

POTENSI TERJADINYA SLAGGING DAN FOULING BERDASARKAN ANALISIS FAKTOR BABCOCK DAN WILCOX PADA BATUBARA

Muh Akbar¹, Hamsina², Fitri Ariani³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa
Email: Muhakbarr04@gmail.com

ABSTRAK

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya slagging dan fouling ialah komposisi ash dan temperatur pemanasan. Babcock and Wilcox adalah perusahaan boiler yang menerapkan faktor potensi slagging dan fouling berdasarkan komposisi ash batubara yang meliputi SiO₂, Fe₂O₃, MgO, CaO, Al₂O₃, Na₂O, K₂O, TiO₂. Dari komposisi ash tersebut Babcock and Wilcox mengevaluasi juga terhadap temperatur leleh ash (ash fusion temperature).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik batubara dan kesesuaiannya terhadap spesifikasi Babcock and Wilcox, mengetahui pengaruh komposisi ash batubara terhadap ash fusion temperature dan potensi terjadinya slagging serta fouling. Berdasarkan faktor Babcock and Wilcox, batubara yang telah di analisa untuk Slagging dan Fouling masuk dalam kategori Medium, sehingga berpotensi terjadinya Slagging dan Fouling

Kata Kunci : Babcock and Wilcox, Slagging, Fouling, Ash Fusion Temperature.

PENDAHULUAN

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), boiler merupakan bejana tekan yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap bertekanan dan bertemperatur tinggi. Dalam proses perubahan tersebut maka dibutuhkan energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar yaitu batubara. Batubara memiliki karakteristik yang berpengaruh terhadap kualitas batubara, karakteristik tersebut dapat diketahui melalui analisis proksimat dan ultimat. Analisis proksimat digunakan untuk mengetahui kadar air (*moisture*), kadar abu (*ash*), zat terbang (*volatile matter*), dan kadar karbon (*fixed carbon*). Analisa ultimat digunakan untuk mengetahui unsur mineral antara lain karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur dan

oksigen. Selain itu ada juga nilai kalor (*caloric value*), tingkat ketergerusan, serta *caking* dan *coking coals* (K. rayaprolu. 2009). Nilai tersebut diatas akan berbeda pada setiap batubara tergantung pada kualitas dan asal batubara (Jian bo li, 2016). Pada sebagian besar PLTU, batubara yang digunakan pada proses pembakarannya mempunyai kualitas yang berbeda-beda. Dalam hal ini, pasokan batubara tidak tetap dari hanya satu tempat penambangan saja. Sehingga sering dilakukan *blending* atau pencampuran batubara yang akan digunakan pada proses pembakaran.

Batubara sebagai bahan bakar, pada saat pembakaran kualitas batubara akan mempengaruhi proses dan hasil pembakarannya. selain penting batubara

mengandung sejumlah *ash* serta menjadi pertimbangan dalam desain operasi spesifik. Efektifitas tersebut bergantung dari kemampuan peralatan untuk mengakomodasi sisa pembakaran tak aktif yang disebut dengan *ash*. *Ash* sendiri dapat menurunkan nilai kalor bahan bakar pada batubara yang terbawa dalam furnace oleh produk gas hasil pembakaran *fuel gas*. Partikel gas yang terbawa dalam aliran gas dapat menimbulkan masalah erosi dan korosi pada permukaan yang dilalui oleh panas konveksi. Masalah utama yang timbul yaitu endapannya pada saat selama pembakaran, material mineral yang membentuk *ash* dilepaskan dari batubara pada temperature $\pm 3000^{\circ}\text{F}(1649^{\circ}\text{C})$. *Ash* dapat dilepaskan dalam bentuk leburan atau dalam keadaan plastis. Akibatnya pada dinding furnace dan permukaan panas lainnya. Meskipun dengan porsi yang kecil, namun tetap memberikan pengaruh terhadap kerja *boiler*.

Peristiwa penumpukan abu pada dinding boiler inilah yang disebut dengan *slagging* dan *fouling*. *Slagging* adalah pembentukan endapan cair atau lebur, yang sebagian di-resolidifikasi pada dinding tungku dan permukaan lain yang terpapar panas radiasi. Umumnya *slagging* terbentuk pada dinding ruang bakar. Sedangkan *Fouling* didefinisikan sebagai pembentukan endapan berikatan suhu tinggi pada permukaan penyerap panas konveksi, seperti superheater dan reheater, yang tidak terpapar panas radiasi (*babcock & willcox*). (*K. rayaprolu. 2009*)

Terbentuknya *slagging* dan *fouling* mempengaruhi proses perpindahan panas pada boiler, peningkatan konsumsi bahan bakar, dengan kata lain dapat mengurangi efisiensi dari boiler dan dalam kasus yang ekstrem mengakibatkan pemadaman *plant* yang tidak terencana untuk proses penghilangan abu dan perbaikan pada boiler. Sehingga dari latar belakang tersebut penulis membahas mengenai potensi pembentukan *slagging* dan *fouling* pada boiler berdasar dari kualitas batubara

yang digunakan pada proses pembakarannya. (*K. rayaprolu. 2009*)

TINJAUAN PUSTAKA

Batubara

batubara adalah batuan sedimen yang mudah terbakar, terbentuk dari sisa tanaman dalam variasi tingkat pengawetan, diikat proses kompaksi dan terkubur dalam cekungan-cekungan pada kedalaman yang bervariasi. (*The International Handbook of Coal Petrography 1963*)

Analisis Batubara

Analisis batubara digunakan untuk mengetahui data-data mengenai karakter pada batubara sehingga dapat memenuhi sesuai dengan kebutuhan. Analisis batubara untuk bahan bakar, kajian ini dilakukan untuk memenuhi parameter batubara. Analisis yang dilakukan meliputi

Analisis proksimat (Moisture, ash, volatile matter, dan fixed carbon)

Analisis Total Sulfur

Analisis khusus, sebagai penentuan khusus batubara (Ash fusion temperature, ash analysis)

Slagging

Slagging terjadi pada bagian komponen pembakaran terdingin pada boiler. Permukaan tersebut, menempel dan membentuk deposit. Partikel *ash* yang meleleh, akan mengalami pendinginan dan membentuk deposit pada permukaan *boiler*. Berjalannya waktu akan semakin tebal apabila penempelan ash yang meleleh jika dibiarkan. Terkait hal ini, persoalan yang penting perlu menjadi perhatian terutama adalah dinding penghantar panas konveksi pada bagian *outlet* dari *furnace*, bila suhu gasnya melebihi temperatur melunak *ash softening temperature*.

Walaupun mekanisme menempel serta menumpuknya *ash* pada dinding penghantar panas *boiler* adalah rumit dan belum sepenuhnya dapat diterangkan, tapi secara umum dapat dijelaskan bahwa

campuran mineral anorganik yang terdapat dalam *ash* batubara menerima panas radiasi yang kuat di dalam *furnace* sampai akhirnya melebur. Saat *ash* yang melebur tadi bersentuhan dengan permukaan *tube* yang suhunya relatif lebih rendah, *ash* akan mengalami pendinginan dan pada akhirnya mengeras.

Fouling

Fouling adalah fenomena menempel dan menumpuknya *ash* pada dinding penghantar panas *superheater* maupun *re-heater* yang dipasang di lingkungan dimana suhu gas pada bagian belakang *furnace* lebih rendah dibandingkan suhu melunak *ash* atau *ash softening*. Unsur yang paling berpengaruh pada penempelan *ash* ini adalah material basa terutama Na, yang dalam hal ini adalah kadar Na₂O, yang apabila kadar *ash* batubara basa yang banyak, ditambah dengan unsur Na₂O yang tinggi, maka *fouling* akan mudah terjadi. Evaluasi karakteristik ini sama dengan *slagging*, yaitu dinilai berdasarkan rasio unsur basa dan asam, serta kadar Na₂O di dalam *ash*. Jika nilai tersebut tinggi maka kecenderungan *fouling* akan meningkat. Selanjutnya, kadar sulfur yang tinggi juga akan mendorong timbulnya *fouling* melalui pembentukan senyawa bersuhu lebur rendah, melalui persenyawaan dengan unsur basa ataupun besi.

Standar Kriteria Bahan Bakar Batubara Babcock and Wilcox

Standar kriteria bahan bakar batubara *Babcock and Wilcox* dikaji dengan analisis batubara proksimat, tujuan standar kriteria agar pembakaran batubara yang dihasilkan berupa pembakaran batubara sempurna.

Volatle Matter		>15%
Ash	<i>Bituminous</i>	<6%
	<i>Sub-bituminous/lignit</i>	<25%
Moisture Content (Inherent)	<i>Bituminous</i>	<20%
	<i>Sub-bituminous/lignit</i>	<25%

Base Acid Ratio

Unsur pokok *ash* batubara dapat dibagi dua klasifikasi basa dan asam. Unsur pokok basa seperti Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O. Untuk pokok asam seperti SiO₂, Al₂O₃, TiO₂. Unsur basa dan asam kecenderungan bahan campuran berasal dari titik lebur yang rendah.

Rumus perhitungan :

$$R = \frac{\%CaO + \%MgO + \%Fe_2O_3 + \%Na_2O + \%K_2O}{\%SiO_2 + \%Al_2O_3 + \%TiO_2}$$

Keterangan :

R : Rasio Basa Asam

% : Persentase Unsur

Slagging Factor – Lignit Ash (Rs)

Slagging factor untuk *lignit ash* di kalkulasi dari nilai *Ash Fusion Temperature*

$$Rs = \left(\frac{\quad}{\quad} \right)$$

Ket :

HT = *Hemisphere temp* (AFT)

ID = *Initial Deformation temp* (AFT)

Fouling Factor – Lignit Ash (Rf)

Fouling factor untuk *bituminous ash* diperoleh dari pemanasan *ash* batubara, berasal dari pengujian *sintering strength characteristics* menggunakan unsur Na₂O pada *ash* batubara dan *based acid ratio*.

$$Fouling Factor (Rf^*) = \% Na_2O$$

Keterangan :

Rf* : *Fouling Factor Lignite Ash*

% : Persentase Unsur

Faktor Babcock & Wilcox

Faktor ini berkonsentrasi pada bidang fabrikasi *boiler* terkemuka Amerika, dengan berbagai macam kategori. Faktor penilaian ini menjadi standar untuk mencegah terjadinya *slagging* dan *fouling* pada dinding *boiler*

Faktor	Low	Medium	High	Severe
Base acid ratio (R)	< 0,5	> 0,5		
Bituminous				
Slagging factor (Rs)	< 0,6	0,6 – 2,0	2,0 – 2,6	> 2,6
Fouling factor (Rf)	< 0,2	0,2 – 0,5	0,5 – 1,0	> 1,0
Lignite				
Slagging factor (Rs*)	> 1340	1230 - 1340	150 – 1230	< 1150
Fouling factor (Rf*)	< 1,2	1,2 – 3,0	3,0 – 6,0	> 6,0

METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur Kerja Preparasi

Sampel datang diberi label job number dan lab id. Sampel yang telah diberi label, kemudian diperkecil ukurannya sebesar 16 mm. Sampel dibagi kemudian diambil sampel yang dianggap mewakili, sebagian sampel dibuang, dan sebagian sampel disimpan. Sampel yang dianggap mewakili diperkecil ukurannya sebesar 11.2 mm. Sampel yang telah diperkecil ukurannya, diperkecil kembali ukurannya sebesar 4.75 mm. Sampel dibagi kemudian diambil sampel yang dianggap mewakili, sebagian sampel dibuang, dan sebagian sampel disimpan. Sampel yang dianggap mewakili dikeringkan pada suhu 40°C selama 18 jam atau sampai mencapai bobot konstan 0.3% untuk analisa umum dan untuk total moisture dibiarkan diudara terbuka setelah pemanasan pada suhu 40°C selama 18 jam sampai pada berat konstan 0.1%. Sampel untuk analisa umum dan total moisture dihaluskan sampai pada ukuran 0.25 mm.

Prosedur Kerja Moisture In The Analysis Sampel

Nyalakan oven dan naikan suhu MFS oven sampai 105°C. Cawan dan tutupnya terlebih dahulu dikeringkan didalam oven pada suhu 105°C selama 15 menit. Masukkan kedalam desikator selama 5 menit dan timbang sebagai (m1). Timbang

1 gram contoh batubara ke dalam cawan + tutupnya (m2). Letakkan tutup cawan di luar oven dan taruhlah cawan di atas baki oven kemudian masukkan ke dalam oven. Tutup pintu oven dan alirkan air dry gas diatas contoh selama 1 jam. Keluarkan baki dari oven, taruhlah cawan di atas baki logam, kemudian tutup. Masukkan ke dalam desikator. Bila sudah dingin (kira-kira 5 menit), nol-kan neraca, timbang kembali cawan + tutup + batubara.

Prosedur Kerja Kadar Abu (Ash Content)

Bersihkan *crucible* sebelum digunakan, lalu timbang berat cawan kosong tanpa contoh (m₁). Kemudian timbang contoh kurang lebih 1 gram (m₂) Lakukan penimbangan contoh secara duplo (dua kali) . *Furnace* diset pada suhu 450-500°C selama 90 menit kemudian di tahan 30 menit naikan sampai 700-750°C selama 1 jam dan tahan selama 30 hingga tercapai akhir jam kedua. Kemudian diangkat dan didinginkan. Setelah dingin ditimbang dan dicatat beratnya (m₃). *Crucible* dibersihkan.

Prosedur Kerja Volatile Matter

Timbang cawan + tutup yang kering dan bersih (m1). Tambahkan 1 gram batubara kedalam cawan, timbang kembali (termasuk tutupnya). Ketuk-ketukan cawan untuk menyebarkan Contoh (m2). Taruhlah cawan + tutup dan duplonya diatas cawan penyangga. Di panaskan dalam tungku (tempatkan tengah kawat penyangga *dish* di atas ujung *thermocouple*), pada suhu 950°C ±20°C selama 7 menit tepat. Keluarkan cawan + kawat penyangga *dish*. Taruhlah cawan di atas baki aluminium. Masukkan ke dalam desikator bila sudah dingin (kira-kira 7 menit), nol-kan neraca timbang kembali cawan tutup dan residu(m3).

Prosedur kerja Total Sulfur

Tekan Tombol on pada furnace 5E IRS II, isi 2 glass tube dengan Anhydron Magnesium Perkhlorat pasang ke Furnace, dan buka aliran gas Oksigen pada tabung

dan atur pada tekanan. Nyalakan computer dan masuk ke Program 5E-IRS. Putar slide Regulator Voltage untuk menghidupkan heater pada furnace 110 volt. Masuk ke program function lalu diagnose untuk melihat Furnace Setup, Oven setup dan diagnose IR cell. Naikkan suhu furnace sampai mencapai 1350°C, Oven setup pada temperature 48°C dan Diagnose IR Celll antara 7-8 Volt, Apabila sudah tercapai semuanya akan muncul tanda “start” berwarna kuning. Nyalakan tombol “Valve” atur pada posisi flowmeter oxygen mencapai 4L/Menit. Masuk ke menu “Analyse” lalu ke “Standard” dan masukkan Nama Standard dan Nilai Standard yan di inginkan kemudian tekan “Close”. Masuk ke Menu “Function” lalu “Method” untuk menyimpan data kalibrasi standard dan masukkan nama method, Minimum Time dan Maximum Time serta Comparison level % kemudian close. Tekan tombol add untuk membuat Lab Id Sample. Kemudian pilih “method” yang akan digunakan .dan Nama Operator. Timbang contoh 0.20-0.25 gram ± 0.001 gram abu batubara dan masukkan data penimbangan pada table weight. Pastikan Furnace dalam kondisi “ready” dan tekan tombol “start” untuk memulai analisa. Akan muncul “Push the sample boat inside and close the sliding door”. Pada layar komputer akan muncul peak graphic pembakaran SO₂ sampai akhir analisa. Setelah selesai analisa akan muncul pada table Std(%) menunjukkan total sulphur. Dan waktu yang dibutuhkan untuk 1 kali analisa sekitar 2-3 menit. Setiap 5 contoh analisa di haruskan mengikut sertakan 1 sampai 2 standar Primer atau standard sekunder yang mewakili dari hasil total sulphur dari contoh tersebut (Untuk mengotrol contoh tersebut dan standard yang di pergunakan masih masuk dalam batas toleransi yang di inginkan). Setelah semua di dapatkan tutup flow dan valve dengan menekan tombol “valve” dan “pump”. Turunkan suhu furnace secara bertahap hingga 500°C setelah itu off furnace. Turunkan tegangan slide regulator

sampai angka nol . Tekan tombol Exit pada menu .Laporkan hasil analisa dengan mengisi form.

Prosedur kerja Ash Fushing Temperature

Persiapkan sampel batubara dengan ukuran 250 μm dan diambil sejumlah sampel. Sampel batubara disebarakan pada cawan porselen dengan ketebalan lapisan tidak lebih dari 6,4 mm.

Pemanasan temperature sampai 800 – 900°C. Pindahkan *ash* batubara ke dalam mortar dan tumbuk hingga ukuran partikel mencapai 75 μm . Ayak dengan menggunakan 75 μm , sebarakan *ash* batubara yang telah di ayak. dalam cawan- cawan silika/porselen dan dibakar menggunakan oksigen selama 1,5 jam pada suhu 800 – 850°C. Campurkan dan aduk *ash* batubara (sisa hasil pembakaran) hingga merata dan ambil secukupnya. Tambahkan beberapa tetes *dextrin* (10%) yang mengandung 0,1% asam salisilat. Tekan bahan plastik dengan spatula ke

dalam *cone mold* sampai *ash* membentuk *pyramid*. Lepaskan permukaan material *cone* dari cetakan. Sebelumnya lapsi cetakan dengan *vaselin* (*petroleoum jelly*). Tempatkan *cone* secara vertikal pada *cone support* (*tile*) yang telah dibasahi dengan *dextrin*. Letakan *cone* dilokasi pengeringan. Lakukan proses analisa dengan instrument *Ash fushing temperature*

Prosedur kerja Ash Analysis

Persiapkan sampel batubara dengan ukuran 250 μm dan diambil sejumlah sampel.

Sampel batubara disebarakan pada cawan porselen dengan ketebalan lapisan tidak lebih dari 6,4 mm. Pemanasan temperature sampai 800 – 900°C hingga menjadi Ash. Timbang 0,1 g sampel Ash $\pm 0,0005$ g kedalam cawan *polyetilen*. Tambahkan air dan 9 mL HCl kemudian basahkan sekitar dinding untuk membasahi *ash*. Tambahkan 6 mL HF, 3 mL HNO₃ dan 3 mL HClO₄ kedalam cawan *polyetilen*. Panaskan cawan *polyetilen* suhu 140-150°C selama

90 menit. Tambahkan sedikit akuades dan 3 mL HNO₃ kedalam cawan *polyetilen* kemudian panaskan kembali sampai ada gelembung kecil dan angkat. Dinginkan sampai suhu ruangan kemudian pindahkan secara kuantitatif kedalam labu ukur 100 mL encerkan sampai tanda batas dengan akuades (Lakukan 1-9 untuk preparasi duplikat sampel setiap melakukan *ash analysis*). Ambil 5 mL sampel yang telah diencerkan pada point 9 masukan kedalam labu ukur 100 mL. Tambahkan HCl 3 mL dan encerkan labu 100 mL dengan akuades diaduk dan di kocok hingga homogen. Tambahkan *Lanthanum Chloride* 2 mL untuk larutan (Fe, Ca, Mg). Lakukan proses analisa dengan *instrument Spectra-AA*.

Prosedur kerja Silica Dioxide

Persiapkan sampel batubara dengan ukuran 250 μ m dan diambil sejumlah sampel. Sampel batubara disebarkan pada cawan porselen dengan ketebalan lapisan tidak lebih dari 6,4 mm. Pemanasan temperature sampai 800 – 900°C hingga menjadi Ash. Timbang sampel Ash sebanyak 0,1 g dan masukan pada cawan *crucible*. Tambahkan NaOH sebanyak 2.5 g masukan kedalam cawa *crucible*. Tambahkan etanol beberapa tetes 3-5 tetes kedalam cawan *crucible*, hingga basah. Tutup cawan dan masukan kedalam *furnace*, panaskan dari suhu 0 – 700°C. Setelah suhu mencapai 700°C angkat dan dinginkan cawan. Buka tutup cawan *crucible* kemudian masukkan kedalam gelas beaker 250 mL beserta tutupnya. Tambahkan akuades panas 150 mL kedalam gelas beaker, tunggu sampai larut Setelah larut semua, angkat cawan beserta tutupnya kemudian tambahkan 20 mL HCL 37% kedalam gelas beaker aduk dengan cepat. Panaskan gelas beaker pada hot plate tunggu sampai terbentuk gelembung kecil. Setelah terbentuk gelas kecil angkat gelas beaker dan dinginkan, masukkan kedalam labu ukur 250 mL encerkan dengan akuades sampai tanda batas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

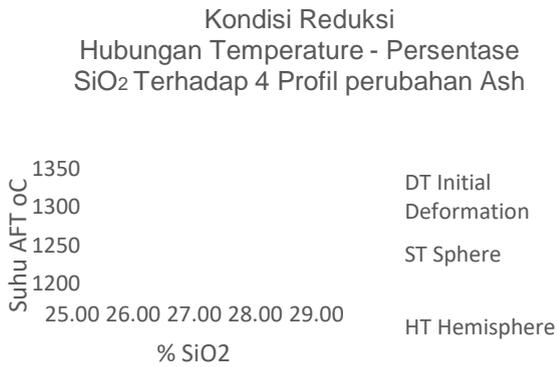
Analisis Proksimat

Analisis ini untuk mengetahui nilai *moisture*, *ash*, *volatile matter*, dan *fixed carbon*. Penilaian ini merupakan hal yang penting diperhatikan berdasarkan standar kriteria bahan bakar menurut *Babcock and Wilcox*, tujuan standar kriteria agar pembakaran batubara yang dihasilkan berupa pembakaran batubara sempurna seperti pada (tabel 4.1). Berikut nilai hasil pengujian pada 5 sampel batubara didapatkan, rata-rata *inherent moisture* 19.18%, rata-rata *Ash* 2.00%, rata-rata *volatile matter* 40.38%, dan rata-rata *fixed carbon* 38.44%. yang dimana masuk dalam standar kriteria bahan bakar menurut *Babcock dan Wilcox* dengan kategori lignit.

Ash Fusion Temperature

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh komposisi *ash* batubara terhadap *ash fusion temperature* batubara dengan kenaikan temperatur secara bertahap, pengamatan ini dilakukan pada kelima sampel (Tabel 4.2) pada kondisi reduksi secara simplo. Pada kondisi reduksi ini sampel berdasarkan empat profil perubahan profil *ash Initial deformation (DT)*, *Spherical (ST)*, *Hemispherical (HT)*, *Flow (FT)*. Dari sejumlah pengamatan tersebut temperatur terendah pada perubahan DT (*Initial Deformation*) – FT (*Flow Deformation*) 1230-1260°C, pada sampel 1 dan tertinggi pada temperature 1310 – 1340°C pada sampel 5. *Ash fusion* terendah merupakan salah satu kemungkinan akan terjadinya potensi *slagging*. Menurut (Arbie Yakub, Pengambilan, preparasi, dan pengujian contoh batubara) standar pengujian *ash fusion temperature* haruslah >1200°C.

SiO₂ (Silika Dioksida)

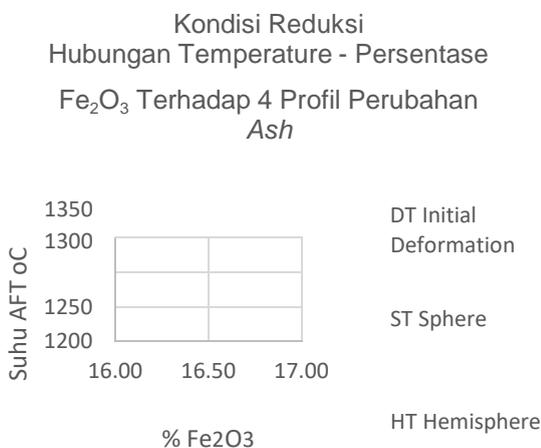


Gambar 5.1
Suhu Ash Fusion Temperature Terhadap SiO₂

Dari gambar tersebut dijelaskan bagaimana pengaruh komposisi SiO₂ terhadap kenaikan perubahan temperatur ash fusion temperature, dari gambar 5.1 tersebut menjelaskan komposisi SiO₂ yang semakin besar maka semakin tinggi perubahan profil ash itu terjadi, seperti diketahui Silika merupakan senyawa resistan terhadap perubahan suhu. Sifat ini

dapat menjadikan komposisi silika sebagai sifat yang sulit meleleh, berbanding terbalik jika dibandingkan dengan komposisi Fe₂O₃ dan Na₂O lebih mudah meleleh sehingga berpotensi terjadinya slagging ataupun fouling.

Fe₂O₃ (Besi Oksida)

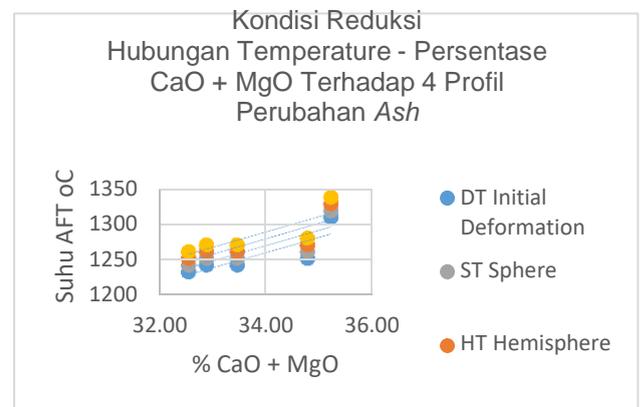


Gambar 5.2

berdasarkan penelitian Babcock & Wilcox komposisi Fe₂O₃ sangat berperan terjadinya penurunan suhu temperature AFT, baik pada kondisi reduksi. Penurunan suhu ash fusion temperature

kecenderungan terjadinya slagging atau clinker, karena meleburnya ash dengan komposisi Fe₂O₃.

CaO dan MgO (Kalsium Oksida dan Magnesium Oksida)

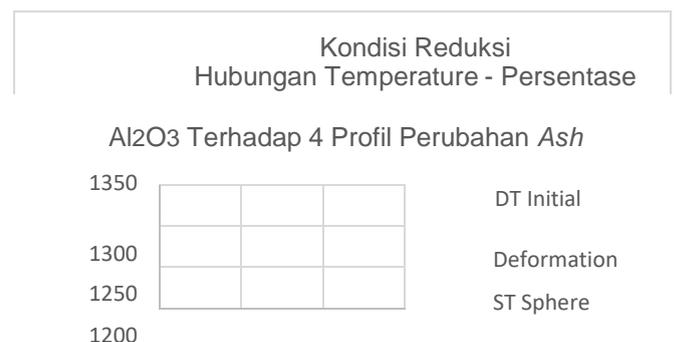


Gambar 5.3

Suhu Ash Fusion Temperature Terhadap CaO dan MgO

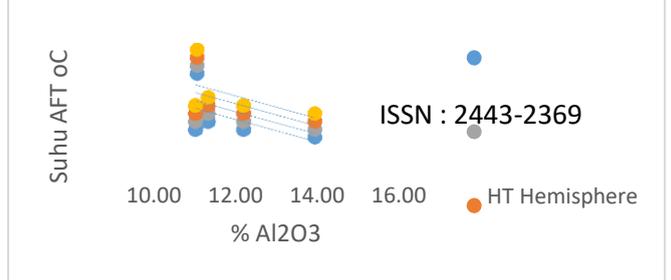
Pada gambar 5.6 komposisi CaO ditambahkan dengan MgO, karena seringkali dijumpai dengan ash dolomit, berdasarkan penelitian Babcock & Wilcox CaO dan MgO merupakan faktor yang paling mempengaruhi kenaikan suhu ash fusion temperature dan ash viscosity apabila telah menjadi fasa lebur.

Al₂O₃ (Aluminium Oksida)



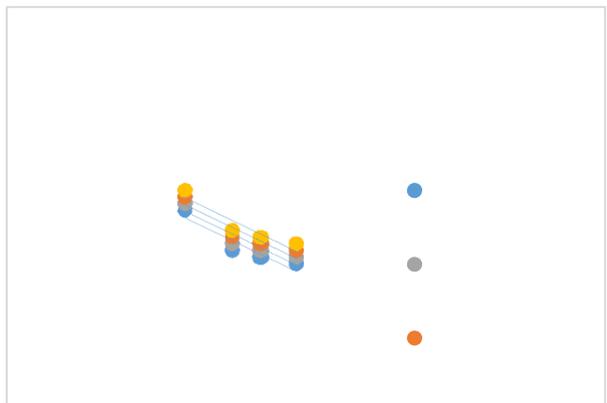
Suhu Ash Fusion Temperature Terhadap Fe_2O_3

Pada gambar 5.2 membuktikan adanya penurunan suhu *ash*, apabila komposisi Fe_2O_3 dalam jumlah banyak,



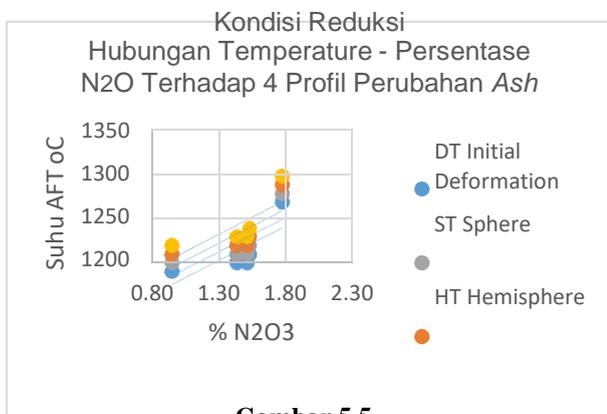
Gambar 5.1

Suhu Ash Fusion Temperature Terhadap Al_2O_3



Dari gambar 5.4 ini terlihat sejumlah komposisi Al_2O_3 terhadap 4 perubahan profil *ash*, dari perubahan tersebut dapat terlihat kenaikan tidak signifikan meningkat, mengingat komposisi $\%Al_2O_3$ yang berpotensi dapat meningkatkan titik leleh, akan tetapi jumlahnya jauh lebih sedikit dibandingkan dengan komposisi $\%SiO_2$. Pada sampel 5 di keempat profilnya dilihat adanya kecenderungan kenaikan *temperature*.

Na₂O (Natrium Oksida)



Gambar 5.5

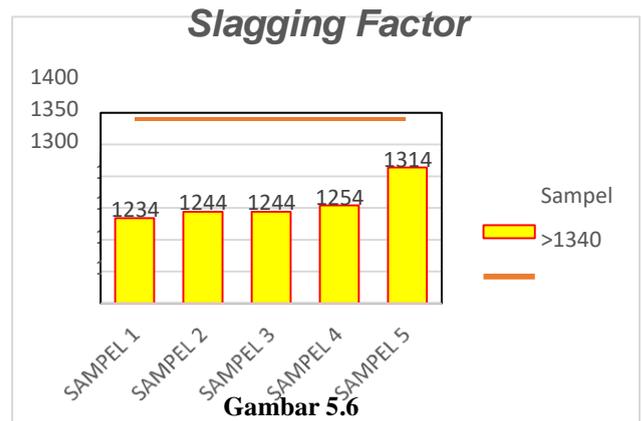
Suhu Ash Fusion Temperature Terhadap Na₂O

Pada gambar 5.7 menunjukkan tidak ada penurunan ataupun kenaikan suhu secara signifikan pada sampel profil DT, ST, HT, FT. Hal ini kemungkinan diakibatkan dari distribusi Na_2O yang dinilai sangat rendah, untuk nilai rata-rata Na_2O dari ke-5 sampel 1.58%. Berdasarkan spesifikasi PLTU PLN menjelaskan komposisi Na_2O diharapkan tidak melebihi nilai dari 4,12% (PT PLN, PLTU Banten) untuk mencegah terjadinya *fouling*, karena diketahui Na_2O merupakan komposisi *ash* yang mengakibatkan *fouling*.

Slagging and Fouling Terhadap Lima Sampel

Slagging Factor

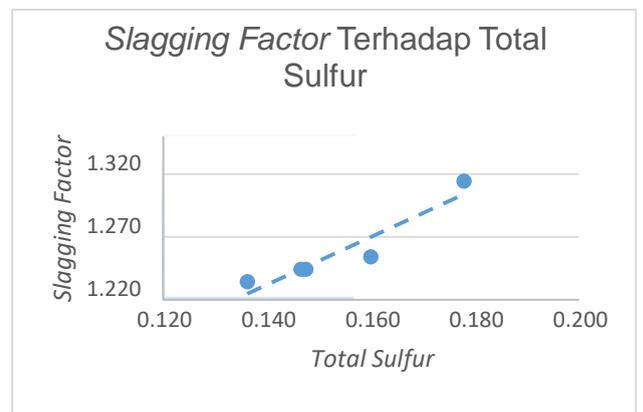
Pada gambar 5.6 ini dijelaskan dari ke-5 sampel ini memiliki nilai rata-rata faktor *slagging* 1258 °C, nilai tersebut merupakan nilai berdasarkan rumus perhitungan *slagging factor-lignite ash*, apabila titik leleh semakin tinggi maka potensi terjadinya *slagging* semakin besar. Dari ke-5 sampel *ash* batubara tersebut termasuk kategori *Medium* dengan nilai faktor 1230-1340 °C.



Gambar 5.6
Slagging Factor Terhadap 5 Sampel

Slagging Factor Terhadap Total Sulfur

Slagging factor merupakan nilai yang dipengaruhi oleh *Based acid ratio* dan total sulfur. Berikut hubungan *slagging factor* terhadap total sulfur, Dari grafik tersebut dapat dilihat dan dibuktikan secara teori bahwa semakin tinggi nilai *sulfur* dari batubara maka terbentuknya *slagging* pada *boiler* juga semakin tinggi. Tingginya tingkat *sulfur* yang dihasilkan akan berpengaruh juga dengan laju korosi.

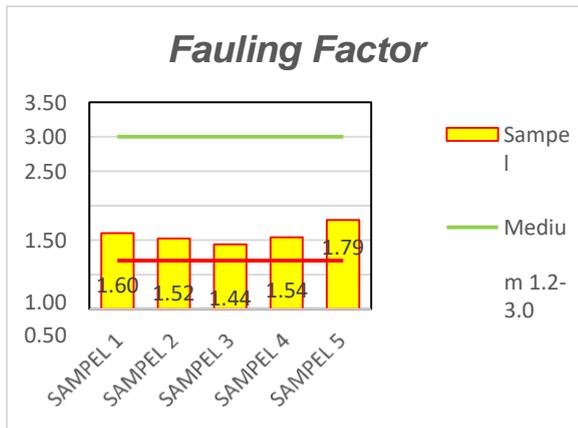


Gambar 5.7

Slagging Factor Terhadap Total Sulfur

Fouling

Dari gambar 5.10 diketahui pada 5 sampel > 1,2 termasuk kategori *medium* serta untuk rata-rata ke-5 sampel ialah 1.58, seperti diketahui nilai *fouling* merupakan nilai yang dipengaruhi oleh komposisi *ash* Na₂O serta nilai *based acid ratio*.

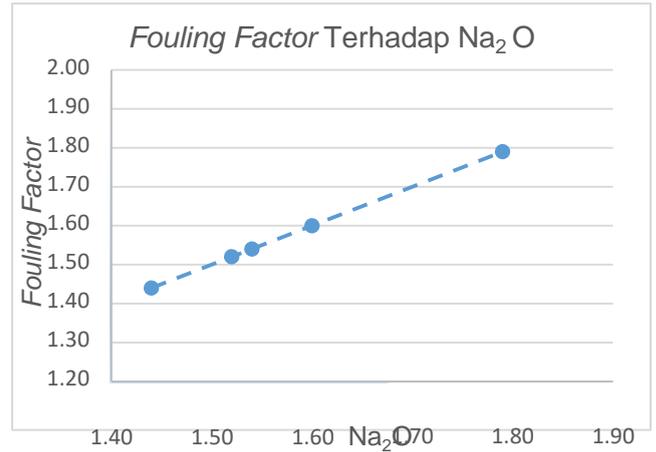


Gambar 5.8
Fouling Factor Terhadap 5 Sampel

Fouling Factor Terhadap Na₂O

Fouling factor merupakan *factor* yang berhubungan dengan komposisi *ash* Na₂O, berikut ini adalah gambar hubungan *fouling factor* terhadap komposisi Na₂O. Dari grafik tersebut dapat dilihat dan dibuktikan bahwa benar secara teori bahwa semakin tinggi tingkat Na₂O dari batubara

maka akan mempengaruhi terbentuknya *fouling* pada *boiler*. Tingginya tingkat Na₂O yang dihasilkan akan berpengaruh juga dengan laju korosi yang ditimbulkan dan akan menghambat pertukaran panas yang terjadi di dalam proses *boiler*.

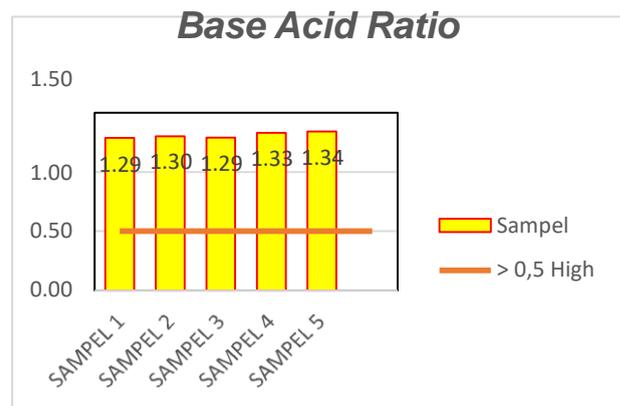


Gambar 5.9
Fouling Factor Terhadap Na₂O

Base Acid Ratio Terhadap Slagging dan Fouling Factor

Base Acid Ratio Terhadap Lima Sampel

Dari ke-5 sampel *ash* batubara pada gambar 5.10 termasuk kategori *high* penyebab salah satunya ialah kandungan *ash* batubara basa tabel 2.2 yang komposisinya CaO, MgO, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O terlampaui banyak komposisinya sebanyak pada tabel 4.5. Dari ke-5 sampel ini sampel 5 merupakan *base acid ratio* tertinggi serta terendah pada sampel 1 dan 3, untuk rata-rata *ratio* pada kelima sampel ini 1,31.

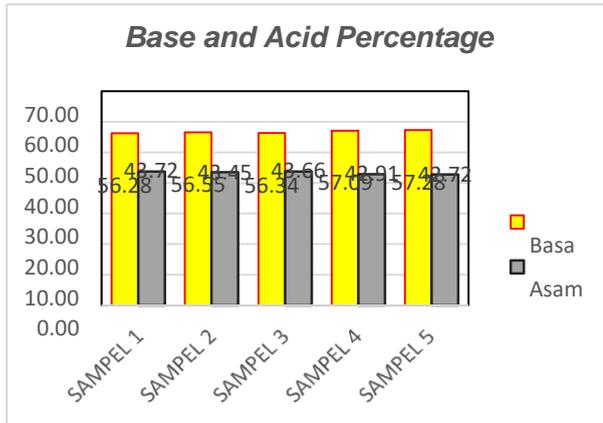


Gambar 5.10
Base Acid Ratio Lima Sampel

Base acid ratio, apabila komposisi basa <40% dan komposisi asam-nya lebih dari >60%, maka *base acid ratio* semakin

rendah, secara garis besar perbandingan haruslah 1 : 2, begitupun dengan terjadinya *slagging* ataupun *fouling* semakin rendah.

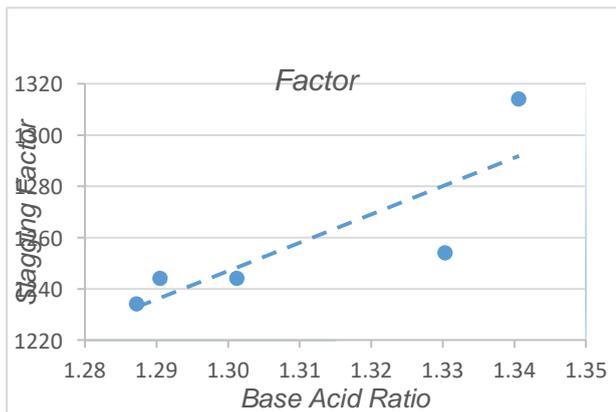
Dilihat dari 5 sampel yang telah di uji, termasuk kategorie high.



Gambar 5.2
Base and Acid Percentage

Base Acid Ratio Terhadap Slagging Factor

Base acid ratio terhadap slagging factor ini menggambarkan hubungan pengaruh kenaikan nilai base acid ratio dengan kenaikan nilai slagging factor, karena selain dipengaruhi nilai total sulfur pada batubara komposisi ash pada batubara merupakan hal penting yang berpengaruh. Berikut ini adalah gambar hubungan base acid ratio terhadap slagging factor.

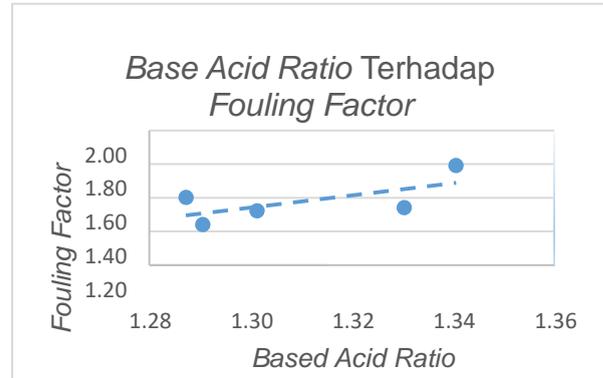


Gambar 5.3
Base Acid Ratio Terhadap Slagging Factor

Base Acid Ratio Terhadap Fouling Factor

Base acid ratio terhadap fouling factor ini menggambarkan hubungan pengaruh kenaikan nilai base acid ratio dengan kenaikan nilai fouling factor, karena selain dipengaruhi komposisi Na₂O

pada batubara, komposisi ash batubara lainnya sangat berpengaruh pada nilai ratio. Berikut ini adalah gambar hubungan base acid ratio terhadap fouling factor.



Gambar 5.4
Base Acid Ratio Terhadap Fouling Factor

KESIMPULAN

Dapat diambil kesimpulan dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Berdasarkan spesifikasi Babcock and Wilcox pada tabel 2.1 inherent moisture <25% dengan nilai rata-rata 19.20 % maka memenuhi syarat, untuk nilai ash <25% hal ini memenuhi syarat untuk mencegah terjadinya slagging ataupun fouling dengan nilai 1.70 %, begitupun dengan spesifikasi volatile matter

memudahkan inisiasi awal pembakaran batubara, didapatkan nilai 40.38 %.

2. Komposisi ash batubara yang mempengaruhi pelelehan ash batubara ialah SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO dalam jumlah yang banyak akan meningkatkan ash fusion temperature, sedangkan Fe₂O₃, Na₂O akan menurunkan ash fusion

temperature.

4. Base acid ratio merupakan pendekatan yang diterapkan oleh Babcock and Wilcox, apabila nilai rasio semakin besar maka potensi terjadinya slagging dan fouling akan semakin besar. Nilai rasio diharapkan <0,5 maka dari itu

perbandingan unsur basa dan asam diharuskan 1:2 untuk mencegah terjadinya *slagging* ataupun *fouling*. Pada kelima sampel batubara termasuk pada kategori *high*, hal tersebut memudahkan terjadinya *slagging* dan *fouling* apabila didukung dengan nilai total sulfur dan Na_2O .

5. Sesuai dengan pengolahan data metode evaluasi *Babcock and Wilcox* didapati nilai *slagging and fouling factor*, menunjukkan *medium*, hal itu berpotensi terjadinya *slagging* dan *fouling*. Kategori *low* merupakan kriteria baik dan kategori *medium* termasuk sedang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alkemade, C. T. J., & Milatz, J. M. W. (1955). A Double-Beam Method of Spectral. Appl. Sci. Res,4, 289–299.
2. Am. Soc. Testing Mater., Analysis of Coal and Coke.” D3176-89.
3. Am. Soc. Testing Meter,. Proximate Analysis of Coal and Coke, “ D3172-89.
4. Am. Soc. Testing Meter., “Tes for Fusibility of Coal and Coke Ash, “D1857-87.
5. Amaliyah, Novriany dan M. Fachry. 2011. “*Analisis Komposisi Batubara Muturendah terhadap Pembentukan Slagging dan Fouling pada Boiler*”. Universitas Hasanuddin.
6. Babcock and Wilcox, Steam its generation and use, 41 ed., J. B. K. a. S. C. Stultz, Ed.,Barberton, ohio: Babcock and Wilcox, 2005.
7. Hower, J.C. 1963. *The International Handbook of Coal Petrography*. USA: University of Kentucky
8. K. rayaprolu, Boilers for power and proses, U.S.A.: CRC Press, 2009.
9. Khopkar, S. M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, diterjemahkan oleh A.Saptoraharjo, Cetakan I, 274-281, UI Press, Jkarata
10. *Pengujian mutu batubara berdasarkan general analisis dengan metode ISO dan ASTM*.
11. Prijono, Achmad, dkk., 1992, “Pengertian Batubara”,ptba.co.id/en/nowledge/index/6/pengertian-batubara.
12. PT. Geoservices (Ltd). 1999. *Manual Sistem Manajemen Mutu Volume 1 dan 2*. Kotabaru.
13. PT. Geoservices (Ltd). 1999. *Mutu Sampling dan Preparasi Volume 3b*. Kotabaru.
14. Rizkiana Bakri. 2010. Laporan Prakerin PT. Geoservices Banjarbaru.
15. Sukandarrumidi. 2006. Batubara dan Pemanfaatannya: Pengantar Teknologi Batubara Menuju Lingkungan Bersih. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
16. Susilawati. 1992. Proses Pembentukan Batubara. Diakses tanggal 17 November 2019 https://www.academia.edu/19607507/Proses_Pembentukan_Batubara
17. The Babcock & Wilcox Company a McDermott company, 2005 “*Steam its Generation and Use*”
18. Windha Ayu Prameswari, 2017. “Analisa Pembentukan Slagging Dan Fouling Pembakaran Batubara Pada Boiler B 0201b Pabrik 3 Unit UBB DI PT. Petrokimia Gresik” Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember
19. Yakub, Arbie, Pengambilan, Preparasi, dan Pengujian Conto Batubara, ATC course material, ATQ.