

Analisis Faktor *Babcock* Dan *Wilcox* pada Batubara untuk Mencegah *Slagging* dan *Fouling* di PT Anindya Wiraputra Konsult, Kecamatan Liang Anggang, Kota Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan

Risjad Oktrian*, Solihin, Elfida Moralista

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*oorisjad@gmail.com

Abstract. Quality of coal was very important utilization for fuel. In a quality thing, for coals was produce energy a certain kind heat during burning activity. However burning result mostly meet imprefect combustion condition, so that produce a residue effect that combustion, in this case ash. The residual ash combustion coal was potential occur slagging and fouling. Some factors that supported slagging and fouling case was coal ash composition and heating temperature. Babcock and Wilcox was boiler concern apply slagging and fouling based by ash composition including SiO₂, Fe₂O₃, MgO, CaO, Al₂O₃, Na₂O, K₂O, TiO₂. From ash composition these Babcock and Wilcox also evaluating to ash fusion temperature. Research methodology slagging and fouling here prevention obtained by primary data included general analysis, ultimate analysis, and specific analysis, furthermore secondary data including specification by obtained sources. These research purposes for detected coal characteristic and conformity to Babcock and Wilcox, for find out ash coal composition to ash fusion temperature and potentially slagging including fouling by Babcock and Wilcox factor. These observations were carried out at PT Anindya Wiraputra Konsult. Analysis quality of coal as five sample. From the general analysis it can be concluded inherent moisture content (15,7 - 18,9%), ash (2,2 - 3,3%), volatile matter (40-42%), fix carbon (37 - 41%), ultimat analysis carbon was (57 - 59%), hydrogen (4 - 4,4%), nitrogen (0,8 - 1%), sulphur (0,15 - 0,16%) and specific analysis calorivic value (5346 – 5473 kcal/kg). Based by Babcock and Wilcox slagging factor and sulphur total five sample was low category. Fouling factor sample 1 and 3 was included medium category, sample 2, 4, and 5 was included low category.

Keyword : Babcock and Wilcox, Slagging, Fouling, Ash Fusion Temperature.

Abstrak. Kualitas batubara amatlah penting dalam pemanfaatan sebagai bahan bakar. Dalam hal kualitas, batubara menghasilkan energi berupa kalor selama kegiatan pembakaran berlangsung. Namun hasil pembakaran hampir selalu ditemukan dalam keadaan tidak sempurna, sehingga menghasilkan residu akibat pembakaran itu, dalam hal ini *ash*. *Ash* sisa pembakaran batubara ini berpotensi untuk terjadinya *slagging* maupun *fouling*. 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 SiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , TiO_2 . Dari komposisi *ash* tersebut *Babcock and Wilcox* mengevaluasi juga terhadap temperatur leleh *ash* (*ash fusion temperature*). Metodologi penelitian pencegahan *slagging* dan *fouling* ini dengan memperoleh data primer analisis dasar, analisis ultimat, serta analisis khusus, selain itu data sekunder seperti spesifikasi berdasarkan sumber-sumber yang diperoleh. 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*. Penelitian ini dilakukan di PT Anindya Wiraputra Konsult. Analisis kualitas batubara dilakukan pada lima sampel. Berdasarkan hasil analisis dasar diperoleh *inherent moisture* (15,7 – 18,9%), *ash* (2,2 – 3,3%), *volatile matter* (40 – 42%), *fix carbon* (37 – 41%). Pada analisis ultimat, karbon (57 – 59%), hidrogen (4 – 4,4%), nitrogen (0,8 – 1%), sulfur (0,15 – 0,16%) dan analisis khusus nilai kalor (5346 – 5473 kcal/kg). Berdasarkan nilai *Babcock and Wilcox* faktor *slagging* dan total sulfur kelima sampel termasuk pada kategori *low*. Sedangkan faktor *fouling* sampel 1 dan 3 termasuk pada kategori *medium*, sementara sampel 2, 4, dan 5 termasuk pada kategori *medium*.

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

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini penggunaan batubara sebagai bahan bakar di *boiler* PLTU seringkali mendapatkan masalah karena terjadinya *slagging* dan *fouling*. *Slagging* dan *fouling* terjadi akibat proses pembakaran batubara yang tidak sempurna sehingga menghasilkan residu pembakaran berupa *ash*. *Slagging* sendiri terbentuk pada pembakaran terdingin *boiler*, mengalami proses penempelan dan membentuk deposit pada komponen-komponen *boiler*. Sementara *fouling* adalah menempel dan menumpuknya *ash* pada dinding penghantar panas, faktor yang membentuk terjadinya *slagging* dan *fouling* ialah *ash*. *Ash* merupakan campuran mineral anorganik ketika mengalami proses pembakaran yang akan menimbulkan potensi *slagging* dan *fouling* pada dinding ruang bakar. Apabila *slagging* dan *fouling* dibiarkan lama-kelamaan akan berkembang serta mengurangi penyerapan panas, *clinker trouble*, pipa tersumbat, selain itu dapat berdampak pada produktifitas *boiler*.

Oleh karena itu penggunaan batubara sebagai bahan bakar perlu dilakukannya penelitian terhadap karakteristik batubara, sebagai pencegahan potensi terjadinya *slagging* dan *fouling* berdasarkan faktor *Babcock and Wilcox*.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kesesuaian parameter batubara *Inherent moisture*, *ash*, *volatile matter* terhadap spesifikasi *Babcock and Wilcox*.
2. Mengetahui dan menganalisis hubungan nilai kalor terhadap *fixed carbon* dan total sulfur.
3. Mengetahui dan menganalisis pengaruh komposisi *ash* batubara terhadap *ash fusion temperature*.
4. Menganalisis pengaruh *based acid ratio* terhadap *slagging* dan *fouling* faktor.
5. Mengetahui potensi terjadinya *slagging* dan *fouling* berdasarkan faktor *Babcock and Wilcox*.

2. Landasan Teori

2.1 Batubara

Batubara merupakan batuan sedimen dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan yang terbentuk dari proses pematubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri atas karbon, hidrogen, dan oksigen. Pembentukan batubara memiliki sumber energi potensial sebagai bahan bakar dengan unsur-unsur utamanya terdiri dari unsur karbon, hidrogen dan oksigen, R.Ward, Colin, 1984.

2.2 Prinsip Boiler

Proses *boiling* adalah menghasilkan perubahan fasa cair menjadi gas dalam hal ini uap. Sistem PLTU merupakan proses konversi fasa secara berkelanjutan, secara sederhana ialah memanaskan sejumlah ketel, sehingga meningkatkan suhu air. Ketika air mengalami penurunan *density* yang diakibatkan pemanasan, air akan mengalir keatas melalui *tube-tube riser* menuju *steam drum*. Dilanjutkan dengan air yang telah menjadi uap basah, dialirkan pada unit *superheater* yang berfungsi untuk pemanasan menaikkan temperatur serta tekanan tetap, yang dihasilkan ialah *superheater steam*.

2.3 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 ultimat (Karbon, hidrogen, oksigen, sulfur, dan oksigen)
- Analisis khusus, sebagai penentuan khusus batubara (Nilai kalor, hardgrove index, indeks abrasi, ash fusion temperature, ash analysis, klor, dan sebagainya)

2.4 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.

2.5 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 Na_2O , yang apabila kadar *ash* batubara basa yang banyak, ditambah dengan unsur Na_2O yang tinggi, maka *fouling* akan mudah terjadi. Evaluasi karakteristik ini sama dengan *slagging*, yaitu dinilai berdasarkan rasio unsur basa dan asam, serta kadar Na_2O 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.

2.6 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, *volatile matter* sendiri harus memiliki nilai >15% apabila rendah dibawah nilai tersebut, maka inisiasi awal pembakaran batubara akan terlalu sulit, untuk *ash* nilai kriteria tersebut diharuskan < 25% jika melebihi nilai tersebut maka *ash* pada pembakaran batubara akan menghasilkan *slag* pada dinding ruang bakar serta mengurangi temperatur ruang bakar. Nilai batas *inherent moisture content* <25% merupakan nilai batas kriteria apabila melebihi nilai tersebut maka batubara akan sulit dilakukan pembakaran, jika perlu dilakukan pembakaran diperlukan temperatur kerja ruang bakar yang tinggi.

2.7 Based Acid Ratio

Unsur pokok *ash* batubara dapat dibagi dua klasifikasi basa dan asam. Unsur pokok basa seperti Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O . Untuk pokok asam seperti SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 . Unsur basa dan asam kecenderungan bahan campuran berasal dari titik lebur yang rendah, yang didapat berasal dari *ash analysis*.

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

2.8 Slagging Factor – Bituminous Ash (Rs)

Slagging factor untuk *bituminous ash* merupakan kalkulasi untuk menghitung *based acid ratio* dalam sejumlah unsur sulfur pada batubara.

$$\text{Slagging Factor } R_s = R \times S$$

Keterangan :

R_s : *Slagging Factor*

R : Rasio Basa Asam

S : Persentase Unsur Sulfur (Ultimat)

2.9 Fouling Factor – Bituminous Ash (Rf)

Fouling factor untuk *bituminous ash* diperoleh dari pemanasan *ash* batubara, berasal dari pengujian *sintering strength characteristics* menggunakan unsur Na_2O pada *ash* batubara dan *based acid ratio*.

$$\text{Fouling Factor } R_f = R \times \% \text{Na}_2\text{O}$$

2.10 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*.

Tabel 1. Base Acid Ratio, Slagging Factor, and Fouling Factor

Faktor	Low	Medium	High	Severe
Base acid ratio (R)	< 0,5	> 0,5		
<i>Bituminous</i>				

<i>Slagging factor (Rs)</i>	< 0,6	0,6 – 2,0	2,0 – 2,6	> 2,6
<i>Fouling factor (Rf)</i>	< 0,2	0,2 – 0,5	0,5 – 1,0	>1,0

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di PT Anindya Wiraputra Konsult Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan, kegiatan ini dilakukan di Laboratorium analisis PT Anindya Wiraputra Konsult, yang bertujuan untuk meneliti potensi *Slagging* dan *fouling* berdasarkan faktor yang diterapkan oleh salah satu perusahaan boiler di Amerika. Pengujian *slagging* dan *fouling*, menggunakan analisis khusus (*Ash analysis* dan *Ash fusion Temperature*). Sampel yang digunakan adalah 5 sampel batubara dengan kelas rank *Sub-bituminous* berdasarkan ASTM D388-12, Batubara yang diuji adalah batubara berasal dari Provinsi Kalimantan Selatan, yang tidak dapat disebutkan daerahnya. Kegiatan pengujian yang dilakukan seluruhnya di PT Anindya Wiraputra Konsult, sejak dari Perparasi sampel, analisis proksimat, analisis ultimat, nilai kalor, *ash analysis* dan *ash fusion temperature*.

Tabel 2. Analisis Proksimat

No	Name	Proksimat			
		<i>Inherent Moisture</i> <i>ASTM D 3173</i>	<i>Ash</i> <i>ASTM D 3174</i>	<i>Volatille Matter</i> <i>ASTM 3175</i>	<i>Fixed Carbon</i>
1	SAMPLE 1	18,82	2,20	40,66	38,31
2	SAMPLE 2	15,85	2,93	40,90	40,32
3	SAMPLE 3	18,85	3,21	40,16	37,77
4	SAMPLE 4	15,78	3,26	41,99	38,98
5	SAMPLE 5	17,14	2,66	41,11	39,10

Tabel 3. Analisis Ultimat

No	Name	GCV kcal/kg	Ultimate				
			C	H	N	TS (adb)	TS (db)
1	SAMPLE 1	5356	57,07	4,25	0,99	0,12	0,15
2	SAMPLE 2	5473	58,84	4,10	0,88	0,13	0,16
3	SAMPLE 3	5346	57,10	4,29	0,99	0,13	0,15
4	SAMPLE 4	5457	58,26	4,33	1,01	0,13	0,15
5	SAMPLE 5	5393	57,66	4,25	0,90	0,12	0,15

3.1 Ash Analysis (*Komposisi Ash*)

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar AS 1038.14.2 *analysis of higher rank coal ash and coke ash*, untuk mengetahui komposisi senyawa-senyawa yang terdapat pada *ash* batubara hasil pembakaran

Tabel 4. Ash Analysis

<i>Ash Analysis (db)</i>											
Name	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MnO ₂	TiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅
SAMPLE 1	31,02	35,03	3,82	9,30	12,55	0,24	0,55	0,50	0,91	4,61	0,13
SAMPLE 2	31,73	29,06	4,71	10,00	15,20	0,19	0,70	0,52	1,03	5,90	0,11
SAMPLE 3	31,68	30,12	4,56	14,32	10,86	0,26	0,59	0,55	0,95	4,83	0,09
SAMPLE 4	32,21	28,97	4,21	10,58	16,10	0,19	0,64	0,54	0,95	4,15	0,11
SAMPLE 5	29,96	30,38	4,47	8,59	17,23	0,16	0,61	0,50	0,70	6,13	0,11

3.2 Ash Fusion Temperature

Ash fusion temperature ini pengujian untuk mengetahui sifat *ash* batubara dengan tingkatan temperatur tertentu serta kondisi reduksi, *Deformation* (DT), *sphere* (ST), *hemisphere* (HT), *flow* (FT)

Tabel 5. Ash Fusion Temperature

<i>Ash Fusion Temperature ASTM D 1857</i>				
Name	Reduksi			
	DT	ST	HT	FT
SAMPEL 1	1267	1288	1303	1306
SAMPEL 2	1269	1318	1335	1337
SAMPEL 3	1286	1294	1305	1308
SAMPEL 4	1294	1336	1348	1351
SAMPEL 5	1205	1266	1278	1281

3.3 Slagging and Fouling Factor

Perhitungan ini merupakan perbandingan *ash* batubara basa dan asam, berikut merupakan perhitungan *factor slagging and fouling* sampel batubara berdasarkan *Babcok and Wilcox*.

Contoh Sampel 1

Based Acid Ratio (R)

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

$$R = 1,10 \text{ (High)}$$

Slagging factor

$$R_s = R \times S \text{ (db)}$$

$$R_s = 1,1 \times 0,151$$

$$R_s = 0,166$$

Fouling Factor

$$R_f = R \times \% \text{ Na}_2\text{O}$$

$$R_f = 1,1 \times 0,24$$

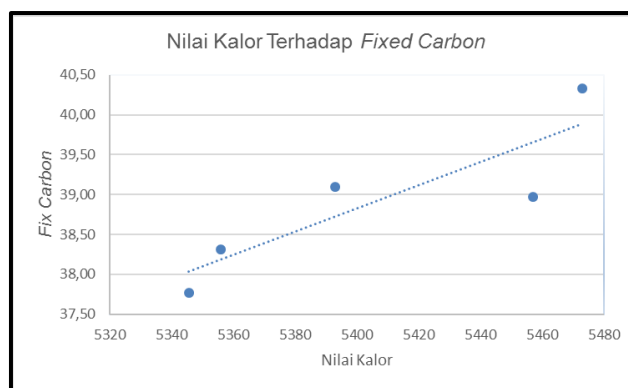
$$R_f = 0,26$$

Tabel 6. *Babcock and Wilcox Factor*

Nama	<i>Based Acid Ratio</i>	<i>Slagging Factor</i>	<i>Fouling Factor</i>
SAMPLE 1	1,10	0,166	0,26
SAMPLE 2	0,93	0,147	0,18
SAMPLE 3	1,15	0,177	0,30
SAMPLE 4	0,91	0,136	0,17
SAMPLE 5	0,92	0,135	0,15

3.4 Nilai Kalor Terhadap *Fixed Carbon*

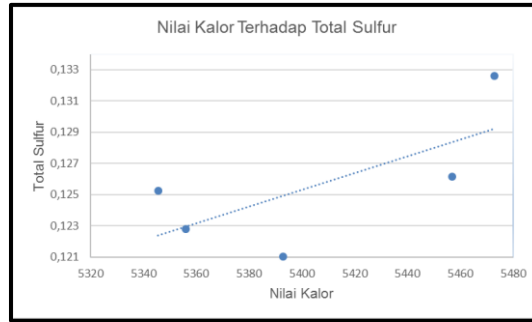
Secara teoritis nilai kalor batubara dipengaruhi nilai *fixed carbon*, semakin besar nilai kandungan *fixed carbon* maka semakin bisa peningkatan nilai kalor pada batubara.



Gambar 1. Nilai Kalor Terhadap *Fixed Carbon*

3.5 Nilai Kalor Terhadap Total Sulfur

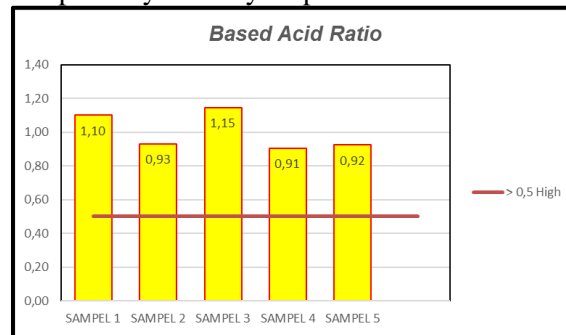
Hubungan nilai kalor terhadap total sulfur ini menentukan pengaruh nilai kalor terhadap potensi terjadinya *slagging*, karena diketahui apabila nilai total sulfur mengalami kenaikan potensi *slagging* akan semakin mungkin terjadi, Nur, Windu, Harjuni Hubungan Total Sulfur terhadap GCV, 2019.



Gambar 2. Nilai Kalor Terhadap Total Sulfur

3.6 Based Acid Ratio Terhadap Lima Sampel

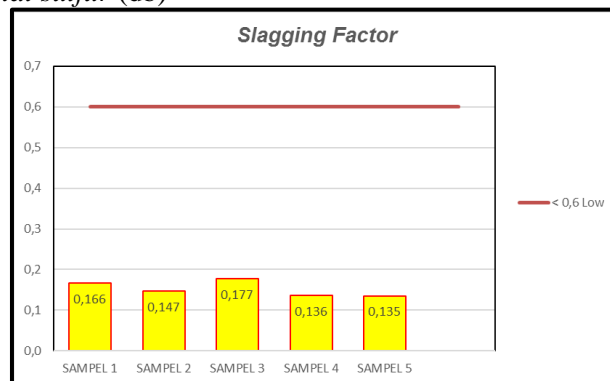
Dari ke-5 sampel *ash* batubara pada gambar termasuk kategori *high* penyebab salah satunya ialah kandungan *ash* batubara basa gambar 1.3 yang komposisinya CaO, MgO, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O terlampaui banyak komposisinya sebanyak pada tabel 4



Gambar 3. Based Acid Ratio

3.7 Slagging Factor

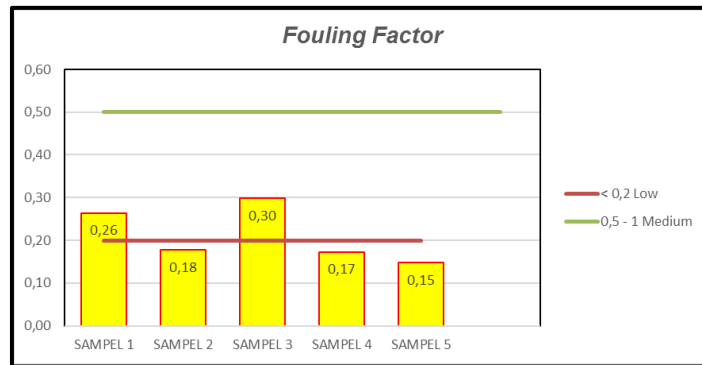
Pada gambar 1.4 ini dijelaskan dari ke-5 sampel ini memiliki nilai rata-rata faktor *slagging* 0,16, nilai tersebut merupakan nilai berdasarkan rumus perhitungan antara *Based acid ratio* dengan kandungan *total sulfur* (db)



Gambar 4. Slagging Factor

3.8 Fouling Factor

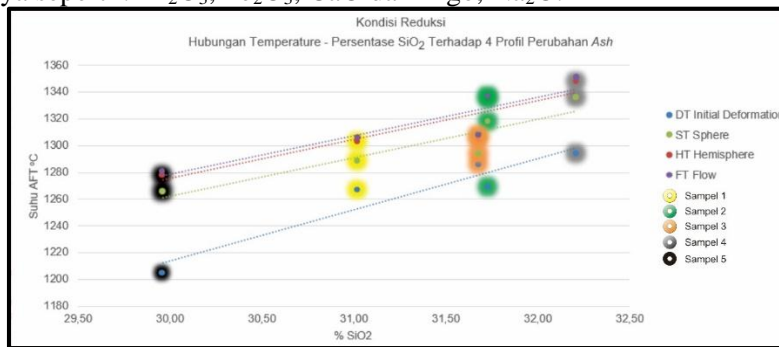
Dari gambar 1.5 diketahui pada sampel 1 dan 3 >0,2 termasuk kategori *medium* dan untuk sampel 2, 4, dan 5 dibawah nilai 0,2 dengan kategori *low* serta untuk rata-rata ke-5 sampel ialah 0,25.



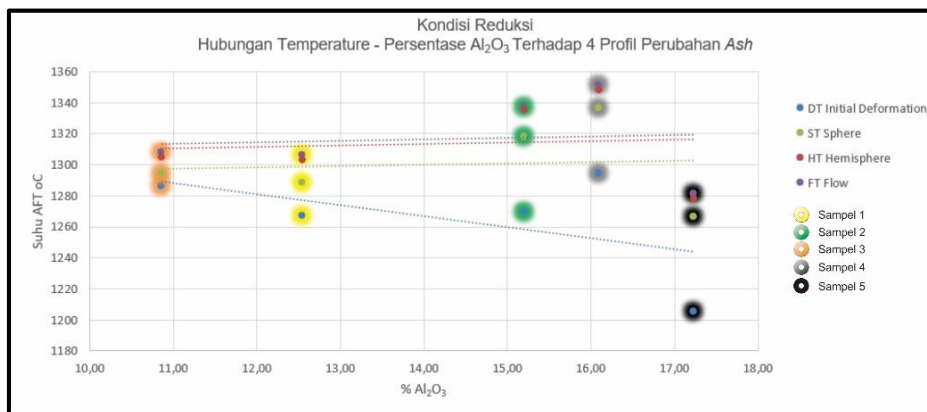
Gambar 5. Fouling Factor

3.9 Hubungan Komposisi Ash Batubara Terhadap Suhu Ash Fusion Temperature

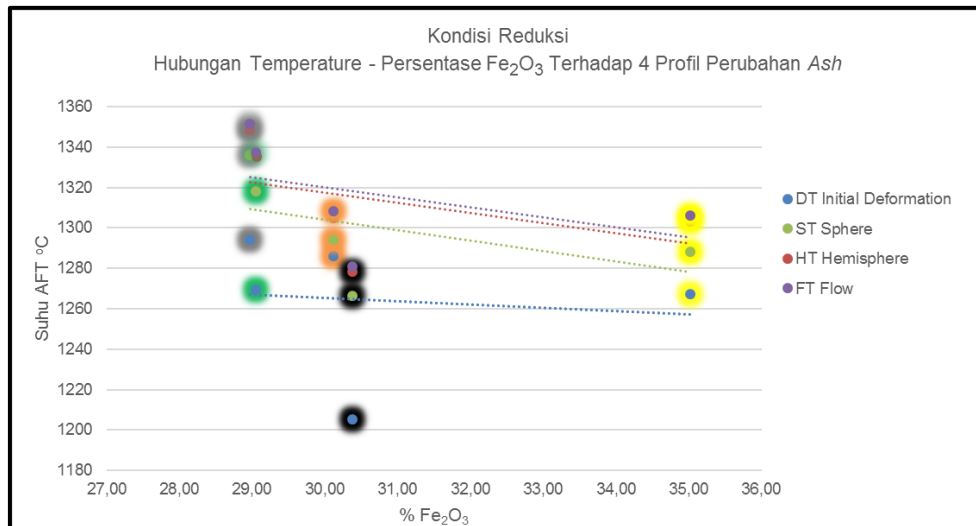
Hubungan komposisi *ash* batubara terhadap suhu peleburan bertujuan untuk mengetahui karakteristik perubahan profil berbanding dengan persentase komposisi suatu senyawa. Seperti pada gambar 1.4 menunjukkan 4 perubahan profil *ash fusion temperature* terhadap kelima sampel pada saat peningkatan suhu dan persentase komposisi SiO_2 , Kemudian dilanjut dengan senyawa lainnya seperti : Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO dan MgO , Na_2O .



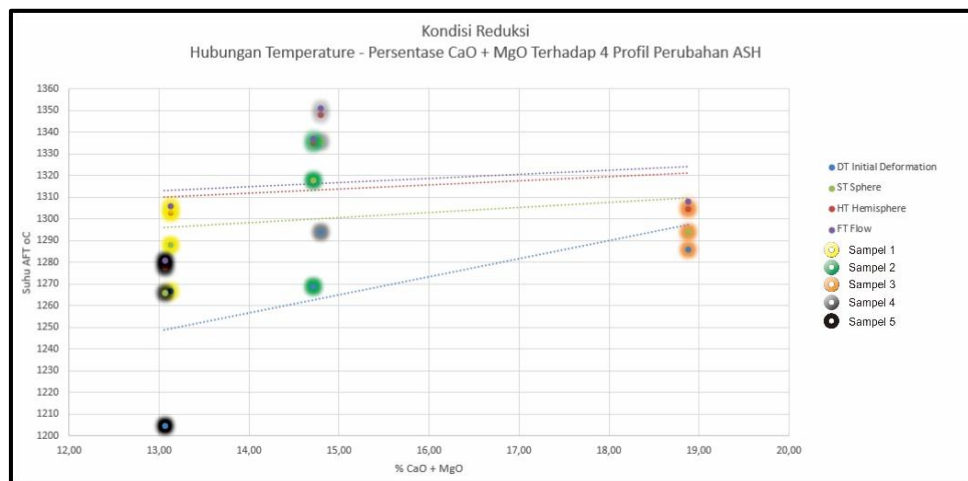
Gambar 6. Suhu Ash Fusion Temperature Terhadap SiO_2



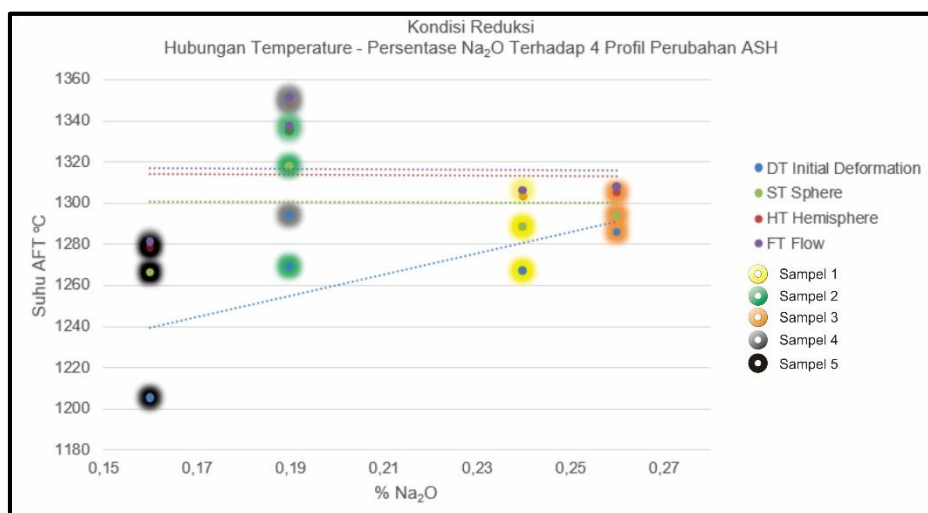
Gambar 7. Suhu Ash Fusion Temperature Terhadap Al_2O_3



Gambar 8. Suhu Ash Fusion Temperature Terhadap Fe₂O₃



Gambar 9. Suhu Ash Fusion Temperature Terhadap CaO dan MgO



Gambar 10. Suhu Ash Fusion Temperature Terhadap Na₂O

4. Kesimpulan

Dapat disimpulkan pada kegiatan pengamatan, dan analisis batubara beserta kajian *slagging* dan *fouling*, berdasarkan metode evaluasi *Babcock and Wilcox* di PT Anindya Wiraputra Konsult, Banjarbaru – Kalimantan Selatan. Ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan spesifikasi *Babcock and Wilcox* pada tabel 3.5 *inherent moisture* <25% dengan nilai rata-rata 17,3% maka memenuhi syarat, untuk nilai *ash* <25% hal ini memenuhi syarat untuk mencegah terjadinya *slagging* ataupun *fouling* dengan nilai 2,85%, begitupun dengan spesifikasi *volatile matter* dianjurkan >15% untuk memudahkan inisiasi awal pembakaran batubara, didapatkan nilai 41%.
2. Nilai kalor batubara saling berkaitan dengan nilai *fixed carbon* dan total sulfur, nilai *fixed carbon* berbanding lurus dengan nilai kalor batubara. Semakin besar nilai *fixed carbon* maka semakin besar nilai kalor, begitu halnya dengan nilai kalor berbanding lurus dengan total sulfur. Semakin besar nilai kalor maka kandungan sulfur pada batubara akan semakin besar, seperti diketahui kandungan sulfur parameter yang dapat mempengaruhi nilai faktor *slagging*.
3. Komposisi *ash* batubara yang mempengaruhi pelelehan *ash* batubara ialah (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO) dalam jumlah yang banyak akan meningkatkan *ash fusion temperature*, sedangkan (Fe_2O_3 , Na_2O) akan menurunkan *ash fusion temperature*.
4. *Based 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*, *slagging factor* dari ke-5 sampel menunjukkan *low*, berbeda dengan *fouling factor* dari ke-5 sampel, sampel 1 dan 3 *medium* hal itu berpotensi terjadinya *fouling*, sementara pada sampel 2, 4, dan 5 *low*. Kategori *low* merupakan kriteria baik dan kategori *medium* termasuk sedang.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim, PT PLN Persero, Rencana Pengembangan Unit 4 (300-400 MW) PLTU 3 Banten di Kab. Tangerang Prov Banten,
- [2] Ayu,Winda, 2015, Analisa Pembentukan Slagging dan Fouling Pembakaran Batubara pada Boiler B 0201b Pabrik 3 Unit Unn di PT Petrokimmia Gresik, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [3] Ega Putra, Satria, 2018, Analisis Komposisi Abu Batubara Terhadap Kemungkinan Pembentukan Slagging dan Fouling Index pada PLTU. Universitas Islam Bandung.
- [4] Luqman Malik Al-Latif, 2019, Kajian Potensi Pembentukan Slagging Dan Fouling Berdasarkan Nilai Ash Fusion Temperature Dan Indeks Slagging Fouling Pada Proses Gasifikasi Batubara Menggunakan Unit Fixed Bed Downdraft Gasifier Di Puslitbang Tekmira Bandung, Universitas Islam Bandung.
- [5] Nur Muhammad, Windhu Nugroho, Harjuni Hasan, 2019 Hubungan Kandungan Total Sulphur Terhadap Gross Calorific Value Pada Batubara PT. Cabsurin Samarinda, Universitas Mulawarman.
- [6] Rendi. Permadi, 2015, Analisis Batubara Dalam Penentuan Kualitas Batubara Untuk Pembakaran Bahan Baku Semen Di PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk. Palimanan – Cirebon Universitas Islam Bandung

- [7] The Babcock & Wilcox Company, 2006, Steam Its Generation and Uses, McDermott Company
- [8] Ward, Colin, 1984, Coal Geology and Coal Technology, Backwell Scientific Publication.
- [9] Yakub, Arbie, Pengambilan, Preparasi, dan Pengujian Conto Batubara, ATC course material, ATQ.