

## FOULING DAN PENGARUHNYA PADA FINAL SECONDARY SUPERHEATER PLTU TANJUNG JATI B UNIT 2

F Gatot Sumarno<sup>(1)</sup>, Wahyono<sup>(2)</sup>, Ova Imam Aditya<sup>(3)</sup>,

<sup>(1), (2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

<sup>(3)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof.H. Sudarto, S.H, Tembalang, Semarang

### Abstrak

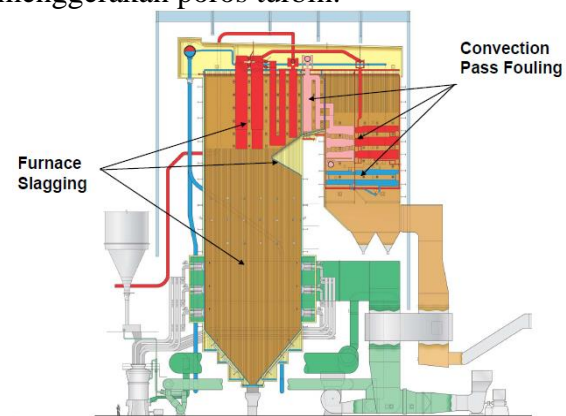
Salah satu unit yang paling penting dalam produksi uap pada PLTU Tanjung Jati B adalah boiler. Superheater merupakan salah satu komponen terpenting pada boiler. Superheater berfungsi untuk memanaskan uap agar kandungan energi panas dan kekeringannya bertambah sehingga menjadi uap superheat. Permasalahan yang sering terjadi pada superheater khususnya final secondary superheater yaitu penumpukan abu (*fouling*) yang terjadi pada tube final secondary superheater tersebut. *Fouling* dapat menyebabkan penurunan laju perpindahan panas antara flue gas dengan steam pada final secondary superheater. Indeks *fouling* dapat diukur menggunakan suatu persamaan, tetapi persamaan tersebut hanya memperhitungkan chemical composition dari batubara tersebut. Indeks *fouling* yang didapatkan dari perhitungan yaitu sebesar 0,346 dimana nilai tersebut masuk dalam kategori medium untuk ash bituminous.

Kata kunci: *fouling*, Final Secondary, Superheater

### 1. Pendahuluan

Superheater digunakan sebagai pemanas lanjut uap agar uap tersebut menjadi uap kering. Pemanasan pada superheater diambil dari panas gas buang hasil pembakaran diruang pembakaran (*furnace*). Superheater pada PLTU Tanjung Jati B dibagi menjadi 3 tahap yaitu *primary superheater I*, *primary superheater II* dan, *final secondary superheater*. *Primary superheater I* menerima gas yang relatif dingin untuk dipanaskan dengan gas buang yang dialiri searah dengan aliran uap tersebut. Kemudian uap keluar dari *primary superheater I outlet* melalui transfer yang dilengkapi dengan pipa *spray type attemperator* untuk mengatur suhu uap menuju *primary superheater II*. Disini uap akan dipanas lebih lanjut seperti di *primary superheater I*, selanjutnya uap akan ke *final secondary superheater* dimana uap juga akan dipanasi. Uap yang keluar dari final superheater akan masuk ke *high pressure turbine*. Uap kering dari *final secondary superheater* yang mempunyai temperatur dan tekanan tinggi yang dialirkan ke turbin tekanan tinggi. Didalam turbin ini terdapat sudu-sudu gerak yang mempunyai bentuk sedemikian rupa sehingga dapat mengekspansikan uap. Energi yang diterima

sudu-sudu turbin digunakan untuk menggerakkan poros turbin.



Gambar 1 Lokasi terjadinya *fouling*

Gangguan yang sering terjadi pada superheater khususnya *final secondary superheater* yaitu *fouling*. *Fouling* merupakan fenomena menempel dan menumpuknya abu pada dinding penghantar panas (*super heater* maupun *re-heater*) yang dipasang di lingkungan dimana suhu gas pada bagian belakang *furnace* lebih rendah dibandingkan suhu melunak abu (*ash softening temperature*).

Unsur yang paling berpengaruh pada penempelan abu ini adalah material basa terutama Na, yang dalam hal ini kadar  $\text{Na}_2\text{O}$ . Bila kadar abu batubara banyak, kemudian

unsur basa dalam abu juga banyak, ditambah kadar  $\text{Na}_2\text{O}$  yang tinggi, maka *fouling* akan mudah terjadi. Evaluasi karakteristik *fouling* dinilai berdasarkan rasio unsur basa dan asam, serta kadar  $\text{Na}_2\text{O}$  di dalam abu. Jika nilai – nilai tadi tinggi, maka secara umum kecenderungan *fouling* juga meningkat. Selanjutnya, kadar sulfur yang tinggi juga cenderung mendorong timbulnya *fouling* melalui pembentukan senyawa bersuhu lebur rendah, melalui persenyawaan dengan unsur basa ataupun besi. *Fouling* yang berkembang akan dapat menyebabkan bermacam – macam masalah seperti penurunan suhu uap pada keluaran (*outlet*) *super heater* dan *re-heater*, serta menyempit dan tersumbatnya jalur aliran gas. Untuk menghilangkan abu ini dapat digunakan *soot blower*.

Efektifitas penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit tenaga bergantung dari kemampuan peralatan pembangkit uap untuk mengakomodasi sisa pembakaran tak aktif yang umumnya disebut *ash* (abu). Kuantitas dan karakteristik dari *ash* tidak dapat dipisahkan dari bahan bakar yang merupakan perhatian utama dari desain dan operasi dari peralatan pembangkit listrik. Pada umumnya bahan bakar komersial mengandung sejumlah *ash* yang menjadi pertimbangan dalam desain dan operasi yang spesifik. *Ash* akan menurunkan nilai kalor bahan bakar dan membuat *fuel storage* menjadi berat, maka diperlukan peralatan yang besar untuk mengumpulkan, memindahkan dan membuang *ash*. Peralatan tersebut mengindikasikan biaya yang juga dibutuhkan dan secara langsung berhubungan dengan *ash* dalam batubara.

Dalam boiler pembakaran batubara *pulverized*, umumnya *ash* batubara terbawa ke *furnace* oleh produk gas hasil pembakaran (*flue gas*). Partikel gas yang terbawa dalam aliran gas dapat menimbulkan masalah erosi dan korosi pada permukaan yang dilalui panas konveksi. Namun, masalah utama dari *ash* adalah endapannya. Selama proses pembakaran, material mineral yang membentuk *ash* dilepaskan dari batubara pada temperatur  $\pm 3000^\circ\text{F}$  ( $1649^\circ\text{C}$ ). *Ash* dapat dilepaskan dalam bentuk leburan atau

dalam keadaan plastis. Akibatnya akan berpengaruh pada dinding *furnace* dan permukaan panas lainnya. Walaupun dalam porsi kecil, namun dapat menjadi besar pengaruhnya terhadap kerja *boiler*. Akumulasi dari endapan *ash* pada dinding *furnace* akan mempengaruhi perpindahan panas, menurunkan absorpsi panas, menunda pendinginan *flue gas* dan meningkatkan temperatur keluar *furnace*.

## 1.2. Tinjauan Pustaka

Berikut ini akan dijelaskan beberapa cara penilaian terhadap *fouling*.

### a. Metode evaluasi representatif

Karena karakteristik dari *ash bituminous* dan *lignit* bervariasi secara signifikan, langkah pertama dalam menghitung indikasi *fouling* adalah menentukan jenis *ash*. *Ash* diklasifikasikan sebagai *bituminous* jika :



Sedangkan *ash* diklasifikasikan sebagai *lignit* jika :



Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa faktor utama yang mempengaruhi kondisi menempelnya abu adalah  $\text{Na}_2\text{O}$ . Oleh karena itu, perusahaan B & W menentukan penilaian *fouling* berdasarkan persamaan di bawah ini

Abu tipe bituminous ( $\text{CaO} + \text{MgO} < \text{Fe}_2\text{O}_3$ )

$$Rf = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2} \times \text{Na}_2\text{O}$$

Tabel 1 Standar nilai potensi *fouling* pada *ash bituminous*

Potensi <i>fouling</i>	Rf
<i>Low</i>	0.2 <
<i>Medium</i>	0.2 ~ 0.5

<i>High</i>	0.5 ~ 1.0
<i>Severe</i>	>1.0

Abu tipe lignit ( $\text{CaO} + \text{MgO} > \text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Rf = kadar  $\text{Na}_2\text{O}$  (%)

Tabel 2 Standar nilai potensi *fouling* pada ash lignit

Potensi <i>fouling</i>	Rf
<i>Low</i>	1.2<
<i>Medium</i>	1.2 ~ 3.0
<i>High</i>	3.0 ~ 6.0
<i>Severe</i>	>6.0

b. Unsur lainnya

Selain cara – cara di atas, terdapat pula unsur – unsur lain yang juga mempengaruhi kecenderungan *fouling*. Diantaranya adalah

-  $\text{Na}_2\text{O}$

Unsur yang paling berpengaruh terhadap kecenderungan *fouling* adalah unsur alkali, terutama Na. Seperti dijelaskan di atas bahwa pengaruh  $\text{Na}_2\text{O}$  adalah besar. Batubara yang abunya (baik tipe lignit maupun *bituminous*) mengandung  $\text{Na}_2\text{O}$  dengan kadar lebih dari 1~2% (sebagian fabrikasi menunjuk angka lebih dari 2 ~ 4%) mengindikasikan memiliki kecenderungan *fouling* yang tinggi.

Di Jepang, standar kualitas  $\text{Na}_2\text{O}$  pada batubara adalah 0.1%~3% untuk pembangkitan listrik. Batas bawah untuk pembangkitan listrik adalah 0.1%, karena bila angkanya kurang dari ini akan menyebabkan turunnya performa keterambilan debu (untuk proses pengambilan debu dengan *Electrostatic Precipitator* suhu rendah yang banyak digunakan di Jepang).

-  $\text{CaO}$ .

Batubara dengan kadar  $\text{CaO}$  dalam abu yang tinggi menunjukkan kecenderungan *fouling* yang tinggi pula. Disini, yang perlu mendapat perhatian adalah bila kadar  $\text{CaO}$  dalam abunya lebih dari 15~20%.

### 1.3. Data Sertifikat Batubara

Beberapa tabel dibawah ini menunjukkan data sertifikat dan analisis batubara yang dipakai untuk pasokan pada tanggal 1 November 2013.

Tabel 3 Chemical composition batubara pasokan tanggal 1 November 2013

Chemical Composition (%)	
$\text{SiO}_2$	53,78
$\text{Al}_2\text{O}_3$	18,69
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	11,49
$\text{CaO}$	3,45
$\text{MgO}$	2,01
$\text{Na}_2\text{O}$	1,25
$\text{K}_2\text{O}$	1,99
$\text{TiO}_2$	0,56
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,19
$\text{SO}_3$	5,99

### 1. Metode Penelitian

Ada beberapa metode pengambilan data dalam penelitian ini. Metode pengambilan data memberikan kejelasan dalam penelitian serta menghasilkan sekumpulan data parameter unjuk kerja yang siap untuk diolah melalui perhitungan secara teoritis. Dalam proses pengambilan data ada beberapa metode pengambilan data yang dilakukan, diantaranya :

- Wawancara, dengan melakukan diskusi langsung dengan beberapa pegawai dan operator PLTU Tanjung Jati B.
- Observasi, dengan mencari dan mengumpulkan data yang dibutuhkan secara online di ruang kontrol PLTU Tanjung Jati B unit 2 maupun top i solvo, selanjutnya data tersebut diolah dengan perhitungan secara teoritis.
- Studi Kepustakaan, merupakan proses mencari landasan teori dan formulasi yang dibutuhkan pada saat pengolahan data yang sudah didapatkan. Kegiatan tersebut meliputi berbagai buku manual pada PLTU Tanjung Jati B dan melakukan pencarian lewat internet

- berupa jurnal – jurnal penelitian tentang siklus dan komponen utama PLTU.
- d. Proses Pengolahan Data, dari data – data parameter yang berhasil dikumpulkan diolah dengan formulasi yang selanjutnya hasil perhitungan ditabelkan dan dibuat grafik untuk kemudian di analisis dan ditarik kesimpulan.
  - e. Analisis data, proses analisis dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan menggunakan formulasi yang diterapkan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Klasifikasi *ash* dari batubara campuran adalah *ash bituminous* karena,

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{CaO} + \text{MgO}$$

$$11,49 \% > 3,45 \% + 2,01 \% \approx 11,49 \% < 5,46 \% \text{ (ash bituminous)}$$

Klasifikasi fouling untuk *ash bituminous*

$$Rf \text{ (Fouling index)} = \{(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)\} \times \text{Na}_2\text{O}$$

$$Rf = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2} \times \text{Na}_2\text{O}$$

$$Rf = \frac{11,49 + 3,45 + 2,01 + 1,25 + 1,99}{53,78 + 18,69 + 0,56} \times 1,25$$

$$Rf = \frac{20,19}{73,03} \times 1,25$$

$$Rf = 0,346$$

Indeks Fouling berdasarkan perhitungan masuk ke dalam kategori  $0,2 < Rf < 0,5$  yang merupakan indeks fouling dengan kategori *medium*.

*Fouling* yang terjadi pada *final secondary superheater* dapat diatasi dengan beberapa cara maupun dengan beberapa pencegahan yaitu :

- a. Sootblower

Efisiensi pada *boiler* banyak dipengaruhi oleh proses perpindahan panas yang terjadi di dalamnya. Perpindahan panas pada *boiler* dapat ditingkatkan dengan melakukan pembersihan permukaan *tube* dari abu-abu yang menempel. Pada *superheater* dan *reheater*, *fly ash* yang merupakan hasil dari pembakaran akan menempel pada dinding-dinding permukaan *tube*.

Penanganan *fouling* yang terjadi pada *final secondary superheater* dapat diatasi salah satunya dengan menggunakan *sootblower*. *Sootblower* merupakan alat mekanik yang digunakan untuk membersihkan abu dan deposit secara periodik. Alat tersebut mengarahkan media pembersihan melalui nosel terhadap abu yang telah terakumulasi pada permukaan perpindahan panas dari boiler untuk mempertahankan efisiensi perpindahan panas. Pada *final secondary superheater*, *sootblower* yang digunakan bertipe *Long Retractable (IK) sootblower*. *Retractable sootblower* dirancang untuk pembersihan yang efektif dari permukaan pemanas di zona suhu tinggi gas dari boiler dan penukar panas lainnya.

Setiap *sootblower* dilengkapi dengan *poppet valve* untuk mengatur kebutuhan uap *sootblower*. Katup ini membuka pada saat *sootblower* dioperasikan dan menutup kembali saat *lance tube* dari *sootblower* tersebut mundur menuju stop.

*Steam* yang digunakan pada *sootblower* menggunakan *steam* keluaran dari *primary superheater* dengan tekanan sebesar 34,5 barg.

Prinsip kerja dari *sootblower* secara umum adalah sebagai berikut :

- *Electric motor* yang terkopel dengan *shaft* memutar *gearbox*, yang menggerakkan *nozzle* kedalam boiler.
- Ketika *nozzle* mencapai posisi *full extend*, maka cam pada *nozzle* akan mengaktifkan *trigger* yang membuka *poppet valve* . Hal ini menyebabkan uap *superheat* disemprotkan kedalam boiler secara berputar

- Ketika *trip pin* pada *control box* Mencapai LSF (*Limit switch forward*), arah putaran motor berbalik, *poppet valve* ditutup, dan *nozzle* ditarik kembali ke posisi istirahat.
- Ketika *trip pin* pada *control box* mencapai LSR (*Limit switch reverse*), Proses *sootblow* tersebut selesai, dan proses dilanjutkan kepada *sootblower* di posisi berikut

#### b. Batubara

Penyebab terjadinya fenomena *fouling* salah satunya juga disebabkan oleh kualitas batubara, terutama pada parameter AFT (*Ash Fusion Temperature*) memiliki nilai yang relatif rendah. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan peningkatan kualitas batubara untuk meningkatkan nilai AFT. Metode yang bisa dilakukan untuk meningkatkan parameter tersebut adalah dengan *coal blending* (pencampuran batubara) dan mengurangi kadar sulfur pada batubara yang digunakan.

#### 4. Kesimpulan

Setelah mempelajari sistem pembangkitan listrik tenaga uap pada umumnya dan *fouling* serta pengaruhnya pada *final secondary superheater*, penulis dapat menarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Unsur yang paling berpengaruh pada *fouling* adalah material basa terutama Na, yang dalam hal ini kadar  $\text{Na}_2\text{O}$ . Bila kadar abu batubara banyak, kemudian unsur basa dalam abu juga banyak, ditambah kadar  $\text{Na}_2\text{O}$  yang tinggi, maka *fouling* akan mudah terjadi.
2. Indeks *fouling* yang dihitung dari data analisis batubara pada pasokan tanggal 1 November 2013 menunjukkan nilai  $R_f = 0,346$  yang masuk dalam kategori indeks *fouling* medium pada *ash bituminous*.
3. Terjadinya *fouling* akan berpengaruh pada proses perpindahan panas yang terjadi pada *final secondary superheater* antara *steam* dan *flue gas*. Dengan

adanya penumpukan *ash* pada tube *final secondary superheater* maka akan menghambat laju perpindahan panas yang terjadi pada *final secondary superheater*.

Dengan adanya penumpukan *ash* juga akan menyebabkan timbulnya *hotspot* pada tube *final secondary superheater*. Ketidakmerataan temperatur akibat adanya *hotspot* dapat menyebabkan *thermal shock* pada tube sehingga tube akan pecah.

#### Daftar Pustaka

- Budi, Arifiyan. 2012. *Siklus PLTU*. <http://arifiyan-budiman.blogspot.com/>. (4 Maret 2014)
- Budiraharjo, Imam. 2009. *Slagging dan Fouling*. <http://imambudiraharjo.wordpress.com/2009/06/19/slagging-dan-fouling/> (10 April 2014)
- Kadir, Abdul. 1996. *Pembangkit Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia,
- Mulyono, Ir. 1999. *Sumber Energi*. Semarang : Politeknik Negeri Semarang.
- The Babcock & Wilcox Company. 2004. *Tanjung Jati B Training Boiler Overview*. Charlotte
- Toshiba Corporation. 2005. *Tanjung Jati B Plant Overview*
- Wikipedia. 2013. *Coal Rank*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Coal\\_rank](http://en.wikipedia.org/wiki/Coal_rank). (3 April 2014)