

Pengaruh Karakteristik Batubara terhadap Potensi Pembentukan *Slagging* dan *Fouling* di PT Bhadra Pinggala Sejahtera Desa Sungai Payang dan Jembayan Kecamatan Loa Kulu serta Desa Bakungan Kecamatan Loa Janan Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur

Mohamad Fajar Nugraha*, Sriyanti, Elfida Moralista

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

*mohamadfajar422@gmail.com

Abstract. Slagging and Fouling are the phenomena of sticking and accumulating coal ash which melts on the heat exchanger tube or boiler wall. These two phenomena can have a major impact on boiler operations, such as heat conduction problems, decreased boiler efficiency, pipe clogging, and pipe damage. The characteristics of coal as a fuel are determined through a proximate testing process, ultimate testing, ash analysis, and AFT (Ash Fusion Temperature). The determination of the occurrence of slagging and fouling is influenced by the melting point of the ash, the element of coal ash, and the ratio of acidic and alkaline oxides. This study aims to determine the characteristics of coal used as basic data in calculating the Slagging index and the Fouling index to determine the characteristics of coal. The test methodology includes proximate analysis and ultimate analysis, as well as AFT (Ash Fusion Temperature) analysis and ash element analysis. Slagging and fouling is influenced by the melting point of the ash which is correlated with the combustion temperature. The Badcock and Wilcox method is used to determine the type of ash based on the ratio of acid to base, while the potential for Slagging and Fouling uses the calculation of the Slagging index and the Fouling index. From the results of testing the characteristics of coal, the results obtained in proximate testing, total moisture value of 36.69 %-17.54 %, inherent moisture 9.62 %-7.4 %, volatile matter 44.97 %-4.27 %, ash 13.61 %-0.76 %, and the value of fixed carbon 49.83 %-36.93 %. Ultimate testing of carbon content 76.47 %-69.94 %, hydrogen content 5.59 %-4.89 %, nitrogen content 1.65 %-1.34 %, oxygen content 23.26 %-16.1 %, and total sulfur 1.3 %-0.11 %, as well as analysis of heating values ranging from 12,609 BTU/lb (daf)-11,228 BTU/lb (daf). Sample S2 PB with lignite ash type has the largest Slagging index and Fouling index, Slagging index (Rs) 1,316.6 (medium), and Fouling index (Rf) 5.96 (high). Then the S1 KB sample of lignite ash type has the lowest Slagging index and Fouling index, the Slagging index (Rs) of 1,280.8 (medium), and the Fouling index (Rf) of 0.25 (low).

Keywords: Characteristics of coal, *Slagging*, *Fouling*, melting temperature of ash.

Abstrak. *Slagging* dan *Fouling* adalah fenomena menempel dan menumpuknya

abu batubara yang melebur pada pipa penghantar panas (heat exchanger tube) ataupun dinding boiler. Kedua fenomena ini dapat memberikan dampak yang besar pada operasional boiler, yaitu masalah penghantaran panas, penurunan efisiensi boiler, tersumbatnya pipa, serta kerusakan pipa. Karakteristik batubara sebagai bahan bakar ditentukan melalui proses pengujian proksimat, pengujian ultimat, analisis abu, dan AFT (Ash Fusion Temperature). Potensi terjadinya *Slagging* dan *Fouling* dipengaruhi oleh titik leleh abu, unsur abu batubara, serta perbandingan oksida asam dan oksida basa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik batubara yang digunakan sebagai data dasar dalam perhitungan indeks *Slagging* dan indeks *Fouling*. Metodologi pengujian meliputi analisis proksimat dan analisis ultimat, serta analisis AFT (Ash Fusion Temperature) dan analisis unsur abu. Keterbentukan *Slagging* dan *Fouling* dipengaruhi oleh titik leleh abu yang dikorelasikan dengan suhu pembakaran. Metode Badcock and Wilcox digunakan dalam mengetahui tipe abu berdasarkan rasio oksida asam dan basa, sedangkan potensi *Slagging* dan *Fouling* menggunakan perhitungan indeks *Slagging* dan indeks *Fouling*. Dari hasil pengujian karakteristik batubara didapatkan hasil pada pengujian proksimat, nilai kadar air total (Total Moisture) 36,69 %-17,54 %, kadar air (*Inherent moisture*) 9,62 %-7,4 %, zat terbang (*Volatile matter*) 44,97 %-4,27 %, abu (Ash) 13,61 %-0,76 %, dan nilai karbon tertambat (Fixed Carbon) 49,83 %-36,93 %. Pengujian ultimat kadar karbon 76,47 %-69,94 %, kadar hidrogen 5,59 %-4,89 %, kadar nitrogen 1,65 %-1,34 %, kadar oksigen 23,26 %-16,1 %, dan total sulfur 1,3 %-0,11 %, serta analisis nilai kalor berkisar dari 12.609 BTU/lb (daf)-11.228 BTU/lb (daf). Sampel S2 PB bertipe abu lignit memiliki indeks *Slagging* dan Indeks *Fouling* terbesar, indeks *Slagging* (Rs) sebesar 1.316,6 (menengah), dan indeks *Fouling* (Rf) sebesar 5,96 (tinggi). Kemudian sampel S1 KB bertipe abu lignit memiliki indeks *Slagging* dan Indeks *Fouling* terendah, indeks *Slagging* (Rs) sebesar 1.280,8 (menengah), dan indeks *Fouling* (Rf) sebesar 0,25 (rendah).

Kata Kunci: Iklan, Kata Kunci: Karakteristik batubara, *Slagging*, *Fouling*, suhu leleh abu.

1. Pendahuluan

Batubara hingga saat ini masih mendominasi sebagai sumber energi. Berdasarkan pada kualitas dan kuantitas batubara, penggunaan batubara yang sesuai dengan spesifikasi dan jumlah yang tepat akan memberikan efektifitas pembakaran yang baik. Spesifikasi batubara yang umum digunakan untuk pemanfaatan sebagai bahan bakar, antara lain kadar air, nilai kalor, analisis komposisi abu, Ash fusion temperature (AFT), Hardgrove Grindability Index (HGI). Spesifikasi yang umum digunakan untuk PLTU antara lain adalah kadar air, nilai kalor dan indeks ketergerusan. (Ma, dkk., 2015).

Dalam pemanfaatannya ada permasalahan yang sering timbul pada pembakaran batubara yaitu *Slagging* dan *Fouling*. *Slagging* dan *Fouling* merupakan fenomena menempelnya dan menumpuknya abu batubara yang melebur pada pipa penghantar panas. *Slagging* adalah keadaan dimana abu batubara meleleh di zona pembakaran akibat dari suhu operasi lebih tinggi dari titik leleh abu. *Fouling* adalah fenomena menempel dan menumpuknya abu pada dinding penghantar panas (super heater maupun re-heater) yang dipasang di lingkungan dimana suhu gas pada bagian belakang furnace lebih rendah dibandingkan suhu (spherical temperature).

Evaluasi terhadap masalah ini, dapat diketahui melalui perhitungan rasio terhadap beberapa unsur tertentu dalam abu (Pintana dan Tipayawong, 2014). Bila rasio asam dan basa tinggi, maka potensi keterbentukan *Slagging* dan *Fouling* juga tinggi (Panagiotidis, dkk., 2015).

Batubara berkalori rendah, umumnya mempunyai nilai titik leleh abu yang rendah ($<1.200^{\circ}\text{C}$), sehingga kemungkinan melelehnya abu untuk terjadinya *Slagging* maupun *Fouling* cukup tinggi

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka perumusan masalah penelitian ini adalah: “Bagaimana karakteristik batubara yang digunakan dalam penelitian, bagaimana tipe abu batubara yang dihasilkan dari proses pengujian dan bagaimana potensi terbentuknya *slagging* dan *fouling* berdasarkan nilai indeks *slagging* dan indeks *fouling* apakah karakteristik dari batubara berpengaruh pada indeks *slagging* dan indeks *fouling*?”. Selanjutnya, tujuan penelitian ini dibagi menjadi.

1. Mengetahui karakteristik batubara yang digunakan dalam penelitian.
2. Mengetahui tipe abu batubara yang dihasilkan dari proses pengujian.
3. Mengetahui potensi terbentuknya *slagging* dan *fouling* berdasarkan nilai indeks *slagging* dan indeks *fouling*.

2. Landasan Teori

Pengujian proksimat adalah analisa yang menginformasikan data mengenai kadar air, kandungan abu, kandungan zat terbang, dan karbon tertambat. Analisis ini mengacu pada standar ASTM D 3172 mengenai Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke atau standar ISO 17246 mengenai Coal Proximate Analysis. Pemanfaatan batubara umumnya digunakan sebagai bahan bakar baik dalam industri, pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), hingga bahan bakar untuk alat transportasi, selain digunakan secara langsung, batubara juga dapat dimanfaatkan potensi gas metana yang terdapat di setiap lapisan batubara yang terbentuk secara alami, gas metana tersebut akan terakumulasi dan dapat dieksploitasi untuk digunakan sebagai pembangkit listrik.

Analisis ultimat merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kadar nitrogen, oksigen, sulfur, dan hidrogen dalam batubara. Beberapa standar yang dijadikan sebagai rujukan dalam melakukan analisis ini, yaitu standar ISO, BS, dan ASTM. Dari standar tersebut hanya ASTM yang menyediakan standar untuk analisis ultimat lignit dan hard coal, sedangkan untuk standar pengujian yang lain hanya menyediakan standar untuk hard coal saja.

Ash fusion temperature atau suhu titik leleh abu merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui perilaku abu batubara. Nilai AFT memberikan gambaran proses saat terjadinya pelunakan dan pelelehan abu. Nilai AFT penting diperhatikan dalam pemilihan batubara sebagai bahan bakar. Fase-fase yang dialami oleh abu batubara pada saat pengujian dalam suhu tinggi terbagi menjadi 4 fase, yaitu initial deformation temperature, spherical temperature, hemisphere temperature, dan fluid temperature (berdasarkan standar ASTM D1857).

Uji AFT bertujuan untuk menggambarkan karakteristik pelunakan dan pelelehan abu, dan diukur menurut standar prosedur tertentu dengan cara pemanasan secara gradual terhadap sampel yang telah disiapkan dalam bentuk cone untuk selanjutnya di amati profil perubahannya.

Penentuan tipe abu menggunakan metode *Badcock and wilcox*. Metode ini dikembangkan oleh perusahaan Badcock & Wilcox (B & W) yang merupakan fabrikasi boiler terkemuka dari Amerika. Pada metode ini, penilaiannya akan berbeda sesuai dengan komposisi unsur pembentuk abu sebagaimana ditampilkan di bawah ini.

Abu tipe bituminus $\text{CaO} + \text{MgO} < \text{Fe}_2\text{O}_3$.

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

Adapun rumus yang digunakan pada metode ini adalah base acid ratio, *Slagging factor*, dan *Fouling factor*.

Tipe Abu Bituminus :

Base acid ratio $= (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$

Slagging Factor $R_s = R \times S$

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

Tipe Abu Lignit :

Slagging Factor $R_s = ((\text{HT} + (4 \times \text{ID}))) / 5$

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

Keterangan :

HT = Hemisphere

ID = Initial Deformation temp

Slagging adalah fenomena menempelnya partikel abu batubara baik yang berbentuk padat maupun leburan pada permukaan dinding penghantar panas, sebagai akibat dari proses pembakaran. Campuran mineral anorganik yang terdapat pada abu batubara terdiri dari lempung (clay), pyrit, calcite, dolomite, serta kuarsa (quarts), menerima panas radiasi yang kuat di dalam tungku sampai akhirnya melebur. Saat abu yang melebur kontak dengan permukaan pipa yang suhunya relatif lebih rendah, abu akan mengalami pendinginan sehingga akhirnya menempel dan mengeras. Abu sisa pembakaran pembentuk *Slagging* dapat dihilangkan dengan memasang soot blower di dalam tungku secara tepat.

Karakteristik terbentuknya *Slagging* dapat dinilai dari suhu lebur abu (AFT) dan kondisi abu itu sendiri, titik leleh abu rendah akan memudahkan terjadinya *Slagging*. Bila rasio unsur alkali (Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O) terhadap unsur asam (SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2) meningkat, kemungkinan timbulnya *Slagging* juga meningkat. Penentuan indeks *Slagging* suatu abu batubara dimaksudkan untuk memperkirakan derajat pembentukan endapan lelehan terak pada dinding tungku suatu boiler. Nilai indeks *Slagging* tergantung pada jenis batubaranya, dan dapat dihitung dari kandungan oksida asam, oksida basa, dan kadar sulfurnya (Arief S. Sudarsono, 2003).

Fouling adalah endapan yang terjadi di superheater atau reheater. Endapan ini sulit dibersihkan dari susunan pipa yang rapat. *Fouling* merupakan fenomena menempel dan menumpuknya abu sisa pembakaran batubara pada dinding penghantar panas (super heater maupun re-heater) di lingkungan dimana suhu gas pada bagian belakang furnace lebih rendah dibandingkan suhu lebur abu atau ash softening temperature. *Fouling* biasanya terjadi apabila kadar alkali (Na_2O dan K_2O) dalam abu batubara melebihi 3 % dan intensitas *Fouling* meningkat dengan naiknya kadar sulfur. *Fouling* merupakan sumber terjadinya korosi dan menghambat aliran gas (Arief S. Sudarsono, 2003).

Unsur yang paling berpengaruh pada penempelan abu ini adalah material basa terutama Na, yang dalam hal ini adalah kadar Na_2O . Bila 3 unsur ini, kadar abu batubara yang tinggi, unsur basa dalam abu, serta kadar Na_2O yang tinggi, maka *Fouling* akan mudah terbentuk. Evaluasi karakteristik *Fouling* sama dengan untuk *Slagging*, yaitu dinilai berdasarkan rasio unsur basa dan asam, serta kadar Na_2O di dalam abu. Jika nilai-nilai tadi tinggi, maka secara umum kecenderungan *Fouling* juga meningkat. Selanjutnya kadar sulfur yang tinggi juga cenderung mendorong timbulnya *Fouling* melalui pembentukan senyawa bersuhu lebur rendah, melalui persenyawaan dengan unsur basa ataupun besi.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berikut merupakan hasil penelitian yang dilakukan untuk mengetahui potensi *slagging* dan *fouling* pada pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar. Pengujian proksimat, pengujian ultimat, analisis nilai kalor, analisis abu, dan ash fusion temperature

Pengujian proksimat batubara bertujuan untuk mengetahui nilai moisture, ash, *volatile matter*, dan fixed carbon pada batubara. Kandungan Moisture pada batubara menjadi salah satu yang perlu diperhatikan pada pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar. Moisture merupakan kadar air dalam batubara yang masuk melalui pori-pori pada permukaan batubara secara alami, moisture yang tinggi dalam batubara membuat sulit untuk dinyalakan. Batasan maksimum total air pada batubara yang di manfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik dan bahan campuran semen sebesar yaitu sebesar 15% (Arbie Yakub, 2012).

Dari hasil pengujian proksimat tabel 2, total moisture rata-rata yaitu sebesar 27,33 % untuk batubara lokasi X (Formasi Kampungbaru), dan 20,24 % untuk batubara pada lokasi Y (Formasi Pulaubalang), sedangkan nilai total moisture maksimal sebesar 15 %, kadar air dalam batubara tersebut cukup tinggi untuk dimanfaatkan sebagai bahan utama pembangkit listrik hal tersebut akan membuat batubara sulit untuk dihidupkan.

Kemudian kadar abu (Ash) pada analisis proksimat sampel batubara, nilai kadar abu terkecil sebesar 3,55 % untuk batubara lokasi X (Kampungbaru), untuk lokasi Y (Pulaubalang) hasil pengujian proksimat abu (Ash) kadar terendah sebesar 0,76 %. Nilai kandungan abu dalam

batubara yang baik untuk digunakan sebagai bahan bakar berkisar 2 % dan nilai maksimum dari kadar abu yang dapat dimanfaatkan antara 12 %-15 %. Nilai rata-rata dari kedua lokasi untuk kadar abu (Ash) sebesar 5,73 %, nilai tersebut termasuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama pembangkit tenaga listrik.

Tabel 2. Hasil Pengujian Proksimat

SAMPLE	Kadar Air	Kadar Abu	Kadar Sulfur	CV	Kadar Karbon
	%	%	%	kJ/g	%
S1 KB	22,55	9,63	0,07	31,45	86,92
S2 KB	19,66	9,29	0,07	31,45	86,92
S3 KB	22,76	9,63	0,07	31,45	86,92
Rata-rata	21,65	9,31	0,07	31,45	86,92
S1 PB	26,47	7,51	0,11	33,61	85,70
S2 PB	24,55	8,72	0,11	33,61	85,70
S3 PB	18,39	7,5	0,11	33,61	85,70
S4 PB	17,14	7,5	0,11	33,61	85,70
Rata-rata	21,84	7,57	0,11	33,61	85,70

Sumber: Penelitian Skripsi, 2020

Analisis ultimat merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kadar nitrogen, oksigen, sulfur, dan hidrogen dalam batubara. Beberapa standar yang dijadikan sebagai rujukan dalam melakukan analisis ini, yaitu standar ISO, BS, dan ASTM. Dalam analisis ultimat ini lebih tertuju pada kandungan sulfur dan karbon yang terkandung di dalam sampel batubara.

Sampel batubara di lokasi X (Formasi Kampungbaru) nilai rata-rata kandungan sulfur sebesar 0,18 %, nilai ini termasuk rendah karena untuk setiap negara mempunyai standar yang berbeda limit maksimum tergantung daerah tentang polusi contoh negara Inggris 2 %, Jerman 1%, dan Jepang 0,5 %. Sedangkan untuk kadar sulfur lokasi Y (Formasi Pulaubalang) nilai rata-rata sebesar 0,46 %, dilihat pada gambar, terjadi peningkatan kadar sulfur pada sampel S4 PB sebesar 1,3 % hal tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adanya mineral pirit pada lapisan batubara. Pirit (Fe_2S_2) merupakan mineral yang memberikan kontribusi besar terhadap kandungan sulfur dalam batubara, atau lebih dikenal dengan sulfur piritik (Mackowsky, Organic Petrology, 1998)

Tabel 3. Hasil Pengujian Ultimat

SAMPLE	KADAR KARBON	KADAR HIDROGEN	KADAR NITROGEN	KADAR OKSIGEN	TOTAL SULFUR
	% daf	% daf	% daf	% daf	% adb
S1 KB	86,91	5,12	1,15	12,14	0,27
S2 KB	71,1	4,99	1,1	12,79	0,11
S3 KB	72,89	5,09	1,14	12,5	0,16
Rata-rata	76,41	5,05	1,13	12,48	0,18
S1 PB	85,51	5,51	1,52	17,17	0,17
S2 PB	79,6	5,55	1,6	17,15	0,19
S3 PB	81,7	5,55	1,65	16,1	0,13
S4 PB	74,51	5,16	1,6	17,71	1,3
Rata-rata	79,46	5,27	1,6	17,15	0,46

Sumber: Penelitian Skripsi, 2020

Untuk hasil kandungan karbon dari sampel batubara yang diambil di lokasi X (Formasi Kampungbaru) mempunyai nilai rata-rata karbon sebesar 71,41 %, kemudian di lokasi Y (Formasi Pulaubalang) kandungan karbon rata-rata sebesar 75,46 %. Karbon merupakan unsur utama pembentuk batubara maka dari itu keberadaan karbon sangat berpengaruh pada kualitas batubara, karena nilai kalori pada batubara sangat di pengaruhi oleh kandungan karbon.

Nilai kalor terbesar bernilai 10.466 BTU/lb(%adb) atau sebesar 24.34 MJ/Kg pada sampel S3 KB di lokasi X (Formasi Kampungbaru), di lokasi Y (Formasi Pulaubalang) sebesar 11.505 BTU/lb(%adb) atau 26.76 MJ/Kg. Nilai tersebut masuk kriteria batubara sebagai bahan bakar dengan nilai kalori minimum sebagai bahan bakar sebesar 24-25 MJ/kg pada kondisi adb (Arbie Yakub, 2012) untuk gross calorific value.

Tabel 4. Hasil Pengujian Nilai Kalor

No. Sampel	Metode Sampel	Hasil Data Nilai Kalor			
		cal/g	cal/g	BTU/lb	BTU/lb
02 KB	SI KB	8181	6388	8308	11381
01 KB	SI KB	8180	6389	8308	11380
02 KB	SI KB	8187	6386	10480	11387
Rata-rata		8186	6411	8765	11458
04 PB	SI PB	8188	6390	8308	11389
03 PB	SI PB	8189	6391	10485	11388
01 PB	SI PB	8190	7484	11380	11388
7 SP	SI SP	8193	7489	11388	11393
Rata-rata		8195	6831	10787	11408

Sumber : Penelitian Skripsi, 2020

1. Penentuan Tipe Abu Berdasarkan Metode *Badcock and wilcox*

Dari analisis kadar abu di dapatkan nilai kandungan Fe₂O₃ yang disajikan dalam bentuk grafik yang menunjukkan kenaikan kadar Fe₂O₃ , semakin dalam lapisan batubara semakin besar kandungan Fe₂O₃ yang terkandung di dalam batubara. Berdasarkan data tersebut dapat di jelaskan bahwa tipe abu batubara pada kegiatan penelitian ini termasuk pada jenis abu lignit sampai abu bituminus. Di lokasi X (Formasi Kampungbaru) dari 3 sampel yang di ambil 2 diantaranya berjenis tipe abu bituminus, sedangkan untuk lokasi Y (Formasi Pulaubalang) terdiri dari 4 sampel, sebanyak 3 sampel diantaranya bertipe abu lignit.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Penentuan Abu

Sampel	CaO + MgO + Fe ₂ O ₃	Tipe Abu
01 KB	CaO + MgO + Fe ₂ O ₃	Lignit
02 KB	CaO + MgO + Fe ₂ O ₃	Bituminus
03 KB	CaO + MgO + Fe ₂ O ₃	Bituminus
04 PB	CaO + MgO + Fe ₂ O ₃	Lignit
02 PB	CaO + MgO + Fe ₂ O ₃	Lignit
03 PB	CaO + MgO + Fe ₂ O ₃	Lignit
04 PB	CaO + MgO + Fe ₂ O ₃	Bituminus

Sumber : Penelitian Skripsi, 2020

2. Analisis AFT (Ash Fusion Temperature)

Dari 7 sampel pada pengujian AFT ini hanya empat sampel yang diujikan yang bertipe abu lignit untuk mengetahui nilai AFT nya. Deformasi pengujian dilakukan dengan empat pengamatan berdasarkan tinggi titik leleh yaitu Initial Deformation (ID), Spherical (ST), Hemispherical (HT), dan Flow (FT). Nilai AFT dari hasil pengujian pada keempat sampel bernilai relatif sama, namun sampel S1 KB mempunyai nilai AFT yang paling rendah diantara semua sampel yang diujikan tabel 4.6. Deformasi pada sampel SI KB dalam kondisi reduksi, ID (Initial Deformation) terjadi pada suhu 1.172 °C, ST (Spherical Temperature) terjadi pada suhu 1.200 °C, HT (Hemisphere Temperature) terjadi pada suhu 1.209 °C, serta FT (Flow Temperature) terjadi pada suhu 1.242 °C. Secara ideal zona reduksi pada suhu pembakaran sebesar 900 °C. Pada kondisi tersebut kemungkinan kecil terjadinya *Slagging*, karena titik leleh dari komponen abu batubara yang relatif tinggi, yaitu diatas suhu 1.100 °C. Deformasi pada sampel dalam kondisi oksidasi, ID (Initial Deformation) terjadi pada suhu 1.276 °C, ST (Spherical Temperature) terjadi pada suhu 1.289 °C, HT (Hemisphere Temperature) terjadi pada suhu 1.300 °C, dan Deformasi FT (Flow Temperature) terjadi pada suhu 1.325 °C.

Tabel 6. Hasil Pengujian Ash Fusion Temperature

Sampel	SiO ₂ + MgO + Fe ₂ O ₃	Tipe Abu	Berat Awal Kisi (Kg)	Salipgan Terleleh (Kg)	Ukuranagan	Hasilng Terleleh (Kg)	Selangan
028	36,01-16,62%	Lignit	0,57	1,290,4	Menengah	0,45	Rendah
033	33,01-10,64%	Bituminous	0,41	0,03	Rendah	1,65	Sangat Tinggi
032	23,01-16,23%	Bituminous	4,09	0,91	Menengah	1,58	Sangat Tinggi
025	41,01-14,61%	Lignit	0,16	1,297,4	Menengah	3,57	Menengah
026	37,01-16,61%	Lignit	0,57	1,211,4	Menengah	1,45	Tinggi
021	33,01-16,62%	Lignit	1,14	1,702,4	Menengah	2,71	Menengah
027	23,01-16,23%	Bituminous	0,77	1,07	Menengah	0,21	Menengah

Sumber : Penelitian Skripsi, 2020

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik batubara pada pengujian pengujian proksimat, nilai kadar air (Total Moisture) bernilai 36,69 %-17,54 %, zat terbang (*Volatile matter*) bernilai 44,97 %-4,27 %, abu (Ash) bernilai 13,61 %-0,76 %, serta nilai karbon tertambat (Fixed Carbon) 49,83 %-36,93 %. Untuk pengujian ultimat di dapatkan kadar karbon 76,47 %-69,94 %, kadar hidrogen 5,59 %-4,89 %, kadar nitrogen 1,65 %-1,34 %, kadar oksigen 23,26 %-16,1 %, dan total sulfur 1,3 %-0,11 %.
2. Tipe abu untuk Formasi Kampungbaru adalah sampel S1 KB tipe abu lignit, sampel S3 KB tipe abu bituminous, dan sampel S2 KB tipe abu bituminous. Sedangkan tipe abu untuk Formasi Pulaubalang adalah sampel S2 PB tipe abu lignit, sampel S1 PB tipe abu lignit, sampel S3 PB tipe abu lignit, dan sampel S4 PB tipe abu bituminous.
3. Pada Formasi Kampungbaru sampel (S1 KB), indeks *slagging* menengah, dan indeks *fouling* rendah, sampel (S3 KB) indeks *slagging* menengah, dan indeks *fouling* sangat tinggi, sampel (S2 KB) indeks *slagging* rendah, indeks *fouling* tinggi. Pada Formasi Pulaubalang sampel (S2 PB) indeks *slagging* menengah, dan indeks *fouling* tinggi, sampel (S1 PB) indeks *slagging* menengah, dan indeks *fouling* menengah, sampel (S3 PB) indeks *slagging* menengah, dan indeks *fouling* menengah, dan sampel (S4 PB) indeks *slagging* menengah, indeks *fouling* menengah.

5. Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada percobaan ini di perlukan pengambilan sampel yang lebih banyak dan lengkap. Sehingga pengolahan data akan menjadi lebih mudah dan hasil yang di berikan akan lebih spesifik.

Daftar Pustaka

- [1] Amaliyah, N. dan Fachry, M. 2011, "Analisis Komposisi Batubara Mutu Rendah terhadap Pembentukan *Slagging* dan *Fouling* pada Boiler", Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik Universitas Hasanudin.
- [2] Arief S. Sudarsono. 2003, "Pengantar Preparasi dan Pencucian Batubara", Departemen Teknik Pertambangan ITB.
- [3] Arif, Irwandy, 2014, "Batubara Indonesia", Jakarta : PT Gramedia Pusaka Utama.
- [4] Anonim, 2009, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, "Ensiklopedia Batubara", Bandung : Puslitbang TEKMIIRA.
- [5] Anonim, 2006, Pusat InFormasi Energi, "*Blue Print Pengelolaan Energi Nasional*", Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [6] Anonim, Standar Nasional Indonesia Nomor 4931 Tahun 2010. Diterbitkan di Jakarta.

- Sudradjat, Adjat, dkk. 1997. *Bahan Galian Industri*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- [7] Bernabas, Servianus Meta, 2011, “Geologi dan Pengaruh Lingkungan Pengendapan Terhadap Ketebalan Lapisan Batubara, di Formasi Kampungbaru, Desa Tepok, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur”. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional (Veteran).
- [8] Datin Fatia Umar, Gandhi Kurnia Hudaya. 2016, “Prediksi terjadinya *Slagging* dan *Fouling* pada Boiler Berbahan Bakar Batubara”. Kolokium Tekmira.
- [9] Hadipandoyo, S., Setyoko, J., Suliantara, Guntur, A., Riyanto, H., Saputro, H.H., Harahap, M.D., Firdaus, N. 2007, “Kualifikasi Surberdaya Hidrokarbon Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumberdaya Mineral LEMIGAS, Jakarta.
- [10] Harkins, H.P, dkk. 1990, “Studi Regional Cekungan Batubara Daerah Pesisir Kalimantan Timur”. Badan Geologi Pusat Sumber Daya. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- [11] Muchjidin, 2013, “Pemanfaatan Batubara”, Bandung : Institut Teknologi Bandung
- [12] Prameswari, Windha Ayu, 2017, “Analisa Pembentukan *Slagging* dan *Fouling* Pembakaran Batubara Pada Boiler B 0201B Pabrik 3 Unit UBB di PT. Petrokimia Gresik”. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Indonesia.
- [13] Situmorang B, dkk. 2006, “*CBM Resources of Kutai Basin with Reference to the North Kutai Lama Field, Sangsanga area, East Kalimantan. Proceedings of International Geosciences conference and exhibition*”. Jakarta Agustus 14-16 2006.
- [14] Sianipar, Chandra Leonardo, dkk. 2019, “Analisis Pengaruh Kualitas Batubara Umpan Terhadap Potensi *Slagging* Pada *Boiler Circulating Fluidized Bed (CFB)* di PLTU Banjarsari”. Universitas Sriwijaya. Indonesia.
- [15] Widodo, S, dkk. 2009, “*Recontruction of Floral Changes during Deposition of The Miocene Embalut Coal from Kutai Basin, Mahakam Delta, East Kalimantan, Indonesia by Use of Aromatic Hydrocarbon Composition and Stable Carbon Isotope Rations of Organic Matter*”. *Organic Geochemistry*. 40. 206-218.