

Analisis Kualitas Batubara sebagai Penentu Faktor Swabakar

Ian Kurniawan^{1,*}, Aryansyah², Adri Huda³

¹DIV Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Musi Charitas, Palembang, 30127

²Dinas Energi Sumber Daya Mineral Provinsi Sumatera Selatan, Palembang, 30137

³Energy & Advance Material Manufacturing Lab, Worcester Polytechnic Institute (WPI), Massachusetts, Unites States of America

*E-mail : iankurniawan019@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan konsumsi energi dunia mengakibatkan semakin meningkatnya produksi batubara. Proses distribusi batubara secara teoritis menggunakan konsep manajemen *FIRST IN FIRST OUT* (FIFO), akan tetapi dikarenakan kondisi transportasi sebagai sarana penunjang dalam mendistribusikan batubara masih sangat terbatas mengakibatkan terjadinya penumpukan pada area stockpile batubara. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur batubara di dalam stockpile yaitu kualitas kalori dari batubara. Metode penelitian menggunakan quasi eksperimen dengan menggunakan 3 sampel kalori batubara (4800, 5000 dan 6500) kalori untuk dilakukan analisis proksimat dan ultimat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variable dalam analisis proksimat dan ultimat dapat menentukan tingkat kecepatan terjadinya swabakar batubara. Proses mitigasi peningkatan kualitas batubara diperlukan untuk mengurangi dampak terjadinya swabakar di stockpile.

Kata kunci: *Swabakar, Proksimat, Ultimat, Stockpile*

ABSTRACT

The world energy consumption has resulted in increased coal production. The theoretical coal distribution process uses the management concept of FIRST IN FIRST OUT (FIFO), however, due to the condition of transportation as a supporting means of distributing coal. It's still very limited resulting in accumulation in the coal stockpile area. One of the factors that can cause an increase in coal temperature in the stockpile is the calorie quality of coal. The research method used a quasi-experimental using 3 samples of coal calories (4800, 5000 and 6500) calories for proximate and ultimate analysis. The results showed that the variables in the proximate and ultimate analysis can determine the rate of coal self-combustio.s. The mitigation process of improving coal quality is needed to reduce the impact of self-combustion in stockpile.

Keywords: *terdiri dari 3-5 kata*

1. PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan ekonomi penduduk masyarakat dunia dan Indonesia seiring dengan peningkatan kebutuhan listrik dan energi. Sektor transportasi, industri dan perumahan merupakan sektor yang paling banyak membutuhkan energi. Berdasarkan laporan *Annual Energy Outlook 2017* (AEO, 2017) penggunaan sumber-sumber energi semakin meningkat. Li et al. (2014) menyatakan bahwa adanya hubungan

yang kuat antara penggunaan energi dan pertumbuhan ekonomi. Penggunaan energi mengakibatkan terjadinya dampak sekunder terhadap lingkungan atmosfer dan udara, salah satunya meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi dan perubahan iklim.

Global Warming atau pemanasan global menjadi isu sentral sektor lingkungan di berbagai negara. Pemanasan global sendiri mempunyai definisi meningkatnya suhu rata-rata

permukaan bumi, dimana salah penyebab utamanya adalah peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK). Suhu rata-rata global pada permukaan bumi meningkat $0,74 \pm 1,8^{\circ}$ C selama seratus tahun terakhir. Bahkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyimpulkan bahwa sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi GRK akibat aktivitas manusia.

Gas rumah kaca sendiri adalah gas-gas yang ada di atmosfer dan berfungsi seperti atap rumah kaca yang mampu meneruskan radiasi gelombang panjang sinar matahari namun menahan radiasi infra merah yang diemisikan oleh permukaan bumi. Gas-gas yang dimaksud antara lain CO_2 , CH_4 , NO_2 , Hydrofluorocarbon (HFCs), Perfluorocarbon (PFCs) dan Sulfur heksa florida (SF_6). Sumber penyebab gas rumah kaca diakibatkan oleh sumber alami (Natural sources) dan manusia (*Antropogenic sources*).

Jutaan ton batubara dibakar melalui proses pembakaran untuk mendapatkan energi (World Coal Institute, 2011). Ketika terakumulasi dengan emisi CO_2 lainnya dari bahan bakar fosil, emisi tersebut menyebabkan peningkatan konsentrasi CO_2 di atmosfer sehingga merubah siklus alam. Dampak negatif seperti kenaikan suhu di laut (mengurangi kelarutan O_2 dan CO_2), membantu melelehkan es di kutub, mempengaruhi perubahan arah angin, dan kemudian menghasilkan efek yang tidak diketahui pada kehidupan seluruh dunia (IPCC, 2011). Pada saat yang sama, pembakaran batubara secara alami mendapat sedikit perhatian, meskipun sebagai sumber utama emisi CO_2 dan CH_4 .

Akhir abad ke-20 penggunaan batubara menjadi penting karena kaitannya dengan efek kesehatan manusia dan perubahan iklim. Dampak produksi batubara terhadap kesehatan manusia terjadi pada tahap awal produksi, khususnya selama proses penambangan. Bahaya utama adalah terjadinya keracunan karena akibat CO dan metana,

menghirup logam berat seperti merkuri, selenium, arsen dan akibat ledakan gas di dalam lubang serta kebakaran batubara (di permukaan atau di dalam lubang). Dewasa ini, telah terjadi perbaikan dalam kondisi prose kerja batubara yang telah mampu membantu mengurangi dan menghindari risiko tersebut (Gaffney and Marley, 2009).

Proses distribusi batubara membutuhkan tempat penyangga antara pengiriman dan proses yang disebut stockpile. Batubara juga disimpan dan ditumpuk di stockpile kemudian dilakukan proses homogenisasi dan atau pencampuran batubara untuk menyiapkan kualitas yang dipersyaratkan. Penyimpanan batubara terbuka menghasilkan hasil samping karena berada di area pertambangan aktif. Hasil samping atau sisa proses dibiarkan dalam jangka waktu yang lama sehingga terjadi proses oksidasi dalam suhu rendah menyebabkan swabakar (Pone et al., 2007; Kuenzer et al., 2007). Batubara dalam berbagai kualitas/tingkatan yang memiliki bahan karbon sebagai penyusun utama pada suhu rendah akan teroksidasi akibat adanya oksigen di udara (Yuan et al., 2013 dan Arisoy and Bamish, 2015). Menurut Kolker et al. (2009) terjadinya swabakar batubara merupakan salah satu penyumbang efek gas rumah kaca serta zat toksik berbahaya lainnya.

Avila (2012) melakukan penelitian mengenai proses terjadinya oksidasi batubara dan campuran batubara atau biomassa dengan menggunakan metode termal dan optik memperoleh hasil bahwa faktor suhu pada proses swabakar, yang selalu lebih rendah daripada suhu kritis batubara mempengaruhi terjadinya swabakar. Sipila (2013) meneliti tentang risiko yang muncul di penyimpanan bawah tanah batubara bitumen, diperoleh indikator kinerja utama sebagai penyebab risiko kebakaran adalah indeks sifat batubara dan untuk penyimpanan (emisi gas dan suhu). Ma et al. (2013) melakukan penelitian eksperimen menyimpulkan terjadi kecendrungan swabakar dari campuran batubara dengan nilai volatil yang tinggi, hasil percobaan menunjukkan

bahwa jenis penyerapan oksigen terutama adsorpsi fisik dan nilai kalor sangat kecil saat terjadi kenaikan massa batubara.

Proses swabakar terjadi di beberapa lokasi stockpile di beberapa negara, diantaranya Alabama, USA (JEA, 2013), Jharia Coalfield, India (Van Genderen, 2012), Wuda Coalfield, China (Song dan Kuenzer, 2015) dan Hedland, Australia (World Research Institute, 2014). Menurut Dinas Pertambangan Energi dan Provinsi Sumatera Selatan pada tahun 2017 melaporkan terdapat 14 lokasi stockpile batubara yang tersebar di beberapa wilayah Kabupaten/Kota dengan tingkat kejadian swabakar rata-rata terjadi 3 kali/bulan dan alokasi biaya pengelolaan lingkungan untuk mengatasi masalah tersebut 2 M/tahun. Besarnya alokasi biaya dan dampak yang ditimbulkan dari kejadian swabakar dengan intensitas yang tinggi dapat diatasi dengan suatu upaya mitigasi sehingga faktor utama penyebab swabakar dapat diminimalisir.

Salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur batubara di dalam stockpile seperti kondisi lingkungan dan lamanya batubara tertimbun yang dapat menyebabkan proses *selfheating* terus berlanjut sampai tercapai temperatur kritis swabakar batubara. Proses penumpukan batubara pada area stockpile akan meningkatkan suhu di area stockpile mengakibatkan terjadinya proses oksidasi dan melepas panas, sehingga akan memenuhi prinsip *Fire Triangle* kemudian terjadi proses *selfcombustion* (swabakar).

2. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan bersifat *quasi eksperimen* dimana penelitian yang dilakukan memberikan data secara kuantitatif dan kualitatif dengan melakukan pengambilan sekunder dari PT. Bukit Asam Tbk untuk dijadikan data awal kemudian data primer dengan melakukan analisis laboratorium proximate dan ultimate sampel dari area stockpile batubara sebagai penentu kualitas batubara. Lokasi penelitian swabakar batubara yang digunakan sebagai sampel adalah stockpile

perusahaan PT. Bukit Asam Tbk. yang berdasarkan pemantauan dan studi lapangan sering mengalami terjadinya proses swabakar.

Pemeriksaan sampel batubara dengan kalori yang berbeda dilakukan di laboratorium pemeriksaan yang memiliki kompetensi (akreditasi) dan instrumentasi yang digunakan tersedia. Laboratorium pemeriksaan diantaranya :

- Laboratorium Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Sumatera Selatan.
- Laboratorium Pengujian Tekmira Bandung.

Sampel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah batubara yang diambil dari pemegang Izin usaha pertambangan (IUP) PT. Bukit Asam Tbk. berlokasi di Tanjung Enim Provinsi Sumatera Selatan. Dasar pemilihan PT. Bukit Asam Tbk. sebagai lokasi untuk pengambilan sampel penelitian karena perusahaan tersebut memiliki batubara dengan kadar kalori yang bervariasi antara lain Kalori 4800, 5000 dan 6500.

Tahapan penelitian dilakukan untuk mendapatkan sifat fisik dan kimia batubara yang berpengaruh pada peristiwa swabakar pada batubara dengan variasi 3 jenis kalori sehingga didapatkan validitas dari kualitas dan karakterisasi batubara tersebut. Langkah kerja yang dilakukan pada tahapan ini adalah sebagai berikut :

a. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan di lokasi stockpile batubara untuk menganalisis dan mempelajari pola dan sebaran sampel dengan kategori kalori yang berbeda-beda. Observasi lapangan juga ditujukan untuk mengetahui kondisi riil faktor lingkungan di daerah stockpile batubara.

b. Pengambilan dan Persiapan Sampel Batubara

Sampel batubara yang diambil dan digunakan berasal dari Tambang air laya dan Muara Tiga Besar pada IUP PT. Bukit Asam. Pengambilan sampel dilakukan di stockpile batubara dengan menggunakan *scoop* sebanyak 500 gr untuk setiap kalori kemudian dimasukkan dalam wadah sampel palstik polimer yang tahan

terhadap kondisi suhu dan lingkungan. Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah dengan menggunakan *grab sampling* dengan mengambil bagian sampel dari tumpukan batubara di stockpile kemudian dijadikan satu sehingga bisa merepresentasikan sampel.

c. Analisis Laboratorium Sampel Batubara

Sampel batubara dibawa untuk diperiksa ke laboratorium yang telah terakreditasi dan memiliki perangkat untuk menganalisis kualitas batubara secara proximate dan ultimate. Acuan standar dalam analisis proximat dan ultimat mengikuti beberapa prosedur baku, antara lain :

- a) *ASTM D 2013/D 2013M-09 Standard Practice for Preparing Coal Samples for Analysis*
- b) *ASTM D5142-09 Standard Test Methods for Proximate Analysis of the Analysis Sample of Coal and Coke by Instrumental Procedures (Withdrawn 2010)*
- c) *ASTM D7582-10 Standard test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by macro Thermogravimetric Analysis*
- d) *ISO 11722:1999 Solid Mineral fuels – Hard Coal – Determination of Kadar air in the general analysis test sample by drying in nitrogen*
- e) *ISO 562 : 1998 Hard Coal and Coke – Determination of Ash Content Matter*
- f) *ISO 1171:1997 Solid Mineral Fuels Determination of Ash Content*
- g) *ASTM D3172-07a Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke Manual Book Instrument*
- h) *Thermogravimetry Analysis TGA 601*
- i) *ASTM D 4239 Standard Test Methods for Sulfur*
- j) *ASTM D 5373 Standard Test Methods for Determination of Carbon, Hydrogen, Nitrogen and Carbon*
- k) *ASTM D 3176 Standard Practice for Ultimate Analysis of Coal*
- l) *ASTM D 5865 Standard Methods for Gross Caloric Value of Coal.*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Swabakar batubara merupakan proses terbakarnya batubara dengan sendirinya yang diawali dengan proses self heating yang terjadi di Stockpile batubara. Berdasarkan studi lapangan yang dilakukan, proses swabakar hampir terjadi setiap tahun dan penyebab utama dari terjadinya proses swabakar tersebut adalah lamanya proses penimbunan (> 2 minggu) yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

Faktor lingkungan menjadi salah satu penyebab terjadinya *self heating*, ini disebabkan oleh adanya reaksi oksidasi antara kandungan yang terdapat pada batubara dengan oksigen yang berada di udara (Arisoy et al., 2006). Pencegahan terjadinya proses swabakar dapat dilakukan dengan melakukan analisis terhadap *self heating* batubara yang merupakan proses awal terbakarnya batubara serta menganalisis faktor-faktor yang dapat menyebabkan peningkatan temperatur tersebut agar upaya pencegahan dapat dilaksanakan. Analisis pemeriksaan dilakukan pada beberapa parameter yang terdapat di dalam udara ambien. Pelaksanaan pengambilan sampel udara dilakukan di salah satu Lokasi Stockpile PT. BUKIT ASAM TBK. di daerah Kertapati pada tanggal 12 Desember 2017, Pukul 09.00 – 15.00 dalam keadaan kondisi cerah. Hasil analisis disajikan dalam Tabel 1.

Kualitas batubara merupakan faktor yang menyebabkan terjadinya proses *self heating*, karena semua jenis batubara memiliki kemampuan dalam mengalami proses *self heating*. Waktu yang dibutuhkan oleh batubara mengalami *self heating* hingga mencapai titik nyala batubara sampai terjadinya swabakar berbeda-beda. Batubara dengan rank rendah memerlukan waktu yang lebih singkat untuk terbakar karena memiliki temperatur kritis *self heating* yang lebih rendah dibandingkan dengan batubara dengan rank tinggi (Muchjidin, 2006; Kaymacki dan Didari, 2002). Batubara yang berpotensi menyebabkan terjadinya swabakar adalah batubara dengan kandungan volatile matter yang tinggi dan kandungan sulfur yang ada di batubara

Tabel 1. Hasil Analisis Udara Ambien di Stockpile Batubara Kertapati PT. BUKIT ASAM TBK.

Parameter	Satuan	Hasil Analisis				Kadar Maksimum
		330	331	332	333	
CO	µg/Nm ³	1.145	3.436	2.290	<1.145	30.000
SO ₂	µg/Nm ³	90,6	106	125	76,7	900
NO ₂	µg/Nm ³	42,5	85,8	85,9	43,1	400
Pb	µg/Nm ³	<0,335	<0,335	<0,335	<0,335	#
TSP	µg/Nm ³	27,9	40,1	48,7	39,8	#
PM ₁₀	µg/Nm ³	9,29	15	19	11,8	150#
HC	µg/Nm ³	<1,23	1,23	1,23	<1,23	160
O ₃	µg/Nm ³	73,8	98,4	103	84,5	235
Kebisingan	dB	58,4	57	62,3	51,4	#
Kelembaban Udara	%	87,4	78,1	65,2	48,6	#
Suhu	°C	26,5	29,7	31,1	33	#

Terutama dalam bentuk *pyrite* akan sangat mempengaruhi tingginya potensi swabakara batubara dikarenakan kemampuan penerimaan panas relatif tinggi (Deng *et. al.*, 2015).

Data pengamatan dan pemantauan yang dilakukan pada tahun 2018 oleh PT. Bukit Asam terhadap kejadian swabakar batubara di semua stockpile didapatkan lebih kurang terjadi 7 lokasi mengalami kejadian swabakar. Kejadian swabakar terjadi di beberapa *temporary stockpile* dalam keadaan cuaca cerah di siang hari dengan kondisi malam sebelumnya tidak hujan. Formulir inspeksi swabakar K3L menyimpulkan bahwa tidak ada langkah penyiraman dan penanggulangan yang dilakukan melainkan rekomendasi diberikan dengan teknik batubara di area stockpile ditimbun dan dipadatkan. Fakta investigasi di atas memberikan keadaan sebenarnya yang dialami oleh beberapa perusahaan dalam menangani masalah swabakar yang tidak berorientasi pada pencegahan dan penanggulangan dini terbentuknya *self heating*.

3.1. Analisis Proksimat

Analisis proksimat adalah analisis yang paling mendasar dalam menentukan kualitas batubara, diantaranya penentuan kadar air lembab, kadar abu, kadar zat terbang dan fixed carbon. Metode standar untuk coal proximate analysis adalah ASTM D. 3173-1, ASTM D. 3174-11, ISO-562 : 2010 (E), ASTM 3172-02 (11)

Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke. Metode ini dapat digunakan untuk menetapkan peringkat batubara, menunjukkan *the ratio of combustible to incombustible constituents*, memberikan dasar untuk membeli dan menjual, dan mengevaluasi untuk benefisiasi atau untuk tujuan lain. Selain itu ada juga ASTM D7582-12 Standard *Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis*. Metode ini meliputi pengujian instrumen penentuan moisture, volatile matter, dan ash, dan perhitungan fixed carbon dalam analisis sampel batubara.

Penentuan moisture bertujuan untuk mengetahui kandungan kadar air di dalam sampel batubara, sehingga dapat menentukan kualitas batubara tersebut. Semakin tinggi kandungan air maka akan diperlukan energi yang cukup banyak dalam proses pembakaran batubara. Air yang terkandung dalam batubara yaitu air bebas dan air lembab. Air bebas yaitu air yang terikat secara mekanik pada permukaan dan mempunyai tekanan uap normal (kadarnya dipengaruhi oleh cuaca). Air lembab yaitu air yang terikat secara fisik pada bagian dalam batubara dan mempunyai tekanan uap di bawah normal.

Analisis kadar abu dalam bidang industri diperlukan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya proses/reaksi dalam dinding alat (furnace). Kadar abu

juga dipakai sebagai indikasi kualitas atau grade batubara karena kadar abu merupakan ukuran bagi material yang tidak terbakar. Batubara yang dibakar dapat merubah senyawa anorganik menjadi senyawa oksida yang berukuran kecil dalam bentuk abu. Abu hasil pembakaran disebut sebagai ash content atau kandungan abu batubara (Mathews et al. 2014)

Kadar zat terbang adalah zat selain air yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa-senyawa yang terdapat di dalam batubara. Kadar zat terbang dalam proses pembakaran batubara merupakan parameter yang akan mengindikasikan karakteristik pembakaran meliputi penyalaan, stabilitas nyala, dan reaktifitas. Kandungan zat terbang berkaitan dengan proses pembentukan batubara yang mengakibatkan kandungan air dalam batubara akan berkurang. Semakin kecil kandungan air, maka semakin tinggi nilai kalor batubara dan begitupun sebaliknya. Sampel penelitian menggunakan 3 jenis batubara yang berbeda kalorinya yaitu 4800, 5000 dan 6500. Tabel 2, 3 dan 4 menunjukkan Hasil Analisis Proksimat dari 3 sampel penelitian. Kandungan air yang terdapat dalam batubara mempengaruhi sifat batubara ketika terjadi proses pembakaran dikarenakan kadar air batubara mengurangi energi (kalori) akibat adanya panas yang terbuang dalam penguapan air, mempengaruhi efisiensi pembakaran dan menghambat penyalaan. Selain berpengaruh pada proses pembakaran, kadar air akan mempengaruhi pembiayaan disebabkan kandungan kadar air yang tinggi akan menambah berat batubara pada saat sampling dilakukan sehingga menambah biaya transportasi. Kapasitas penggerusan juga akan berkurang dengan semakin tingginya kadar air dalam batubara. Kadar air pada sampel berkisar antara 3,2-9,13 %, hal ini menunjukkan bahwa sampel termasuk dalam golongan batubara bituminous dan antrasit dengan kategori high rank, karena memiliki kadar air 5-10 % dan < 5% (Energy and Environment, 2003).

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa sampel pertama menunjukkan persentase kandungan air yang tinggi sebesar 9,13 % dengan nilai kalori hanya 4800 Kcal/kg, persentase ini menunjukkan bahwa nilai kalori batubara rendah karena memiliki kandungan air yang tinggi. Sampel kedua (Tabel 3) dan ketiga (Tabel 4) menunjukkan bahwa persentase kandungan air lebih rendah dengan persentase hanya 3,20% kalori 5000 dan 4,99% kalori 6500 ini menunjukkan bahwa semakin rendah kandungan air maka nilai kalori akan semakin tinggi.

Abu batubara merupakan sisa dari hasil pembakaran yang terdiri dari unsur penyusun mineral yang terikat kuat pada batubara seperti silika, aluminium oksida, ferri oksida, dan oksida alkali. Abu berpengaruh terhadap nilai kalor, jika semakin tinggi nilai kalor maka kadar abunya akan semakin rendah karena jumlah material anorganik (mineral) yang terkandung tinggi sehingga pada saat proses pembakaran semua zat organik akan teroksidasi menjadi zat-zat seperti CO₂ dan H₂O dan menghasilkan kalor sedangkan mineral tidak akan mengalami oksidasi menjadi uap, mineral-mineral tersebut akan mengendap sehingga tidak akan menghasilkan kalor. Kadar abu dalam penelitian ini berkisar 7,26% - 11,46% (dB). Ketiga sampel penelitian menunjukkan hubungan yang linier antara kandungan abu dan nilai kalori batubara, semakin tinggi nilai kalori maka akan semakin rendah kandungan abu. Semakin menguatkan teori bahwa salah satu yang menyebabkan rendahnya nilai kalori adalah tingginya kandungan abu (Yin, 2011).

Volatile matter terdiri dari gas SO₂, CO₂, CO, NO_x, CH₄. Kandungan volatile matter menentukan kelas batubara, semakin tinggi kadar volatile matter berbanding terbalik dengan kelas batubara karena semakin tinggi kandungannya dalam batubara akan mempercepat terjadinya pembakaran, semakin banyak kehilangan berat, dan kemungkinan terjadinya swabakar (spontaneous

combustion) akan meningkat (Nhuchhen, 2016).

Tabel 2. Hasil Analisis Proksimat Batubara Kalori 4800

No	Parameter	Unit	Hasil			Metode Standar Pemeriksaan
			ar	adb	db	
1	Moisture	%	27,57	9,13		ASTM D. 3173-11
2	Ash	%	8,30	10,41	11,46	ASTM D. 3174-11
3	Volatile Matter	%	31,12	39,04	42,96	ISO-562 : 2010 (E)
4	Fixed Carbon	%	33,01	41,42	45,58	ASTM 3172-02 (11)
5	Total Sulfur	%	-	-	-	
6	Gross Caloric Value	%	-	-	-	

Tabel 3. Hasil Analisis Proksimat Batubara Kalori 5000

No	Parameter	Unit	Hasil			Metode Standar Pemeriksaan
			ar	adb	db	
1	Moisture	%	21,76	3,20		ASTM D. 3173-11
2	Ash	%	6,68	8,26	8,53	ASTM D. 3174-11
3	Volatile Matter	%	30,79	38,1	39,36	ISO-562 : 2010 (E)
4	Fixed Carbon	%	40,77	50,44	52,11	ASTM 3172-02 (11)
5	Total Sulfur	%	-	-	-	
6	Gross Caloric Value	%	-	-	-	

Tabel 4. Hasil Analisis Proksimat Batubara Kalori 6500

No	Parameter	Unit	Hasil			Metode Standar Pemeriksaan
			ar	adb	db	
1	Moisture	%	19,04	4,99		ASTM D. 3173-11
2	Ash	%	5,88	6,90	7,26	ASTM D. 3174-11
3	Volatile Matter	%	31,68	37,18	39,13	ISO-562 : 2010 (E)
4	Fixed Carbon	%	43,40	50,93	53,60	ASTM 3172-02 (11)
5	Total Sulfur	%	-	-	-	
6	Gross Caloric Value	%	-	-	-	

Keterangan : ar : as received; adb : air dried basis; db : dry basis

Volatile matter terdiri dari gas SO₂, CO₂, CO, NO_x, CH₄. Kandungan volatile matter menentukan kelas batubara, semakin tinggi kadar volatile matter maka akan berbanding terbalik dengan kelas batubara karena semakin tinggi kandungannya dalam batubara akan mempercepat terjadinya pembakaran, semakin banyak kehilangan berat, dan kemungkinan terjadinya swabakar (spontaneous combustion) akan meningkat (Nhuchhen, 2016). Kadar

volatile matter dalam penelitian ini didapatkan antara 42,96% - 39,13% (db). Proses pembakaran batubara kadar volatile matter yang tinggi dapat mempercepat pembakaran karbon padatnya dan sebaliknya kadar rendah akan memperlambat proses pembakaran karbon padatnya.

Kadar volatile matter yang tinggi di dalam batubara akan menyebabkan asap yang lebih banyak sehingga menyulitkan proses pembakaran. Dari hasil analisis

didapatkan nilai kalori batubara berbanding terbalik dengan volatile matter, semakin tinggi nilai kalori maka semakin rendah kandungan volatile matter. Menurut Komilis et al. (2012) moisture akan mempengaruhi volatile matter sehingga sampel yang dikeringkan dengan oven akan memberikan hasil yang berbeda dengan sampel yang dikering-udarkan. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi hasil penentuan volatile matter ini adalah suhu, waktu, kecepatan pemanasan, penyebaran butir, dan ukuran partikel.

Fixed Carbon (FC) menjelaskan karbon yang terdapat dalam material sisa setelah *volatile matter* dihilangkan. FC menunjukkan sisa penguraian dari komponen organik batubara ditambah sedikit senyawa N, S, H dan O yang terserap secara kimiawi. *Fixed Carbon* merupakan ukuran dan padatan yang dapat terbakar setelah zat-zat volatile matter yang ada dalam batubara menguap. Ini adalah salah satu nilai yang digunakan didalam perhitungan efisiensi peralatan pembakaran. Pengaruh persentase kandungan karbon terhadap nilai kalori batubara. Berdasarkan data hasil penelitian pada tiga sampel Tabel 2, 3 dan 4 menunjukkan bahwa persentase kandungan karbon yang semakin tinggi maka akan meningkatkan nilai kalori.

Analisis uji proksimat yang dilakukan terhadap tiga sampel maka disimpulkan bahwa semakin tinggi kandungan air dan abu maka nilai kalori pada batubara akan semakin turun, dan pengaruh VM menunjukkan bahwa kadungan VM yang rendah memiliki nilai kalori yang rendah. Sedangkan pengaruh karbon menunjukkan semakin rendah kandungan karbon batubara maka nilai kalori batubara semakin turun.

3.2. Analisis Ultimat

Unsur-unsur yang ada dalam batubara terdiri dari karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), belerang (S) dan nitrogen (N) dengan melakukan analisis ultimat. Kadar hidrogen dan oksigen digunakan untuk memperkirakan nilai kalor bersih (*net calorific value*) dari data

nilai kalor kotor (*gross calorific value*). Karbon, hidrogen dan oksigen adalah unsur utama yang membentuk batubara, sedangkan belerang dan nitrogen hanya sebagai bahan lainnya. Belerang terdapat dalam 3 bentuk, yaitu, belerang pirit (FeS_2), belerang organik dan belerang sulfat sebagai Ca dan Fe Sulfat. Hasil analisis ultimat biasanya dipakai untuk menentukan kualitas dan jenis lapisan batubara sama penyelidikan cadangan batubara, sehingga batubara dapat dikelompokkan atas kelasnya atau untuk keperluan teknis lainnya (Khandelwal and Singh, 2010). Tabel 5. menunjukkan hasil analisis ultimat terhadap 3 sampel batubara dengan kalori berbeda.

Berdasarkan data hasil analisis yang disajikan pada Tabel 5, kadar karbon pada 3 sampel berkisar antara 59,65% – 71,72%, berdasarkan kadar karbon kita dapat memprediksi nilai kalor dalam sampel karena kadar karbon berhubungan dengan nilai kalor, jika kadar karbon tinggi maka umumnya nilai kalor akan tinggi juga. Akan tetapi, pada sampel kalori 5000 kadar karbonnya lebih tinggi dari sampel kalori 6500, hal ini merupakan suatu anomaly pada penelitian ini, dimana akan menjadi titik masuk untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap penyebab terjadinya swabakar batubara.

Kadar hidrogen yang diperoleh pada percobaan berkisar antara 5,43% -5,54%, kadar hidrogen berpengaruh terhadap jumlah kandungan air yang terdapat dalam sampel. Kadar nitrogen dalam sampel berkisar antara 0,97% - 1,22%, nitrogen yang terkandung dalam batubara dapat menyebabkan terjadinya reaksi perubahan gas nitrogen menjadi NO_x . Kandungan oksigen dari suatu batubara diharapkan sangat besar karena diperlukan dalam proses pembakaran dalam batubara, semakin tinggi kadar oksigen maka semakin cepat pula proses pembakaran. Kadar oksigen pada sampel berkisar antara 12,97% - 22,81%.

Menurut Xie (2002) menyatakan bahwa persentase volume atau kadar sulfur yang dikandung batubara, kandungan sulfur dikelompokkan menjadi

4 (empat) yaitu rendah, sedang, tinggi dan kisaran lebar dengan kriteria sebagai berikut :

- 1) rendah, apabila kandungan sulfur : $S < 0.6\%$
- 2) sedang, apabila kandungan sulfur : $0.6\% < S < 0.8\%$

- 3) tinggi, apabila kandungan sulfur : $S > 0.8\%$
- 4) kisaran lebar, apabila kandungan sulfur : S menunjukkan nilai yang meliputi kelompok rendah, sedang dan tinggi

Tabel 5. Hasil Analisis Kadar C, H, N, O, S, GCV

Parameter	Kode Sampel			Satuan	Basis	Metode Standar
	4800	5000	6500			
Total Sulfur	0,51	0,36	0,68	%	adb	ASTM D.4239
Karbon	59,65	71,72	69,99	%	adb	ASTM D.5373
Hidrogen	5,43	5,54	5,43	%	adb	ASTM D. 5373
Nitrogen	0,97	1,12	1,22	%	adb	ASTM D.5373
Oksigen	22,81	12,97	15,68	%	adb	ASTM D.3176
GCV	5.727	7.104	6.856	Cal/gr	adb	ASTM D.5865

Tabel 5 menunjukkan kandungan sampel berada pada kategori sulfur rendah dan sedang. kandungan belerang pada setiap batubara diharapkan kecil sekali karena pada proses pembakaran SO_x yang dihasilkan bila bereaksi dengan uap air akan menyebabkan terbentuknya hujan asam. Nilai *Gross Caloric Value* (GCV) dipengaruhi oleh kandungan air dan abu yang terdapat dalam batubara. Tinggi rendahnya kandungan air dan abu akan berpengaruh pada karbon padat sebagai penghasil panas, jika kadar air dan abu tinggi maka kadar karbon padatnya rendah, sehingga nilai kalor yang dihasilkan juga akan rendah dan sebaliknya. Nilai kalor yang diperoleh dalam sampel batubara 5.727 cal/gr – 7104 cal/gr.

4. KESIMPULAN

Mitigasi proses swabakar batubara dilakukan sebagai langkah pencegahan dan identifikasi awal untuk mengurangi dampak negatif turunan di lingkungan daerah stockpile. Metode mitigasi penanganan swabakar terdiri dari 2 faktor yang harus dikendalikan yaitu batubara dan kondisi lingkungan. Batubara tidak dapat terbakar dengan bersentuhan dengan permukaan panas, tetapi juga dapat menyala sendiri melalui proses

pembakaran spontan. Faktor kualitas batubara melalui uji proximate dan ultimate dapat dijadikan sebagai referensi untuk menginvestigasi pengaruh kualitas batubara terhadap waktu pembentukan swabakar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada PT. Bukit Asam TBK dan Dinas ESDM Provinsi Sumsel atas support dan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisoy A, Beamish B. 2015. Reaction kinetics of coal oxidation at low temperatures. *Fuel* ;159 : 412–7.
- Arisoy, A., Beamish, B.B., dan Cetegen, E. 2006. Modelling Spontaneous Combustion of Coal. *Journal Tubitak.30(3)*, 193-201.
- Avila, C. 2012. Predicting self-oxidation of coals and coal/biomass blends using thermal and optical methods. University of Nottingham.
- Deng, J., Ma, X., Zhang, Y., Li, Y., & Zhu, W. 2015. Effect of Pyrite on The Spontaneous Combustion of Coal. *International Journal Coal Science Technology. 2(4)*, 306-311.

- Gaffney, J. and Marley, N. The impacts of combustion emissions on air quality and climate - From coal to biofuels and beyond. *Atmospheric Environment*, 43 (2009), 23-36.
- IPCC Scientific Assessment. available at www.ipcc.ch, Latest acces, 1st December 2011.
- Kaymacki, E. & Didari, V. 2002. Relation Between Coal Properties and Spontaneous Combustion Parameter. *Journal Engineering Enviromental*. 26(1), 59-64.
- Kolker, A., Engle, M., Stracher, G., Hower, J., Prakash, A., Radke, L., Schure, A., Heffern, E., 2009. Emissions from coal fires and their impact on the environment. U.S. Geological Survey Fact Sheet 2009-3084.
- Kuenzer, C., Zhang, J., Tetzlaff, A., van Dijk, P., Voight, S., Mehl, H., Wagner, W., 2007. Uncontrolled coal fires and their environmental impacts: investigating two arid mining regions in north-central China. *Applied Geography* 27, 42-62.
- Li, B., Chen, G., Zhang, H., Sheng, C., 2014. Development of non-isothermal TGA-DSC for kinetics analysis of low temperature coal oxidation prior to ignition, *Fuel*, Volume 118., Pages 385-391.
- Ma, J., Shao, F., Shi J., Xue, Z., Wang, S., Li, H., Zhang, H., 2013. Experimental Research on Spontaneous Combustion Tendency of High Volatile Blended Coals *Engineering*, 2013, 5, 309-315.
- Mathews JP, Krishnamoorthy V, Louw E, Tchappda AH, Castro-Marcano F, Karri V., 2014 A review of the correlations of coal properties with elemental composition. *Fuel Process Technology*. 121:104-13.
- Muchjidi. 2006. Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Nhuchhen DR. 2016. Prediction of carbon, hydrogen, and oxygen compositions of raw and torrefied biomass using proximate analysis. *Fuel* 180:348-56.
- Pone, J., Hein, K., Stracher, G. The spontaneous combustion of coal and its by-products in the Witbank and Sasolburg coalfields of South Africa. *Journal of Coal Geology*, 72 (2007), 124-140.
- Sipilä J., 2012. Risk and mitigation of self-heating and spontaneous combustion in underground coal storage. *Journal of Loss Prevention*.
- Song, Z., and Kuenzer, C., 2015. Coal fires in China over the last decade: A comprehensive review. Researchgate
- Van Genderen, G.L., 2012. Coal and peat fires: a global perspective: Volume 1: Coal-geology and combustion. ISBN 978-0-444-52858-2.
- World Coal Institute. Coal, delivering sustainable development. Report 2007, Available at www.worldcoal.org (Latest access 08th November, 2011).
- World Research Institute, 2014. Country Greenhouse Gas Emissions Data. United States. www.Miningmayhem.com. 2013.
- Yuan L, Smith AC. Experimental study on CO and CO₂ emissions from spontaneous heating of coals at varying temperatures and O₂ concentrations. *J Loss Prev Process Ind* 2013;26(6):1321-7

