

KARAKTERISASI BATUBARA *LOW-RANK* ASAL JAMBI DAN BEBERAPA DAERAH DI INDONESIA SEBAGAI BAHAN BAKU PUPUK HUMAT

Characterization of Low-Rank Coals from Jambi and Several Regions in Indonesia as Raw Material of Humic Fertilizer

MUHAMMAD A. AZIZ^{1*}, HANA FADILA^{1**}, SRI WAHYUNI^{1**}, FAUZIATUL FITRIYAH^{1**}, SULASTRI^{2**}, INSYIAH M. LUKTYANSYAH^{2**}, SISWANTO^{1**} dan PRIYONO^{1**}

¹ Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia
Jl. Taman Kencana, No.1, Bogor, Jawa Barat 16128

² PT Pupuk Kalimantan Timur

Jl. James Simandjuntak No. 1, Bontang, Kalimantan Timur 75313

Korespondensi e-mail: azizuad@gmail.com

* Kontributor Utama ** Kontributor Anggota

ABSTRAK

Pemanfaatan batubara *low-rank* sebagai bahan baku pupuk humat berpotensi menghasilkan produk dengan nilai jual tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi batubara *low-rank* asal Jambi dan beberapa daerah di Indonesia sebagai bahan baku pupuk humat. Penelitian ini menggunakan metode komparasi terhadap sampel batubara *low-rank* dari berbagai daerah seperti Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sumatera Selatan dan Jambi berdasarkan kandungan humatnya. Batubara *low-rank* asal Jambi dianalisis proksimat dan ultimat menggunakan metode ASTM. Pengamatan gugus fungsi senyawa humat dilakukan dengan uji FTIR. Pengamatan fisik, pengujian kadar humat dan berat jenis dilakukan pada semua sampel batubara *low-rank*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel batubara asal Jambi memiliki kadar air 10,18%, abu 7,52%, zat terbang 38,70%, karbon tetap 43,60%, *gross calorific value* (GCV) 5118 Kkal/kg, *hardgrove grindability index* (HGI) 69 dan total sulfur 0,16%. Selain itu teramati beberapa unsur penting seperti karbon 55,47%, hidrogen 4,13% dan oksigen 32,18%. Berdasarkan uji FTIR, senyawa humat yang diekstrak memiliki gugus fungsi –OH fenolik, hidrokarbon alifatis dan aromatis, eter, serta karboksilat. Sampel batubara *low-rank* asal Palembang dan Jambi dapat direkomendasikan sebagai bahan baku pupuk humat skala industri, karena memiliki kandungan humat tertinggi yaitu 21,87% dan 20,35% (cair) serta 36,15% dan 31,85% (padat) secara berturut-turut.

Kata kunci: batubara *low-rank*, asam humat, karakterisasi.

ABSTRACT

The utilization of low-rank coals as a raw material for humic fertilizers is potential to gain a high economic value product. This study aimed to characterize low-rank coals from Jambi and several regions in Indonesia as a raw material for humic fertilizers. This study used a comparative method of low-rank coals samples from various regions such as West, South and East Borneo, South Sumatera and Jambi based on the humic content. Low-rank coals from Jambi were analyzed for proximate and ultimate using ASTM methods. Observation of the functional groups was performed by FTIR assay. In addition, physical, humic level and specific gravity of all samples were evaluated. The results showed that the sample from Jambi had a moisture content of 10.18%, ash 7.52%, volatile matter 38.70%, fixed carbon 43.60%, gross calorific value (GCV) 5118 Kcal/kg, hardgrove grindability index (HGI) 69 and total sulfur 0.16%. In addition, it contained carbon 55.47%, hydrogen 4.13% and oxygen 32.18%. According to FTIR assay, the humic acid had phenolic –OH functional groups, aliphatic and aromatic hydrocarbons, ethers, and carboxylates. Low-rank coals from Palembang and Jambi are promising

as raw materials for industrial-scale humic fertilizers due to the highest humic content of 21.87% and 20.35% (liquid) and 36.15% and 31.85% (solid) respectively.

Keywords: Low-rank coals, humic acid, characterization.

PENDAHULUAN

Batubara merupakan bahan bakar hidrokarbon yang terbentuk secara alami dari sisa tumbuh-tumbuhan dan umumnya digunakan sebagai penghasil energi. Selain terbentuk dari senyawa-senyawa organik, batubara juga mengandung senyawa anorganik terutama unsur mineral yang berasal dari lempung, pasir kuarsa, batu kapur dan sebagainya (Arif, 2014). Sebagai penghasil energi, batubara dibedakan menjadi 2 yaitu penghasil energi primer, yang langsung digunakan seperti industri semen, pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), bahan bakar pembuatan kapur tohor, bahan bakar pembuatan genteng, bahan bakar lokomotif, pereduksi proses metalurgi, kokas konvensional, serta bahan bakar tidak berasap (*smokes fuel*) dan sebagai penghasil energi sekunder, yaitu tidak langsung dipergunakan untuk industri, melainkan sebagai bahan bakar padat (briket), bahan bakar cair (konversi menjadi bahan bakar cair), serta konversi menjadi bahan bakar gas (Sukandarrumidi, 2014; Huseini, Solihin dan Pramusanto, 2018; Haryadi, Nas dan Azizi, 2020; Lubis, Hervani dan Sasria, 2021). Koalifikasi (pembentukan batubara) merupakan proses pengeluaran berangsur-angsur dari zat pembakar (O_2) dalam bentuk karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O) hingga akhirnya menyebabkan konsentrasi karbon tetap (*fixed carbon*) dalam bahan asal batubara meningkat. Proses pembentukan batubara memakan waktu hingga puluhan juta tahun, mulai dari proses pembentukan gambut (*peat*), kemudian menjadi lignit (batubara muda), *subbituminous*, *bituminous*, hingga antrasit (Huseini, Solihin dan Pramusanto, 2018).

Menurut Badan Geologi (2021), jumlah sumber daya batubara di Indonesia dari 1407 lokasi mencapai 148,70 miliar ton yang terdiri dari sumber daya hipotetik 4,31 miliar ton, tereka 44,53 miliar ton, tertunjuk 47,28 miliar ton dan terukur 52,58 miliar ton. Sementara cadangan batubara tercatat sebesar 39,56 miliar ton yang terdiri dari cadangan terkira 18,41 miliar ton dan terbukti 21,15 miliar ton (Badan Geologi, 2021). Menurut Lubis *dkk.*

(2021), penggolongan batubara dibagi menjadi *low-rank* (lignit dan *subbituminous*) dan *high rank* (*bituminous* dan antrasit). Batubara dengan kalori rendah atau *low-rank* tersedia dalam jumlah yang lebih melimpah dibandingkan jenis *high rank*. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2011), dari total cadangan batubara yang terdapat di seluruh Indonesia, hampir 85% adalah batubara muda. Kualitas batubara ditentukan oleh sifat fisik dan kimia, yaitu ditentukan oleh maseral, kandungan mineral penyusunnya dan derajat koalifikasi. Nilai kalor batubara juga bervariasi tergantung pada kadar abu, kadar air dan jenis batubaranya (Sepfitrah, 2016). Menurut Saepullah (2019), klasifikasi jenis batubara menurut ASTM dikelompokkan berdasarkan parameter karbon tetap (*fixed carbon*), zat terbang (*volatile matter*) dan nilai kalori (*gross calorific value-GCV*). Batubara dapat dikelompokkan ke dalam jenis lignit apabila memiliki nilai kalori kurang dari 8300 BTU/lb ($<19,3$ Mj/kg), sedangkan batubara bernilai kalori antara 8300-11500 BTU/lb ($19,3-26,7$ Mj/kg) termasuk *sub-bituminous*.

Sejauh ini, *low-rank coals* merupakan jenis batubara yang belum banyak dimanfaatkan, khususnya lignit. Indonesia termasuk 10 negara terbesar yang dapat memproduksi *low-rank coal* dengan ketersediaan yang melimpah di Sumatera dan Kalimantan yang diperkirakan mencapai 63,76 dan 61,18 miliar ton secara berturut-turut. Sementara untuk daerah lain seperti di pulau Jawa, Sulawesi, Maluku dan Papua diperkirakan hanya tersedia kurang dari 500 juta ton (Kamandanu, 2011). Lubis, Hervani dan Sasria (2021) menyatakan bahwa *low-rank coal* sebagai penghasil energi sekunder memiliki nilai jual yang rendah, sehingga diperlukan inovasi untuk meningkatkan nilai jualnya. Batubara *low-rank* selain mengandung asam humat yang memiliki nilai jual lebih tinggi, juga mengandung berbagai unsur esensial yang berperan penting bagi pertumbuhan tanaman. Dewasa ini, pemanfaatan *low-rank coals* sebagai bahan baku produksi pupuk humat banyak dilakukan. Zhou *dkk.* (2019) menyatakan bahwa asam

humat merupakan hasil degradasi biologis dan kimiawi dari bahan-bahan organik selama jutaan tahun yang lalu. Asam humat sendiri dapat diekstrak dari berbagai sumber bahan organik antara lain *low-rank coals*, tanah gambut, kompos, tanah hutan, podsolik, sedimen laut dan air rawa. Asam humat merupakan kompleks makromolekul aromatik dengan asam amino, gula-gula amino, peptida dan senyawa alifatik yang saling terikat di antara kelompok senyawa aromatik. Asam humat tidak berperan sebagai pengganti pupuk melainkan dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan mengurangi kebutuhan pupuk kimia (urea dan NPK), karena humat dapat mengikat hara mikro dan makro sehingga mudah terserap oleh akar (Smith, 2016). Uji coba efektivitas pupuk humat telah banyak dilakukan (Sarhan, 2011) dan kombinasinya dengan ekstrak *seaweed* menunjukkan performa yang lebih baik dalam meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan (Zhang dan Ervin, 2004).

Oleh karena cadangannya yang tinggi, maka eksplorasi sumber-sumber batubara *low-rank* di Sumatera dan Kalimantan sangat penting untuk dilakukan. Asam humat merupakan senyawa target, sehingga *screening* awal perlu dilakukan dengan menganalisis kandungan humat dari berbagai sampel yang diperoleh. Sementara itu, karakterisasi batubara *low-rank* sebagai bahan baku produksi pupuk humat belum banyak dilakukan, padahal kualitasnya perlu diketahui terlebih dahulu agar sesuai dengan standar dan peruntukannya. Oleh sebab itu, upaya untuk karakterisasi dan *screening* awal sangat penting untuk dilakukan dalam memperoleh bahan baku *low-rank coals* dengan kualitas unggul. Sepfitrah (2016) dan Saputra dan Yuliyani (2020) menyatakan bahwa pada umumnya untuk mengetahui kualitas batubara dilakukan uji proksimat yang terdiri dari kadar air (*inherent moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon tetap (*fixed carbon*), dan kadar abu (*ash*), sementara uji ultimat digunakan untuk mengetahui kandungan unsur kimia seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, dan unsur-unsur penting lainnya. Nilai tersebut akan beragam pada setiap batubara tergantung pada kualitas dan asal batubara. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi batubara *low-rank* asal

Jambi dan beberapa daerah di Indonesia sebagai bahan baku pupuk humat.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Pangan, Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia (PPBBI), Bogor. Penelitian ini menggunakan metode komparasi, yaitu dengan membandingkan sampel batubara *low-rank* yang diperoleh dari berbagai daerah di Indonesia berdasarkan kandungan asam humat (padat dan cair), berat jenis, dan kenampakan fisik. Sampel batubara *low-rank* yang digunakan berasal dari daerah Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sumatera Selatan dan Jambi. Berdasarkan hasil studi dan pengembangan produk berbahan dasar batubara muda di PPBBI, batubara *low-rank* yang diketahui memiliki kualitas unggul sebagai bahan baku produksi pupuk humat berasal dari Jambi, sehingga sampel tersebut dijadikan sebagai standar bagi sampel dari daerah lain. Oleh sebab itu, dilakukan pengujian beberapa parameter proksimat dan ultimat terhadap batubara *low-rank* asal Jambi. Selain itu, karakterisasi gugus fungsi asam humat dari batubara *low-rank* tersebut dilakukan dengan uji FTIR (*Fourier transform infrared spectroscopy*). Metode analisis dengan FTIR berfungsi untuk mengidentifikasi senyawa kimia bahan bakar fosil hingga level molekul dengan mengidentifikasi karakteristik vibrasi yang berkaitan dengan jenis ikatan kimia tertentu (Zhao dkk., 2020).

Pengujian kandungan senyawa humat pada batubara *low-rank* dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut alkali. Larutan alkali dibuat dengan cara menimbang senyawa KOH dan NaOH masing-masing 20 gr, kemudian dilarutkan dengan air menggunakan gelas piala 1 L. Ditimbang sampel batubara *low-rank* sebanyak 250 gr, kemudian dimasukkan ke dalam larutan basa yang telah dibuat. Campuran tersebut dipanaskan selama 1 jam pada suhu 95°C, kemudian disaring. Setelah itu, kandungan asam humat pada fase cair dan padat diuji menggunakan spektrofotometer UV-VIS λ_{465} nm. Sementara analisis proksimat yang terdiri dari kadar air (*inherent moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon padat (*fixed carbon*), kadar abu

(*ash content*), *gross calorific value* (GCV), dan *hardgrove grindability index* (HGI) serta analisis ultimat seperti kadar karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur dan lain-lain dilakukan dengan metode ASTM (*American Society of Testing and Materials*) di Laboratorium Batubara, PT Geoservices (Tabel 1). Analisis dengan FTIR dilakukan di Laboratorium Pengujian, Pusat Penelitian Karet.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Batubara *Low-rank* Asal Jambi

PPBBI telah mengembangkan dan memproduksi pupuk humat berbahan dasar batubara muda yang diperoleh dari Jambi, karena dapat menghasilkan produk dengan kadar humat yang tinggi. Untuk mengetahui kualitas bahan baku tersebut secara menyeluruh, maka diperlukan karakterisasi melalui analisis proksimat yang meliputi kadar air (*inherent moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon tetap (*fixed carbon*), kadar abu (*ash content*), *gross calorific value* (GCV) dan *hardgrove grindability index* (HGI). Analisis ultimat seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur dan lain-lain juga dilakukan (Sepfitrah, 2016; Saputra dan Yuliyani, 2020).

Hasil pengujian sampel batubara *low-rank* asal Jambi yang terdiri dari analisis proksimat dan ultimat dapat dilihat pada Tabel 2. Air yang terkandung dalam batubara terikat secara kimiawi antar atom dengan unsur-unsur yang terkandung di dalamnya seperti C, S, N, dan H. Secara kimia, ikatan antar atom air disebut *inherent moisture*, sementara ikatan air secara mekanikal biasa disebut *free moisture/ air dry loss*. Total kedua kandungan air dalam batubara *low-rank* tersebut disebut *total moisture* (Sepfitrah, 2016). Menurut Arif (2014) dan Huseini, Solihin dan Pramusanto (2018), kadar air yang tinggi pada batubara memberikan pengaruh negatif, karena dapat menurunkan kalori saat proses pembakaran. Berdasarkan hasil pengujian, diketahui kadar air sampel saat analisis (*inherent moisture*) sebesar 10,18% yang diperoleh setelah dilakukan pengeringan (*adb*). Lubis, Hervani dan Sasria (2021) menyatakan bahwa sampel

lignit yang berasal dari Pasir Balengkong, Kalimantan Timur memiliki kadar air 19,74%. Sepfitrah (2016) menambahkan bahwa batubara yang diperoleh dari Logas, Selensen dan Pangkalan memiliki kadar air total sebesar 20,73; 18,15; dan 16,76% secara berturut-turut, sementara kadar air saat analisis dari tiga sampel tersebut sedikit lebih rendah yaitu sebesar 7,24; 8,96 dan 8,93% secara berturut-turut. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa batubara asal Jambi memiliki kualitas yang hampir sama dengan 3 (tiga) sampel lignit yang ditemukan di Logas, Selensen dan Pangkalan jika dilihat dari parameter kadar air saat analisis (*inherent moisture*), meskipun sedikit lebih tinggi.

Abu (*ash*) merupakan residu atau kotoran yang berasal dari *mineral matter* setelah batubara terbakar sempurna dengan kandungan antara 5-40%. Kadar abu akan terbawa bersama gas hasil pembakaran dalam bentuk abu terbang (*fly ash*) yang jumlahnya mencapai 80% dan abu dasar hingga 20% dari total abu. Semakin tinggi kadar abu maka akan merugikan saat proses pemanasan, karena memengaruhi tingkat pengotoran, keausan, dan korosi peralatan yang dilalui (Sepfitrah, 2016). Huseini, Solihin dan Pramusanto (2018) menambahkan bahwa abu terdiri dari senyawa silikon, alumunium, besi, dan kalsium serta sejumlah kecil Na, Ti, K, Mg, dan Mn dalam bentuk silikat, oksida, sulfat, dan fosfat. Kadar abu yang tinggi dalam batubara dapat menurunkan nilai kalori. Berdasarkan hasil pengujian, diketahui kadar abu sampel batubara *low-rank* dari Jambi 7,52%. Hasil tersebut cukup rendah jika dibandingkan dengan hasil pengujian kadar abu sampel batubara dari Logas yang teramati sebesar 24,44%. Sementara itu, kadar abu pada sampel yang berasal dari Selensen dan Pangkalan teramati sebesar 4,86% dan 4,80% secara berturut-turut (Sepfitrah, 2016). Hasil penelitian Huseini, Solihin dan Pramusanto (2018) menyatakan bahwa 2 sampel batubara yang diperoleh dari daerah Sumatera Barat memiliki kadar abu 4-7%. Dengan demikian, jika dilihat dari kadar abu, sampel batubara *low-rank* asal Jambi memiliki karakter yang hampir sama dengan yang ditemukan di daerah Selensen, Pangkalan, dan Sumatera Barat.

Tabel 1. Metode pengujian analisis proksimat dan ultimat pada sampel batubara *low-rank* asal Jambi

No	Parameter	Metode
1	<i>Moisture</i>	ASTM D3173-2017
2	<i>Ash content</i>	ASTM D3174-2018
3	<i>Volatile matter</i>	ASTM D3175-2018
4	<i>Fixed carbon</i>	ASTM D3172-2013
5	GCV (<i>Gross Calorific Value</i>)	ASTM D5865-2019
6	HGI (<i>Hardgrove Grindability Index</i>)	ASTM D409/D409M-2016
7	<i>Total sulphur</i>	ASTM D423-2018
8	<i>Ultimate analysis</i>	ASTM D5373-2016

Tabel 2. Perbandingan hasil analisis proksimat dan ultimat sampel batubara *low-rank* asal Jambi dan beberapa daerah lain

No	Hasil Pengujian				Referensi	
	Parameter	Satuan	Basis	Hasil	Daerah Asal	Hasil
1	<i>Moisture in analysis</i>	%	adb	10,18	Logas, Riau	7,24 ¹
					Selensen, Riau	8,96 ¹
					Pangkalan, Riau	8,93 ¹
2	<i>Ash content</i>	%	adb	7,52	Logas, Riau	24,44 ¹
					Selensen, Riau	4,86 ¹
					Pangkalan, Riau	4,80 ¹
					Sumatera Barat	4-7 ²
3	<i>Volatile matter</i>	%	adb	38,70	Logas, Riau	44,18 ¹
					Selensen, Riau	42,14 ¹
					Pangkalan, Riau	41,99 ¹
					Sumatera Barat	33-38 ²
4	<i>Fixed carbon</i>	%	adb	43,60	Kalimantan Timur	32,47 ³
					Logas, Riau	24,04 ¹
					Selensen, Riau	44,02 ¹
					Pangkalan, Riau	47,68 ¹
5	GCV (<i>gross calorific value</i>)	Kkal/kg	adb	5118	Kalimantan Timur	23,38 ³
					Logas, Riau	5264 ¹
					Selensen, Riau	6525 ¹
					Pangkalan, Riau	6754 ¹
6	HGI (<i>hardgrove grindability index</i>)	-	-	69	Kalimantan Timur	4237 ³
					Logas, Riau	56 ¹
					Selensen, Riau	62 ¹
7	<i>Total sulphur</i>	%	adb	0,16	Pangkalan, Riau	63 ¹
					Logas, Riau	0,43 ¹
					Selensen, Riau	0,29 ¹
8	Karbon	%	adb	55,47	Pangkalan, Riau	1,19 ¹
					-	-
9	Hidrogen	%	adb	4,13	-	-
10	Nitrogen	%	adb	0,54	-	-
11	Oksigen	%	adb	32,18	-	-
12	Natrium (Na)	%	adb	0,03	-	-
13	Kalium (K)	%	adb	0,02	-	-

Keterangan: adb = *air dried basis*, (1): Sepfitrah (2016), (2): Huseini, Solihin dan Pramusanto (2018), (3): Lubis, Hervani dan Sasria (2021).

Zat terbang (*volatile matter*) merupakan bahan yang mudah terbakar dalam batubara seperti metan, hidrokarbon, hidrogen, karbon monoksida dan gas-gas yang tidak mudah terbakar seperti karbon dioksida dan nitrogen.

Bahan yang mudah menguap merupakan indeks dari kandungan bahan bakar berbentuk gas di dalam batubara dengan kadar antara 20-45% (Sepfitrah, 2016; Huseini, Solihin dan Pramusanto, 2018). Muchjidin (2006)

menambahkan bahwa zat terbang menentukan nilai *rank* batubara, semakin rendah kadar zat terbang maka semakin tinggi *rank* batubara. Menurut Huseini, Solihin dan Pramusanto (2018), kandungan *volatile matter* menentukan kesempurnaan pembakaran dan intensitas panas api yang dihasilkan. Berdasarkan hasil uji proksimat pada parameter kadar zat terbang, sampel batubara *low-rank* dari Jambi memiliki nilai yang cukup tinggi yaitu 38,70%, namun masih masuk ke dalam rentang standar yang ditentukan. Namun hasil tersebut sedikit lebih rendah dibandingkan sampel batubara dari Lagos, Selensen, dan Pangkalan yang secara berturut-turut teramati sebesar 44,18; 42,14; dan 41,99%. Huseini, Solihin dan Pramusanto (2018) melaporkan bahwa hasil uji 2 sampel batubara muda dari Sumatera Barat memiliki kadar zat terbang 33 hingga 38%. Sementara itu, Lubis, Hervani dan Sasria (2021) menambahkan bahwa sampel lignit yang berasal dari Pasir Balengkong, Kalimantan Timur memiliki kadar zat terbang 32,47%. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa batubara dari Jambi memiliki kadar zat terbang yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan batubara yang ditemukan di Sumatera Barat dan Pasir Balengkong.

Kadar karbon tetap (*fixed carbon*) merupakan karbon padat yang tertinggal setelah materi yang mudah menguap terdestilasi, yang memberikan gambaran awal terhadap nilai energi panas batubara karena dapat menghasilkan kalor terbesar dalam proses pembakaran. Kadar karbon tetap diperoleh berdasarkan penjumlahan kadar air, kadar abu, dan kadar zat terbang sebagai faktor pengurang pada skala 100%. Nilai tersebut akan semakin meningkat seiring dengan tingkat pembatubaraan (Sepfitrah, 2016). Kadar karbon dan zat terbang merupakan 2 parameter untuk mengetahui kualitas batubara sebagai bahan bakar. Hal tersebut didasarkan pada perbandingan antara kandungan karbon tertambat (*fixed carbon*) dan zat terbang (*volatile matter*), yang disebut *fuel ratio*. Semakin tinggi nilai *fuel ratio*, maka semakin banyak jumlah karbon di dalam batubara yang tidak terbakar. Jika nilai perbandingan tersebut lebih dari 1,2, maka pengapian akan tidak optimal sehingga kecepatan pembakarannya akan menurun (Huseini, Solihin dan Pramusanto, 2018). Berdasarkan hasil pengujian diketahui kadar karbon tetap sampel

batubara asal Jambi sebesar 43,60%. Hasil penelitian Sepfitrah (2016) menyatakan bahwa kadar *fixed carbon* pada batubara yang berasal dari daerah Selensen dan Pangkalan, Riau teramati sebesar 44,02 dan 47,68%. Jumlah karbon dalam bentuk *fixed carbon* teramati cukup tinggi, sementara pada batubara yang ditemukan di Logas memiliki nilai *fixed carbon* lebih rendah yaitu 24,04%. Lubis, Hervani dan Sasria (2021) menambahkan bahwa sampel lignit yang berasal dari Pasir Balengkong, Kalimantan Timur memiliki kadar karbon tetap 23,38%. Umumnya, kadar karbon berkorelasi positif terhadap nilai kalor, karena semakin tinggi kandungan karbon tetap maka nilai kalori yang dihasilkan juga semakin tinggi.

Nilai kalor batubara merupakan sejumlah panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan-bahan yang mudah terbakar seperti karbon, hidrogen, dan sulfur. Nilai kalor batubara dibedakan menjadi dua yaitu *gross calorific value* (GCV) dan *net calorific value* (NCV). GCV menggambarkan panas total yang tersedia ketika diukur dengan metode standar apabila semua produk pembakaran dikembalikan ke suhu ambient, sementara NCV adalah panas berguna yang tersedia dari suatu batubara dan dihitung dari GCV dengan pengurangan kehilangan panas tertentu seperti panas sensibel dan laten dari produk pembakaran (Huseini, Solihin dan Pramusanto, 2018). Menurut Malaidji, Anshariah dan Budiman (2018), nilai kalori batubara dipengaruhi oleh kadar abu dan air, semakin tinggi kadar abu dan air maka nilai kalori (panas) yang dihasilkan akan semakin rendah. Berdasarkan hasil pengujian, kadar kalori (GCV) batubara asal Jambi teramati sebesar 5118 Kkal/kg. Apabila dikonversi, nilai kalori batubara tersebut adalah 9212,4 BTU/lb atau 21,22 Mj/kg, sehingga berdasarkan klasifikasi menurut ASTM, batubara tersebut termasuk ke dalam kelompok *subbituminous C* (Saepullah, 2019). Batubara asal Selensen dan Pangkalan juga termasuk ke dalam kategori *subbituminous* yaitu dengan nilai kalori 6525 Kkal/kg dan 6754 Kkal/kg secara berturut-turut, sedangkan batubara *subbituminous* asal Logas memiliki nilai kalori yang lebih rendah yaitu 5264 Kkal/kg. Lubis, Hervani dan Sasria (2021) menambahkan bahwa sampel batubara muda asal dari Pasir Balengkong, Kalimantan Timur memiliki nilai kalori 4237 Kkal/kg (*adb*) dan 3539 Kkal/kg (*ar*).

HGI (*hardgrove grindability index*) merupakan parameter yang menyatakan tingkat kemudahan batubara untuk dihaluskan. Semakin tinggi nilai HGI, maka semakin mudah batubara dihancurkan (remah), dan sebaliknya. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa batubara *low-rank* asal Jambi memiliki HGI 69. Hal ini lebih tinggi dibandingkan nilai HGI pada sampel batubara yang ditemukan di daerah Logas, Slensen dan Pangkalan yaitu 56, 62, dan 63 secara berturut-turut (Sepfitrah, 2016). Dengan demikian, untuk keperluan sebagai bahan baku produksi pupuk humat dapat diketahui bahwa batubara *low-rank* dari Jambi memiliki yang kualitas lebih baik dibandingkan batubara dari tiga daerah tersebut. Batubara remah akan mempermudah saat *pre-treatment* bahan baku sebelum produksi asam humat, yang perlu dihaluskan terlebih dahulu sebelum dilakukan ekstraksi.

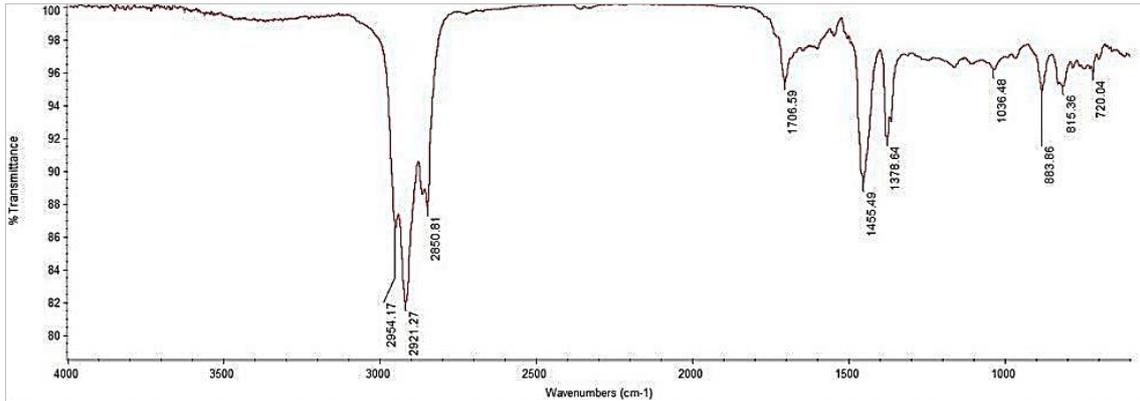
Kandungan sulfur dalam batubara terbagi menjadi tiga bentuk yaitu sulfur pirit, sulfur organik dan senyawa sulfat. Dalam proses pembakaran, sulfur organik dan sebagian dari sulfur pirit akan teroksidasi menjadi SO_2 dan SO_3 . Senyawa SO_2 apabila beraksi dengan uap air (H_2O) saat pembakaran dapat membentuk H_2SO_4 . Oleh sebab itu, penggunaan batubara untuk industri tertentu memerlukan persyaratan kandungan sulfur yang relatif rendah. Standar maksimal kadar sulfur yang terkandung adalah di bawah 1% (Huseini, Solihin dan Pramusanto, 2018). Secara umum penentuan kandungan sulfur dalam batubara dinyatakan dalam total sulfur (Sepfitrah, 2016). Berdasarkan hasil penelitian, total sulfur pada sampel batubara *low-rank* asal Jambi diketahui hanya sebesar 0,16%, artinya memenuhi standar yang disyaratkan sebagai bahan baku produksi pupuk humat skala industri. Hasil analisis total sulfur pada sampel batubara asal Logas dan Selensen juga teramat cukup rendah yaitu sebesar 0,43 dan 0,29%. Namun, sampel asal Pangkalan terdeteksi memiliki kandungan total sulfur lebih dari 1% yaitu 1,19% (Sepfitrah, 2016). Sementara itu, berdasarkan analisis ultimat dapat diketahui bahwa batubara *low-rank* asal Jambi memiliki kandungan unsur C, H dan O yang cukup

tinggi yaitu 55,47; 4,13; dan 32,18%. Unsur-unsur tersebut berpotensi untuk memperkaya produk hasil ekstraksi senyawa humat dari bahan baku batubara yang digunakan. Dengan demikian, berdasarkan hasil analisis proksimat dan ultimat, sampel batubara *low-rank* asal Jambi dapat menjadi standar atau acuan bahan baku produksi pupuk humat skala industri.

Uji FTIR Senyawa Humat yang Diekstrak dari Batubara *Low-rank* Asal Jambi

Spektra dan interpretasi serapan hasil ekstraksi asam humat dari batubara *low-rank* asal Jambi dengan menggunakan spektrofotometer FTIR disajikan pada Gambar 1. Serapan pada 1036 cm^{-1} merupakan regangan C-O yang mengindikasikan keberadaan alkohol pada asam humat, meskipun tidak ada serapan yang terjadi pada 3400 cm^{-1} yang menandakan keberadaan gugus OH. Serapan pada 2954 dan 2921 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H alifatik (Wang dkk., 2017), sedangkan bahu pada 2850 cm^{-1} merupakan regangan C-H₂ pada O-CH₃ eter dari lignin dan produk degradasi lignin, hal ini diperkuat dengan serapan pada 1455 cm^{-1} yang merupakan regangan C-H. Serapan pada 720 cm^{-1} merupakan disubstitusi orto ke arah luar bidang vibrasi =C-H dari lignin (Ismillayli dan Hermanto, 2020). Serapan pada gelombang 1706 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur -C=O dari gugus COOH (Fong dkk., 2006; Rahmayanti, Yunita dan Prandini, 2019).

Gugus eter pada asam humat ditunjukkan dengan serapan pada 815 dan 883 cm^{-1} yang mencirikan eter siklik dan karbohidrat. Keberadaan karboksilat juga diperkuat dengan adanya serapan pada 1378 cm^{-1} yang dihasilkan oleh regangan C-O karboksilat dan deformasi OH pada fenol. Keberadaan karboksilat memungkinkan adanya abu dalam asam humat yang mengubah asam karboksilat menjadi bentuk garamnya (Ismillayli, Santosa dan Siswanta, 2015). Serapan pada pita 1455 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus amina dalam asam humat. Berdasarkan data spektra IR, struktur hipotetik asam humat memiliki gugus fungsional -OH fenolik, hidrokarbon alifatik dan aromatis, eter dan karboksilat.



Gambar 1. Spektra FTIR asam humat dari batubara *low-rank* asal Jambi

Perbandingan Kadar Humat Batubara *Low-rank* dari Beberapa Daerah di Indonesia

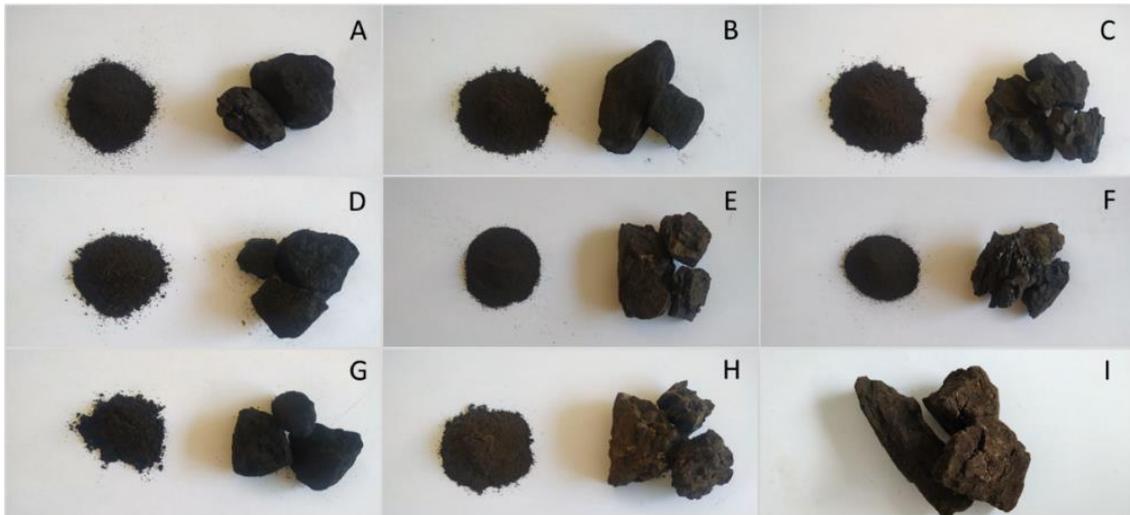
Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa batubara *low-rank* yang diperoleh dari berbagai daerah memiliki kandungan asam humat yang beragam, yaitu mulai dari 6 hingga 21% (cair) dan 14 hingga 36% (padat). Kandungan humat cair terendah teramati pada sampel yang diperoleh dari daerah Kalimantan timur (Kaltim CV MBA) yaitu 6,84%, sementara kandungan humat tertinggi teramati pada sampel batubara dari daerah Sumatera (Palembang) yaitu 21,87% yang tidak jauh berbeda dengan kadar humat dari Jambi (20,35%). Sementara itu, kandungan humat padat terendah dan tertinggi juga teramati pada sampel Kaltim CV MBA dan Palembang yaitu 14,85 dan 36,15%. Sampel batubara *low-rank* dari jambi mengandung kadar humat padat

31,85%. Berat jenis asam humat dari semua sampel teramati pada nilai yang hampir sama yaitu mendekati angka 1. Oleh sebab itu, sampel batubara *low-rank* yang diperoleh dari Jambi dan Palembang dapat dijadikan rekomendasi sebagai bahan baku produksi pupuk humat skala industri.

Secara fisik, batubara *low-rank* dari berbagai daerah yang diperoleh memiliki warna kehitaman, baik hitam pekat maupun hitam kecoklatan (Gambar 2). Sampel asal Kalbar CV DPS, Kalsel CV DPS, Sumatera CV DPS, dan Kalteng CV MBA memiliki warna hitam, sedangkan sampel Kaltim CV DPS, Kaltim CV MBA, Kalsel CV MBA, Palembang dan Jambi memiliki warna kecoklatan. Gambar 2 memperlihatkan kenampakan fisik sampel batubara *low-rank* yang diperoleh dari berbagai daerah di Indonesia:

Tabel 3. Hasil analisis kandungan asam humat dan berat jenis pada sampel batubara *low-rank* dari beberapa daerah di Indonesia

No	Sampel	Daerah Asal	Asam Humat (%)		Berat jenis	Warna
			Cair	Padat		
1	Kalbar CV DPS	Kalimantan	12,66	20,33	1,08	Hitam
2	Kalsel CV DPS	Kalimantan	11,57	19,03	1,08	Hitam
3	Kaltim CV DPS	Kalimantan	9,03	15,31	1,07	Kecoklatan
4	Sumatera CV DPS	Sumatera	12,22	18,10	1,07	Hitam
5	Kaltim CV MBA	Kalimantan	6,84	14,85	1,06	Kecoklatan
6	Kalsel CV MBA	Kalimantan	11,63	23,23	1,06	Kecoklatan
7	Kalteng CV MBA	Kalimantan	8,25	16,98	1,06	Hitam
8	Palembang	Sumatera	21,87	36,15	1,09	Kecoklatan
9	Jambi (kontrol)	Sumatera	20,35	31,85	1,10	Kecoklatan



Keterangan: A = Kalbar CV DPS, B = Kalsel CV DPS, C = Kaltim CV DPS, D = Sumatera CV DPS, E = Kaltim CV MBA, F = Kalsel CV MBA, G = Kalteng CV MBA, H = Palembang, dan I = Jambi

Gambar 2. Kenampakan fisik sampel batubara *low-rank* dari berbagai daerah di Indonesia.

Asam humat yang diekstrak dari beberapa sampel batubara *low-rank* perlu memerhatikan beberapa parameter untuk mengetahui *grade* dan pemenuhan standar mutunya menurut Permentan No. 1 tahun 2019. Parameter utama yang perlu diperhatikan adalah kandungan humat baik cair maupun padat. Untuk *grade A*, senyawa humat padat yang disyaratkan > 60%, untuk *grade B* 41-60%, dan untuk *grade C* 20-40%, sementara untuk humat cair minimal 10%. Berdasarkan ketentuan standar mutu, asam humat yang diekstrak dari sampel batubara *low-rank* asal Jambi dan Palembang termasuk ke dalam *grade C*, karena memiliki kandungan humat padat 31,85 dan 36,15% secara berturut-turut. Sementara itu, kandungan humat cair teramati 20,35 dan 21,87% secara berturut-turut. Sampel dari Kalbar CV DPS, Kalsel CV DPS, Sumatera CV DPS dan Kalteng CV MBA teramati memenuhi standar minimum kandungan humat cair yaitu teramati sebesar 12,66; 11,57; 12,22; dan 11,63 secara berturut-turut. Berdasarkan kandungan senyawa humat padat, sampel Kalbar CV DPS dan Kalsel CV MBA juga termasuk ke dalam *grade C*, karena memiliki kandungan humat 20,33 dan 23,23% secara berturut-turut.

KESIMPULAN

Sampel batubara *low-rank* asal Jambi termasuk ke dalam kelompok *subbituminous C* yang

ditunjukkan dengan nilai GCV 5118 Kkal/kg, karbon tetap (*fixed carbon*) 43,60%, dan kadar zat terbang 38,70%. Selain itu, sampel tersebut memiliki kualitas yang baik sebagai bahan baku pupuk humat karena memiliki nilai HGI 69, kadar abu 7,52%, dan total sulfur 0,16%, serta diperkaya dengan beberapa unsur penting seperti karbon, hydrogen dan oksigen dengan kadar yang cukup tinggi. Berdasarkan hasil uji FTIR, asam humat yang diekstrak dari batubara *low-rank* asal Jambi memiliki gugus fungsional -OH fenolik, hidrokarbon alifatik dan aromatis, eter, serta karboksilat. Sampel batubara asal Palembang dan Jambi memiliki kandungan humat cair tertinggi yaitu 21,87 dan 20,35% serta humat padat tertinggi yaitu 36,15 dan 31,85% secara berturut-turut (*grade C*). Oleh sebab itu, dua sampel batubara *low-rank* tersebut dapat dijadikan rekomendasi sebagai sumber bahan baku produksi pupuk humat skala industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pemerintah Republik Indonesia atas pendanaan kegiatan riset ini melalui program Riset Inovatif-Produktif (RISPRO) Komersial, LPDP, Kementerian Keuangan tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I. (2014) *Batubara Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Badan Geologi (2021) *Neraca Sumber Daya dan cadangan batubara Indonesia*, <http://psdg.bgl.esdm.go.id>. Tersedia pada: http://psdg.bgl.esdm.go.id/index.php?option=com_content&id=1335:neracadandanganbatubaraindonesia (Diakses: 29 Oktober 2021).
- Fong, S. S., Seng, L., Chong, W. N., Asing, J., Nor, M. F. b M. dan Pauzan, A. S. bt M. (2006) "Characterization of the coal derived humic acids from Mukah, Sarawak as soil conditioner," *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 17(3), hal. 582–587. doi: 10.1590/S0103-50532006000300023.
- Haryadi, A. N., Nas, C. dan Azizi, M. A. (2020) "Analisis potensi batubara kokas di PT X, Sumatera Selatan," *Indonesian Mining and Energy Journal*, 3(1), hal. 17–22.
- Huseini, F., Solihin dan Pramusanto (2018) "Kajian kualitas batubara berdasarkan analisis proksimat, total sulfur dan nilai kalor untuk pembakaran bahan baku semen di PT Semen Padang Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang Provinsi Sumatera Barat," in *Prosiding Teknik Pertambangan*. Bandung: Universitas Islam Bandung, hal. 668–677.
- Ismillayli, N. dan Hermanto, D. (2020) "Humic acid isolation from Batujai Dam Lombok Tengah-NTB and its potential as reductive-Biosorbent Au(III) in the batch system," *Jurnal Ilmu Dasar*, 21(1), hal. 43–48. doi: 10.19184/jid.v21i1.8793.
- Ismillayli, N., Santosa, S. J. dan Siswanta, D. (2015) "Penerapan Freundlich model pada adsorpsi-reduktif isotherm $AuCl_4^-$ dengan asam," *Jurnal Pijar MIPA*, 10(2), hal. 18–21. doi: 10.29303/jpm.v10i2.24.
- Kamandanu, B. (2011) "Indonesian coal mining outlook," in *IEA workshop: Coal market's outlook*. Beijing: IEA, hal. 1–13.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2011) *Potensi energi batubara tercairkan (liquefied coal)*, www.esdm.go.id. Tersedia pada: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/potensi-energi-batubara-tercairkan-liquefied-coal> (Diakses: 29 Oktober 2021).
- Lubis, M. P. D., Hervani, D. R. dan Sasria, N. (2021) "Identifikasi kandungan batubara cair tipe lignit menggunakan metode pirolisis daerah Kecamatan Pasir Balengkong Provinsi Kalimantan Timur," *SPECTA Journal of Technology*, 5(2), hal. 168–175.
- Malaidji, E., Anshariah dan Budiman, A. A. (2018) "Analisis proksimat, sulfur, dan nilai kalor dalam penentuan kualitas batubara di Desa Pattappa Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan," *Jurnal Geomine*, 6(3), hal. 131–137. doi: 10.33536/jg.v6i3.244.
- Muchjidin (2006) *Pengendalian mutu dalam industri batu bara*. Bandung: ITB Press.
- Rahmayanti, M., Yunita, E. dan Prandini, M. N. (2019) "Isolasi asam humat dari tanah gambut Sumatera dan Kalimantan dan analisis kandungan gugus fungsionalnya," *Integrated Lab Journal*, 7(2), hal. 132–139.
- Saepullah, A. (2019) *Analisis kelas batubara di wilayah kabupaten lebak dengan menggunakan klasifikasi ASTM*, Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Banten. Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Banten.
- Saputra, M. I. dan Yuliyani, I. (2020) "Potensi kecepatan pembentukan slagging dan fouling pada boiler PLTU berbahan bakar batu bara," *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 1(1), hal. B170–B181. doi: 10.32497/nciet.v1i1.84.
- Sarhan, T. Z. (2011) "Effect of humic acid and seaweed extracts on growth and yield of potato plant (*Solanum tuberosum* L) Desiree CV.," *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 39(2), hal. 19–25. doi: 10.33899/magj.2011.30377.
- Sepfitrah (2016) "Analisis proximate kualitas batubara hasil tambang di Riau (Studi kasus Logas, Selensen dan Pangkalan Lesung)," *Volume 4 Nomor 1 Jurnal Sainstek STT Pekanbaru*, 4(1), hal. 18–26.
- Smith, H. (2016) *Humic acid and seaweed extracts: A powerful combination, Garden and Greenhouse*. Tersedia pada: <https://www.gardenandgreenhouse.net/articles/nutrients/humic-acid-and-seaweed-extracts-a-powerful-combination/> (Diakses: 28 Juli 2021).
- Sukandarrumidi (2014) *Batubara dan gambut*. Yogyakarta: UGM Press.
- Wang, C.-F., Fan, X., Zhang, F., Wang, S.-Z., Zhao, Y.-P., Zhao, X.-Y., Zhao, W., Zhu, T.-G., Lu, J.-L. dan Wei, X.-Y. (2017) "Characterization of humic acids extracted from a lignite and

- interpretation for the mass spectra," *RSC Advances*, 7(33), hal. 20677–20684.
doi: 10.1039/C7RA01497J.
- Zhang, X. dan Ervin, E. H. (2004) "Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance," *Crop Science*, 44(5), hal. 1737–1745.
doi: 10.2135/cropsci2004.1737.
- Zhao, L., Guanhua, N., Hui, W., Qian, S., Gang, W., Bingyou, J. dan Chao, Z. (2020) "Molecular structure characterization of lignite treated with ionic liquid via FTIR and XRD spectroscopy," *Fuel*, 272, hal. 117705.
doi: 10.1016/j.fuel.2020.117705.
- Zhou, L., Yuan, L., Zhao, B., Li, Y. dan Lin, Z. (2019) "Structural characteristics of humic acids derived from Chinese weathered coal under different oxidizing conditions," *PLOS ONE*.
Diedit oleh J. Mao, 14(5), hal. e0217469.
doi: 10.1371/journal.pone.0217469.

