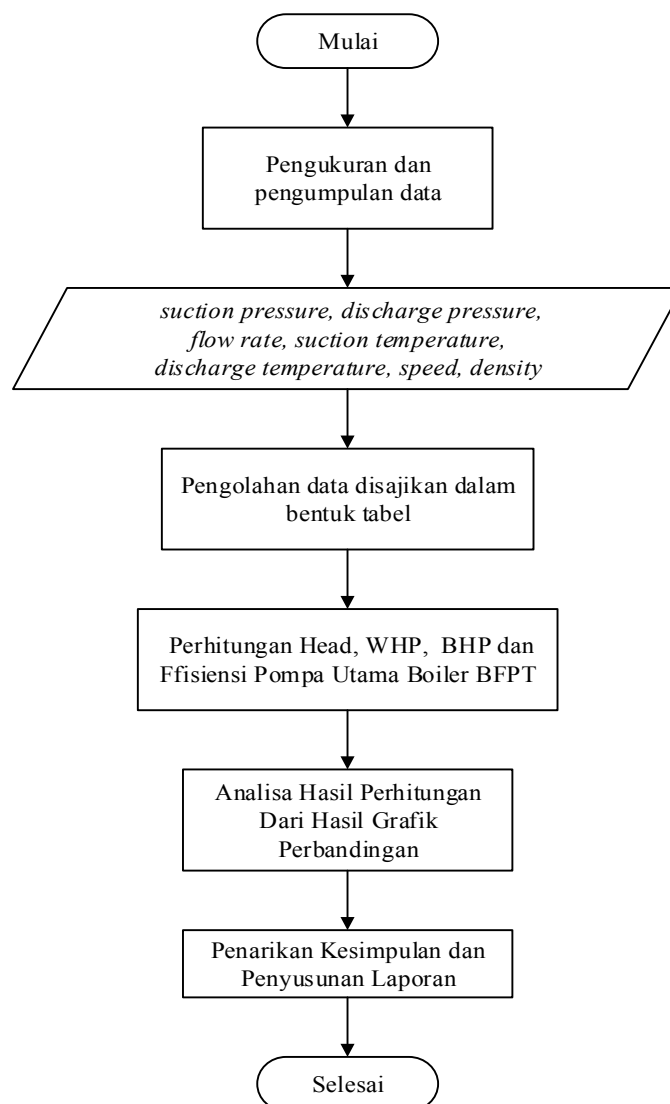
perhitungan pada table 2. Diketahui kapasitas rata-rata aliran  $q_{v,o} = 2008 \text{ m}^3/\text{h}$ , tekanan hisap sebesar  $p_1 = 25,4 \text{ MPa}$  (2540 mH<sub>2</sub>O). ,  $p_1 = 1 \text{ MPa}$  (100 mH<sub>2</sub>O), memiliki suhu jenuh air  $t = 181 \text{ }^\circ\text{C}$ , density  $\rho = 787 \text{ kg/m}^3$  ; sebagaimana diketahui, adanya perbedaan elevasi antara bagian atas *boiler* dan letak instalasi pompa sebesar  $\Delta h_{cd} = 65 \text{ m}$ , sedangkan antara *deaerator* dan pompanya sebesar  $\Delta h_{ab} = 15 \text{ m}$ . Jadi,  $H_{st,o} = 2490 \text{ mH}_2\text{O}$ , angka hambatan dalam pipa suplai air  $S_{go} = 3,24 \times 10^{-5} \text{ h}^2/\text{m}^5$ , *frequence speed single-set* dari *critical laod* dari sistem suplai air sebesar  $q_{v,ic} = 1065,7 \text{ m}^3/\text{h}$ , 53,1 % dari jumlah *laod*. *Main feed-water pump* dan pompa *booster* pada karakteristik *speed* mengikuti persamaan *fitting* sebagai berikut. Karakteristik persamaan *fitting* dari *main feed-water pump* “HPT 300-330-5s+k” (*frequence speed*  $n_o = 5476 \text{ r/min}$ ) adalah

#### METODE STUDI KASUS

Penelitian ini diawali dengan pengambilan data di lokasi PLTU Cirebon pada unit BFPT A dan BFPT B (*boiler feed pump turbine*). Pengambilan data dilakukan di unit lokal dan di *control room*, akses data menggunakan komputer data *server* ketika PLTU beroperasi di tahun 2014. Data yang di kumpulkan antara lain *suction pressure*, *discharge pressrure*, *suction temperature*, *discharge temperature*, (*flow rate*), (*speed*), *density* dan beberapa data spesifikasi BFPT selama beroperasi di tahun 2014. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan menggunakan rumus kinerja pompa dan dengan menggunakan program *microsoft excel* serta program tambahan *main steam* untuk mencari *density* fluida kerja. Parameter untuk mengukur kinerja pompa antara lain head pompa, WHP (*water horse pump*), BHP (*Break horse pump*) dan efisiensi pompa. Data pengukuran disajikan dalam bentuk tabel, data yang digunakan untuk proses pengolahan merupakan data rata-rata dari setiap bulannya. Hasil data yang telah diolah disajikan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan terhadap waktu.

TABEL 1. Gangguan utama dan penanganan pada *Boiler feed pump* Satheesh, P., Karthikumar, C., Vivekkumar, S. (2014)

S.NO	Masalah	Penyebab	Perbaikan
1	kurangnya aliran fluida pada bagian <i>discharge</i>	1. Adanya penyumbatan pada <i>filter suction</i> 2. Telah lamanya penggunaan ring pada BFPP/BFP	1. Pembersihan pada filter bagian suction 2. <i>Overhauling</i> pada BFPP/BFP
2	Kerusakan pada saluran <i>mechanical seal</i>	Ausnya pada bagian <i>seal</i>	Penggantian <i>seal</i>
3	kebocoran pada <i>Cooler</i>	<i>Cooler tube puncter</i>	Pengisian pada <i>punctured</i> atau penggantian <i>tube nest</i>
4	<i>High vibration</i>	1. <i>Misalignment</i> 2. <i>Bearing Lossenes</i>	1. <i>Realignmet</i> 2. Pengencangan pada baut bantalan



GAMBAR 1. Diagram Alir metode studi kasus

TABEL 2. Perhitungan parameter dari unit *Power Plant* dengan kapasitas 600 MW tentang *Boiler Feed Water Pump* dengan beberapa program ketika operasi mengalami perubahan tekanan Hu Si-ke, Gao Hui-fen, Jia Xue-jing (2012)

	System operation mode	the systems in parallel operation (program 1)							Single set of system operation (programme 2)		
		Laod percentage (%)	90	80	70	60	50	40	30	50	60
riable Condition	System total flow $q / (m^3/h)$	1807.2	1606.4	1405.6	1205.6	1004	803.2	602.4	1004	803.2	602.4
	Sliding static differential pressure $H_d/(mH_2O)$	2490	2400	2150	1750	1450	1150	750	1450	1150	750
	Rotating speed $n/(r/min)$	5242.5	5043.5	4696.1	4171.1	3719.2	3227.3	2487.6	5840	4834.5	3670.3
The main feed-water pump	Pumping head $H_u/(mH_2O)$	2347.6	2251.8	1997.8	1650.7	1292.9	992	592.9	2913.4	2032	1177.2
	Efficiency $\eta_{II}(\%)$	84.99	84.04	82.95	81.87	80.53	78.22	77.35	84.97	84.61	84.47
	Brake horse power $P_i/(kW)$	21826	18819	14801	10628	7048	4454	2019	7525.6	4216.9	1835.3
The forepump	Rotating speed $n/(r/min)$	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487
	Pumping head $H_u/(mH_2O)$	147.6	149.9	151.7	152.9	153.6	153.7	153.2	153.6	153.7	153.2
	Efficiency $\eta_{IV}(\%)$	81.68	79.1	75.45	70.47	63.95	55.65	45.32	63.95	55.65	45.32
	Brake horse power $P_i/(kW)$	714	665	618	572	527	485	445	263.6	242.5	222.5
The total number of water supply pipe resistance $S/h^2/m^5$		$3.2423 \times 10^{-5}$							$1.6 \times 10^{-3}$		
Total lift pump $III'+II (mH_2O)$		2495.2	2401.7	2149.5	1803.6	1446.5	1145.7	746.1	3067	2185.7	1330.4
Total axis power feed water pump $P_{C+u}/(kW)$		22540	19484	15419	11200	7575	4939	2464	7789.2	4459.4	2507.8

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

PLTU dengan kapasitas 660 MW x 150 kV memiliki *boiler feed pump turbine* dengan parameter sebagai berikut:  $P_1 = 26,46$  ( $kgf/cm^2$ );  $P_2 = 314,17$  ( $kgf/cm^2$ );  $T_1 = 183,75$  °C ;  $T_2 = 189,2$  (°C) ;  $\dot{Q} = 1218,37$  ( $m^3/h$ ) ;  $n = 5570,53$  rpm ;  $\rho_s = 884,03$  ( $kg/m^3$ ) ;  $\rho_d = 896,73$  ( $kg/m^3$ ) ;  $Dia. = 18$  inchi =  $0,4572$  (m)

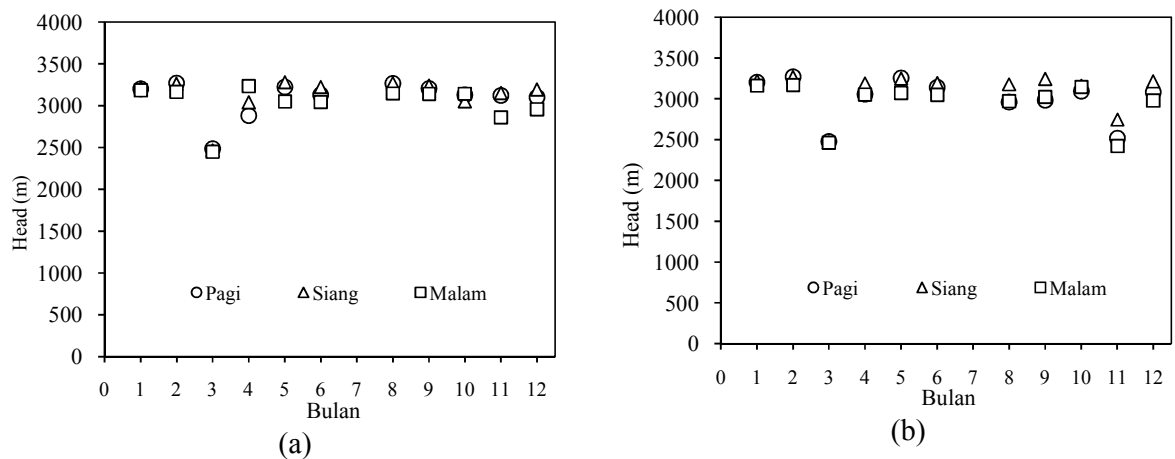
Hasil perhitungan head pompa utama, terlihat pada gambar 2. (a) dan (b). Terlihat pada bulan Maret atau bulaun ke-3 *head* pompa mengalami penurunan, hal tersebut terjadi karena penurunan *laod generator* yang disebabkan adanya kerusakan pada bagian *force drive fan* (FD). *FD fan* merupakan unit yang berfungsi menyuplai udara untuk proses pembakaran pada *boiler*. Penurunan *laod generator* menyebabkan terjadinya penurunan

tekanan pada pompa utama BFPT. Pompa utama BFPT A memiliki nilai *head* tertinggi pada bulan Februari sebesar 3.233,82 m dan nilai *head* terendah bulan Maret sebesar

2.466,61 (m), BFPT B memiliki nilai *head* tertinggi pada bulan Februari sebesar 3.236,51 (m) dan nilai *head* terendah yaitu pada bulan Maret sebesar 2.467,42 (m).

TABEL 3. Hasil Perhitungan pompa utama boiler feed pump turbine A pada bulan Januari 2014

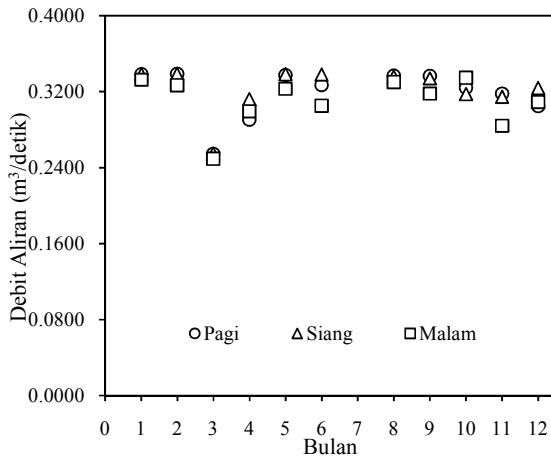
<i>Boiler feed pump turbine BFPT A</i>	
<i>speed <math>n_i</math> (rpm)</i>	5570.53
<i>Pumping head <math>H</math> (m)</i>	3204.11
<i>Efficiency <math>\eta_p</math> (%)</i>	74.16
<i>Brake horse power <math>P_i</math> (kW)</i>	13521.58
<i>Water horse power (kW)</i>	10027.85
<i>Flow rate (<math>m^3/h</math>)</i>	1218.37



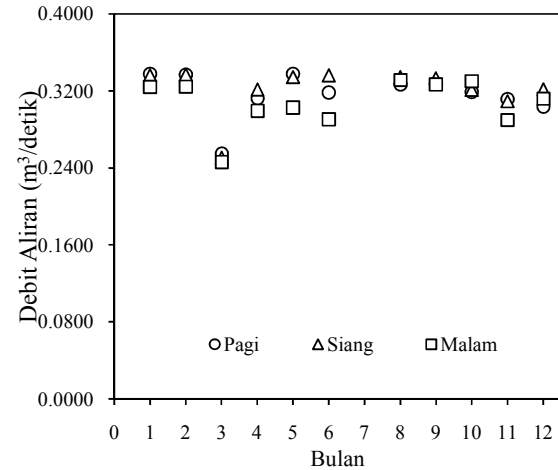
GAMBAR 2. (a) Head total BFPT A, (b) Head total BFPT B selama tahun 2014

Pada gambar 3.(a) dan (b). Adanya penurunan debit aliran pada bulan Maret atau bulan ke 3 yang cukup signifikan, baik pompa utama BFPT A dan BFPT B dengan debit hampir sama. Hal tersebut dapat terjadi karena pada bulan Maret PLTU beroperasi dengan menggunakan beban hanya sekitar 70 % dari beban (*laod*) *generator* maksimumnya.

Perubahan beban (*laod*) tersebut dikarenakan pada bulan Maret terjadi kerusakan pada FD *fan* yang mempengaruhi kinerja dari *boiler*. Perubahan beban (*laod*) *generator* tersebut mempengaruhi perubahan debit aliran. Perubahan debit aliran termasuk salah satu parameter unjuk kerja pompa utama BFPT.

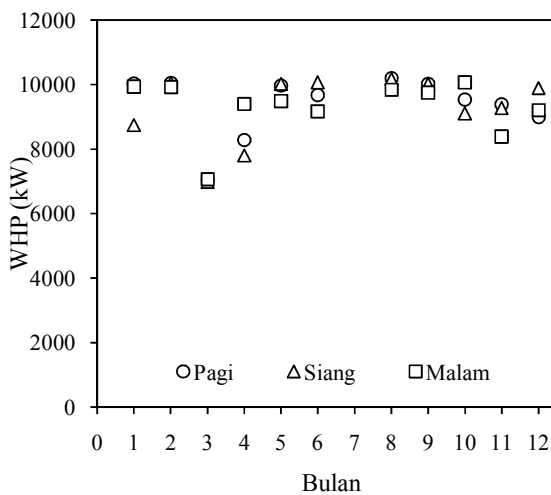


(a)

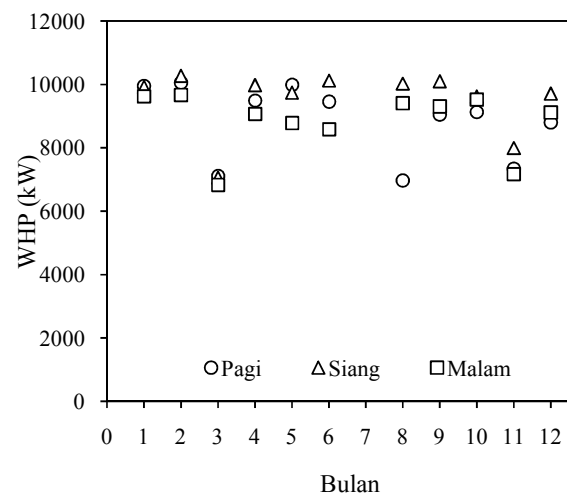


(b)

GAMBAR 3. (a) Debit aliran fluida pada BFPT A, (b) Kapasitas atau laju aliran fluida pada BFPT B selama tahun 2014

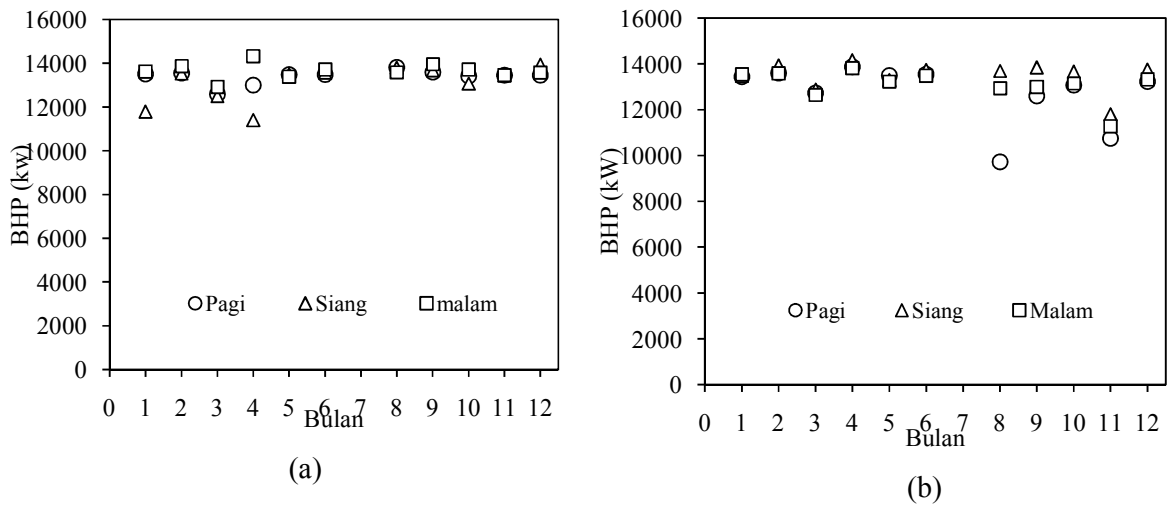


(a)

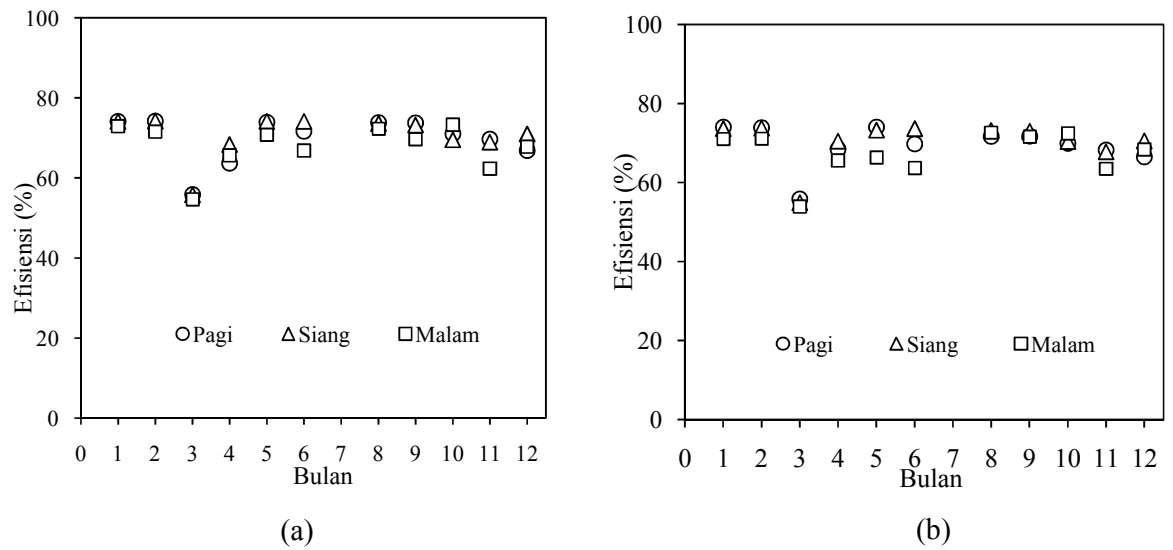


(b)

GAMBAR 4. (a) WHP (*Water horse power*) pada BFPT A, (b) WHP (*Water horse power*) pada BFPT B selama tahun 2014



GAMBAR 5. (a) Daya poros atau BHP (*Break horse power*) pada BFPT A, (b) Daya poros atau BHP (*Break horse power*) pada BFPT B selama tahun 2014



Gambar 6. (a) Efisiensi Popa utama BFPT A, (b) Efisiensi Popa utama BFPT B selama tahun 2014

Pada gambar 4. (a) dan (b). Menunjukkan nilai daya hidrolis pada masing - masing pompa utama BFPT A dan BFPT. Terlihat pada bulan Maret WHP BFPT A mengalami penurunan dengan nilai terendah sebesar 7.027,47 kW dan pada unit BFPT B mengalami penurunan pada beberapa bulan yaitu bulan Maret, Agustus dan November, nilai terendah berada pada bulan Maret sebesar 6.999,76 kW. Penurunan daya hidrolis pada pompa utama BFPT A dan BFPT B pada beberapa bulan dapat terjadi karena dipengaruhi oleh perubahan debit aliran (*flow*) dan *head* pada pompa utama untuk menyuplai *boiler*, hal tersebut dikarenakan adanya perubahan beban (*laod*) PLTU yang mempengaruhi kinerja dari BFPT, kurangnya debit aliran yang terjadi dapat disebabkan oleh penyumbatan kotoran pada saringan *suction* karena penggunaannya yang sudah cukup lama.

Terlihat pada gambar 5. (a) dan (b). Menunjukkan nilai dari BHP atau daya input dari pompa utama BFPT. Pada BFPT A terlihat nilai BHP tidak banyak mengalami perubahan dan cenderung stabil, sedangkan pada BFPT B ada beberapa bulan yang mengalami penurunan nilai BHP terlihat pada bulan Agustus di *shift* pagi hari sebesar 9720,47 kW dan pada bulan November memiliki nilai terendah jika diambil rata-rata nilai BHP sebesar 11270,62 kW. Adanya perubahan BHP dapat terjadi karena adanya perubahan debit aliran dan perubahan *head* pompa yang berpengaruh terhadap nilai WHP pada bulan November. Adapun kemungkinan lain yaitu suplai aliran *main steam* dari ekstraksi turbin utama untuk menggerakkan *mini turbine* BFPT mengalami penurunan

Berdasarkan data indikator performansi pompa utama BFPT terlihat pada gambar 6 (a) dan (b). Diperoleh nilai efisiensi pompa utama BFPT A dan BFPT B, adanya penurunan efisiensi pada bulan Februari ke Maret (BFPT A) 17,91 % dan (BFPT B) 18,04 %. Efisiensi tertinggi BFPT A didapat pada bulan Januari sebesar 73,76 %, dan terendah pada bulan Maret sebesar 55,45 %. Efisiensi tertinggi BFPT B terjadi pada bulan Februari sebesar 72,94 % dan terendah terjadi pada bulan Maret sebesar 54,9 %.

Dari hasil perhitungan NPSH didapat besar NPSHa (*available*) pada bulan Maret sebesar 26,56 m sedangkan untuk NPSHr (*require*) sebesar 8,5 m maka NPSHa > NPSHr dapat dinyatakan untuk utama *boiler* tidak

mengalami fenomena kavitasi atau aman dari fenomena kavitasi .

Adanya perubahan kinerja dari pompa utama BFPT dapat terjadi karena sifat kerja dari BFPT yang beroperasi terus menerus selama PLTU beroperasi dan usia kerja pompa tersebut dapat memungkinkan telah terjadinya penurunan unjuk kerja dari kondisi awal pompa beroperasi.

## KESIMPULAN

1. Performansi pompa utama BFPT selama beroperasi tahun 2014 mengalami perubahan dengan beberapa indikator. Unjuk kerja pompa BFPT A didapat nilai *head* tertinggi pada bulan Februari sebesar 3.233,82 m dan B sebesar 3.236,51 m. Nilai *head* terendah BFPT A pada bulan Maret sebesar 2.466,61 m dan B sebesar 2.467,42 m. Kapasitas aliran tertinggi BFPT A terjadi pada bulan Januari sebesar 1211,72 m<sup>3</sup>/jam, BFPT B pada bulan Februari sebesar 1198,29 m<sup>3</sup>/jam dan kapasitas terendah BFPT A pada bulan Maret sebesar 910,93 m<sup>3</sup>/jam, BFPT B pada bulan Maret sebesar 901,85 m<sup>3</sup>/jam. Nilai efisiensi pompa tertinggi pada bulan Januari sebesar (73,76 %), BFPT B pada bulan Februari sebesar (72, 94 %), dan efisiensi BFPT A terendah pada bulan Maret sebesar (55,45 %), BFPT B pada bulan Maret sebesar (54, 9 %).
2. Perubahan kinerja dari pompa BFPT dapat terjadi karena perubahan *laod generator* PLTU yang menyebabkan adanya perubahan tekanan dan perubahan kapasitas aliran. Faktor lain yang dapat menurunkan kinerja dari BFPT adalah sifat kerja dari BFPT yang beroperasi terus menerus selama 24 jam dan usia kerja pompa BFPT dapat memungkinkan telah terjadinya penurunan *performance* dari kondisi awal pompa beroperasi pada tahun 2012 hingga tahun 2014.

## DAFTAR PUSTAKA

- Delly, Jenny, 2009. Pengaruh Temperatur Terhadap Terjadinya Kavitasi pada sudu pompa Sentrifugal, Dinamika Jurnal



Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 1, No. 1, Universitas Haluoleo, Kendari.

- HuSi-ke,Gao Hui-fen ,Jia Xue-jing.2012.*Regulating Characteristics Analysis of Boiler Feed-water Pump when 600 MW Unit Sliding-pressure Oprating*, Energy Procedia, Vol. 17, pp. 1153-1160
- Nasal, R, Joseph. 2003. *Boiler Feed Pump Peformance Assesment Method Using Pump Affinity Laws Reduces Uncertainly*.Melalui <http://www.power.eng.com/article/print/volume-107/issue-11/feature/boiler-feed-pump-performance- assesment-method-using-pump-affinity-laws-reduce-uncertainly.html>.
- Satheesh, P, Karthikkumar, C, Vivekkumar, S, 2014, *Performance Opration Analysis Diagnosis and Optimization of 210 MW Boiler feed Pump*.International Journal of Reasearch In Aeronautical and Mechanical Engineering, Vol. 2 Issue. 3, pp.115-121
- Schiavello, B dan Visser, FC (2009). *Pump Cavitation-Variou s NPSHR Criteria, NPSHA margins, and Impeller Life Expectancy*. Proceeding of The Twenty Fifth International Pump Users Symposium. New Jersey.
- Sularso dan Tahara, Haruo. 1983, *Pompa dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. P.T.Pradnya Pramita, Jakarta
- Suyanto, Irham (2007), *Studi Eksperimental Fenomena Kavitasi Pada Sudu Pompa Sentrifugal*.Tugas Akhir ITS.

---

PENULIS:

Sukamta

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta.

Email: msukamtal@gmail.com

Sudarja

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan Tamantirto Kasihan Bantul, Yogyakarta

Muhammad Mujaddid Ighna Wathon

Alumni Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan Tamantirto Kasihan Bantul, Yogyakarta.