

PROSES PEMANFAATAN FLUE GAS SETELAH PEMBAKARAN PADA BOILER PC DI PLTU KEBAN AGUNG 2 X 135 MW

Deni Fernando
PLTU Keban Agung Lahat
fdenny253@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan *Flue Gas* sangat penting untuk proses pemanasan pada beberapa bagian *boiler* yang bertujuan agar gas hasil pembakaran tidak terbuang sia-sia ke atmosfer. Pemanfaatan ini dapat mengurangi atau meminimalisir dampak pencemaran udara dan juga meminimalisir pemakaian bahan bakar. Penelitian ini bertujuan agar proses pemanfaatan *flue gas* pada *boiler* di PLTU Keban Agung lebih efisien.

Kata Kunci: *Flue Gas*, *Boiler*, PLTU Keban Agung

PENDAHULUAN

PT.Priamanaya Energi merupakan perusahaan *Operation & Maintenance* (O&M) yang mengoperasikan pembangkit listrik yang berkapasitas 2 x 135 MW yang bernama PLTU Keban Agung, untuk mendukung kebutuhan tenaga listrik masyarakat. Batubara yang digunakan sebagai bahan bakar pada PLTU Keban Agung merupakan hasil penambangan oleh PT. Dizamatra Powerindo dan PT. Cipta Kridatama. Lokasi penambangan dan PLTU Keban Agung terletak pada wilayah yang sama yaitu Desa Kebur, Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan.

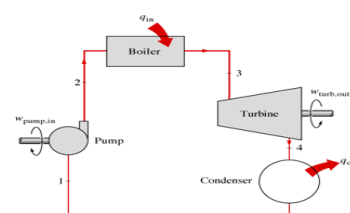
Pada pembangkit listrik tenaga uap ada beberapa faktor yang menentukan efektifitas pembakaran. Salah satu faktor yaitu kualitas batubara, dalam prosesnya batubara sebagai bahan bakar akan menghasilkan sisa pembakaran tak aktif yang umumnya disebut ash (abu). Dalam *boiler* pembakaran batubara *pulverized*, umumnya *ash* batubara akan terbawa ke *furnace* produk gas hasil pembakaran (*flue gas*).

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan proses pemanfaatan *flue gas* di PLTU Keban Agung 2 x 135 MW dan metode yang bisa dilakukan agar pemanfaatan *flue gas* di PLTU Keban Agung bisa maksimal dan efisien.

TINJAUAN PUSTAKA PLTU Keban Agung 2 x 135 MW

Sistem kerja PLTU Keban Agung menggunakan bahan bakar minyak

residu/MFO (solar) dan gas alam. Kelebihan dari PLTU adalah daya yang dihasilkan sangat besar. Konsumsi energi pada peralatan PLTU bersumber dari putaran turbin uap. PLTU adalah suatu pembangkit yang menggunakan uap sebagai penggerak utama (prime mover). Untuk menghasilkan uap, maka haruslah ada proses pembakaran untuk memanaskan air. PLTU merupakan suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang mengkonversikan energi kimia menjadi energi listrik dengan menggunakan uap air sebagai fluida kerjanya, yaitu dengan memanfaatkan energi kinetik uap untuk menggerakkan proses sudu-sudu turbin menggerakkan poros turbin.selanjutnya poros turbin menggerakkan generator yang kemudian dibangkitkannya energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan akan menyuplai alat- alat yang disebut beban.



Gambar 1

Skema Pembangkit Listrik Tenaga Uap
Sumber: Yunus A. Cengel dan Michael A. Boles (1994)

Proses Pembakaran PLTU Keban Agung 2x135 MW

Coal & combustion system dalam PLTU terdiri dari *Coal Bunker*, *Coal Feeder*,

Pulverizer (Coal Mill), Coal Pipes dan *Combustion Burner*. Dari *coal yar*, batubara diangkut dengan *belt conveyor* menuju *boiler house* dan disimpan di dalam *coal bunker*. Untuk menghasilkan pembakaran yang efisien, batubara yang masuk ruang bakar harus digiling terlebih dahulu hingga berbentuk serbuk (*pulverized coal*). Penggilingan batubara menjadi serbuk dilakukan *pulverizer* yang dikenal juga dengan nama *Coal Mill*.

Pemasukan batubara dari *coal bunker* ke *pulverizer* diatur dengan *coal feeder*, sehingga jumlah batubara yang masuk ke *pulverizer* bisa diatur dari *control room*. Batubara yang sudah digiling menjadi serbuk ditiup dengan udara panas (*primary air*) dari *pulverizer* menuju *combustion burner* melalui pipa-pipa *coal piping*. Pada saat *start-up*, pembakaran tidak langsung dilakukan dengan batu bara, tetapi mempergunakan bahan bakar minyak (solar). Setelah beban (*load*) mencapai 10 - 15 % batubara pelan-pelan mulai masuk menggantikan minyak. Maka selain *coal piping, burner* juga terhubung dengan *oil pipe, automizing air* dan *scavanging air pipe* yang berfungsi untuk mensuplai BBM.

Agar pembakaran dalam *combustion chamber* berlangsung dengan baik perlu didukung dengan sistem suplai udara dan sistem pembuangan gas sisa pembakaran yang baik. Tugas ini dilakukan oleh *Air and Flue Gas System*. Udara yang akan disuplai ke ruang pembakaran dipanaskan terlebih dahulu agar tercapai efisiensi pembakaran yang baik. Pemanasan tersebut dilakukan oleh *Air Heater* dengan cara konduksi dengan memanfaatkan panas dari gas buang sisa pembakaran di dalam *furnace*.

Primary Air Fans (PAF) berfungsi untuk menghasilkan *primary air* yang diperlukan untuk mendorong batubara serbuk dari *pulverizer* ke *burner*. *Forced Draft Fans (FDF)* berfungsi untuk menghasilkan *secondary air* untuk mensuplai udara ke ruang pembakaran. Sedangkan *Induced Draft Fans (IDF)* berfungsi untuk menyedot gas sisa pembakaran dari *burner / furnace* untuk dikeluarkan ke cerobong asap (*chimney*) setelah melalui *Electrostatic Precipitator (ESP)* yang berfungsi untuk menyaring partikel-partikel abu terbang sisa pembakaran.

Flue Gas System adalah bagian yang sangat penting untuk menjaga agar PLTU tidak menyebabkan polusi berlebihan kepada lingkungan. Bagian dari *flue gas system* yang digunakan di PLTU Keban Agung adalah *Electrostatic Precipitator (ESP)*. ESP adalah alat penangkap debu sisa pembakaran batu bara. Sebelum dilepas diudara bebas, gas buang sisa pembakaran batubara terlebih dahulu melewati ESP untuk dikurangi semaksimal mungkin partikel abu nya. Bagian utama dari ESP ini adalah *housing (casing), internal parts* yang terdiri dari *dircharge electrode, collecting plates, hammering system*, dan *ash hoppers* yang terletak dibagian bawah untuk menampung abu sebelum di transferkan ke *ash silo*.

Pembakaran batubara low range untuk umpan PLTU sebanyak ± 1400 ton per unit selama satu hari. Dari pembakaran batubara ini *fly ash* (abu terbang) yang dihasilkan per hari ± 40 ton / unit. *Fly Ash* hasil pembakaran PLTU ditampung di *ash silo* yang kemudian akan diangkut menggunakan *dumptruck* ke *disposal*.

Batubara

Batubara yaitu batuan sedimen yang tersusun atas karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur. Dalam proses pembentukannya, batubara diselipi batuan yang mengandung mineral, (Muchjidin, 2006). Dalam ensiklopedia Nasional Indonesia, menurut Ambyo Mangunwidjaja (1989) batubara berasal dari tumbuh-tumbuhan berjuta tahun yang lalu, dalam suasana lingkungan tanpa oksigen, kemudian diubah oleh bakteri dari bentuk jelly, hingga terakumulasi dan terpadatkan menjadi gambut, (Ensiklopedia Pertambangan Indonesia, 2005).

1. *Sub-bituminus* mengandung sedikit Karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan *bituminus*.
2. *Lignit* atau batu bara coklat adalah batu bara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya.
3. *Gambut*, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

Emisi Gas Buang

Polusi udara oleh gas buang merupakan gangguan terhadap lingkungan.

Komponen-komponen gas buang yang membahayakan itu antara lain adalah asap hitam (angus), hidrokarbon yang tidak terbakar, karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO), dan NO₂. NO dan NO₂ biasa dinyatakan dengan NO_x (Arismunandar, 2002: 51). Namun jika dibandingkan dengan bensin, solar lebih banyak mengandung CO. Disamping itu kadar NO₂ sangat rendah jika dibandingkan dengan NO. Jadi boleh dikatakan bahwa komponen utama gas buang dari bahan bakar solar yang membahayakan adalah NO dan asap hitam. Selain dari komponen tersebut diatas beberapa hal berikut yang merupakan bahaya atau gangguan meskipun bersifat sementara. Asap putih yang terdiri atas kabut bahan bakar atau minyak pelumas yang terbentuk pada start dingin, asap biru terjadi karena adanya bahan bakar yang tidak terbakar atau tidak terbakar sempurna terutama periode pemanasan, serta bau yang kurang sedap merupakan bahaya yang mengganggu lingkungan. Selanjutnya bahan bakar dengan kadar belerang yang tinggi sebaiknya tidak digunakan karena akan menyebabkan adanya SO₂ didalam gas buang.

Menurut Nakoela Soenarta (1995: 39) faktor-faktor yang menyebabkan terbentuknya jelaga atau angus pada gas buang ruang bakar adalah:

1. Konsentrasi oksigen sebagai gas pembakar yang kurang
2. Bahan bakar yang disemprotkan ke dalam ruang bakar terlalu banyak
3. Suhu di dalam ruang bakar terlalu tinggi.
4. Penguapan dan pencampuran bahan bakar dan udara yang ada di dalam silinder tidak berlangsung sempurna
5. Karbon tidak mempunyai cukup waktu untuk berdifusi supaya bergabung dengan oksigen

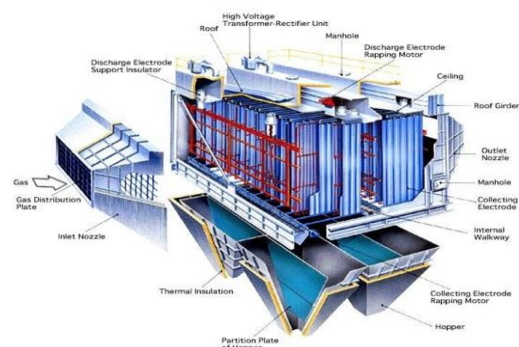
ESP (Electrostatic Precipitator)

Cara kerja dari electrostatic precipitator (ESP) yaitu sebagai berikut:

1. Melewatkan gas buang (*flue gas*) melalui suatu medan listrik yang terbentuk antara *discharge electrode* dengan *collector plate*, *flue gas* yang mengandung butiran debu pada awalnya bermuatan netral dan pada saat melewati medan listrik, partikel debu tersebut akan terionisasi sehingga partikel

debu tersebut menjadi bermuatan negatif (-).

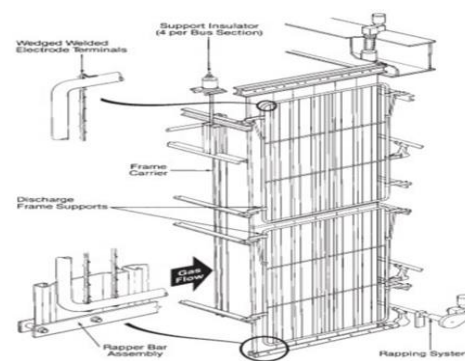
2. Partikel debu yang bermuatan negatif (-) selanjutnya menempel pada pelat-pelat pengumpul (*collector plate*), lihat gambar 4. Debu yang dikumpulkan di *collector plate* dipindahkan kembali secara periodik dari *collector plate* melalui suatu getaran (*rapping*). Debu ini kemudian jatuh ke bak penampung (*ash hopper*), lihat gambar 2 dan 3, dan dipindahkan ke *flyash silo* dengan cara dihembuskan (*vacuum*).



Gambar 2

Bagian-Bagian *Electrostatic Precipitators*

Sumber : Artikel Teknologi



Gambar 3

Discharge Electrode

Sumber : Artikel Teknologi

METODE PENELITIAN

Pengujian *preventive* dilaksanakan di PLTU keban agung 2 x 135 MW yaitu pada ruangan *produksi domestic*. Setelah dilakukan riset dan studi literatur dan ditemani oleh tim *mechanic*, dilakukan *predictive maintenance* dan *preventive maintenance* pada seluruh equipment yang ada di domestic room PLTU Keban Agung 2x 135 MW.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skema sistem udara pembakaran dan pembuangan flue gas. Salah satu unsur penting dalam reaksi pembakaran adalah oksigen. Oksigen diperoleh dari udara, udara yang digunakan untuk pembakaran batubara terdiri atas udara primer dan udara sekunder. Udara primer yang bersuhu 40°C dihisap oleh primary air fan setelah sebelumnya melalui filter udara. Udara ini kemudian dipanaskan pada *tri-sector air heater* dengan memanfaatkan gas panas setelah melewati *economizer* agar kandungan air dalam udara primer dan sekunder menguap. Udara ini kemudian disalurkan ke penggiling batubara (*Pulverizer*) dengan dikendalikan oleh control dampers agar menstabilkan gabungan udara dingin dan udara panas sesuai dengan jumlah dan temperatur yang dibutuhkan masing-masing *pulverizer* yaitu 300°C . Udara panas ini akan memanaskan batubara dan mengeringkan batubara. Udara primer ini membawa batubara yang sudah dihancurkan menjadi serbuk sebesar 200 mesh menuju ke burner pada *boiler*.

Jadi udara primer berfungsi sebagai:

1. Memanaskan batubara.
2. Menyediakan udara untuk masing-masing *pulverizer* guna mentransport batubara menuju ruang bakar. Sedangkan udara sekunder dihasilkan oleh *force draft fan*. Udara yang dihasilkan *force draft fan* kemudian menuju ke *secondary air heater* untuk dipanaskan lagi dengan memanfaatkan gas pembakaran setelah melewati *economizer*. Tujuan pemanasan ini adalah udara cukup panas (sekitar 300°C) sehingga memudahkan proses pembakaran. Dari pemanas ini udara sekunder dialirkan ke *wind box* yang dihubungkan ke lubang udara pembakaran pada *burner*. Fungsi udara ini selain sebagai pensuplai udara pembakaran juga sebagai pendingin bagian-bagian pembakar (*Firing System*) agar tidak rusak karena panas (radiasi) api. Jadi fungsi dari udara sekunder adalah sebagai penyuplai udara pembakaran di dalam *furnace*.

Di dalam boiler terjadi pencampuran antara batubara serbuk, udara primer, dan udara sekunder yang kemudian dibakar. Hasil

pembakaran berupa gas panas dan abu. Gas panas yang terjadi dialirkan ke saluran (*duct*) untuk memanaskan *steam drum*, pipa-pipa *wall tube* dan *down comer*, pipa pemanas lanjut (*superheater*), pemanas ulang (*reheater*) dan *economizer*. Setelah dari *economizer* gas masih bertemperatur tinggi yaitu sekitar 400°C dan dipergunakan sebagai sumber untuk memanaskan udara pada *air heater*. Keluar dari *boiler*, gas dialirkan ke *electrostatic precipitator* untuk diambil abu hasil pembakaran *boiler* dengan efisiensi penyerapan abu sekitar 99,5%. Sedang sisanya terbawa bersama udara dihisap oleh *induced draft fan* dan akhirnya dibuang ke lingkungan melalui cerobong (*stack*).

Penyesuaian Flue Gas Damper

Empat set *damper flue gas* dipasang di *boiler*. Satu set pertama adalah *primary flue gas duct side damper* dengan suhu $\leq 460^{\circ}\text{C}$ dan material bingkai *damper* adalah 15CrMo. Satu set yang kedua adalah *secondary air side flue gas adjustment damper* dengan suhu $\leq 400^{\circ}\text{C}$ dan material bingkai *damper* adalah Q235-A. Satu set yang ketiga adalah *reheater side flue gas adjustment damper* dengan suhu $\leq 460^{\circ}\text{C}$ dan material bingkai *damper* adalah 15CrMo. Dan set yang terakhir adalah *superheater* (suhu rendah) *side flue gas adjustment damper* dengan suhu $\leq 460^{\circ}\text{C}$ dan material bingkai *damper* adalah 15CrMo. Dua aktuator dipasang disetiap *damper* dan nilai torsi aktuator adalah 6000N.m.

Karakteristik Penyesuaian dari Flue Gas Damper :

1. Pada pengaturan suhu *reheated steam* dengan *damper*, ada beberapa derajat *hyteresis* alami. Pada umumnya, suhu *reheated steam* mulai berubah 1.5 menit setelah *damper* dioperasikan, dan akan stabil setelah 10 menit.
2. Kisaran penyesuaian suhu untuk suhu *outlet reheater* lebih dari 40°C .
3. Disarankan untuk memperbaiki derajat bukaan pada *reheater damper* 50% dan hanya menyesuaikan *damper* pada bagian *superheater*.
4. Penyesuaian *damper flue gas* juga dapat menggunakan regulasi sinkronisasi saluran ganda *flue gas*. Ketika beban (*load*) berubah

dari tinggi ke rendah, diperlukan untuk menyesuaikan suhu *reheated steam*, menaikkan *damper di reheater*, dan menurunkan *damper di superheater*.

Pressure Drop

Pressure drop yaitu penurunan tekanan yang terjadi dalam heat exchanger apabila suatu fluida melaluinya. *Pressure drop* merupakan parameter penting dalam desain alat penukar panas. Penurunan tekanan ini semakin besar dengan bertambahnya *fouling factor* pada *heat exchanger* karena usia penggunaan alat terlalu lama. Dalam pemanas udara tipe *rotary*, penurunan tekanan pada sisi gas (gas side) dan sisi udara (air side) muncul dari hambatan (gesek) terhadap aliran masuk dan keluar.

Efisiensi Air Heater

Pada analisa ini perhitungan pada efisiensi memindahkan panas dari sisi *flue gas* menuju udara primer dan sekunder sehingga mengetahui berapa efisiensi perpindahan panas tersebut, karena pada proses perpindahan panas terjadi kebocoran pada *air heater* karena radial seal atau *axial seal* korosi dan berlubang sehingga mengakibatkan mengurangi efisiensi *air heater* dan efisiensi pada *air heater* sisi *flue gas* ditentukan dengan:

1. Kalkulasi kebocoran udara¹⁰ :

$$leakage = \frac{C_{2out} - C_{2in}}{21 - C_{2out}} \times 0,9 \times 100 \%$$

AL = Air heater Leakage (%)

O_{2out} = Prosentase keluar *air heater* (%)

O_{2in} = Prosentase masuk *air heater* (%)

2. Temperatur gas keluar terkoreksi tanpa kebocoran di air heater

$$tg_{2NL} = \frac{AL}{100} \times tg_2 - ta_1 + tg_2$$

tg_{2NL} : Temperatur gas keluar air preheater dengan koreksi pada kondisi tidak ada kebocoran udara (oC)

AL : Air Leakage (%)

tg_2 : Temperatur gas keluar APH (oC)

ta_1 : Temperatur udara rata-rata masuk APH (oC)

3. Efisiensi Thermal air heater

$$\eta = \frac{tg_1 - tg_{2nl}}{tg_1 - ta_2} \times 100\%$$

η = Efisiensi termal sisi gas buang (%)

4. Penyesuaian Damper Flue Gas

Empat set damper flue gas dipasang di boiler. Satu set pertama adalah primary flue gas duct side damper dengan suhu $\leq 460^\circ\text{C}$ dan material bingkai damper adalah 15CrMo. Satu set yang kedua adalah secondary air side flue gas adjustment damper dengan suhu $\leq 400^\circ\text{C}$ dan material bingkai damper adalah Q235-A. Satu set yang ketiga adalah reheater side flue gas adjustment damper dengan suhu $\leq 460^\circ\text{C}$ dan material bingkai damper adalah 15CrMo. Dan set yang terakhir adalah superheater (suhu rendah) side flue gas adjustment damper dengan suhu $\leq 460^\circ\text{C}$ dan material bingkai damper adalah 15CrMo. Dua aktuatur dipasang disetiap damper dan nilai torsi aktuatur adalah 6000N.m.

Karakteristik Penyesuaian dari Flue Gas Damper:

1. Pada Pengaturan suhu reheated steam dengan damper, ada beberapa derajat hysteresis alami. Pada umumnya, suhu reheated steam mulai berubah 1.5 menit setelah damper dioperasikan, dan akan stabil setelah 10 menit.
2. Kisaran penyesuaian suhu untuk suhu outlet reheater lebih dari 40°C .
3. Disarankan untuk memperbaiki derajat bukaan pada reheater damper 50% dan hanya menyesuaikan damper pada bagian superheater.
4. Penyesuaian damper flue gas juga dapat menggunakan regulasi sinkronisasi saluran ganda flue gas. Ketika beban (load) berubah

dari tinggi ke rendah, diperlukan untuk menyesuaikan suhu reheated steam, menaikkan damper di reheater, dan menurunkan damper di superheater.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Flue Gas dibutuhkan untuk membantu mengoptimalkan proses pemanfaatan panas dari hasil pembakaran pada furnace/ruang Bakar yang mana bertujuan untuk efisiensi pada peralatan yang memanfaatkan flue gas / gas buang sisa pembakaran sebagai berikut:

1. Ecomizer
2. Hot Air yang di pakai untuk mengeringkan batu bara pada Coal Mill

Saran

Untuk menjaga mutu peralatan-peralatan yang di analisa agar selalu dalam kehandalan yang tinggi, agar pihak Gardu

Induk selalu rutin melaksanakan pemekrisaan kondisi peralatan.

DAFTAR PUSTAKA

Boiler training material. PT. Power Plant Operation Indonesia Agung Project.

Santoso, Edi & julianto, Chairul Edwin. 2007. *Jurnal Inasea*, Vol. 8 No. 2, Oktober 2007

Abdul Kadir, A. 2011. *Teknologi Tenaga Listrik Ramah Lingkungan*. Bandung: ITB

Walean, David M. 2012. *Jurnal Sipil Statik*, Vol 1 No. 1, November 2012. Universitas Sam Ratulangi