

**PENGOPTIMALISASIAN KINERJA *INDUCED DRAFT FAN* DENGAN  
MENGATUR BUKAAN *INLET DAMPER* DAN BUKAAN *VARIABLE FLUID  
COUPLING* DI PLTU SEBALANG**

*Optimizing The Performance of Induced Draft Fan By Adjusting The Opening of Inlet Damper  
and The Opening of Variable Fluid Coupling at PLTU Sebalang*

**Ahmad Soliqhul Aziz**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** PLTU Sebalang menyuplai  $2 \times 100$  MW yang dihasilkan dari dua unit penghasil listriknya yang diberi nama Unit 1 dan Unit 2. Total 200 MW listrik tersebut disuplai untuk membantu memenuhi kebutuhan listrik di wilayah Provinsi Lampung.. Sebagai sebuah pembangkit listrik yang beroperasi sesuai standar nasional dan internasional pastilah memiliki sistem gas buang. Sistem gas buang merupakan *output* dari proses pembakaran yang digunakan untuk mentransfer *flue gas* dari sisa hasil proses pembakaran *di boiler* menuju ke *stack* melalui pipa-pipa uap yang dibantu oleh beberapa peralatan penunjang. Salah satu peralatan penting penunjang sistem gas buang tersebut ialah *Induced Draft Fan*. *Induced Draft Fan (ID Fan)* merupakan sebuah kipas (*fan*) yang digunakan menghisap udara sisa hasil pembakaran (*flue gas*) dari dalam *boiler* keluar menuju *stack*. *ID Fan* berfungsi untuk mempertahankan *pressure* pada *furnace boiler* dan bekerja pada tekanan atmosfer rendah oleh karena itu tekanannya bernilai negatif. Besarnya volume *flue gas* yang dihisap oleh *ID Fan* diatur oleh besarnya persentase bukaan (sudut buka) *damper* yang dipasang di posisi sebelum *ID Fan* (inlet), semakin besar sudut bukanya maka volume *flue gas* yang dihisap *ID Fan* semakin besar. Besarnya bukaan *inlet damper* diatur oleh *Motor Operated Valve (MOV)*, Sedangkan besarnya kecepatan putaran *blades pitch ID Fan* diatur oleh *Variable Fluid Coupling (VFC)* yang terhubung secara tidak langsung dengan motor penggerak *ID Fan*. Pengaruh *ID Fan* terhadap operasi sistem gas buang sangatlah vital, jika *ID Fan* tidak bekerja secara normal atau dapat dikatakan rusak, maka proses transfer *flue gas* ke *stack* tidak dapat terjadi dan akibatnya akan sangat fatal bagi operasional *boiler* maupun produksi energi listrik. Dalam kasus ini semua parameter data operasi *ID Fan* beserta motornya masih bekerja secara normal dan masih bekerja dibawah batas toleransi (sesuai standar), sehingga *ID Fan* beserta motornya dapat dikatakan dalam kondisi optimal.

**Kata kunci:** Sistem Udara dan Gas Buang, MOV, VFC, *ID Fan*

## 1. Pendahuluan

Salah satu bagian terpenting dari sistem pembangkit energi listrik tenaga uap (PLTU) adalah *boiler*. *Boiler* merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan *heat steam* (uap panas). *Boiler* dibantu oleh berbagai jenis kipas (*fan*) yang fungsinya sangat vital bagi kinerja dan operasional *boiler* itu sendiri. *Fan* yang dimaksud ialah *fan* yang digunakan untuk membantu proses penyuplaian serbuk batu bara ke *furnace*, penyuplaian udara (oksigen) ke *furnace*, hingga proses penghisapan gas sisa pembakaran (*flue gas*) ke *chimney* (cerobong). *Fan* tersebut ialah *Force Draft Fan (FD Fan)*, *Primary and Secondary Fan* dan *Induced Draft Fan (IDF)*.

Menurut El Wakil, M.M. (1992) Sistem udara dan gas buang merupakan sistem yang mendukung terjadinya proses pembakaran di dalam boiler, hal ini dilakukan agar proses pembakaran dapat dikontrol secara optimal sehingga terjadi proses pembakaran yang sempurna dan efisien.

Menurut Alinursolih dkk. (2012) Peran *ID Fan* pada sistem gas buang sebuah PLTU sangatlah vital bagi kelangsungan operasional *boiler*, jika *ID Fan* tidak bekerja secara normal, maka akibatnya akan sangat buruk bagi proses produksi uap di *boiler* yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Perlu diketahui

bahwa selain digunakan untuk menghisap *flue gas* ke *stack*, *ID Fan* juga difungsikan untuk menjaga kestabilan *FD Fan* dan *PA Fan* serta untuk mengendalikan tekanan di *furnace boiler* agar selalu vakum. Oleh karena itu *ID Fan* bekerja di bawah tekanan atmosfer (*vaccum pressure/negative pressure*) agar dapat menghisap *flue gas* dari *furnace boiler* yang bertekanan tinggi (*positive pressure*) menuju ke *stack*, karena udara/gas akan secara alami mengalir dari tekanan yang lebih tinggi ke tekanan yang lebih rendah. Semakin tinggi temperatur *flue gas* dan presentase oksigen yang keluar dari *stack* maka mengindikasikan bahwa proses pembakaran di dalam *furnace boiler* tidak terjadi secara sempurna.

Dalam dunia industri tentunya banyak sekali peralatan yang menggunakan sistem *fan* maupun *pump* yang diharapkan dapat bekerja dengan berbagai macam beban yang bervariasi. Misalnya jika dalam pompa kita mengenal cara untuk mengatur *flow* yang dialirkan dengan memasang *control valve* dan *bypass line*, sedangkan untuk *fan* biasanya menggunakan *damper*. Agar kinerja *fan* dan *pump* efisien, maka cara yang diklaim paling tepat adalah jika kita dapat mengatur kecepatan putar *fan* dan *pump* yang digerakkan oleh sebuah penggerak (umumnya motor) sesuai kondisi beban, baik beban penuh maupun beban bervariasi.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan bahan-bahan berupa data operasional harian bukaan *inlet damper* yang dikendalikan oleh MOV, bukaan VFC, kecepatan putaran IDF, vibrasi IDF dan temperatur motor IDF di unit 2 PLTU Sebalang selama 14 hari dan juga dengan beberapa jurnal yang terkait. Berikut di bawah ini Tahapan penelitian yang dilakukan



Adapun parameter-parameter data yang akan dibandingkan ialah, sebagai berikut:

1. Misal pada saat bukaan *inlet damper* sebesar 80 % dan pengontrolan VFC sebesar 30 % maka berapa arus yang mengalir pada motor *ID Fan*, berapa jumlah rotasi *ID Fan* permenitnya, berapa nilai vibrasi pada bearing *ID Fan* tersebut dan berapa temperatur pada motor *ID Fan*.
2. Misal pada saat bukaan *damper* sebesar 90 % dan pengontrolan VFC sebesar 40 % maka berapa arus yang mengalir pada motor *ID Fan*, berapa jumlah rotasi *ID Fan* permenitnya, berapa nilai vibrasi pada bearing *ID Fan* tersebut dan berapa temperatur pada motor *t ID Fan*.

### 2.1 Data Teknis Peralatan

Seperti yang telah dijelaskan pada bahwa *Induced Draft Fan* tidak bekerja sendirian dalam proses mengirim *flue gas* ke *stack*, tetapi ada beberapa peralatan yang menunjang kinerja *Induced Draft Fan* agar lebih efektif, berikut di bawah ini akan dijelaskan data teknis dari peralatan-peralatan tersebut termasuk *Induced Draft Fan* itu sendiri:

Tabel 1. Spesifikasi *ID Fan*

Merk	XINXIANG SIMO BLOWER
Impeller Diameter	400-3000 mm
Speed of Main Shaft	$\leq 3500$ r/min
Pressure	$\leq 8369$ Pa
Volume Air Flow (capacity)	451808 m <sup>3</sup> /h
Blade Type	Backward curve
Power	1156 kW
Power Source	Electric motor
Frequency	50 Hz
Temperature at Inlet	$\leq 139$ °C
Efficiency	88,1 %
Material (Impeller, Air inlet, Case, Air damper, Main shaft)	Carbon Steel

Tabel 2. Spesifikasi Motor *ID Fan*

Merk	SIMO MOTOR
Serial Number	YKK6302-6
Tegangan Input / Max.Ampere	6 kV / 177,5 A
Power	1400 kW
Speed	990 rpm
Power Factor (cos $\phi$ )	0,86
Frekuensi / Indeks Proteksi (IP)	50 Hz / IP 54

Tabel 3. Spesifikasi MOV *ID Fan*

Merk	TIANJIN JINDA
Serial Number	DKJ-7100 DM
Tegangan Input	380 V AC
Output Torque	4000 Nm
Frequency	50 Hz
Input Signal	4-20 mA DC
Indeks Proteksi	IP67

Tabel 4. Spesifikasi *Variable fluid coupling ID Fan*

Merk	LUSHUN MOTOR
Serial Number	ZKJ-320
Output Torque	250 Nm
Input Signal	4-20 mA DC
Tegangan Input	220 V AC
Duration Per Turn	100 s
Effective Displacement	0°-90°
Frequency	50 Hz

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Mekanisme Operasi *Flue Gas System*

1. Gas buang (*flue gas*) sisa hasil pembakaran di *furnace boiler* selanjutnya akan melalui tahap filtrasi dan distilasi di *Electrostatic Precipitator* (ESP) untuk meminimalisir semaksimal mungkin kandungan *fly ash*-nya. Perlu diketahui bahwa gas buang tersebut membawa *fly ash* (abu terbang) yang sangat berbahaya bagi lingkungan, oleh karena itu pada *Electrostatic Precipitator*, *fly ash* tersebut akan ditangkap oleh bagian *collecting plates* dan ditampung oleh *ash hopper* pada ESP, proses tersebut dinamakan *Ash Handling System*.
2. Gas buang yang tersisa dari proses filtrasi dan distilasi dari *fly ash* di ESP tadi akan diarahkan ke pipa-pipa (*ducting*) yang terhubung ke *Induced Draft Fan*. Pada pipa inlet dan outlet *Induced Draft Fan* terdapat sebuah *damper* yang

dioperasikan dengan motor listrik. Motor listrik tersebut ialah *Motor Operated Valve* (MOV) yang berfungsi sebagai pengatur bukaan *dampers* agar banyaknya volume *flue gas* yang lewat dari pipa inlet menuju *Induced Draft Fan* dapat dikontrol sesuai kebutuhan, sedangkan untuk *dampers* yang ada di bagian outlet menyesuaikan bagian inletnya.

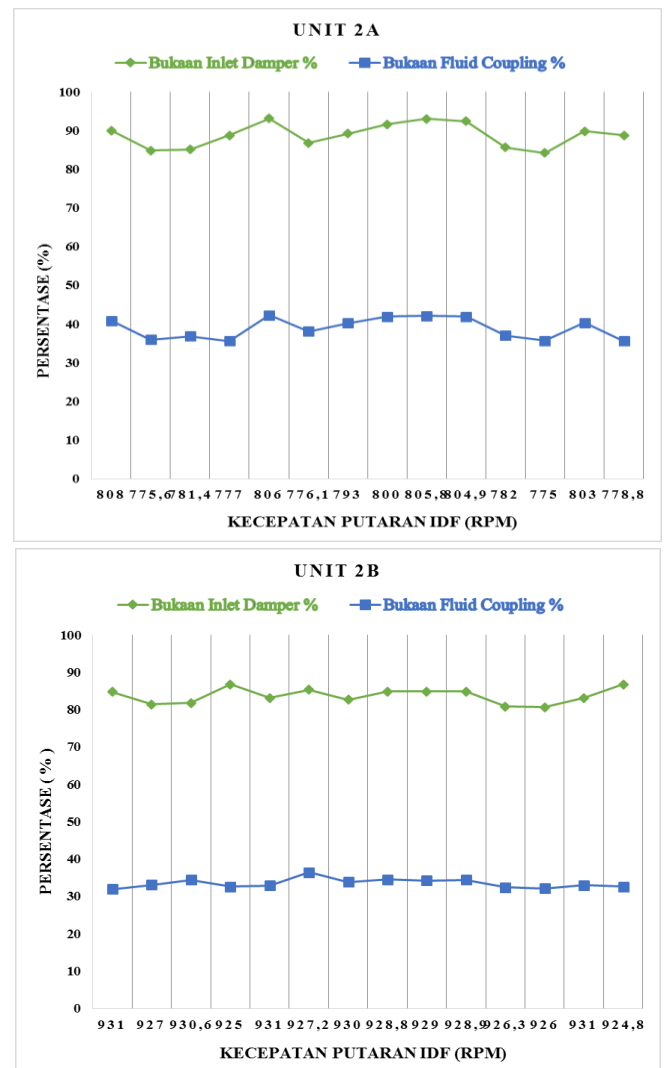
3. Selanjutnya *flue gas* tersebut akan dihisap oleh *induced draft fan*. *Induced draft fan* tersebut digerakkan dengan sebuah motor listrik 3 fasa, agar kinerja *induced draft fan* dan penggerakannya (motor listrik) efisien dipasang sebuah *variable fluid coupling* di antara poros (*shaft*) motor penggerak dan poros (*shaft*) *induced draft fan*. Pada *variable fluid coupling* tersebut, agar kecepatan putaran *induced draft fan* dapat bervariasi dipasanglah sebuah motor servo. Motor servo tersebut digunakan sebagai penggerak *scoop tube*, di mana *scoop tube* tersebut digunakan untuk mengatur jumlah fluida (oli) dari *oil chamber* menuju ke *turbine wheel*, sehingga kecepatan putaran *output shaft* (yang terhubung dengan *turbine wheel* dan *blades pitch induced draft fan*) dapat bervariasi sesuai dengan jumlah volume *flue gas* yang dihisap oleh *induced draft fan* sehingga kinerja motor dan *induced draft fan* itu sendiri dapat lebih efisien.

4. *Flue gas* yang telah dihisap oleh *induced draft fan* akan disalurkan ke *stack/chimney* melalui pipa-pipa (*ducting*) yang terhubung langsung

dengan bagian outlet *induced draft fan*.

### 3.2 Analisis Pengoptimalisasian Kinerja *Induced Draft Fan*

#### 3.2.1 Hubungan Antara Kecepatan Putaran IDF dengan Bukaan *Inlet Damper* dan Bukaan *Variable Fluid Coupling*



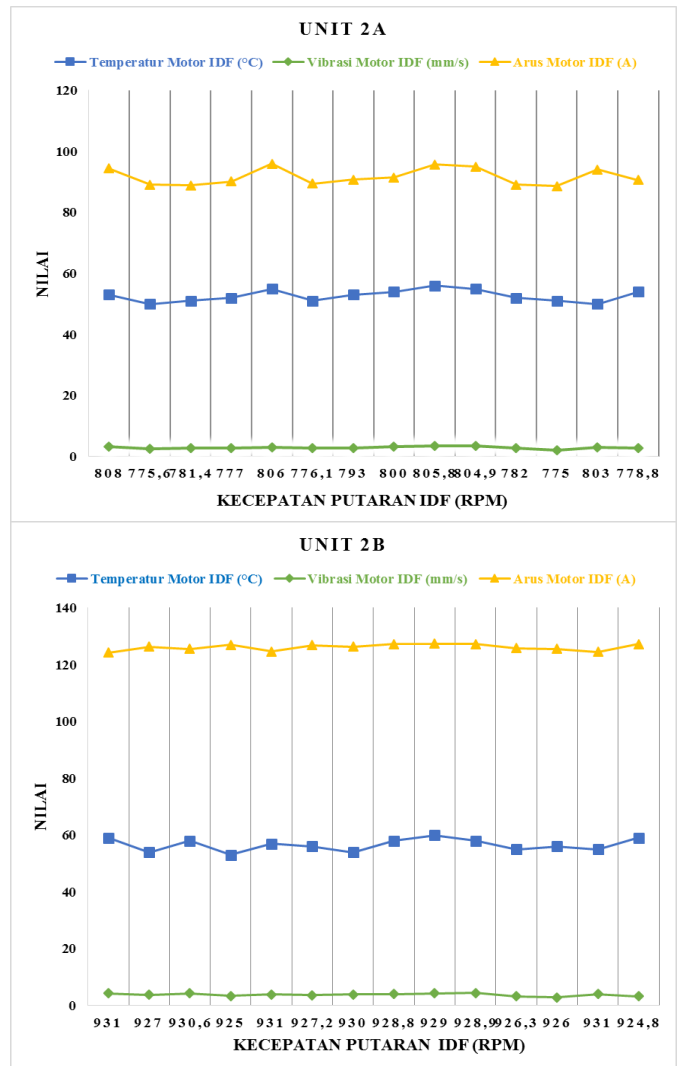
Gambar 1. Grafik Hubungan Kecepatan Putaran IDF 2A terhadap Bukaan *Inlet Damper* dan Bukaan *Variable Fluid Coupling* IDF 2A

Berdasarkan grafik 4.5 dan 4.6 di atas dapat dicermati bahwa persentase bukaan *inlet damper* IDF 2A yang berkisar antara 84,2 % hingga 93 % selalu lebih besar daripada bukaan *inlet damper* pada IDF 2B yang berkisar antara 80,6 % hingga 86,8 %. Hal tersebut dikarenakan perbedaan volume dan tekanan *flue gas* yang dihasilkan oleh *furnace* IDF 2A dan IDF 2B. Oleh karena *furnace* IDF 2A, jumlah batu bara yang digunakan lebih banyak sehingga volume *flue gas* yang dihasilkan pun semakin banyak, maka dari itu volume *flue gas* yang akan didistilasi oleh ESP dan dihisap oleh IDF 2A pun semakin banyak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase bukaan *inlet damper* maka persentase bukaan *variable fluid coupling* juga tinggi, namun kecepatan putaran IDF akan semakin rendah. Hal tersebut dikarenakan, jika persentase bukaan *inlet damper* besar maka volume *flue gas* yang berhembus juga besar. Menurut *Robert Boyle* (1627-1691) dengan volume yang besar maka tekanannya menjadi kecil, oleh karena tekanannya kecil maka kecepatan putarannya harus rendah yang artinya kecepatan putaran IDF harus sesuai dengan tekanan *flue gas* yang berhembus.

Jika semakin tinggi persentase bukaan *variable fluid coupling* itu artinya *scoop tube* bergerak mendekati (menutup) celah yang digunakan *oil chamber* untuk mensirkulasikan oli ke *turbine wheel*, karena celah yang digunakan oleh *oil chamber* tadi sedikit (tergantung persentase bukaan) tertutup maka volume oli yang tersirkulasi ke *turbine wheel* semakin sedikit, karena volume olinya hanya sedikit maka kecepatan putaran *turbine wheel* untuk memutar *output shaft* yang satu poros dengan *blades pitch* IDF akan semakin lambat, begitupun sebaliknya.

### 3.2.2 Hubungan Antara Kecepatan Putaran IDF dengan Arus Motor IDF, Vibrasi Motor IDF dan Temperatur Motor IDF



Gambar 2. Grafik Hubungan Kecepatan putaran IDF 2A dan 2B terhadap Arus Motor, Vibrasi Motor dan Temperatur Motor IDF 2A dan 2B

Berdasarkan grafik 4.8 dan 4.9 di atas dapat dicermati bahwa nilai dari 3 variabel IDF 2B yaitu arus motor (A), vibrasi motor (mm/s) dan temperatur motor (°C) selalu lebih besar daripada ketiga variabel IDF 2A. Hal tersebut tidak terlepas dari nilai kecepatan putaran IDF 2B yang selalu lebih besar daripada nilai kecepatan putaran IDF 2A, untuk penjelasan yang lebih detail akan dijelaskan pada paragraf-paragraf selanjutnya.

Pertama, kecepatan putaran IDF per menit (rpm) berbanding lurus dengan arus yang mengalir pada motor IDF. Hal tersebut dapat terlihat pada perbandingan antara grafik 4.8 (Unit 2A) dan 4.9 (Unit 2B) di atas, di mana semakin tinggi kecepatan putaran IDF per menitnya (rpm), maka arus yang mengalir pada motor IDF juga semakin tinggi, namun jika mana semakin rendah kecepatan putaran IDF per menitnya (rpm), maka arus yang mengalir pada motor IDF juga semakin rendah. Hal tersebut dikarenakan jika nilai kecepatan putaran IDF semakin tinggi maka daya (P) yang dibutuhkan untuk memutar *blades pitch* IDF juga semakin tinggi (karena motor dan IDF satu poros).

Kedua, kecepatan putaran IDF per menit (rpm) berbanding lurus dengan vibrasi IDF. Hal tersebut dapat terlihat pada perbandingan antara grafik 4.8 (Unit 2A) dan 4.9 (Unit 2B) di atas, di mana semakin tinggi nilai kecepatan putaran IDF per menitnya (rpm), maka nilai vibrasi IDF juga semakin tinggi, namun jika mana semakin rendah nilai kecepatan putaran IDF per menitnya (rpm), maka semakin rendah juga nilai vibrasi pada IDF tersebut. Hal tersebut dikarenakan saat nilai kecepatan putaran IDF tinggi, maka intensitas terjadinya pergeseran posisi *bearing* dari posisi awal per detiknya (mm/s) juga semakin tinggi, oleh karena seringnya terjadi pergeseran posisi *bearing* dari posisi awalnya, maka timbul suatu gerakan bolak-balik yang akan menyebabkan terciptanya getaran/vibrasi, intensitas pergeseran posisi *bearing* dari posisi awal per detiknya (mm/s) tadi lah yang akan diukur dalam suatu kasus pengukuran vibrasi.

Ketiga, nilai temperatur motor IDF berbanding lurus dengan nilai arus motor IDF. Hal tersebut dapat terlihat pada perbandingan antara grafik 4.8 (Unit 2A) dan 4.9 (Unit 2B) di atas, di mana semakin

besar arus motor IDF maka semakin tinggi nilai temperatur motor IDF tersebut. Hal tersebut dikarenakan saat arus yang mengalir pada stator besar, maka temperatur pada kumparan stator pun akan naik atau akan menjadi panas, kemudian panas tersebut akan diinduksikan oleh stator kepada *body* motor dan rotor juga bersamaan dengan induksi elektromagnetik, karenanya *body* motor temperaturnya naik seiring naiknya nilai arus yang mengalir pada stator.

### 3.2.3 Perhitungan Daya Motor Induced Draft Fan Unit 2 PLTU Sebalang

Tabel 4.5 Perhitungan Daya Motor IDF 2A

Hari Ke	Arus Motor IDF (A)	Tegangan Motor IDF (V)	Cos $\phi$	Daya Motor IDF (kW)
4	88,7	6000	0,86	792,75
5	93,1	6000	0,86	832,07
6	86,8	6000	0,86	775,76
7	89,2	6000	0,86	797,21
8	91,6	6000	0,86	818,66
9	93	6000	0,86	831,18
10	92,4	6000	0,86	825,81
11	85,6	6000	0,86	765,04
12	84,2	6000	0,86	752,53
13	89,8	6000	0,86	802,58
14	88,7	6000	0,86	792,75

Tabel 4.6 Perhitungan Daya Motor IDF 2B

Hari Ke	Arus Motor IDF (A)	Tegangan Motor IDF (V)	Cos $\phi$	Daya Motor IDF (kW)
4	127	6000	0,86	1135,05
5	124,6	6000	0,86	1113,60
6	126,8	6000	0,86	1133,26
7	126,3	6000	0,86	1128,79
8	127,2	6000	0,86	1136,84
9	127,4	6000	0,86	1138,62
10	127,2	6000	0,86	1136,84
11	125,8	6000	0,86	1124,32
12	125,5	6000	0,86	1121,64
13	124,5	6000	0,86	1112,70
14	127,2	6000	0,86	1136,84

Berdasarkan tabel 4.6 dan 4.7 di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi

nilai arus pada motor IDF maka daya yang dihasilkan (daya output) motor IDF akan semakin besar nilainya, sebaliknya jika semakin rendah nilai arus pada motor IDF maka daya yang dihasilkan (daya output) motor IDF juga semakin kecil nilainya. Hal tersebut sesuai dengan persamaan  $P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi$ , di mana daya yang dihasilkan suatu motor berbanding lurus dengan tegangan dan arus yang mengalir pada motor tersebut.

### 3.2.4 Perhitungan Efisiensi Daya Motor Induced Draft Fan Unit 2 PLTU Sebalang

Tabel 4.7 Perhitungan Efisiensi Daya Motor IDF 2A

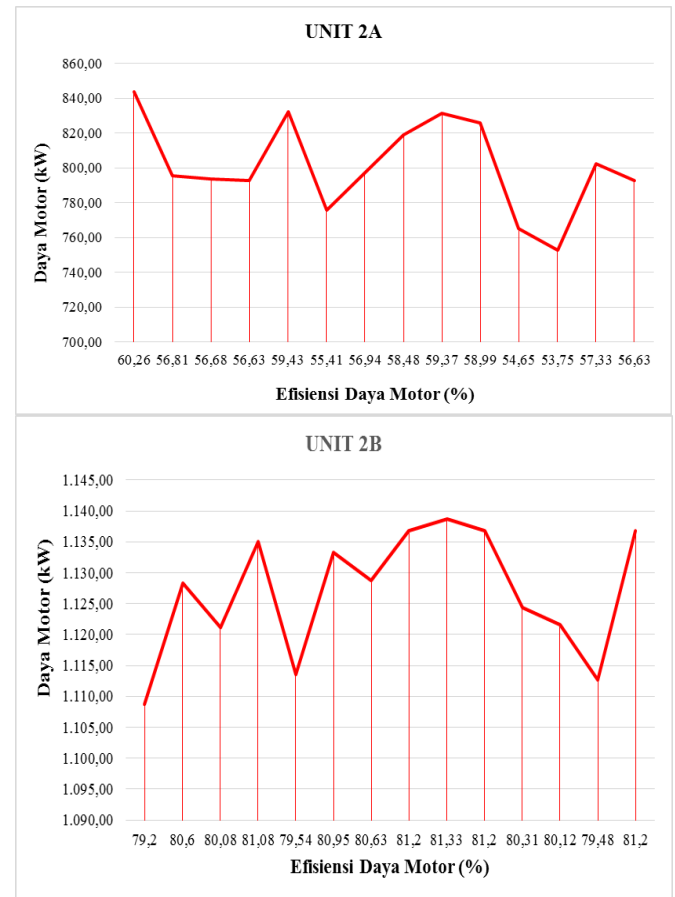
Hari Ke	Poutput (kW)	Pinput (kW)	Effisiensi Daya (%)
4	792,75	1400	56,63
5	832,07	1400	59,43
6	775,76	1400	55,41
7	797,21	1400	56,94
8	818,66	1400	58,48
9	831,18	1400	59,37
10	825,81	1400	58,99
11	765,04	1400	54,65
12	752,53	1400	53,75
13	802,58	1400	57,33
14	792,75	1400	56,63

Tabel 4.8 Perhitungan Efisiensi Daya Motor IDF 2B

Hari Ke	Poutput (kW)	Pinput (kW)	Effisiensi Daya (%)
4	1135,05	1400	81,08
5	1113,6	1400	79,54
6	1133,26	1400	80,95
7	1128,79	1400	80,63
8	1136,84	1400	81,20
9	1138,62	1400	81,33
10	1136,84	1400	81,20
11	1124,32	1400	80,31
12	1121,64	1400	80,12
13	1112,7	1400	79,48
14	1136,84	1400	81,20

Berdasarkan tabel 4.8 dan 4.9 di atas dapat dicermati bahwa semakin besar

daya yang dihasilkan motor IDF maka efisiensi yang diperoleh tinggi, namun jika semakin kecil daya yang dihasilkan motor IDF maka efisiensi yang diperoleh kecil. Hal tersebut dikarenakan digunakannya daya input atau daya dari *nameplate* motor sebagai perbandingan, di mana jika semakin besar daya yang dihasilkan motor (daya output) maka selisih antara daya input (Pin) dan daya output (Pout) akan semakin kecil, karena selisihnya kecil, efisiensinya pun tinggi, sedangkan jika semakin kecil daya yang dihasilkan motor (daya output) maka selisih antara daya input (Pin) dan daya output (Pout) akan semakin besar, karena selisihnya besar, efisiensinya pun rendah.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Daya Output Motor IDF 2A dan 2B terhadap Efisiensi Daya Motor IDF 2A dan 2B



#### 4. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan menyatakan bahwa pengaruh *ID Fan* terhadap operasi sistem gas buang sangatlah besar, jika *ID Fan* tidak bekerja secara normal atau dapat dikatakan rusak maka proses transfer *flue gas* ke *stack* tidak dapat terjadi dan akibatnya akan sangat fatal bagi operasional boiler maupun produksi energi listrik. Dalam kasus ini semua parameter data operasi *ID Fan* beserta motornya masih bekerja secara normal dan masih bekerja dibawah batas toleransi (sesuai standar), sehingga *ID Fan* beserta motornya dapat dikatakan dalam kondisi optimal.
2. Analisis yang telah dilakukan menyatakan bahwa persentase bukaan *inlet damper* IDF 2A selalu lebih besar daripada bukaan *inlet damper* pada IDF 2B Hal tersebut dikarenakan perbedaan volume dan tekanan *flue gas* yang dihasilkan oleh *furnace* IDF 2A dan IDF 2B. Oleh karena *furnace* IDF 2A, jumlah batu bara yang digunakan lebih banyak sehingga volume *flue gas* yang dihasilkan pun semakin banyak, maka dari itu volume *flue gas* yang akan didistilasi oleh ESP dan dihisap oleh IDF 2A pun semakin banyak.
3. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menyatakan bahwa semakin tinggi persentase bukaan *inlet damper* tinggi maka volume *flue gas* yang berhembus juga besar, dengan volume *flue gas* nya besar menurut *Robert Boyle* (1627-1691) maka tekanannya menjadi kecil,

oleh karena tekanannya kecil maka kecepatan putarannya harus rendah. Berdasarkan nilai tekanan yang kecil tadi, maka teknisi/operator CR akan mengirimkan sinyal input digital ke motor servo pada *variable fluid coupling*, supaya mengatur kecepatan putaran *output shaft* ke level yang rendah agar sesuai dengan tekanan yang terdeteksi di CR dengan cara menaikkan persentase bukaan *variable fluid coupling* sehingga *scoop tube* akan bergerak mendekati celah *oil chamber* untuk membatasi volume oli yang menuju *turbine wheel* yang terhubung dengan *output shaft* lebih sedikit.

4. Pengaturan agar kinerja IDF optimal ialah, selalu mengatur bukaan *inlet damper* sesuai volume *flue gas* yang dikirimkan *furnace* sehingga VFC akan menyesuaikan kecepatan putaran IDF sesuai beban yang terdeteksi, sehingga IDF bekerja secara efektif dan efisien.

#### 5. Daftar Pustaka

- Alinursolih, Leonard, T.F., Widiyanto, R., Kuniawan, Y. 2012. *Trouble Shooting Force Draft Fan (FD Fan) dan Induced Draft (ID Fan)*. Jurnal Politeknik Negeri Semarang.
- Baker, D.S. 2012. *Induced Draft (ID) Fan Lubrication System Design Review and Proposed Modification Upgrade at Callide C Power Station*. *International Journal* University of Southern Queensland, Australia.

- Beasley, O.W., Hutchins, E.C., Predick, P.R., Vavrek, J.M. 2010. *Induced Draft Fan Innovation for Heat Recovery Steam Generators. International Journal* Oklahoma Gas and Electricity Company, USA.
- Beisser, A. dan Liong, T. H. *Konsep Fisika Modern Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- El-Wakil, M. M. 1992. *Instalasi Pembangkit Daya Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Hoover, R.M., dan Wood, E.W. 2009. *The Noise of Forced and Induced Draft Fan in Power Plant Installations. International Journal* Accoustical Society of America, USA.
- Jamal, A., Syahputra, R. (2016). Heat Exchanger Control Based on Artificial Intelligence Approach. *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 11(16), pp. 9063-9069.
- Jianling, D., Liang, F., Ding, Y., Yang, Z., Xu, G., Liu, J. 2014. *Performance Analysis of Induced Draft Fan Driven by Steam Turbine for 1000 MW Power Units . International Journal* North China Electric Power University.
- Jinfeng, D., Liang, J., Zhang, L. 2010. *Research on The Failure of The Induced Draft Fan's Shaft in a Power Boiler. International Journal* Shenhua Guohua Electric Power Research Institute Co.Ltd, China.
- Khakam, N.M dan Hendriawan, A. 2013. *Simulasi Sistem Kontrol Induced Draft Fan ( ID Fan) Sebagai Furnace Pressure Control pada Boiler di PLTU Paiton Unit 7&8*. Jurnal ITS Surabaya.
- Marsudi, Djiteng. 2011. *Pembangkitan Energi Listrik Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- PLTU Sebalang. 2009. *Manual Book Induced Draft Fan*. Lampung: PLTU Tarahan.
- PLTU Sebalang. 2009. *Manual Book Variable Fluid Coupling*. Lampung: PLTU Tarahan.
- Sandeep, Y., Baheka, A. 2012. *Noise Reduction Techniques for Forced Draft Fan (FD Fan) and Induced Draft Fan (ID Fan) in Thermal Power Plant using Absorptive Silencer. International Journal* Oriental University Indore, India.

