
ANALISIS PERBANDINGAN KEBUTUHAN ENERGI MENGGUNAKAN BOILER FEED PUMP DAN MOTOR INDUKSI PADA KONDISI START UP (STUDY KASUS: PLTU TANJUNG JATI B UNIT 3)

Muhammad Sagaf

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro
Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara

Email: sagaf_mnwr@yahoo.com

Safrizal

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro
Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara

Email: [safrizal27@gmail.com](mailto:sufrizal27@gmail.com)

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat tidak hanya diikuti dengan peningkatan pasokan energi listrik saja, tetapi harus diikuti dengan pengelolaan energi yang baik dan efisien. Salah satu caranya yaitu dengan mengurangi penggunaan energi sendiri (*auxiliary power*) pada pembangkit listrik. PLTU Tanjung jati B Unit 3, yang mempunyai 2 *Boiler Feed Pump* (BFP) dengan penggerak Turbin uap (*Turbine Boiler feed Pump* atau TBFP) dan 1 buah BFP dengan penggerak Motor Induksi (*Motor Boiler feed Pump* atau MBFP). Penelitian ini dilakukan perbandingan peralatan tersebut yang bekerja dengan kebutuhan energi paling minimal. Proses pengambilan data dilakukan pada kondisi *start up, cold* 12 jam, *warm* 6 jam, *hot* 2 jam. Dari hasil penelitian menunjukkan, untuk kondisi *start up cold* 12 jam MBFP mempunyai tingkat konsumsi energi 54,8 MWh, sedangkan TBFP hanya mengkonsumsi energi 21,6 Mwh, atau sebesar 60.58 % dari jumlah energi yang digunakan oleh MBFP dan dapat menghemat biaya sebesar Rp 11.487.200,00 artinya TBFP mampu menghemat penggunaan energi 33,2 MWh atau setara 2.980 rumah berlangganan daya listrik PLN 1300 VA, konsumsi daya aktif rata-rata 11,14 kWh/day (33.200 kWh/11,14 kWh = 2980unit rumah).

Kata kunci: PLTU TJB unit 3, TBFP, MBFP, *start up cold*, kWh, penghematan energi

ABSTRACT

The increasing need for electricity is not only followed by an increase in the supply of electricity, must also be followed by good and efficient energy management. One way is to reduce the use of own energy (auxiliary power) in power plants. Tanjung Jati Power Plant B Unit 3, which has 2 Boiler Feed Pump (BFP) with a steam turbine (TBFP) and 1 BFP with an Induction Motor (MBFP) booster. This research is carried out comparing the equipment that works with the minimum energy requirements. Data retrieval process is carried out under conditions of start-up, cold 12 hours, warm 6 hours, and hot 2 hours. From the results of the study show, for the 12 hours cold start up condition MBFP has an energy consumption level of 54.8MWh, while TBFP only consumes 21.6 Mwh of energy, or as much as 60.58% of the amount of energy used by MBFP and can save costs by Rp 11,487 .200.00 meaning that TBFP is able to save 33.2MWh of energy use or the equivalent of 2,980 homes subscribed to PLN 130VA electric power, the average active power consumption is 11.14kWh/day (33,200kWh / 11,14kWh = 2980 housing units).

Keywords: Power Plant B Unit 3, TBFP, MBFP, *start up cold*, kWh, energi saving

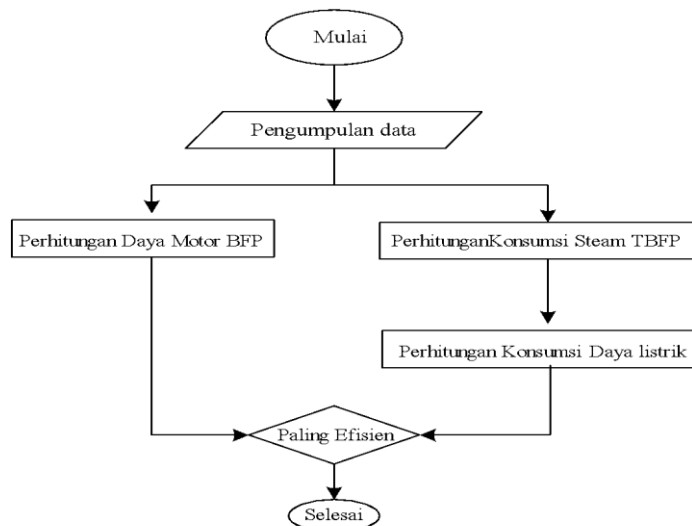
1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik dewasa ini semakin rumit kompleks, permintaan kebutuhan tenaga listrik yang terus meningkat tiap tahun harus diikuti dengan peningkatan kualitas daya (*power quality*) serta biaya yang dapat diterima oleh pelanggan. Permasalahan krisis minyak dunia serta pemanasan global akibat pembakaran bahan bakar fosil jenis batu-bara oleh *power plant* untuk memproduksi tenaga listrik, oleh karena itu diperlukan pengelolaan energi listrik yang baik dan efisien. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan efisiensi pembangkit listrik. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi jumlah pemakaian listrik sendiri (*auxiliary power*) pada pembangkit listrik. Penelitian ini akan fokuskan pada analisa perbandingan kebutuhan dan efisiensi energi dari pompa pengisi air boiler / *Boiler Feed Pump* (BFP) yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap Tanjung Jati B Unit 3 (PLTU TJB 3), dimana PLTU TJB 3 mempunyai 2 jenis *Boiler Feed Pump* yaitu *Boiler Feed Pump* penggerak Motor (MBFP) dan *Boiler Feed Pump* penggerak turbin uap (TBFP) saat kondisi *start up*. Setelah dilakukan perbandingan maka dapat ditentukan peralatan mana yang lebih efisien dan mempunyai konsumsi energi listrik yang lebih kecil.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian oleh Aditasa Pratama, [1] melakukan studi untuk menentukan kapasitas motor listrik untuk pendingin dan penggerak pompa air *high pressure* pengisi boiler. Studi dilakukan pada saat beroperasi pada beban 100%, dan didapatkan hasil daya output motor sebesar 576 kW, daya input motor sebesar 770kW dengan efisiensi motor 75%. Sukamta [2], melakukan analisa unjuk kerja *boiler feed pump turbine* untuk kapasitas ketel uap 2000 ton/jam. Didapat hasil daya output (*water horse power*) sebesar 10027kW dan input *horse power* (*Brake horse power*) sebesar 13521kW dengan efisiensi sebesar 74,16%. Jingkuan Li, [3][3] melakukan analisa ekonomis pada *turbine-driven feed water pump*. Pada beban yang semakin tinggi nilai efisiensi semakin meningkat dan nilai *relative error* antara *calculation value* dengan *design value* semakin menurun. Dengan kata lain didapat bahwa pada beban yang semakin tinggi permodelan menjadi semakin akurat.

Langkah kerja dalam penelitian ini oleh penulis dapat dilihat pada *flowchart* yang ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Ada dua kategori metode dalam penelitian ini, yaitu metode pengumpulan data dan metode analisis data.

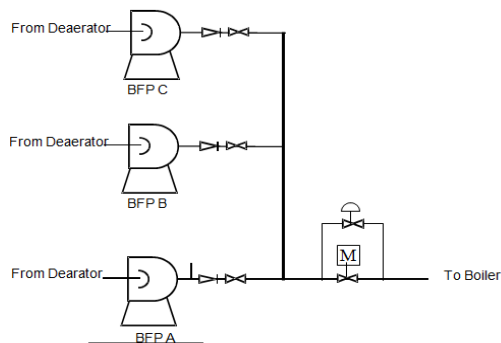
Metode pengumpulan data meliputi:

1. Data dokumen / data sekunder
2. Pengumpulan data langsung/data primer

2.1 Boiler Feed Pump (BFP)

Boiler Feed Pump merupakan salah satu aplikasi penggunaan pompa sentrifugal berukuran besar pada industri pembangkit listrik tenaga uap. Pompa ini berfungsi untuk mengontrol dan mengalirkan air pada jumlah tertentu yang berasal dari tangki Deaerator menuju boiler dengan spesifikasi tekanan tertentu (215 bar, pada PLTU TJB 3). Sebelum masuk ke boiler air tersebut biasanya mengalami pemanasan awal (*pre-heating*), sehingga air yang dipompa oleh BFP juga memiliki temperatur tertentu (170 °C, pada PLTU TJB 3) yang cukup panas. Satu unit BFP pada PLTU terdiri atas dua pompa dan satu penggerak. Penggerak yang digunakan bisa berupa motor listrik atau juga turbin uap berukuran kecil. Turbin uap kecil tersebut mendapatkan aliran uap air yang diambil dari turbin uap utama pada stage tertentu (*Intermediate Pressure Turbine/IPT*). Satu unit PLTU TJB 3 pada penelitian ini menggunakan 2 BFP dengan penggerak Turbin Uap dan 1 Unit BFP dengan penggerak Motor induksi.

Satu unit BFP terdiri dari dua pompa yaitu satu booster pump dan satu *main pump* / pompa utama. Keduanya menggunakan penggerak tunggal (turbin uap atau motor), yang porosnya di-couple dengan atau tanpa sistem transmisi tergantung desainnya.



Gambar 2. Aliran Feed Water dari BFP

2.1.1 Motor-BFP [4]

Pada PLTU tanjung jati B Unit 3 terdapat sebuah BFP dengan penggerak 2 motor yang dikopling. Dimana spesifikasi sebagai berikut :

1. Manufaktur : TOSHIBA
2. Service name : Boiler Feed Water Pump
3. Output : 5600 (kW)
4. Voltage : 10000 (V)
5. Normal Current : 378 (A)
6. Number of pole : 4
7. Rated power factor : 0.89
8. Speed synchronous/rated : 1500/1485 (rpm)
9. IP Class : IP55
10. Locked rotor current : 1706 (A)
11. Starting time : 9.0 (sec)
12. Load characteristics:

- a) *Efficiency at 100%* : 96.1%
- b) *Efficiency at 75%* : 95.7%
- c) *Efficiency at 50%* : 94.8%
- d) *Efficiency at 25%* : 91.3%
- e) *Power factor at rated* : 0.89
- f) *Power factor at starting* : 0.15

Untuk Menghitung daya dari motor MBFP digunakan rumus [5]

$$\text{Daya (P)} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi \quad (1)$$

2.1.2 BFP Penggerak Steam Turbine (T BFP)[7]

Terdapat 2 buah BFP dengan penggerak turbin uap dengan daya pompa yang sama sedangkan spesifikasi turbin nya adalah sebagai berikut

1. *Type of Turbine* : SCSF-10.5" (*Single Cylinder Single Flow*)
2. *Rated Output (100%ECR)* : 14,086 kW
3. *Max Capacity* : 14,749 kW
4. *Min Load Operation* : 25 % Load
5. *Rated Speed* : 5030 rpm
6. *Direction of Rotation* : CCW (*Counter Clock Wise*)

2.2 Start up PLTU

Pada Studi kasus yang dilaksanakan pada PLTU Tanjung Jati B Unit 3 didapatkan data waktu start up dengan 3 kondisi memulai start up.

Tabel 1. Waktu Start Up PLTU

Mode Start	WAKTU
<i>Cold</i>	12 Jam
<i>Warm</i>	6 Jam
<i>Hot</i>	2 Jam

2.3. Data Generator MW dan pemakaian steam di Turbin dan TBFP

Tabel 2. Parameter Generator MW dan Konsumsi Uap

BEBAN (MW)	Coal Flow (t/h)	MAIN STEAM FLOW (t/h)	Steam Flow		
			TBFP A	TBFP B	TBFP Total
695	280.8	2231	44.82	45.63	90.45
686	276.5	2186	44.84	54.67	90.51
661	265.6	2086	44.92	45.79	90.71
656	267.2	2068	43.29	44.05	87.34
632	256.7	1975	41.48	41.97	83.45
608	241.2	1905	38.95	39.29	78.24
586	240.7	1814	36.81	36.92	73.73
583	235	1793	35.43	35.99	71.42
559	221.3	1673	33.38	33.87	67.25
537	214.1	1637	32.04	32.52	64.56
532	211.2	1622	31.58	31.87	63.45
511	201.9	1533	29.5	29.85	59.35
508	211.7	1610	29.19	29.44	58.63
484	191.5	14.91	27.93	28.18	56.11
455	186.7	1349	24.72	24.95	49.67
383	159.9	1133	22.98	23.44	46.42

Pada Tabel 2. diatas menunjukkan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTU TJB 3 dan konsumsi uap (*steam flow*) pada turbin utama dan pemakaian uap yang masuk ke 2 TBFP yaitu TBFP A dan TBFP B dimana jumlah konsumsi uap tersebut dijumlahkan menjadi TBFP *steam flow*.

2.4. Harga Pembelian PLN

Tabel 3. Harga Kwh Pembelian Oleh PLN

No	PLTU Batubara	Harga (Rp/kg)	Nilai Kalor (kcal/kg)	Rp/cal	Merit (Rp/kwh)
1	Paiton 9	519	4,293	121	261
2	Tanjung Awar-Awar	609	4,598	132	279
3	Rembang	667	4,596	145	292
4	Surabaya 8	617	4,521	137	297
5	Indramayu	628	4,604	136	297
6	Palabuan Ratu	640	4,521	142	303
7	Paiton	654	4,900	134	316
8	Pacitan	705	4,733	149	334
9	Tanjung Jati 3&4	1,007	5,647	178	346
10	Lontar	619	4,539	136	350
11	Celukan Bawang	749	4,832	155	352
12	Tanjung Jati 1&2	998	5,688	175	358
13	Cilacap 3	692	4,200	165	362
14	Banten	749	4,200	178	369
15	Surabaya 400	783	4,848	162	384
16	PEC	964	5,215	185	394
17	Labuan	658	4,537	145	397
18	Japow	911	5,000	182	397
19	Surabaya 600	783	4,758	165	398
20	PEC 3	943	5,000	189	401
21	CEP	862	4,543	190	407
22	Cilacap 12	898	5,239	171	407

Tabel 3. merupakan tabel harga pembelian listrik oleh PLN dari setiap pembangkit di Jawa Bali (JAMALI) per Agustus 2017 [7]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Daya Motor Penggerak BFP

Dari hasil perekaman data yang didapat dari DCS PLTU Tanjung Jati B Unit 3 didapatkan:

- a. Tegangan Motor : 10 KV
- b. Arus : 148 A
- c. Cos φ : 0.89 (Data Sheet)

Sehingga daya motor dapat dihitung dari persamaan (1).

$$\text{Daya (P)} = 10 \text{ KV} \times 148 \text{ A} \times 0.89 \times \sqrt{3} = 10 \text{ KV} \times 148 \text{ A} \times 0.89 \times \sqrt{3}$$

$$\text{Daya (P)} = 2281.5 \text{ KW}$$

Daya untuk 2 motor yang dikopling bersamaan sebagai penggerak BFP adalah

$$\text{Daya (P)} = 2281.5 \text{ KW} \times 2 \text{ Motor}$$

$$\text{Daya (P)} = 4563 \text{ KW (saat start up)}$$

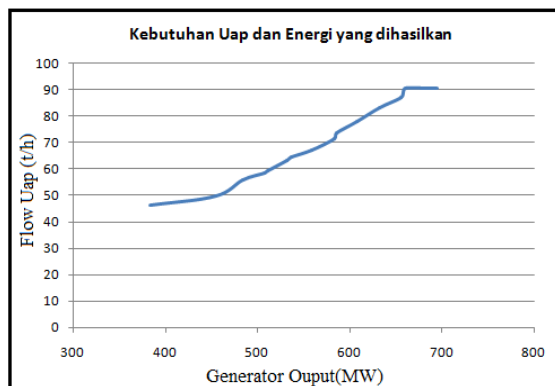
Untuk menghitung energi yang dibutuhkan selama *start up* dapat digunakan tabel 1. Hasil perhitungan dari energi motor untuk setiap kondisi *start up* yaitu:

Tabel 4. Kebutuhan Energi Listrik MBFP

Kondisi Start up	Waktu (Jam)	Energi Motor (MWh)
Cold	12 Jam	54.8
Warm	6 Jam	27.4
Hot	2 Jam	9.1

3.2 Perhitungan Kebutuhan Uap Untuk setiap Energi Listrik

Perhitungan jumlah aliran uap (t/h) pada BFP yang dibutuhkan untuk setiap energi listrik yang dihasilkan menggunakan tabel 2. Dari data di tabel 2 dibentuk grafik sesuai gambar 3.



Gambar 3. Kebutuhan Uap Untuk Setiap Energi Listrik (MW)

Data pertama yang diambil dari tabel 2

- Generator Output : 695 MW
- TBFP A Steam Flow : 44.82 t/h

Main Steam Flow : 2231 t/h
Sehingga

3.2.1 Kebutuhan Uap Main Steam

Jumlah daya yang dihasilkan per ton uap *main steam* adalah = $695 \text{ MW} / 2231 \text{ t/h} = 0.31 \text{ MWh/t}$ Uap *main steam*.

3.2.2 Kebutuhan Energi pada TBFP

Jika pada saat start up TBFP yang dibutuhkan hanya 1 buah dengan asumsi bekerja saat daya penuh maka:

Daya (MW) = $0.31 \text{ MWh/t} \times 44.82 \text{ t/h} = 13.89 \text{ MW}$ (saat *full load*)

Pada saat *start up* TBFP bekerja dibawah 25 % beban generator. Berdasarkan data dari *Digital Control system* atau DCS, TBFP bekerja saat start up adalah 13% dari kapasitasnya maka,

Daya (MW) = $13.89 \text{ MW} \times 13 \%$

Daya (MW) = 1.80 MW (Saat start up)

Kebutuhan energi listrik untuk semua kondisi *start up* sesuai tabel 5 adalah

Tabel 5 . Kebutuhan Energi Listrik TBFP

Kondisi	Waktu (Jam)	Energi TBFP (MWh)
<i>Cold</i>	12	21.6
<i>Warm</i>	6	10.8
<i>Hot</i>	2	3.6

3.3. Perbandingan Konsumsi Energi Listrik MBFP dan TBFP

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan diatas maka dapat dilakukan perhitungan selisih pemakaian energi listrik antara MBFP dan TBFP. Adapun hasil perhitungannya dapat dilakukan sesuai dengan tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Energi MBFP dan TBFP

Kondisi	Waktu (Jam)	Energi MBFP (MWh)	Energi TBFP (MWh)
<i>Cold</i>	12 Jam	54.8	21.6
<i>Warm</i>	6 Jam	27.4	10.8
<i>Hot</i>	2 Jam	9.1	3.6

3.4 Pembahasan Penghematan Kondisi Start Up

3.4.1 Kondisi Start Up Cold

Energi yang dapat di hemat adalah = $54.8 - 21.6 = 33.2$ MWh atau setara untuk penambahan pelanggan baru 2.980 rumah berlangganan daya listrik PLN 1300 VA, konsumsi daya aktif rata-rata 11,14 kWh/day ($33.200 \text{ kWh} / 11,14 \text{ kWh} = 2980$ unit rumah)

Cost yang dapat dihemat = $33.2 \text{ MWh} \times \text{Rp. } 346 \times 1000 = \text{Rp. } 11.487.200,00$

Persentase penghematan = $33.2 \text{ MWh} / 54.8 \text{ MWh} = 60.58 \%$

Rp 346,00 biaya pokok produksi *steam coal power plant*.

3.4.2 Kondisi Start Up Warm

Energi yang dapat di hemat adalah = $27.4 - 10.8 = 16.6$ MWh atau setara untuk penambahan pelanggan baru 1490 rumah berlangganan daya listrik PLN 1300 VA, konsumsi daya aktif rata-rata 11,14 kWh/day ($16.600 \text{ kWh} / 11,14 \text{ kWh} = 1490$ unit rumah)

Cost yang dapat dihemat = $16.6 \text{ MWh} \times \text{Rp. } 346 \times 1000 = \text{Rp. } 5.743.600,00$

Persentase penghematan = $16.6 \text{ MWh} / 27.4 \text{ MWh} = 60.58 \%$

3.4.3 Kondisi Start Up Hot

Energi yang dapat di hemat adalah = $9.1 - 3.6 = 5.5$ MWh atau setara untuk penambahan pelanggan baru 5500 rumah berlangganan daya listrik PLN 1300 VA, konsumsi daya aktif rata-rata 11,14 kWh/day ($5500 \text{ kWh} / 11,14 \text{ kWh} = 493$ unit rumah)

Cost yang dapat dihemat = $5.5 \text{ MWh} \times \text{Rp. } 346 \times 1000 = \text{Rp. } 1.903.000,00$

Persentase penghematan = $5.5 \text{ MWh} / 9.1 \text{ MWh} = 60.44 \%$

Tabel 7. Penghematan Energi TBFP

Kondisi Start up	Waktu (Jam)	Penghematan		
		Energi (MWh)	Cost (Rp)	Persen (%)
<i>Cold</i>	12	33.2	11487200	60.58
<i>Warm</i>	6	16.6	5743500	60.58
<i>Hot</i>	2	5.5	1903000	60.44

4. KESIMPULAN

1. Penggunaan MBFP mempunyai konsumsi energi listrik yang besar dibandingkan TBFP.
2. Dengan penggunaan TBFP. Pemakaian energi listrik dapat dihemat sebesar 60.5% pada saat kondisi *start up* baik untuk *cold start up*, *warm start up* maupun *hot start up*.
3. Penghematan yang dilakukan ini hanya bisa dilakukan jika unit pembangkit paralel antara satu sama lain sehingga pembangkit yang sudah beroperasi dapat menyuplai kebutuhan uap untuk pembangkit yang memulai *start up*.
4. Dengan adanya penghematan ini dapat membantu mengurangi energi listrik untuk pemakaian sendiri (*auxiliary power*) sehingga dapat membantu meningkatkan pasokan energi listrik ke pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Pratama, "Studi Penentuan Kapasitas Motor Listrik Untuk Pendingin Dan Penggerak Pompa Air High Pressure Pengisi Boiler Untuk Melayani Kebutuhan Air Pada PLTGU Blok III (PLTG 3x112 MW & PLTU 189 MW) Unit Pembangkitan Gresik," *Degree Electr.*

- Engeenering RSE 62131 Pra 2010*, Feb. 2010, Accessed: May 15, 2020. [Online]. Available: <http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100010038147/10424>.
- [2] S. Sukamta, S. Sudarja, and M. M. I. Wathon, "Analisis Unjuk Kerja Boiler Feed Pump Turbine Untuk Kapasitas Ketel Uap 2000 Ton/Jam Di PLTU Cirebon Jawa Barat," *Semesta Tek.*, vol. 18, no. 1, pp. 21–29, Jan. 2016.
- [3] J. Li, H. Gao, and X. Hu, "An Economic Analysis of a Turbine-Driven Feed Water Pump," 2016.
- [4] HARIANTO, "ANALISA EFISIENSI KALORI M-BFP (Motor Boiler Feed Pump) UNIT 1 DAN T-BFP (Turbine Boiler Feed Pump) UNIT 3 PLTU Tanjung Jati B JEPARA."
- [5] M. Nahvi and J. Edminister, *Schaum's Outline of Electric Circuits*. McGraw-hill, 2002.
- [6] "Theory_and_Problems_of_Electric_Circuits.pdf."
- [7] PT PLN (Persero) P2B, "Rencana Alokasi Energi September 2018," presented at the Rencana Alokasi Energi September 2018, solo, agustus 2018.
- [8] "MBFP Motor Data Sheet.pdf."