

## **ANALISIS PENGARUH KUALITAS BATUBARA UMPAN TERHADAP POTENSI SLAGGING PADA BOILER CIRCULATING FLUIDIZED BED (CFB) DI PLTU BANJARSARI 2 X 135 MW**

### **ANALYSIS OF THE EFFECT OF LOAD COAL QUALITY ON SLAGGING POTENTIALS IN BOILER CIRCULATING FLUIDIZED BED (CFB) IN BANJARSARI 2 X 135 MW PLTU**

**Chandra Leonardo Sianipar<sup>1</sup>, Rr. Harminuke Eko Handayani<sup>2</sup> dan Syarifudin<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang Prabumulih KM.32, Indralaya, Sumatera Selatan, 30662, Indonesia

E-mail : chandraineardo@gmail.com, harminuke@ft.unsri.ac.id

#### **ABSTRAK**

Boiler merupakan bagian yang penting dalam sistem PLTU agar tercapainya penguapan yang baik untuk memutar turbin. Pembakaran untuk menghasilkan uap yang baik sangat dipengaruhi oleh kualitas batubara yang digunakan dan pengaturan temperatur pembakaran, karena kualitas batubara dan temperatur pembakaran yang tidak tepat dapat mengakibatkan terbentuknya terak pada dinding ataupun pipa boiler yang disebut slagging. Slagging tersebut bisa sangat berdampak pada operasional boiler. Untuk mengetahui potensi slagging maka dilakukan analisis proksimat, analisis komposisi abu dan analisis ash fusion temperature sehingga didapat nilai slagging index. Analisis proksimat yang dilakukan menunjukkan kualitas batubara dengan rata-rata sebesar total moisture 31,50%, inherent moisture 13,98%, ash content 3,99%, volatile matter 43,11%, fixed carbon 38,92%, sulfur content 0,15% dan calorific value 4499,74 kcal/kg. Analisis komposisi abu menunjukkan komposisi abu batubara rata-rata sebesar TiO<sub>2</sub> (1,26%), SiO<sub>2</sub> (10,21%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,91 %), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (42,85%), CaO (24,66 %), MgO (4,32%), SO<sub>3</sub> (4,58%), Na<sub>2</sub>O (5,74%), dan K<sub>2</sub>O (0,49 %). Dan hasil dari analisis ash fusion temperature memiliki rata-rata sebesar initial deformation temperature 12924 °C, softening temperature 1353,4 °C, hemispherical temperature 1368,8 °C, dan fluid temperature 1384,8 °C. Nilai slagging index berdasarkan rasio asam basa didapatkan index slagging senilai 0,66 dan berdasarkan AFT didapatkan hasil sebesar 1307,7 °C. Dari perhitungan tersebut dinyatakan bahwa potensi terjadinya slagging tergolong sedang, sehingga dapat berdampak penurunan efisiensi panas, menurunnya energi di boiler dan tersumbatnya pipa pada boiler. Penanggulangan yang bisa dilakukan ialah melakukan sootblowing sebelum lapisan abu yang menempel pada pipa penghantar panas sampai mengganggu performa dari dinding penghantar panas.

Kata kunci: Slagging, Analisis proksimat, Ash Analisis, Ash Fusion Temperature, Slagging Index

#### **ABSTRACT**

Boilers are an important part of the power plant system to achieve good evaporation for turning turbines. Combustion to produce good steam is strongly influenced by the quality of the coal used and setting the combustion temperature, because the quality of coal and improper combustion temperatures can result in the formation of slags on the walls or boiler pipes called slagging. Such slagging can greatly impact boiler operations, to knowing the potential of slagging, proximate analysis, analysis of ash composition and temperature analysis and calculation of the slagging index value. Proximate analysis performed shows the quality of coal with an average of 31.50% total moisture, inherent moisture 13.98%, ash content 3.99%, volatile matter 43.11%, fixed carbon 38.92%, sulfur content 0, 15% and calorific value 4499.74 kcal / kg. Analysis of the composition of ash shows the composition of average coal ash of TiO<sub>2</sub> (1,26%), SiO<sub>2</sub> (10,21%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,91 %), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (42,85%), CaO (24,66 %), MgO (4,32%), SO<sub>3</sub> (4,58%), Na<sub>2</sub>O (5,74%), dan K<sub>2</sub>O (0,49 %). And the results of the ash temperature analysis have an average of initial formation temperature of 12924°C, softening temperature of 1353.4°C, hemispherical temperature of 1368.8°C, and fluid temperature of 1384.8°C. Furthermore, the calculation of slagging index based on the acid base ratio obtained by the slagging index worth 0.66 and based on the AFT the results were 1307.7 °C. From these calculations it is stated that the potential for slagging is

*classified as moderate, so that it can have an impact on reducing heat efficiency, decreasing energy in the boiler and blocking the pipes in the boiler. The mitigation that can be done is to do sootblowing before the ash layer that attaches to the heat transfer pipe to interfere with the performance of the heat transfer wall.*

Keywords: Slagging, Proximate Analysis, Ash Analysis, Ash Fusion Temperature, Slagging Index

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Banjarsari yang berkapasitas (2 x 135) MW beroperasi untuk mendukung kebutuhan tenaga listrik masyarakat. Lokasi PLTU Banjarsari terletak di Desa Prabu Menang, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. PLTU memproduksi listrik melalui pembakaran batubara yang dikonversi menjadi uap dengan bantuan boiler. Uap yang dihasilkan dari boiler digunakan untuk memutar turbin generator sehingga memproduksi energi listrik pada generator. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator harus dinaikkan tegangannya sebelum dikirim melalui jalur transmisi (*transmission line*) [1].

Boiler merupakan salah satu peralatan penting dalam PLT. Alat ini merupakan alat penukar kalor, dimana energi panas yang dihasilkan dari pembakaran diubah menjadi energi potensial yang berupa uap. Pada PLTU ini menggunakan boiler tipe *Circulating Fluidized Bed* (CFB), konsep dasar dari Boiler CFB adalah boiler stoker (unggul fluidisasi) dimana batubara dibakar diatas rantai berjalan dan diberi hembusan udara dari sisi bawah sehingga batubara membara diatas rantai berjalan tersebut. Dalam prosesnya batubara umpan sebagai bahan bakar dan pasir sebagai penghantar panas akan menghasilkan sisa pembakaran tidak aktif yang disebut abu (*ash*). Dalam boiler pembakaran batubara berukuran sekitar 10mm, umumnya *abu dari batubara* akan terbawa ke *furnace* oleh produk gas hasil pembakaran. Partikel *ash* batubara yang terbawa dalam aliran gas dapat menimbulkan masalah apabila menempel pada permukaan dinding penghantar panas inilah yang disebut *slagging*, dan abu yang menempel pada bagian belakang *furnance* yang disebut *fouling*. Walaupun dalam jumlah kecil, namun dapat menjadi besar pengaruhnya terhadap kerja boiler. Akumulasi dari endapan *ash* pada dinding furnace akan menurunkan penyerapan panas sehingga dibutuhkan energi yang lebih besar untuk memanaskan [2].

Tujuan pada penelitian ini adalah mengetahui komposisi *ash* dari hasil pembakaran batubara di PLTU Banjarsari berkapasitas (2 x 135) MW yang menggunakan boiler CFB, Mengetahui tingkat kelelahan abu batubara PLTU Banjarsari berkapasitas (2 x 135) MW yang menggunakan boiler CFB dan menganalisis potensi *slagging* pada boiler melalui perhitungan *slagging* indeks berdasarkan *ash fusion temperature* dan ratio asam basa.

Batubara merupakan suatu jenis bahan organik yang tersusun atas karbon, oksigen, hidrogen, sulfur, nitrogen, dan senyawa-senyawa mineral [3]. Pada sistem PLTU, pembakaran batubara yang tidak baik dapat menimbulkan terbentuknya terak pada boiler atau biasa disebut *slagging* dan hal ini dapat menurunkan efisiensi kinerja dari boiler. *Slagging* merupakan menempelnya partikel abu batubara baik yang terbentuk padat maupun leburan, pada permukaan dinding penghantar panas yang terletak di zona gas pembakaran temperatur tinggi (*high temperature combustion gas zone*), sebagai akibat proses pembakaran batubara. *Slagging* terjadi karena suhu operasi yang melebihi titik leleh abu (*spherical temperature*) [4].

Dalam menentukan potensi *slagging* perlu dilakukan beberapa analisis antara lain analisis proksimat menunjukkan persen berat dari fixed carbon, volatile matter, ash content, dan moisture content dalam batubara [5]. *Ash analysis* informasi yang tepat mengenai komposisi abu sangat penting dalam memperkirakan sifat dan karakteristik abu dalam berbagai pemanfaatan batubara. Adapun komposisi abu antara lain yaitu silika, karbonat, sulfida dan mineral lain [6]. Analisis sulphur dilakukan untuk menentukan kadar sulphur (S) dalam batubara. Analisis sulphur ini sepenuhnya dilakukan secara komputerisasi. Prosedur analisis ultimat ini cukup ringkas yaitu dengan memasukkan sampel batubara ke dalam alat dan hasil analisis akan muncul kemudian pada layar komputer [7]. Analisis *ash fusion temperature* merupakan analisis yang hasilnya dapat menggambarkan sifat leleh dari abu batubara dengan melakukan pengukuran dan pengamatan terhadap perubahan bentuk contoh abu yang telah dicetak berbentuk kerucut, selama pemanasan bertahap dilakukan. Analisis *ash fusion temperature* dilakukan pada dua kondisi pemanasan yakni kondisi oksidasi dan kondisi reduksi. Pada kondisi oksidasi tabung pembakaran dialiri 100% gas karbondioksida, sedangkan kondisi reduksi tabung pembakaran dialiri 50% gas hidrogen dan 50% gas karbondioksida [8]. Perubahan bentuk abu selama pemanasan dikategorikan menjadi empat yaitu *initial deformation temperature* (IT) *softening temperature* (ST) *hemispherical temperature* (HT) *fluid temperature* (FT) [9].

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan 2018 di Laboratorium yang terletak di Desa Prabu Menang, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu batubara yang digunakan PLTU Banjarsari berkapasitas 2 x 135 MW berasal dari PT. Bukit Asam yang diangkut menggunakan belt conveyor menuju stockyard batubara PLTU Banjarsari.

Langkah pertama yang dilakukan ialah pengambilan batubara dari stockyard (sampling) pada lima titik yang telah ditentukan dan masing-masing titik diambil batubara sebesar 1 kilogram. Selanjutnya dilakukan preparasi batubara dengan melakukan crushing, grinding dan sieving sampai sampel batubara berukuran  $\pm 0,212$  mm.

Batubara yang sudah dilakukan preparasi kemudian digunakan 1 gram pada kelima sampel untuk pengujian analisis proksimat yang meliputi *ash content*, *inherent moisture*, *fixed carbon*, dan *volatile matter*. Untuk mengetahui nilai dari parameter tersebut dilakukan pemanasan dengan temperature masing-masing *inherent moisture* (104°C- 110 °C), *ash content* (450°C - 800°C), *volatile matter*(900 °C) dan selanjutnya dihitung kehilangan bobot untuk masing-masing parameter. Sedangkan untuk menentukan nilai dari *fixed carbon* menggunakan persamaan berikut.

$$C = 100\% - (M + AC + VM) \quad (1)$$

Keterangan:

C : karbon terikat (*fixed carbon*) (%)

M : kadar air (*moisture content*) (%)

AC : kadar abu (*ash content*) (%)

VM : zat terbang (*volatile matter*) (%)

Analisis nilai kalor juga dilakukan pada kelima sampel batubara yang telah dilakukan preparasi, Prinsip kerja dari analisa kalor ini adalah dengan cara membakar sampel sebanyak 1 gram dalam *bomb calorimeter* pada kondisi standard. *Bomb calorific* adalah alat yang digunakan untuk mengetahui nilai kalori suatu sampel batubara yang telah dihubungkan komputerisasi sehingga mempermudah dalam kinerja untuk mengetahui *calorific value* tersebut.

Analisis sulfur juga dilakukan untuk mengetahui kandungan sulfur pada sampel batubara menggunakan prinsip *high temperature combustion method* dengan sinar infra merah dengan cara Panaskan dan kalibrasi sulfur *analyzer SDS-IVa* sesuai standar yang ada sampai 1350°C, timbang sampel batubara 0,5 gram. Taburkan sampel sampai merata dalam *combustion boat* lalu masukkan sampel dengan bantuan pendorong ke dalam sulfur *analyzer SDS-IVa*. Tunggu *recorder* sampai *recorder* mencatat hasil penentuan Sulfur *analyzer SDS-IVa*.

*Ash analysis* dilakukan untuk mengetahui komposisi dari abu batubara dengan prinsip dasar batubara yang akan dianalisis dibuat dalam bentuk abu yang sempurna (*ash*) dalam kondisi standar. *Ash* tersebut dileburkan bersama litium tetraborat ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), kemudian lelehan tersebut dilarutkan dengan asam klorida (HCl) encer yang selanjutnya larutan ini dianalisis menggunakan bantuan alat *atomic absorption/emission* maka akan diketahui nilai dari Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ), Silika ( $\text{SiO}_2$ ), Aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Kalsium oksida (CaO), Magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ), Sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ), Natrium oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) dan Kalium oksida ( $\text{K}_2\text{O}$ ).

Pengujian *Ash fusion temperature* dilakukan untuk mengetahui *initial deformation temperature*, *softening temperature*, *hemispherical temperature*, *fluid temperature* prinsip dari pengujian *ash fusion temperature* ialah membentuk suatu cetakan berupa pyramid, kubus dan silinder yang dibuat dari *ash* dipanaskan (900 °C – 1500 °C) sambil terus menerus diamati.

Nilai indeks *slagging* tergantung pada jenis batubara nya dan dapat dihitung dari oksida asam, oksida basa dan kadar sulfurnya. Langkah pertama dalam menghitung indikasi *slagging* adalah menentukan jenis abu (Amaliyah N dan Fachri M, 2011).

*Ash* diklasifikasikan sebagai bituminous jika:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{CaO} + \text{MgO} \quad (2)$$

*Ash* diklasifikasikan sebagai lignit jika:



Adapun perhitungan indeks *slagging* adalah sebagai berikut [10].

#### 1. Ash Bituminous

Perhitungan *Slagging* Indeks (Rs) untuk Ash bituminous ditentukan melalui perhitungan base untuk rasio asam dan persen berat pada dry basis dari sulfur yang terkandung. Kandungan sulfur mengindikasikan jumlah besi yang muncul dalam bentuk pyrite.

$$R_s = \frac{B}{S} \times S \quad (4)$$

Keterangan:

B = CaO + MgO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (senyawa asam, %)

A = SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> (% senyawa basa)

S = % berat sulfur pada dry basis batubara

Klasifikasi potensi *slagging* dengan menggunakan indeks Rs. Apabila Rs kurang dari 0,6 dikategorikan rendah, nilai RS antara 0,6 hingga 2 dikategorikan sedang, nilai RS 2 hingga 2,6 dikategorikan tinggi dan apabila lebih dari 2,6 dikategorikan tinggi sekali.

#### 2. Ash Lignit

Indeks ini merupakan rerata temperature *Hemispherical Maximum* (HT) dan temperatur minimum awal pembentukan (IT):

$$RS = \frac{(\text{Max HT}) + 4(\text{Min IT})}{5} \quad (5)$$

Keterangan:

Max HT = Temperatur maksimum dari resuksi atau oksidasi Hemispherical Softening (F).

Min IT = Temperatur pembentukan (Initial Deformation)

Klasifikasi potensi *slagging* dengan Rs adalah jika Rs > 1342 °C masuk dalam kategori rendah, apabila RS berkisar antara 1342 °C ≤ Rs ≤ 1052 °C dikategorikan sedang, dan jika suhu RS dibawah 1052 °C dikategorikan tinggi.

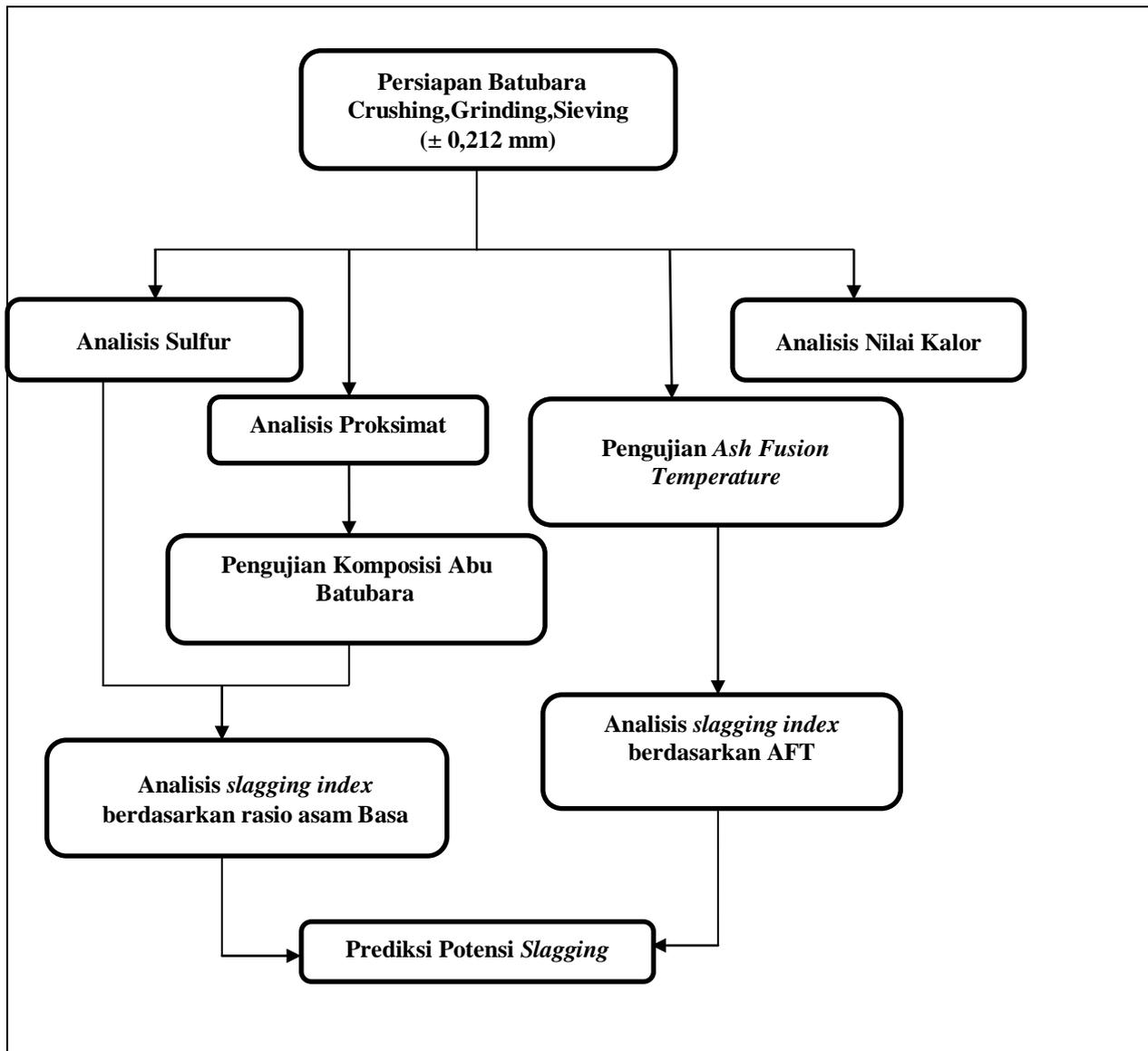
Bagan alir dari penelitian analisis pengaruh kualitas batubara umpan terhadap potensi *slagging* pada *boiler circulating fluidized bed* (CFB) di PLTUBanjarsari 2 x 135 MW PT. Bukit Pembangkit Innovative, Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan ini dapat dilihat pada Gambar 1.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengujian Analisis Abu

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis proksimat, analisis kandungan abu, analisis sulfur, analisis abu, analisis *ash fusion temperature*. Pengujian ini dilakukan di laboratorium PT. BPI, Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan. Hasil dari analisis proksimat yang dilakukan pada sampel batubara terdapat pada Tabel 1.

Hasil dari pengujian analisis proksimat pada parameter *ash content*, selanjutnya dilakukan *ash analysis* untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dari abu batubara tersebut. Adapun hasil pengujian *ash analysis* batubara terdapat pada Tabel 2.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Tabel 1. Hasil pengujian analisis proksimat batubara (ASTM D-3173)

No	Parameter	Sampel				
		1	2	3	4	5
1	Total Moisture, ar (%)	31,26	31,53	32,76	31,43	30,54
2	Inherent Moisture, adb (%)	13,94	14,01	14,24	14,12	13,58
3	Ash Content, adb (%)	3,21	3,67	4,41	3,75	4,89
4	Volatile Matter, adb (%)	43,63	43,2	42,79	43,55	42,38
5	Fixed Carbon, adb (%)	39,22	39,12	38,55	38,58	39,14
6	Sulfur Content, adb (%)	0,15	0,14	0,15	0,16	0,14
7	Calorific Value, ar(kcal/kg)	4.599,55	4.512,40	4.412,97	4.557,23	4.416,56

Tabel 2. Hasil pengujian *Ash Analysis* (ASTM D-3682)

No	Kandungan Abu	Sampel (%)					Rata-rata (%)
		1	2	3	4	5	
1	TiO <sub>2</sub>	1,35	1,26	1,22	1,23	1,25	1,26
2	SiO <sub>2</sub>	9,81	10,23	11,21	10,33	9,49	10,21
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,77	5,65	5,92	6,24	5,97	5,91
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42,58	42,15	42,72	42,88	43,93	42,85
5	CaO	24,77	24,98	24,73	24,78	24,05	24,66
6	MgO	4,21	4,54	4,32	3,97	4,55	4,32
7	SO <sub>3</sub>	5,11	4,74	4,23	4,31	4,52	4,58
8	Na <sub>2</sub> O	5,92	6,05	5,16	5,78	5,77	5,74
9	K <sub>2</sub> O	0,48	0,48	0,5	0,49	0,48	0,49

Tabel 3. Klasifikasi AbuBatubara

Sampel	Kandungan Abu				Klasifikasi Ash
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	CaO + MgO	
1	42,58	24,77	4,21	28,98	<i>Ash Bituminous</i>
2	42,15	24,98	4,54	29,52	<i>Ash Bituminous</i>
3	42,72	24,73	4,32	29,05	<i>Ash Bituminous</i>
4	42,88	24,78	3,97	28,75	<i>Ash Bituminous</i>
5	43,93	24,05	4,55	28,60	<i>Ash Bituminous</i>

Tabel 4. Hasil *AnalysisAsh Fusion Temperature* (ASTM D-1837)

Sampel	IDT (°C)	ST (°C)	HT (°C)	FT (°C)
1	1293,00	1353,00	1368,00	1398,00
2	1295,00	1345,00	1369,00	1395,00
3	1291,00	1356,00	1374,00	1381,00
4	1294,00	1363,00	1368,00	1370,00
5	1289,00	1350,00	1365,00	1380,00
Rata-rata	1292,40	1353,40	1368,80	1384,80

Klasifikasi abu dari sampel batubara adalah *ash bituminous* karena kelima sampel tersebut  $Fe_2O_3 > CaO + MgO$ .

### 3.2 Hasil Pengujian *Ash Fusion Temperature Analysis*

Pengujian *ash fusion temperature* dilakukan untuk mengetahui tingkat kelelahan dari batubara jika dibakar dengan temperatur yang tinggi. Karena hal tersebut akan mempengaruhi tingkat pembentukan *slagging*. Hasil yang diperoleh dari *ash fusion temperature analysis* dapat dilihat pada Tabel 4.

Pada pengujian analisis proksimat didapatkan nilai kandungan abu dari lima sampel batubara yang digunakan PLTU sebesar 3,21%, 3,67%, 4,41%, 3,75%, dan 4,89% dari pengujian terhadap kelima sampel tersebut nilai kandungan abunya tidak berbeda jauh. Dari kandungan abu tersebut selanjutnya dilakukan analisis komposisi abu batubara dengan metode *ash analysis* dan didapatkan hasil rata-rata sebesar TiO<sub>2</sub> (1,26%), SiO<sub>2</sub> (10,21%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,91 %), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (42,85%), CaO (24,66 %), MgO (4,32%), SO<sub>3</sub> (4,58%), Na<sub>2</sub>O (5,74%), dan K<sub>2</sub>O (0,49 %). Klasifikasi *ash* batubara di PLTU Banjarsari berkapasitas (2 x 135) MW. Berdasarkan data yang diperoleh dari *ash analysis* yang telah dilakukan

di laboratorium PT. BPI dapat digunakan untuk mengklasifikasikan *ash* batubara. Abu diklasifikasikan sebagai bituminous jika [4] memenuhi persamaan 2 sedangkan *ash* diklasifikasikan sebagai lignit jika memenuhi persamaan 3.

Abu batubara yang didapatkan dari hasil analisis proksimat juga digunakan untuk pengujian tingkat kelelahan abu batubara (*analysis ash fusion temperature*) dan didapatkan hasil rata-rata sebesar *initial deformation temperature* 1292,4°C, *softening temperature* 1353,4 °C, *hemispherical temperature* 1368,8 °C, dan *fluid temperature* 1384,8 °C. Dari hasil pengujian komposisi abu batubara (*ash analysis*) dan pengujian tingkat kelelahan abu batubara (*ash fusion temperature*) tersebut akan dilakukan analisis potensi *slagging* di PLTU Banjarsari berkapasitas 2 x 135 MW.

3.3 Analisis Potensi *Slagging* pada Boiler CFB di PLTU Banjarsari berkapasitas 2 x 135 MW

Berdasarkan hasil analisis klasifikasi *ash* batubara yang menyatakan bahwa klasifikasi dari abu batubara sampel merupakan *ash bituminous* dapat dilakukan perhitungan *indeks slagging*, dengan menggunakan persamaan 4. Hasil perhitungan dari *slagging index* yang berdasarkan *ash fusion temperature* dapat dilihat pada Tabel 5.

Nilai *slagging index* yang diperoleh dari hasil perhitungan berkisar diantara 1.342°C – 1.052°C dan rata-rata *slagging ratio* sebesar 1.307,7°C atau dapat dituliskan ( $1342^{\circ}\text{C} \geq R_s \geq 1.052^{\circ}\text{C}$ ), maka batubara yang digunakan sebagai umpan oleh PLTU Banjarsari dapat dikategorikan memiliki potensi terjadinya *slagging* sedang.

Klasifikasi potensi *slagging* dengan menggunakan  $R_s$  adalah apabila  $R_s$  kurang dari 0,6 dikategorikan rendah, nilai  $R_s$  antara 0,6 hingga 2 dikategorikan sedang, nilai  $R_s$  2 hingga 2,6 dikategorikan tinggi dan apabila lebih dari 2,6 dikategorikan tinggi sekali

Perhitungan *slagging* indeks berdasarkan rasio asam basa dapat dilihat pada lampiran E. Hasil dari perhitungan *slagging index* dapat dilihat pada Tabel 6.

Nilai rasio asam basa 0,5 – 0,7 dikategorikan sedang untuk terjadi *slagging*. Berdasarkan perhitungan indeks *slagging* dengan metode rasio asam basa didapatkan hasil rata-rata sebesar 0,66 dan dikategorikan potensi terjadinya *slagging* adalah sedang. Bila rasio asam basa semakin tinggi maka potensi terjadinya *slagging* juga semakin tinggi. Berdasarkan rasio asam basa yang dilakukan senyawa yang paling berpengaruh ialah CaO, karena CaO merupakan unsur yang paling mudah menempel di dinding penghantar panas [10].

Boiler *circulating fluidized bed* (CFB) milik PLTU Banjarsari memiliki temperature operasional sebesar 1250 °C – 1350 °C, sehingga memungkinkan untuk terjadinya *slagging* jika temperatur pembakaran kurang dari 1307,7 °C dan berdasarkan rasio asam basa yang dilakukan potensi untuk terjadinya *slagging* adalah sedang. Jika abuyang melebur bersentuhan dengan permukaan pipa yang temperaturnya relative rendah, abu akan mengalami pendinginan dan menempel dan mengeras pada dinding boiler. Jika tidak ditangani dan operasi terus dilakukan maka lapisan akan semakin menebal dan dapat menyebabkan penyerapan panas oleh tungku akan menurun.

**Tabel 5. Hasil Perhitungan *Slagging Index* berdasarkan *Ash Fusion Temperature***

Sampel	IDT (°C)	ST (°C)	HT (°C)	FT (°C)	$R_s$ (°C)	Potensi <i>Slagging</i>
1	1293	1353	1368	1398	1308,0	Sedang
2	1295	1345	1369	1395	1309,8	Sedang
3	1291	1356	1374	1381	1307,6	Sedang
4	1294	1363	1368	1370	1308,8	Sedang
5	1289	1350	1365	1380	1304,2	Sedang
Rata-rata					1307,7	

**Tabel 6. Hasil perhitungan *slagging index* berdasarkan rasio asam basa**

Sampel	Rasio Asam Basa	Potensi <i>Slagging</i>
1	0,69	Sedang
2	0,64	Sedang
3	0,63	Sedang
4	0,70	Sedang
5	0,66	Sedang
Rata-rata	0,66	

*Slagging* yang terbentuk di *boiler* bisa sangat berdampak pada operasional *boiler*, dalam kasus ini potensi *slagging*nya adalah sedang sehingga dapat berakibat.

1. Penurunan efisiensi penghantaran panas, sehingga menurunkan uap yang dihasilkan ataupun memperlambat proses terbentuknya uap
2. Penurunan efisiensi boiler, dimana terjadinya kehilangan energi di boiler
3. Tersumbatnya pipa, akibatnya adanya partikel-partikel yang mengeras di dalam pipa.

Penanggulangan yang bisa dilakukan ialah melakukan *sootblowing* sebelum lapisan abu yang menempel pada pipa penghantar panas sampai mengganggu performa dari dinding penghantar panas.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal berikut :

1. Komposisi *ash* batubara yang diperoleh dari *ash analysis* pada kelima sampel memiliki rata-rata sebesar TiO<sub>2</sub> (1,26%), SiO<sub>2</sub> (10,21%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,91%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (42,85%), CaO (24,66%), MgO (4,32%), SO<sub>3</sub> (4,58%), Na<sub>2</sub>O (5,74%) dan K<sub>2</sub>O (0,49%). Klasifikasi *ash* pada sampel adalah *ash bituminous* karena kandungan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih besar dibandingkan dengan jumlah kandungan CaO ditambah MgO.
2. Hasil *ash fusion temperature analysis* diperoleh rata-rata sebesar *hemispherical temperature* (1368,8°C), *initial deformation temperature* (1292,4°C), *softening temperature* (1353,4°C), *fluid temperature* (1384,8°C).
3. Analisis *slagging* yang dilakukan dengan metode *ash fusion temperature* diperoleh hasil sebesar 1307,7 °C dan dengan metode rasio asam basa diperoleh hasil sebesar 0,66. Hal ini menunjukkan bahwa batubara yang digunakan PLTU Banjarsari diklasifikasikan sedang untuk terjadinya *slagging* sehingga batubara yang digunakan PLTU Banjarsari 2 x 135 MW masih bisa ditanggulangi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulasno. (2001). *Distribusi Tenaga Listrik*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [2] Amaliyah N, dan Fachry M. (2011). Analisis Komposisi Batubara Mutu Rendah Terhadap Pembentukan Slagging dan Fouling pada Boiler, *Prosiding Analisis Komposisi Batubara*, Makassar: Fakultas Teknik.
- [3] Kent. Amm. J. (1993). *Boiler Operation, Thirt Edition*. New York: Mc. Graw Hill Co.
- [4] Ruiz, I. S. dan Crelling. J. C., 2008. *Applied Coal Petrology*. USA: Elsevier Ltd.
- [5] Lowry, H. H., (1963). *Chemistry of Coal Utilization*, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Suprpto, S., (2010). *Batubara dadri Fosil Menjelma Energi*. Bandung: Puslitbang tekMIRA.
- [7] Ward, C. R., (1984). *Coal Geology and Coal technology*. Singapore: Richard Clay Pte. Ltd.
- [8] Muchjidin. (2006). *Pengendalian Mutu dalam Industri Batubara*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [9] Sukandarrimudi. (2006). *Batubara dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [10] Bott. T. R. (1995). *Fouling of Heat Exchanger*, Amsterdam: Elsevier B. V A volume in Chemical Engineering Monographs.