

PENGARUH PENERAPAN VARIABLE FREQUENCY DRIVE (VFD) PADA BOILER FEED WATER PUMP (BFWP) TERHADAP AUXILIARY POWER DI POWER PLANT PT. ADIPRIMA SURAPRINTA

Mokhamad Abdul Kholik¹⁾, Luthfi Hakim²⁾, Achmad Rijanto³⁾
1,2,3) Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Majapahit
E-mail: kholik.unim@gmail.com

Abstrak

Power Plant adalah unit pembangkit listrik tenaga uap yang mempunyai kontribusi yang cukup besar dalam penghematan energi listrik dalam suatu industri. Oleh karena itu harus dioperasikan seefisien mungkin supaya penghematan energi dapat dicapai secara maksimal. Salah satu cara untuk membuat operasional Power Plant menjadi efisien adalah dengan menurunkan konsumsi energi listrik pada auxiliary power. Untuk menurunkan pemakaian energi listrik auxiliary power, harus bisa menurunkan konsumsi listrik pada peralatan yang digunakan pada operasional Power Plant. Salah satu alternatif nya adalah menambahkan Variable Frequency Drive (VFD) pada BFWP (boiler feed water pump). Penelitian mempunyai tujuan meningkatkan performa Power Plant yang ada di PT. Adiprima Suraprinta dengan melakukan penghematan listrik pada BFWP dengan menambahkan VFD untuk mengendalikan operasionalnya. Penelitian ini menggunakan metode perencanaan dan observasi dan hasil dari penelitian ini diperoleh dengan penambahan VFD pada BFWP didapatkan penghematan listrik BFWP sebesar 146,87 kW atau 3.525 kW/day, penurunan pemakaian listrik auxiliary power sebesar 3.960 kWh per hari, dan ada penurunan persentase auxiliary power terhadap load generator sebesar 0,9 % pada load generator 18 MW.

Kata kunci: Auxiliary power, BFWP, Power Plant, Variable Frequency Drive.

Pendahuluan

Power Plant merupakan unit pembangkit listrik tenaga uap yang dapat memberikan kontribusi cukup besar dalam penghematan energi khususnya energi listrik dalam sebuah industri. Oleh karena itu Power Plant harus dioperasikan dengan seefisien mungkin sehingga penghematan energi dapat diperoleh secara maksimal. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi daripada Power Plant adalah dengan menurunkan energi pakai sendiri (auxiliary power). Energi Pakai Sendiri (auxiliary power) adalah konsumsi power dari peralatan atau mesin yang dipergunakan dalam proses operasional pada Power Plant. Atas hal tersebut dalam penelitian ini penulis mengambil judul "Pengaruh Penerapan Variable Frequency Drive (VFD) Pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) Terhadap Auxiliary Power Di Power Plant Pt. Adiprima Suraprinta". Penulis akan merencanakan dan menerapkan VFD pada Boiler Feed Water Pump (BFWP) kemudian menganalisa dan membandingkan seberapa besar penghematan energi listrik pada BFWP antara sebelum dan sesudah menggunakan VFD. Tujuan dari diterapkannya VFD pada BFWP ini adalah supaya BFWP dapat dioperasikan sesuai dengan kebutuhan operasional Power Plant sehingga didapatkan penghematan energi dan Power Plant dapat beroperasi secara efisien.

Studi Pustaka

a) Boiler Feed Water Pump (BFWP)

Yaitu sebuah pompa yang digunakan dalam sistem PLTU untuk memompa air dari deaerator ke steam drum pada boiler [1]. Fungsinya adalah untuk meningkatkan tekanan air umpan sehingga memungkinkan air umpan dapat memasuki boiler dengan tekanan yang diperlukan. Air umpan yang digunakan dalam sistem PLTU harus memiliki tekanan yang cukup tinggi agar dapat memasuki boiler dan mengalami pemanasan untuk diubah menjadi uap. BFWP bertugas untuk meningkatkan tekanan air umpan dari tingkat yang rendah (biasanya tekanan atmosfer) menjadi tekanan yang sesuai dengan persyaratan operasional boiler. BFWP umumnya menggunakan pompa sentrifugal yang kuat dan efisien. Pompa ini menghisap air dari deaerator dan memompanya ke dalam boiler.

b) Variable Frequency Drive (VFD)

VFD merupakan peralatan atau unit yang mempunyai kegunaan yang dapat mengatur kecepatan putaran motor listrik baik satu phase atau tiga phase dengan cara mengatur frekuensi (f) juga tegangan (v) yang masuk ke motor listrik tersebut, sehingga diperoleh putaran sesuai dengan kebutuhan [2].

VFD (Variable Frequency Drive) atau dengan istilah lain VSD (Variable speed Drive) merupakan alat yang berfungsi untuk dapat mengendalikan kecepatan motor listrik baik AC maupun DC dengan cara mengontrol frekuensi daya (power) listrik yang masuk ke motor [3].

c) Hukum Afinitas (Affinity Law)

Hukum afinitas banyak diaplikasikan untuk pompa atau fan yang pada perusahaan. Dalam aplikasi pada mesin yang berputar seperti pompa atau fan, hukum afinitas berlaku untuk aliran sentrifugal dan axial.

Hukum afinitas didasarkan pada dua jenis yaitu:

- Mengubah kecepatan, menjaga diameter tetap konstan.
- Mengubah diameter, menjaga kecepatan konstan.

Untuk mengubah diameter akan sulit untuk dilakukan oleh karena itu dipilih untuk merubah kecepatan.

Hukum afinitas 1 Aliran sebanding dengan kecepatan poros:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right) \quad (1)$$

Hukum afinitas 2 Tekanan atau head sebanding dengan kuadrat kecepatan poros

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad (2)$$

Hukum afinitas 3 Daya sebanding dengan kubik kecepatan poros:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad (3)$$

Dimana:

Q : Laju aliran volumetrik (misalnya CFM, GPM atau m³/h)

N : Kecepatan putar poros (rpm)

H : Tekanan atau head pompa atau fan (psi atau Pascal)

P : Daya poros (W)

d) Motor Induksi tiga phase

Motor induksi tiga phase adalah jenis motor listrik yang sering dan umum dipakai di industri. Motor jenis ini menggunakan tiga kumparan stator yang dipasang dengan sudut 120 derajat satu dengan yang lain [4]. Kumparan-kumparan ini dihubungkan ke sumber daya tiga phase, seperti sistem tenaga listrik tiga phase. Kecepatan dari medan putar stator dapat di tulis menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (4)$$

Dimana:

N_s : Kecepatan putar poros motor

120 : Konstanta

f : Nilai frekuensi

P : Jumlah kutub (pole) motor

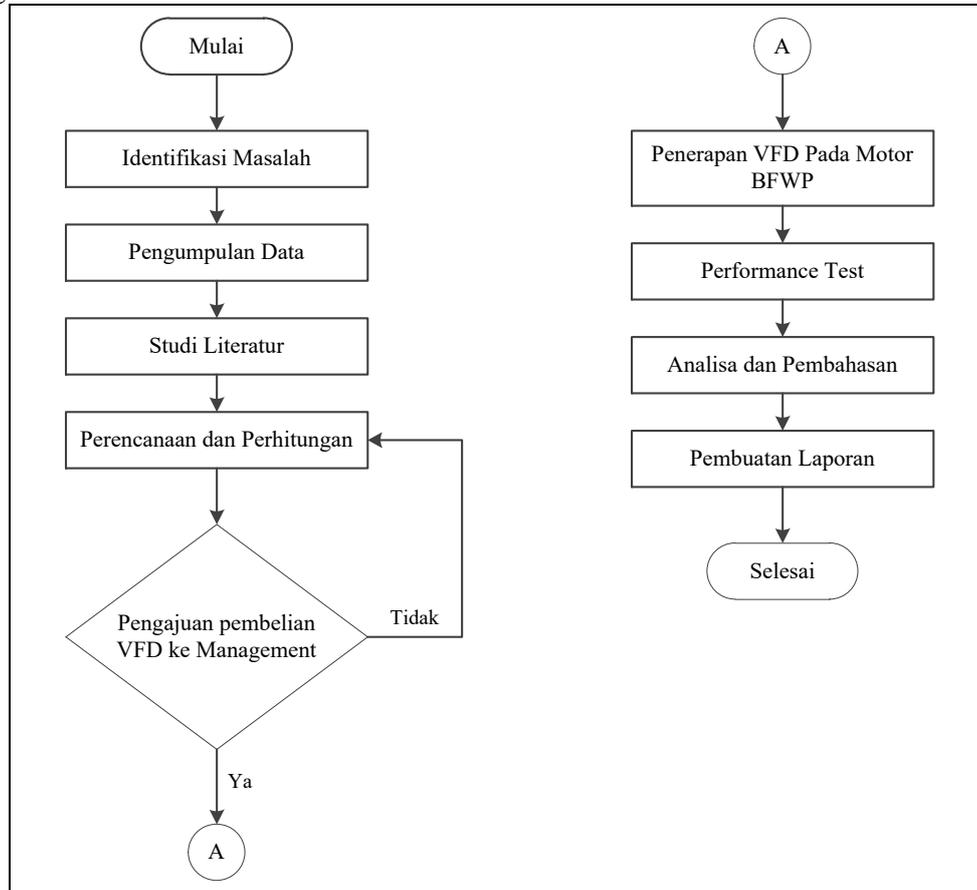
Berdasarkan rumus diatas dapat diketahui bahwa jika nilai frekuensi (f) berubah maka kecepatan putar motor juga akan berubah atau linier dengan nilai frekuensi (f). Jumlah kutub (pole) pada motor akan menentukan kecepatan putar (rpm) motor tersebut. Untuk penjelasannya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Pengaruh jumlah kutub motor terhadap putaran

Frekuensi (f)	Kutub (pole)	Putaran (rpm)
50	2	3000
	4	1500
	6	1000
60	2	3600
	4	1800
	6	1200

Metodologi Penelitian

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

a. Data Motor dan Pompa BFWP

Tabel 2 Spesifikasi motor dan pompa BFWP

Motor		Pompa	
Type	JK 500 – 2	Type	DGJ 150
Daya (P)	500 KW	H discharge	641 m
Tegangan (V)	6000 V	Q	165 m ³ /h
Arus (I)	60 A	N	2985 rpm
Frekuensi (f)	50 Hz	P	500 KW
Putaran (n)	2970 rpm	Efisiensi	73 %
Cos Ø	0.86	Weight	3300 kg

b. Data operasional Power Plant sebelum menggunakan VFD

Tabel 3. Data operasional Power Plant sebelum menggunakan VFD

Keterangan	Unit	12 Mei 2022	19 Mei 2022	23 Mei 2022	28 Mei 2022	Rata-rata per hari
Output Generator	kW	18.420	18.180	18.200	18.300	18.275
Kwh Auxiliary	kW	2.488	2.376	2.364	2.412	2.410
Steam Produksi	Kg/h	116.292	115.792	114.833	119.542	116.615
Pemakaian air Umpan	Kg/h	125.958	124.500	122.708	127.458	125.156

c. Perencanaan VFD untuk BFWP

Dalam menentukan penggunaan VFD pada BFWP, yang dipakai sebagai acuan data adalah dari data spesifikasi boiler, data spesifikasi BFWP dan data operasional Power Plant pada bulan Mei 2022 dengan kondisi beban (load) generator 18 MW. Dimana pada beban tersebut operasional Power Plant melayani kebutuhan listrik dan uap untuk mesin produksi kertas tiga unit beroperasi semua.

Pada spesifikasi boiler diketahui bahwa:

- Tekanan kerja maksimal: 3.65 MPa
- Kapasitas : 150 T/h

Pada spesifikasi BFWP diketahui bahwa:

- Daya motor (P) : 500 KW
- Discharge (H) : 641 m
- Flow (Q) : 165 m³/h
- Putaran (N) : 2985 rpm

Dari data operasional Power Plant pada bulan Mei yaitu pada diketahui:

- Flow main steam : 116.615 t/h
- Flow feed water : 125.156 t/h

Dari data-data tersebut di atas dapat dijadikan dasar perhitungan penerapan VFD pada BFWP. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa operasional masih 75% dari maksimum operasional pompa sudah dapat memenuhi kebutuhan operasional boiler. Langkah selanjutnya kemudian dilakukan penghitungan sebagai berikut:

- Mencari nilai (N₂) kecepatan putar poros berdasarkan nilai frekuensi
 Untuk mencari nilai N₂ menggunakan persamaan 4 yaitu:

$$N_2 = \left(\frac{f}{50}\right) \times N_1$$

- Mencari nilai Q₂, H₂ dan P₂

Untuk mencari nilai Q₂, H₂ dan P₂ menggunakan persamaan 1, 2 dan 3 yaitu:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right) \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

Untuk perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Perhitungan BFWP dengan VFD

F	P ₁	Q ₁	H ₁	N ₁	$N_2 = \left(\frac{f}{50}\right) \times N_1$	$P_2 = \frac{P_1}{\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3}$	$Q_2 = \frac{Q_1}{\left(\frac{N_1}{N_2}\right)}$	$H_2 = \frac{H_1}{\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2}$	Selisih konsumsi listrik (kWh)
Frekuensi (Hz)	Power 1 (kW)	Flow 1 (m ³ /h)	Pressure 1 (KPa)	Putaran 1 (rpm)	Putaran 2 (rpm)	Power 2 (kW)	Flow 2 (m ³ /h)	Pressure 2 (H ₂)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	400	165	6,41	2.970	594	3,20	33,00	0,26	396,80

20	400	165	6,41	2.970	1.188	25,60	66,00	1,03	374,40
30	400	165	6,41	2.970	1.782	86,40	99,00	2,31	313,60
36	400	165	6,41	2.970	2.138	149,30	118,80	3,32	250,70
37	400	165	6,41	2.970	2.198	162,09	122,10	3,51	237,91
38	400	165	6,41	2.970	2.257	175,59	125,40	3,70	224,41
39	400	165	6,41	2.970	2.317	189,82	128,70	3,90	210,18
40	400	165	6,41	2.970	2.376	204,80	132,00	4,10	195,20
50	400	165	6,41	2.970	2.970	400,00	165,00	6,41	-

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4 diatas bahwa untuk memenuhi kebutuhan air umpan boiler yang mengacu pada Tabel 3. 6 yang sebesar 125.156 m³/h, membutuhkan putaran pompa 2.257 rpm dan daya motor sebesar 175,59 kW.

d. Penerapan VFD pada BFWP

Setelah dilakukan perencanaan dan perhitungan penghematan energi listrik jika ditambahkan VFD pada BFWP, kemudian diterapkan pada operasional Power Plant. Selanjutnya dilakukan analisa dan perbandingan antara perhitungan teoritis pada perencanaan dan kondisi aktual operasional. Berikut adalah data hasil penghematan listrik BFWP setelah di tambahkan VFD berdasarkan operasional atau performance test.

e. Penurunan pemakaian listrik BFWP

Perbandingan pemakaian listrik BFWP antara sebelum dan sesudah menggunakan VFD dapat dilihat pada data operasional auxiliary power pada tabel berikut:

Tabel 5. Pemakaian kWh auxiliary power sebelum menggunakan VFD

No	Keterangan	Unit	12 Mei 2022	19 Mei 2022	23 Mei 2022	28 Mei 2022	Rata-rata Per Hari
1	Low Auxiliary	kwh	5.160	5.280	5.520	5.280	5.310
2	Demineralizer	kwh	6.600	6.600	6.720	6.720	6.660
3	Clarifier Trafo	kwh	720	720	810	720	743
4	Circulating W. P (B)	kwh	945	945	855	855	900
5	Circulating W. P (C)	kwh	990	990	945	765	923
6	Feed Water Pump (B)	kwh	9.600	9.480	9.540	9.660	9.570
7	Induced Draft Fan (A)	kwh	4.920	4.200	4.080	4.380	4.395
8	Induced Draft Fan (B)	kwh	5.340	4.260	3.960	4.320	4.470
9	Secondary Air Fan	kwh	7.740	6.960	6.960	7.260	7.230
10	Primary Air Fan	kwh	17.706	17.218	16.992	17.274	17.298
11	Auxiliary power	kwh	59.721	56.653	56.382	57.234	57.498
12	Generator	kwh	442.080	436.320	436.800	439.200	438.600

Tabel 6. Pemakaian kWh auxiliary power setelah menggunakan VFD

No	Keterangan	Unit	26 Nop 2022	27 Nop 2022	28 Nop 2022	29 Nop 2022	Rata-rata per hari
1	Low Auxiliary	kwh	5,520	5,520	5,760	5,760	5,640
2	Demineralizer	kwh	6,480	6,840	6,840	6,720	6,720
3	Clarifier Trafo	kwh	720	810	810	720	765
4	Circulating W. P (B)	kwh	855	945	945	900	911
5	Circulating W. P (C)	kwh	900	990	990	990	968
6	Feed Water Pump (B)	kwh	5,760	6,000	6,180	6,240	6,045
7	Induced Draft Fan (A)	kwh	3,840	3,840	3,960	4,020	3,915
8	Induced Draft Fan (B)	kwh	3,900	3,960	4,140	4,200	4,050
9	Secondary Air Fan	kwh	7,760	6,890	6,960	7,240	7,213
10	Primary Air Fan	kwh	17,676	17,225	16,982	17,364	17,312
11	Auxiliary power	kwh	53,411	53,020	53,567	54,154	53,538
12	Generator	kwh	432,960	427,680	446,880	446,880	438,600

Dari data tersebut diatas bahwa pemakaian listrik untuk BFWP sebelum menggunakan VFD sebesar 9.570 kWh dalam sehari atau 398.75 kW per jam. Dan setelah menggunakan VFD sebesar 6.045 kWh per hari. Jadi penurunan konsumsi listrik BFWP dalam sehari adalah $9.570 \text{ kWh} - 6.045 \text{ kWh} = 3.525 \text{ kWh}$ per hari.

Pengaruh penurunan konsumsi listrik BFWP terhadap auxiliary power adalah:

- Dengan load generator sebesar 18 MW atau 438,600 kW/day ada penurunan pemakaian listrik auxiliary power sebesar $57.498 \text{ kWh} - 438,600 = 3.960 \text{ kWh}$ per hari.
- Ada penurunan persentase auxiliary power terhadap load generator sebesar $13,11\% - 12,215 = 0,9\%$.

f. Perbandingan hitungan teoritis dan aktual

Antara perhitungan teoritis dalam perencanaan dan kondisi aktual atau pada saat performance test yaitu jika menurut perencanaan ada penurunan listrik pada BFWP sebesar 223,16 kW dan pada kondisi aktual atau performance test penurunannya sebesar 146,87 kW. Hal itu disebabkan karena

- Perhitungan teoritis dilakukan sebagai pendekatan karena semua fluida dianggap ideal.
- Adanya losses yang terjadi pada jalur pipa atau ducting akibat kebocoran.
- Operasional Power Plant yang tidak bisa stabil sempurna karena mengikuti kebutuhan dari user yaitu mesin produksi kertas

Kesimpulan

- a) Untuk menurunkan cost operasional *Power Plant* dari sisi internal harus menurunkan energi pakai sendiri (*auxiliary power*) dengan cara mengurangi konsumsi daya peralatan/mesin medium voltage
- b) Penggunaan VFD pada BFWP merupakan salah satu alternatif yang dapat mengurangi konsumsi daya energi pakai sendiri (*auxiliary power*) di *Power Plant* karena dapat mengatur putaran motor penggerak Boiler Feed Water Pump (BFWP) sesuai dengan kebutuhan kapasitas air boiler.

Daftar Pustaka

- [1] J. Narkhede and S. Naik, "Boiler Feed Pump Control Using Variable Frequency Drive," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 2016, [Online]. Available: www.irjet.net
- [2] D. A. Suwenda and P. Slamet, "PENERAPAN VARIABLE FREQUENCY DRIVE PADA MOTOR FAN COOLING TOWER UNTUK EFISIENSI TENAGA LISTRIK DI PT JAPFA COMFEED INDONESIA," *J. Elsains J. Elektro*, 2022.
- [3] Atmam; Abrar Tanjung; Zulfahri, "ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN VARIABLE SPEED DRIVE," *J. Sains, Energi, Teknol. Ind.*, 2018.
- [4] N. Evalina and A. H. Azis, "Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logic controller," 2018.