

PENGARUH SENYAWA ALUMINA (Al_2O_3) DAN SILIKA (SiO_2) DALAM KUALITAS BATUBARA

Abdul. Malik Santoso Ali¹, Andi Zulfikar Syaiful², Al GAzali³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

Email : abd.maliksantoso.ams@gmail.com

Abstrak, Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil yang terbentuk dari endapan (batuan sedimen organik) yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen sebagai unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan. Batubara terbentuk dari tumbuhan yang telah terkonsolidasi antara strata batuan lainnya dan diubah oleh kombinasi pengaruh tekanan dan panas selama jutaan tahun sehingga membentuk lapisan batubara. Batubara sebenarnya tidak mengandung abu, tetapi mengandung zat organik yang berupa mineral. Ash content adalah sisa atau residu pembakaran yang tinggal apabila batubara dipijarkan. Sisa ini merupakan hasil perubahan kimia ketika proses pengabuan terjadi. Residu pembakaran yang tinggal adalah senyawa dan material anorganik, seperti : Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Besi Oksida (Fe_2O_3), Magnesium Oksida (MgO), Natrium Oksida (Na_2O), Kalium Oksida (K_2O), Phosporous (P_2O_5) dan senyawa organik lainnya dalam jumlah kecil yaitu Cd, As, Pb, Zn, Hg dan Ni. Fly Ash adalah abu yang dihasilkan dari transformasi, pelelehan atau gasifikasi dari material anorganik yang terkandung dalam batubara. Pada satu proses pembakaran batubara dihasilkan fly ash sekitar 80% dan sisanya merupakan bottom ash yaitu sekitar 20%. Komponen utama dari fly ash batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Slagging merupakan peristiwa melelehnya abu batubara karna suhu pembakaran melebihi nilai AFT yang kemudian material lelehan tersebut menempel ke material yang memiliki suhu yang lebih rendah dari nilai AFT sehingga abu yang meleleh tadi membeku dan membentuk material padat dan keras. Fouling adalah fenomena menempel dan menumpuknya abu pada dinding pipa-pipa penghantar gas yang diakibatkan oleh adanya abu batubara yang melunak dan kemudian mengendap dan menempel pada struktur pipa penghantar gas yang akan menempel, menumpuk dan menghalangi jalur gas didalam pipa tersebut. perbandingan nilai AFT terhadap kadar Alumina (Al_2O_3) dan Silika (SiO_2) adalah berbanding lurus, semakin tinggi kadar Alumina (Al_2O_3) dan Silika (SiO_2) maka semakin tinggi nilai AFT dari sampel tersebut, sehingga kita memastikan bahwa kadar Alumina (Al_2O_3) dan Silika (SiO_2) sangat berpengaruh terhadap nilai AFT dan proses terbentuknya slagging dan fouling pada tungku pembakaran.

Kata Kunci : Batubara ; Silika ; Alumina ; Bottom Ash

A. Pendahuluan

Ketersediaan bahan bakar minyak yang menipis telah mendorong banyak industri beralih ke batubara sebagai sumber energi. Salah satu contoh industri yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar adalah PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Penggunaan batubara sebagai sumber energi menjadi pilihan yang paling diminati oleh para pengusaha dengan alasan lebih menghemat biaya operasional dan ketersediaannya di Indonesia juga cukup melimpah. Sisa hasil pembakaran batubara akan menghasilkan limbah yang salah satunya berupa *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) (Kartika, 2010).

Batubara sebenarnya tidak mengandung abu, tetapi mengandung zat organik yang berupa mineral. *Ash content* adalah sisa atau residu pembakaran yang tinggal apabila batubara dipijarkan. Sisa ini merupakan hasil perubahan kimia ketika proses pengabuan terjadi. Residu pembakaran yang tinggal adalah senyawa dan material anorganik, seperti : Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Besi Oksida (Fe_2O_3), Magnesium Oksida (MgO), Natrium Oksida (Na_2O), Kalium Oksida (K_2O), Fosforous (P_2O_5) dan senyawa organik lainnya dalam jumlah kecil yaitu Cd, As, Pb, Zn, Hg dan Ni. Kadar abu dalam batubara penting untuk diketahui karena kadar abu memberikan indikasi besar terhadap batubara, mencerminkan banyaknya bahan mineral dalam batubara juga mencerminkan nilai kalor yang terdapat dalam batubara (makin tinggi kadar abu maka nilai kalornya akan berkurang).

Fly Ash adalah abu yang dihasilkan dari transformasi, pelelehan atau gasifikasi dari material anorganik yang terkandung dalam batubara. Pada satu proses

pembakaran batubara dihasilkan *fly ash* sekitar 80% dan sisanya merupakan *bottom ash* yaitu sekitar 20%. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup limbah *fly ash* yang dihasilkan mencapai 85 ton/hari dan limbah *bottom ash* mencapai 48 ton/hari (Dinas LH Kabupaten Bandung, 2008). Sementara menurut peraturan (PP85/1999), limbah *fly ash* maupun *bottom ash* dapat dikategorikan sebagai limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya). Komponen utama dari *fly ash* batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Banyaknya industri yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar meninggalkan sejumlah permasalahan serius karena *fly ash* yang dihasilkan mengandung logam-logam berat yang signifikan jumlahnya. Pelepasan abu sisa pembakaran baik berupa *fly ash* maupun *bottom ash* akan berdampak buruk bagi lingkungan sehingga perlu adanya penanganan khusus untuk mengatasi dampak tersebut salah satunya dengan memanfaatkan limbah menjadi material baru yang mempunyai nilai ekonomis (Suprpto, 2009).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh kadar senyawa Alumina (Al_2O_3) dan Silika (SiO_2) dalam suhu peleburan *bottom ash*
2. Bagaimana tingkat kualitas batubara berdasarkan kadar senyawa Alumina (Al_2O_3) dan Silika (SiO_2)

Tujuan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Menentukan pengaruh suhu peleburan *bottom ash* akibat kadar senyawa Alumina (Al_2O_3) dan Silika (SiO_2) dalam batubara
2. Menentukan tingkat kualitas batubara berdasarkan tingkat kadar senyawa Alumina (Al_2O_3) dan Silika (SiO_2)

Manfaat Penelitian sebagai berikut:

Memberikan informasi dalam pemilihan batubara yang akan di gunakan dalam suatu pabrik maupun perusahaan untuk bisa memperhitungkan biaya perawatan tungku pembakaran , pembersihan akibat terbentuknya *slagging* dan *fouling* dan mengantisipasi tingkat limbah bottom ash yang di hasilkan

B. Tinjauan Pustaka

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil yang terbentuk dari endapan (batuan sedimen organik) yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen sebagai unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan. Batubara terbentuk dari tumbuhan yang telah terkonsolidasi antara strata batuan lainnya dan diubah oleh kombinasi pengaruh tekanan dan panas selama jutaan tahun sehingga membentuk lapisan batubara. Proses Pembentukan batubara itu sendiri dimulai sejak zaman batubara pertama (*Carboniferous Period / Periode Pembentukan Karbon atau Batubara*), yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu.

Silikon dioksida atau silika adalah salah satu senyawaan kimia yang paling umum. Silika murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silikon selalu terikat secara tetrahedral

kepada empat atom oksigen, namun ikatan-ikatannya mempunyai sifat yang cukup ionik. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan. Dalam kuarsa terdapat heliks sehingga terbentuk kristal enansiomorf. Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan. Proses ini lambat karena dibutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan- ikatan dan energi pengaktifannya tinggi. Silika relatif tidak reaktif terhadap Cl_2 , H_2 , asam-asam dan sebagian besar logam pada suhu 25°C atau pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dapat diserang oleh F_2 , HF aqua, hidroksida alkali dan leburan- leburan karbonat (Cotton, 1989).

Bottom ash sama halnya dengan *fly ash* merupakan hasil sisa pembakaran batu bara di *boiler* pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Ukuran *bottomash* lebih besar dari *fly ash*, sehingga *bottom ash* jatuh ke dasar tungku pembakaran. (Kevin Klarens, Michael Indranata, Antoni, Djwantoro Hardjito).

Penampilan fisik *bottom ash* mirip dengan pasir sungai alami, dan gradasinya bervariasi seperti pasir halus dan pasir kasar. Ukuran butiran *bottom ash* membuat para peneliti tertarik untuk menggunakannya sebagai bahan pengganti dalam produksi beton (Singh & Siddique, 2015).

Ukuran partikel yang lebih besar dari *fly ash* mengakibatkan *work ability* campuran yang menggunakan *bottom ash* lebih buruk dari pada campuran yang menggunakan semen dan *fly ash*. Secara umum reaksi pozzolan abu batu bara berhubungan dengan kehalusan partikel,

dalam hal ini *bottom ash* memiliki ukuran partikel yang lebih kasar dan besar dari *fly ash* dimana dipercaya akan menyebabkan reaksi pozzolan yang tidak efektif (Kim, 2015).

Aluminium oksida (Al_2O_3) adalah senyawa kimia berwujud padatan, berwarna putih, tidak berbau, tidak larut dalam air, dietil eter dan etanol. Aluminium oksida umumnya disebut dengan alumina dan mungkin disebut juga dengan aloxide, aloxite, atau alundum tergantung pada bentuk atau kegunaan secara khusus. Lapisan Aluminium Oksida ketika Aluminium terpapar dengan udara bebas. Lapisan Aluminium Oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Dalam keadaan murni aluminium terlalu lunak, terutama kekuatannya sangat rendah untuk dapat dipergunakan pada berbagai keperluan teknik.

Spektrofotometri serapan atom merupakan suatu metode analisa untuk penentuan unsur-unsur logam dan metalloid yang berdasarkan pada penyerapan (absorpsi) radiasi oleh atom bebas oleh unsur tersebut.

Metode SSA berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom, atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Misalkan Natrium menyerap pada 589 nm, uranium pada 358,5 nm sedangkan kalium pada 766,5 nm. Cahaya pada gelombang ini mempunyai cukup energy untuk mengubah tingkat energi elektronik suatu atom. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Tingkat-tingkat eksitasinya pun bermacam-macam. Misalnya unsur Na dengan nomor atom 11 mempunyai konfigurasi electron $1s^1 2s^2 2p^6 3s^1$, tingkat

dasar untuk electron valensi 3s, artinya tidak memiliki kelebihan energy. Elektron ini dapat tereksitasi ke tingkat 3p dengan energy 2,2 eV ataupun ke tingkat 4p dengan energy 3,6 eV, masing-masing sesuai dengan panjang gelombang sebesar 589 nm dan 330 nm.

Ash fusion temperature (AFT) adalah analisis yang dapat menggambarkan sifat pelelehan abu batubara yang diukur dengan mengamati perubahan bentuk contoh abu yang telah dicetak berupa kerucut, selama pemanasan bertahap. Analisis biasanya dilakukan dengan dua kondisi pemanasan, yaitu kondisi oksidasi dan kondisi agak reduksi. Pada kondisi reduksi, pemanasan dilakukan dalam tabung pembakaran yang dialiri oleh campuran 50% gas hidrogen dan 50% gas karbondioksida, sedangkan pada kondisi oksidasi pemanasan dilakukan dalam tabung pembakaran yang dialiri oleh 100% gas karbondioksida. Pengamatan sifat pelelehan ini umumnya dilakukan pada suhu 900°C sampai dengan 1600°C . Pengamatan dicatat dan dilaporkan pada saat contoh abu meleleh dan berubah menyerupai profil standar yang telah tersedia.

Slagging merupakan peristiwa melelehnya abu batubara karna suhu pembakaran melebihi nilai AFT yang kemudian material lelehan tersebut menempel ke material yang memiliki suhu yang lebih rendah dari nilai AFT sehingga abu yang meleleh tadi membeku dan membentuk material padat dan keras. *Slagging* ini dapat mengeras pada ruang gasifier sehingga mengganggu jalannya sirkulasi pembuangan sisa pembakaran, penyaluran gas, dan penambahan umpan batubara. Untuk karakteristik *slagging* dapat dinilai dari suhu leleh abu dan kondisi abu, Nilai AFT yang rendah memudahkan terjadinya *slagging*. Kemudian apabila rasio alkali (Fe_2O_3 , CaO ,

MgO, Na₂O, K₂O) terhadap unsur asam (SiO₂, Al₂O₃, TiO₂) meninggi, potensi timbulnya slagging juga meningkat.

Fouling adalah fenomena menempel dan menumpuknya abu pada dinding pipa-pipa penghantar gas yang diakibatkan oleh adanya abu batubara yang melunak dan kemudian mengendap dan menempel pada struktur pipa penghantar gas yang akan menempel, menumpuk dan menghalangi jalur gas didalam pipa tersebut.

C. Metode penelitian

Pelaksanaan penelitian akan dilaksanakan selama 3 bulan di Laboratorium PT. Geoservices Site Kelanis Kalimantan Tengah Penelitian ini direncanakan selama 3 bulan.

Bahan utama dalam penelitian ini adalah batubara jenis sub-bituminus yang bersumber dari daerah Wara dan Balangan, Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan. Persiapan contoh batubara dilakukan di Kelanis, Provinsi Kalimantan Tengah berupa penghancuran bongkahan batubara dan pengayakan batubara (4,75 mm).

Alat yang digunakan :

- Furnace 900°C dan AFT 1600°C
- Kamera
- Boiling oven
- Atomic Absorption Spectrofotometer
- Botol polipropilen 125ml
- Seperangkat pipet volume
- Gelas ukur 100ml
- Labu ukur 100ml, 50ml
- Pencetak AFT

Bahan yang digunakan:

- Asam Klorida
($\rho_{20} = 1160 \text{ kg/m}^3 - 1190 \text{ kg/m}^3$)
- Asam Fluorida
($\rho_{20} = 1200 \text{ kg/m}^3, 40\% \text{ w/v}$)
- Asam Nitrat

($\rho_{20} = 1420 \text{ kg/m}^3$), diencerkan 1 : 1

- Asam Matriks
- Sesium Klorida
- Larutan standar ASRM untuk kalibrasi
- Larutan CRM Al dan Si
- Gas Hidrogen dan Gas karbon dioksida
- Lautan asam borat
- Larutan Dextrin
- Aquadest

Kegiatan penelitian meliputi : preparasi sample batubara ke bentuk bottom ash yang kemudian dilanjutkan ke analisa dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tahap Preparasi
2. Tahap Pembakaran Batubara
3. Tahap Analisa Ash Fusion Temperature
4. Tahap Analisa Spektrofotometri Serapan Atom
5. Tahap Pengolahan Data

D. Hasil dan Pembahasan

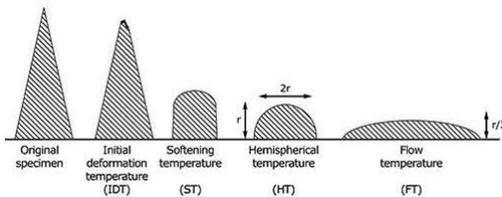
Preparasi sampel dilakukan untuk mengurangi massa dan ukuran sampel sebelum dilakukan analisa di laboratorium sesuai dengan syarat sebelum pengujian yaitu 0,212 mm. Sampel yang masih berukuran sebesar batu atau +50 mm harus dihancurkan sampai ukuran -4,75 mm menggunakan *crusher*, yang kemudian di *Rotari sample divider (RSD)* Sampel kemudian dipanaskan di oven dengan suhu $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 4 jam. Perlakuan ini dilakukan untuk mengurangi kadar air pada sampel sebelum proses preparasi selanjutnya. Selanjutnya, sampel yang telah dikeringkan dihancurkan kembali sampai ukuran 0,212 mm menggunakan *reymond mill*, kemudian sampel tersebut dilakukan pembakaran dengan menggunakan *dish ashing* besar di dalam tungku pemanas (Tanur) pada suhu $815 \text{ }^\circ\text{C}$ sampai terbakar sempurna dan dilanjutkan untuk analisa.

Jumlah sample yang digunakan pada

penelitian kali ini berjumlah 5 sampel yang dimana berasal dari sampel loading (siap kirim), sampel stock file wara, sample stock file balangan dan sampel geologi (untuk pembukaan lahan baru).

• *Ash Fusion Temperature (AFT)*

Analisa dilakukan dengan menggunakan 5 sampel yang berbeda dan masing masing dilakukan analisa *Ash Fusion Temperature* secara Reduksi dan Oksidasi. Untuk pembacaan *Ash Fusion Temperature* secara Reduksi menggunakan gas Hidrogen dan Gas Karbondioksida dengan lajur alir masing masing 1,15 L/min dan untuk pembacaan *Ash Fusion Temperature* secara Oksidasi menggunakan gas karbon dioksida dengan lajur alir 1,15 L/min.



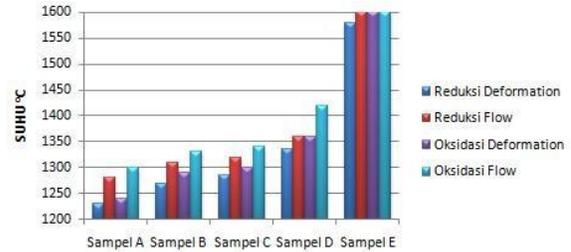
Gambar 4.1 bentuk Parameter *Ash Fusion Temperature*

Adapun hasil dari pembacaan *Ash Fusion Temperature* dari masing masing sample sebagai berikut :

NO	Parameter AFT	Unit	Standar	Sampel A	Sampel B	Sample C	Sample D	Sampel E
Kondisi Reduksi								
1	Deformation	°C	ASTM D 1857	1230	1270	1285	1335	1580
2	Spherical			1240	1285	1300	1340	>1600
3	Hemisphere			1260	1295	1305	1350	>1600
4	Flow			1280	1310	1320	1360	>1600
Kondisi Oksidasi								
1	Deformation	°C	ASTM D 1857	1240	1290	1300	1360	>1600
2	Spherical			1265	1305	1310	1380	>1600
3	Hemisphere			1280	1320	1325	1405	>1600
4	Flow			1300	1330	1340	1420	>1600

Tabel 4.1 Hasil analisa *Ash Fusion Temperature*

Adapun grafik perbandingan nilai Deformation dan Flow kondisi Reduksi dan Oksidasi dari masing masing sampel sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Deformation dan Flow

Dari **Tabel 4.1** dan **Gambar 4.2** dapat kita lihat bahwa :

- Hasil yang didapatkan dapat diketahui bahwa untuk sampel A memiliki nilai *Ash Fusion Temperature* dalam kondisi Reduksi, Defomation 1230°C dan Flow 1280°C dan dalam kondisi Oksidasi, Deformation 1240°C dan Flow 1300°C.
- Untuk sampel B memiliki nilai *Ash Fusion Temperature* dalam kondisi Reduksi, Defomation 1270°C dan Flow 1310°C dan dalam kondisi Oksidasi, Deformation 1290°C dan Flow 1330°C.
- Untuk sampel C memiliki nilai *Ash Fusion Temperature* dalam kondisi Reduksi, Defomation 1285°C dan Flow 1320°C dan dalam kondisi Oksidasi, Deformation 1300°C dan Flow 1340°C.
- Untuk sampel D memiliki nilai *Ash Fusion Temperature* dalam kondisi Reduksi, Defomation 1335°C dan Flow 1360°C dan dalam kondisi Oksidasi, Deformation 1360°C dan Flow 1420°C.
- Untuk sampel E memiliki nilai *Ash Fusion Temperature* dalam kondisi Reduksi, Defomation 1580°C dan Flow >1600°C dan dalam kondisi Oksidasi, Deformation >1600°C dan Flow

>1600°C.

- Analisa Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

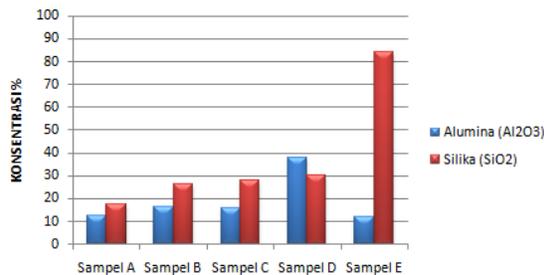
Analisa dilakukan dengan menggunakan 5 sample yang berbeda yang masing masing di preprasi sehingga siap untuk dilakukan pembacaan kadar Alumina (Al₂O₃) dan Silika (SiO₂) dengan menggunakan metode AS 1038.14.2.

Adapun hasil yang di dapatkan sebagai berikut:

NO	Parameter SSA	Standar	Unit	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D	Sample E
1	Silika (SiO ₂)	AS 1038.14.2	%	17,3	26,5	27,9	30,0	84,0
2	Alumina (Al ₂ O ₃)	AS 1038.14.2	%	12,6	16,4	15,8	37,8	11,9

Tabel 4.2 Hasil Analisa SSA

Adapun grafik perbandingan kadar Alumina (Al₂O₃) dan Silika (SiO₂) dari masing masing sampel sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan kadar Alumina dan Silika

Dari **Tabel 4.2** dan **Gambar 4.3** dapat kita lihat bahwa :

- Hasil yang didapatkan dapat diketahui bahwa untuk sampel A memiliki kada alumina (Al₂O₃) sebesar 12,6% dan kadar silika (SiO₂) sebesar 17,3%.
- Untuk sampel B memiliki kada alumina

(Al₂O₃) sebesar 16,4% dan kadar silika (SiO₂) sebesar 126,5%.

- Untuk sampel C memiliki memiliki kada alumina (Al₂O₃) sebesar 15,8% dan kadar silika (SiO₂) sebesar 27,9%.
- Untuk sampel D memiliki kada alumina (Al₂O₃) sebesar 37,8% dan kadar silika (SiO₂) sebesar 30.0%.
- Untuk sampel E memiliki kada alumina (Al₂O₃) sebesar 11,9% dan kadar silika (SiO₂) sebesar 84,0%.

Dari hasil yang diatas kita bisa melihat perbandingan nilai *Ash Fusion Temperature* terhadap kadar Alumina (Al₂O₃) dan Silika (SiO₂) adalah berbanding lurus, semakin tinggi kadar Alumina (Al₂O₃) dan Silika (SiO₂) maka semakin tinggi nilai *Ash Fusion Temperature* dari sampel tersebut, sehingga kita memastikan bahwa kadar Alumina (Al₂O₃) dan Silika (SiO₂) sangat berpengaruh terhadap nilai *Ash Fusion Temperature* dan proses terbentuknya *slagging dan fouling* pada tungku pembakaran.

E. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, didapakan hasil sebagai berikut :

1. Sampel A memiliki nilai *Ash Fusion Temperature* dalam kondisi Reduksi, Defomation 1230°C dan Flow 1280°C dan dalam kondisi Oksidasi, Defomation 1240°C dan Flow 1300°C. Untuk kadar Alumina (Al₂O₃) sebesar 12,6 % dan Silika (SiO₂) sebesar 17,3 %.
2. Sampel B memiliki nilai *Ash Fusion Temperature* dalam kondisi Reduksi, Defomation 1270°C dan Flow 1310°C dan dalam kondisi Oksidasi, Defomation 1290°C dan Flow 1330°C. Untuk kadar Alumina (Al₂O₃) sebesar 16,4 % dan Silika (SiO₂) sebesar 26,5 %.

3. Sampel C memiliki nilai *Ash Fusion Temperature* dalam kondisi Reduksi, Defomation 1285°C dan Flow 1320°C dan dalam kondisi Oksidasi, Deformation 1300°C dan Flow 1340°C. Untuk kadar Alumina (Al₂O₃) sebesar 15,8 % dan Silika (SiO₂) sebesar 27,9 %.
4. Sampel D memiliki nilai *Ash Fusion Temperature* dalam kondisi Reduksi, Defomation 1335°C dan Flow 1360°C dan dalam kondisi Oksidasi, Deformation 1360°C dan Flow 1420°C. Untuk kadar Alumina (Al₂O₃) sebesar 37,8 % dan Silika (SiO₂) sebesar 30,0 %.
5. Sampel E memiliki nilai *Ash Fusion Temperature* dalam kondisi Reduksi, Defomation 1580°C dan Flow >1600°C dan dalam kondisi Oksidasi, Deformation >1600°C dan Flow >1600°C. Untuk kadar Alumina (Al₂O₃) sebesar 11,9% dan Silika (SiO₂) sebesar 84,0 %.
6. Perbandingan nilai *Ash Fusion Temperature* terhadap kadar Alumina (Al₂O₃) dan Silika (SiO₂) adalah berbanding lurus, semakin tinggi kadar Alumina (Al₂O₃) dan Silika (SiO₂) maka semakin tinggi nilai *Ash Fusion Temperature* dari sampel tersebut, sehingga kita memastikan bahwa kadar Alumina (Al₂O₃) dan Silika (SiO₂) sangat berpengaruh terhadap nilai *Ash Fusion Temperature* dan proses terbentuknya *slagging dan fouling* pada tungku pembakaran

F. Daftar Pustaka

1. Adam, F., Kandasamy, K dan Batakrishnan, S. 2006. *Iron Incorporated heterogeneous Catalyst From Rice Husk Ash*. Journal of Colloid and Interface Science. 304: 137-143
2. Adiarso, dkk. 2010, *Teknologi Pemanfaatan Batubara Peluang dan Tantangan*. Balai Besar Teknologi Energi BPPT PUSPIPTEK, Tangerang
3. Anonim. *Pabrik Silika dari Abu Ampas Tebu dengan proses Presipitasi*. Institut Teknologi Sepuluh November, diakses pada tanggal 28 juni 2012
4. *AshFusionTemperature*,(online<http://laporananalisisbatubara.blogspot.co.id/diunduh> pada 16 Desember 2015)
5. Basset, J *et al.* 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analitik Kualitatif Anorganik*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
6. Keenan,C.W.,Kleinfelter,D.C.,dan Wood,J.H. 1992. *Ilmu Kimia Untuk Universitas.Edisi keenam. Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga
7. Lucas, Howard J, David Pressman. 1949. *Principles and Practice In Organic Chemistry*. New York: John Wiley and Sons, Inc
8. Muchjidin, 2006, *Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara*, Penerbit ITB, Bandung.
9. Nck, Mheea. 2010. *Pemanfaatan Abu Batubara*. Seputar Informasi tentang Tambang.www.pemanfaatan-abu-batubara.html diakses pada tanggal 30 Januari 2012
10. PT. Geoservices (Ltd). 1999. *Manual Sistem Manajemen Mutu Volume 1 dan 2*. Kelanis.
11. SumarHendayana, dkk, 1994, *Kimia Analitik Instrumen*, IKIP Semarang.