

Analisa Kapasitas Force Draft Fan Dengan Bahan Bakar Batubara Kualitas Rendah

Arief Suardi Nur Chairat

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Email : ariefsuardi.nc@gmail.com

Rahmadino Yuda

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Abstract

Coal power plant is designed based on a particular coal quality. Changes in coal quality will affect the quality of combustion and changes in combustion air. This study will describe the analysis of changes in coal quality on the ability of the force draft fan covers theoretical air, the percentage of air, capacity and force draft fan itself, and to analyze whether the capacity of force draft fan that existed at the time the design is adequate to the quality of coal that apply now .Berdasarkan calculation of theoretical air force draft fan air is 306 300 kg / s with the design power of 811 909 kW. Calculation of actual data shows the average air flow in the period from March to May was 307 610 kg of air / s. The capacity is still inadequate because of changes in the quality of the coal used is not too large.

Keyword: Power Plant, Coal, and Forced Draft Fan

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia pemakaian listrik cukup besar sehingga dibutuhkan banyak sumber pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik. Terdapat banyak macam pembangkit listrik yang ada di Indonesia seperti : PLTU, PLTA, PLTG, PLTGU dan banyak lagi macam-macam pembangkit listrik lainnya. Sedangkan yang paling banyak menghasilkan listrik di Indonesia yaitu PLTU.

PLTU merupakan suatu pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial dari uap kering untuk memutar turbin dan generator sehingga dapat membangkitkan energi listrik. Uap kering dihasilkan oleh perubahan fasa air dengan memanfaatkan energi panas hasil pembakaran bahan bakar. Didalam PLTU terdapat bagian-bagian utama penunjang bekerjanya sebuah PLTU yaitu : boiler, turbin, generator dan berbagai jenis pompa.

Boiler merupakan sebuah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air yang terdapat didalam pipa-pipa boiler untuk membentuk uap kering. Untuk pembakaran diperlukan udara dari luar yang dihembuskan oleh forced draft fan dan dialirkan kedalam boiler untuk dicampur dengan bahan bakar dan

selanjutnya panas yang ditimbulkan oleh pembakaran digunakan untuk merubah fasa air menjadi uap.

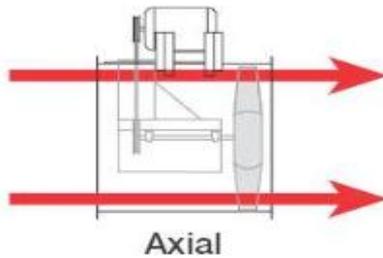
2. KAJIAN LITERATUR

PLTU Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial dari uap kering untuk memutar turbin dan generator sehingga dapat membangkitkan energi listrik. Uap kering dihasilkan dari perubahan fasa air dengan memanfaatkan energi panas hasil pembakaran bahan bakar.

2.1. Teori Fan

Fan merupakan sebuah alat mekanika yang berfungsi untuk menghasilkan aliran pada suatu fluida, gas atau udara . Fan memiliki karakteristik operasi kecepatan putar relatif rendah, mampu memindahkan fluida gas (udara) dalam volume besar.

Pada aliran aksial, aliran fluida bergerak sejajar dengan sumbu rotor, pada area inlet sampai daerah outlet. Dibawah ini terdapat gambar fan aliran aksial



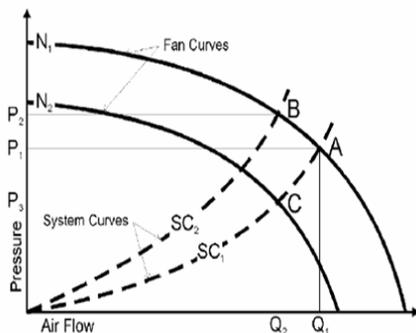
Gambar 1. Fan aliran axial

2.2. Karakteristik Fan

Karakteristik fan dapat dinyatakan dalam bentuk kurva fan. Kurva fan merupakan kurva kinerja untuk fan tertentu pada sekumpulan kondisi yang spesifik. Sebuah kurva fan akan dikembangkan untuk sekumpulan kondisi yang diberikan termasuk volume fan, tekanan statis sistem, kecepatan fan, dan tenaga yang diperlukan untuk menggerakkan fan pada kondisi yang diketahui.

2.3. Karakteristik Sistim dan Kurva Fan

Pada berbagai sistim fan, resistansi terhadap aliran udara (tekanan) jika aliran udara meningkat. Tekanan yang diperlukan oleh sistim pada suatu kisaran aliran dapat ditentukan dengan “kurva kinerja sistim”. Kemudian kurva sistim ini dapat diplotkan pada kurva fan untuk menunjukkan titik operasi fan yang sebenarnya. Titik operasinya yaitu aliran udara Q1 terhadap tekanan P1. Pada kecepatan N1, fan akan beroperasi sepanjang kurva kinerja N1. Titik operasi fan yang sebenarnya tergantung pada resistansi sistim, titik operasi fan “A” adalah aliran Q1 terhadap tekanan P1.



Gambar 2. Kurva Penurunan Debit Aliran Q2 Menjadi Q1

Debit aliran merupakan fungsi dari kecepatan aliran dan area dari fan, yang dinyatakan dengan rumus :

$$Q = V \times A \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

Q = debit aliran udara pada sisi outlet (m³/s)

V = kecepatan udara sisi output (m/s)

A = luas area aliran pada sisi outlet (m²)

Dua metode dapat digunakan untuk menurunkan aliran Q1 ke Q2 :

1. Metode pertama dengan membatasi aliran udara dengan menutup sebagian damper dalam sistim. Tindakan ini menyebabkan kurva kinerja sistim yang baru (SC2), dimana tekanan yang dikehendaki lebih besar untuk aliran udara yang diberikan. Fan sekarang akan beroperasi pada “B” untuk memberikan aliran udara yang berkurang Q2 terhadap tekanan yang lebih tinggi P2.
2. Metode dua untuk menurunkan aliran udara dengan cara menurunkan kecepatan dari N1 ke N2, menjaga damper terbuka penuh. Fan akan beroperasi pada “C” untuk memberikan aliran udara Q2 yang sama, namun pada tekanan P3 yang lebih rendah.

2.4. Konsep Tekanan Pada Fan

Secara teoritis aliran udara yang terjadi diantara dua daerah yang berbeda tergantung pada perbedaan nilai tekanan yang ada pada kedua zona tersebut. Perbedaan tekanan ini yang dijadikan parameter yang memaksa sejumlah besar udara mengalir dari zona yang memiliki tekanan tinggi ke zona yang memiliki yang lebih rendah. Sebuah sistim fan menghasilkan energi dengan cara meningkatkan perbedaan total pressure yang terdapat pada sisi inlet dan outlet sistemnya.

2.5. Fan Static Pressure

Tekanan statis merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui performa dari fan. Tekanan statis dibutuhkan untuk menggerakkan udara disistem, dan proporsional terhadap nilai kuadrat dari kapasitas yang telah diberikan. Tekanan statis bernilai negatif bila nilainya berada dibawah tekanan atmosfer, dan akan bernilai positif bila nilainya berada diatas tekanan atmosfer.

2.6. Fan Velocity Pressure

Pada saat sistem diberikan kecepatan aliran (V), disamping tekanan statis maka secara bersamaan akan muncul velocity pressure atau yang disebut tekanan dinamis yang mempengaruhi sistem. Tekanan dinamis (Pv) untuk udara standar didefinisikan sebagai :

$$P_v = \frac{1}{2} \rho V^2 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

Pv = kecepatan tekanan (Pa)

V = kecepatan udara pada sisi output (m/s)

ρ = berat jenis udara (kg/m³)

$$\text{Dimana : } \rho = 273 \times \frac{1.293}{273 + t^{\circ}C} = \dots\dots kg / m^3 \dots\dots\dots (3)$$

Nilai Pv selalu positif dan arahnya selalu berlawanan dengan arah aliran. Proses transfer energi ke fluida udara dari impeller menghasilkan kenaikan nilai static dan velocity pressure. Persamaan dibawah ini menunjukkan tekanan yang ditimbulkan akibat kecepatan udara yang diberikan di system pada sisi outletnya :

$$P_v = \frac{\rho}{2} (Q_o/A_o)^2 \dots\dots\dots (4)$$

Dengan :

Q : debit aliran udara pada sisi outlet (m³/s)

Ao : luas area aliran pada sisi outlet (m²)

ρ : berat jenis udara (kg/m³)

2.7. Fan Total Pressure

Total pressure dari sistem adalah penjumlahan kedua nilai statik dan velocity pressure tersebut :

$$P_t = P_s + P_v \dots\dots\dots (5)$$

Fan total pressure adalah perbedaan nilai tekanan total yang terjadi antara sisi outlet dan sisi inlet fan.

$$P_t = P_{T,o} - P_{T,I} \dots\dots\dots (6)$$

2.8. Daya Fan

Daya fan yaitu hasil perkalian debit udara (Q) dengan head (H). Head pada fan merupakan tekanan total pada fan itu sendiri.

$$\text{Daya} = Q \times H \dots\dots\dots (7)$$

Dimana : Q = debit udara pada sisi outlet

$$= (m^3/s)$$

H = head atau tekanan total (Pa)

2.9. Primary Air Fan

Pada PLTU surabaya unit 8 menggunakan balanced draft, jadi kerja FD bekerja sama dengan PA fan. Kebutuhan udara primer :

- Panas yang dibutuhkan untuk memanaskan air dari suhu atmosfer yaitu sebesar 373 °K
- Panas untuk menguapkan air pada tekanan atmosfer

Untuk 1 kg batubara :

$$Q_1 = \text{total moisture} \times (373 - \text{suhu udara masuk PA fan})$$

$$Q_2 = \text{total moisture} \times L_f$$

$$\text{Total panas untuk mengeringkan batubara} = Q_1 + Q_2$$

$$\text{Kebutuhan udara primer} = C_p \text{ udara} (T_{\text{keluar}} - T_{\text{masuk}})$$

2.10. Hukum Fan

Fan beroperasi dibawah beberapa hukum kecepatan, daya dan tekanan. Pada fan terdapat beberapa parameter tak berdimensi pada fan antara lain :

$$\text{Dimensionless flow rate } \Pi_1 = \frac{Q}{D^3 N}$$

$$\text{Dimensionless pressure rise } \Pi_2 = \frac{\Delta P}{\rho D^2 N^2}$$

$$\text{Dimensionless power } \Pi_3 = \frac{W}{\rho D^5 N^3}$$

Dimana :

Q = volumetric flow rate

D = fan diameter

N = fan rotational speed

W = fan power

ρ = fluid density

ΔP = fan pressure rise

2.11. Fan Aliran Aksial

Pada penggunaannya axial fan seringkali digunakan untuk kondisi operasi sistem yang membutuhkan debit aliran udara yang besar pada tekanan yang relatif rendah dan menunjukkan performa yang optimal dalam pengkondisian pada lingkungan dengan nilai static pressure yang besar. Bentuk dari blade biasanya dibuat dalam bentuk airfoil untuk meningkatkan efisiensi dari fan dan susunan dari blade yang menyusun fan biasanya tidak berdekatan satu sama lainnya (konfigurasinya dapat bervariasi).

2.12. Teori Pembakaran

Pembakaran adalah suatu reaksi antara unsur-unsur bahan bakar dengan oksigen (O₂) yang biasa juga disebut dengan oksidasi. Dalam pembakaran terjadi gas-gas hasil pembakaran, uap air, sisa-sisa pembakaran yang merupakan abu atau endapan-endapan. Selain itu juga dalam pembakaran menghasilkan kalori atau panas. Dari pembakaran tersebut, maka ada yang disebut dengan nilai pembakaran yaitu jumlah kalor atau panas yang dikeluarkan oleh satu satuan berat atau satuan volume dari bahan bakar dalam reaksinya dengan oksigen.

2.13.Keperluan Udara Pembakaran Teoritis (Wteo)

Perbandingan udara-bahan bakar teoritis atau stoichiometri menunjukkan kebutuhan udara minimum untuk pembakaran sempurna suatu bahan bakar. Ia dapat dinyatakan dalam bentuk massa udara per massa bahan bakar, dalam bentuk mol udara per mol bahan bakar, ataupun dalam bentuk volume udara per volume bahan bakar. Biasanya semua harga tersebut dapat diperoleh melalui analisis bahan bakar.

Perbandingan udara-bahan bakar kering, gravimetric, teoritis, dari suatu batubara ditentukan dengan analisis ultimasi begitu terbakarnya. Perbandingan ini dihitung dengan membuat kesetimbangan massa oksigen pada reaktan dapat terbakar sebagai berikut :

(fraksi massa C)(2.66) = ----- kg O₂ untuk membakar C dalam 1 kg bahan bakar

(fraksi massa H₂)(7.94) = ----- kg O₂ untuk membakar H₂ dalam 1 kg bahan bakar

(fraksi massa S)(0,998) = ----- kg O₂ untuk membakar S dalam 1 kg bahan bakar

total = ----- kg O₂ untuk membakar unsur dapat terbakar dalam 1 kg bahan bakar

(fraksi massa O₂)(-1.0) = ----- kg O₂ dalam bahan bakar per 1 kg bahan bakar

Selisih = ----- kg O₂ yang dibutuhkan dari udara per kg bahan bakar

2.14. Udara Lebih (Excess Air)

Pembakaran sempurna dengan udara teoritis sangat sulit dicapai karena kenyataannya disebabkan oleh beberapa faktor, tidak semua oksigen dapat bereaksi dengan unsur-unsur dalam bahan bakar. Untuk menjamin terjadinya proses pembakaran sempurna, maka diberikan sejumlah udara lebih (excess air).

Tetapi mengingat udara lebih akan membawa panas keluar cerobong, maka jumlah udara harus merupakan kompromi yang bertujuan untuk menciptakan pembakaran sempurna serta usaha untuk mengurangi kerugian panas ke cerobong sekecil mungkin.

Dengan memonitor persentase O₂ dalam gas buang dapat mengetahui persentase udara lebih.

2.15. Keperluan Udara Pembakaran Actual (Wact)

Kebutuhan udara melebihi kebutuhan udara teoritis (Wteo) yang dibutuhkan itu disebut kebutuhan udara yang sebenarnya (Wact), adapun rumus untuk mencari Wact adalah sebagai berikut :

$$Wact = (100\% + e) \times Wteo \dots \dots \dots (8)$$

Dimana :

e = persentase kelebihan udara

Wteo = kebutuhan udara pembakaran teoritis (kg udara/jam)

2.16. Force Draft Fan

Kipas tekan paksa (Force Draft Fan) adalah suatu alat yang digunakan untuk menyuplai atau memaksa udara luar masuk ke dalam ruang bakar boiler. FD Fan terletak pada bagian ujung saluran air intake boiler dan

digerakkan oleh motor listrik. Fan ini bekerja pada tekanan tinggi dan berfungsi menghasilkan udara sekunder (secondary air) yang akan dialirkan ke dalam boiler untuk mencampur udara dan bahan bakar dan selanjutnya digunakan sebagai udara pembakaran pada furnace boiler. Udara yang diproduksi oleh Force Draft Fan diambil dari udara luar.

Dalam perjalanannya menuju boiler, udara tersebut dinaikkan suhunya oleh secondary air heater (pemanas udara sekunder) agar proses pembakaran bisa terjadi di boiler. Bercampurnya udara dan serbuk batubara dibantu oleh Dumper tetap yaitu pengatur pengaduk udara sehingga menimbulkan turbulensi yang memungkinkan terjadinya pembakaran yang efisien. Turbulensi mengacu pada gerakan udara didalam Furnace, gerakan ini perlu karena dapat menyempurnakan pencampuran udara dan bahan bakar.

Komponen-komponen force draft fan yaitu sebagai berikut :

- 1) Fan : menghisap udara dari luar masuk ke dalam ruang pembakaran
- 2) Motor : Mengubah energi listrik menjadi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk memutar impeller.
- 3) Damper : mengarahkan udara masuk ke dalam furnace boiler

2.17. Cara kerja Force Draft Fan

Force Draft Fan menghisap udara dari lingkungan, yang disaring di filter udara, lalu melalui ducting. Keluar dari Force Draft Fan udara masuk ke steam coil air heater lalu ke secondary air heater untuk dipanaskan. Fungsinya dipanaskan adalah menjaga udara masuk ke secondary air heater bersuhu lebih dari titik embun Sulfur tidak mengembun dan menempel dielemen air heater yang dapat menyebabkan elemen air heater mengalami korosi.

Udara yang keluar dari force draft fan lalu dimasukkan ke burner windbox. Windbox berfungsi sebagai burner housing, dan mendistribusikan udara. Aliran udara melalui force draft fan diatur oleh variable inlet vanes yang terletak pada inlet force draft fan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode deskriptif mengenai analisa kapasitas Force Draft Fan pada PLTU Suralaya unit 8 dengan berbahan bakar kualitas rendah. Data-data yang telah dikumpulkan dan melakukan analisa untuk mengetahui kapasitas FD fan pada PLTU Suralaya unit 8.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Kebutuhan Udara Teoritis Total

Kebutuhan udara adalah banyaknya udara yang dibutuhkan untuk membakar bahan bakar.

$$W_{teo} = 11.496 \frac{47.65}{100} + 34.48 \frac{(3.36 - \frac{14.49}{8})}{100} + 4.310 \frac{0.23}{100} \text{ (kg udara/kg bb)} = 6.0218 \text{ kg udara/kg bb}$$

4.2. Perhitungan Udara Teoritis Primary Air Fan

- Design :
- Moisture = 30%
 - Latent heat air = 539.099 kkal/kg
 - Suhu udara PA keluar air heater = 591 °K
 - Suhu udara PA masuk = 311 °K

Untuk 1 kg batubara :

$$Q1 = 0.3 \times (373 - 311)^\circ K = 18.6 \text{ kkal}$$

$$Q2 = 0.3 \times 593.099 \text{ kkal} = 177.930 \text{ kkal}$$

Total panas mengeringkan batubara = 196.530 kkal

$$\text{Kebutuhan udara primer} = \frac{822.831 \text{ kJ / kg}}{1.0418 \text{ kJ / kg} \cdot ^\circ K \times (591 - 311) K} = 2.821 \text{ kg udara/kg bb} \times 95.688 \text{ Kg bb/s} = 269.914 \text{ kg udara/s.}$$

4.3. Kebutuhan Udara Teoritis Force Draft Fan

Kebutuhan Udara Teoritis Aktual Force Draft Fan = Perhitungan Kebutuhan Udara Teoritis Total - Perhitungan Udara Teoritis Primary Air Fan = 6.0218 kg udara/kg bb - 2.821 kg udara/kg bb = 3.201 kg udara/kg bb × 95.688 Kg bb/s = 306.300 kg udara/s.

4.4. Perhitungan Dari Data Aktual

Tabel 1. Perhitungan Bulan Mei

	Design 625 Mw	Aktual 27 Mei 550 Mw	Interpolasi 625 Mw
Flow Batubara	344.48 t/h	280,873 t/h	319,174 t/h
Udara Teoritis	576.214 KgUdara/s	490,088 KgUdara/s	556.918 KgUdara/s
Udara PA fan	269.914 Kg udara/s	227.766 Kg Udara/s	258.825 KgUdara/s
Kapasitas FD fan	265.761 m ³ /s	227.211 m ³ /s	258.194 m ³ /s

Tabel 2. Perhitungan Bulan April

	Design 625 Mw	Aktual 6 April 302.9 MW	Interpolasi 625 Mw
Flow Batubara	344.48 t/h	178.4 t/h	368.108 t/h
Udara Teoritis	576.214 KgUdara/s	276.785 KgUdara/s	571.115 KgUdara/s
Udara PA fan	269.914 Kg udara/s	169.177 kg udara/s	349.078 kg udara/s
Kapasitas FDfan	265.761 m ³ /s	93.205 m ³ /s	192.318 m ³ /s

Tabel 3. Perhitungan Bulan Maret

	Design 625 Mw	Aktual 27 Maret 425 MW	Interpolasi 625 Mw
Flow Batubara	344.48 t/h	239.564 t/h	352.3 t/h
Udara Teoritis	576.214 KgUdara/s	388.993 KgUdara/s	572.048 KgUdara/s
Udara PA fan	269.914 Kg udara/s	214.150 kg udara/s	314.926 kg udara/s
Kapasitas FD fan	265.761 m ³ /s	151.441 m ³ /s	222.707 m ³ /s

Rata-rata Flow Udara PA fan

1. Flow udara bulan Mei = 258.825 KgUdara/s
 2. Flow udara bulan April = 349.078 kg udara/s
 3. Flow udara bulan Maret = 314.926 kg udara/s
- Rata-rata = 307.610 kg udara/s

Jadi kapasitas Forced Draft Fan untuk batubara bulan Maret, April, Mei 2015 masih memadai dengan kapasitas Forced Draft Fan pada saat desain. Karena perubahan kualitas batubara yang digunakan tidak terlalu besar.

Kesimpulan

1. Pada beban maksimal 625 MW data batubara bulan Maret, April, Mei kapasitas 1 FD fan sebesar :
 Bulan Maret = 111.353 m³/s
 Bulan April = 96.159 m³/s
 Bulan Mei = 129.097 m³/s
2. Jadi kapasitas FD fan masih memadai untuk batubara kualitas rendah. Sebagaimana data batubara bulan Maret, April, Mei 2015.

DAFTAR PUSTAKA

Firmansyah, Vemmi Nur. (2005). *Analisa Hubungan Efisiensi Dan Perubahan Beban Boiler Pada Overhaul Terakhir Dan Saat Ini Unit Ubp Semarang.*

Nag, P.K. (2002). *Power Plant Engineering Second Edition.* North America: McGraw-Hill

Rahim, Febri Razaqur (2008). *Analisis aliran udara.*

Satriansyah, Adam. (2011). *ID fan, PA fan, FD fan.* From <https://ntrux.wordpress.com/2011/04/12/id-fan-pa-fan-fd-fan>, 30 April 2015.

Sutopo, Vincensius Anton. (2010). *Studi Pemilihan Kecepatan Putaran Motor FD Fan pada unit 5-7 PLTU Suralaya.*