

Karakterisasi Produk Biosolubilisasi Lignit oleh Kapang Indigenus dari Tanah Pertambangan Batubara di Sumatera Selatan

^{1,2}Irawan Sugoro, ³Sandra Hermanto, ⁴Dwiwahju Sasongko,
²Dea Indriani & ² Pingkan Aditiawati

¹Pusat Aplikasi Teknologi Radiasi – BATAN Pasar Jumat, ²Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati - Institut Teknologi Bandung, ³Program Studi Kimia FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, ⁴Departemen Teknik Kimia – Institut Teknologi Bandung

Email: irawan_sugoro@yahoo.com

ABSTRACT

Characterization of Lignite Biosolubilization Products by Indigenous Moulds from Soil of Coal Mining in South Sumatera. Biosolubilization of coal is a potential technology of converting solid coal to liquid fuel and chemicals at ambient condition. Our previous research has successfully isolated four moulds from soil at coal mining - South Sumatera and has potency as lignite biosolubilization agent, i.e. T1, T2, T4, T5. The objective of this research was to characterize of lignite biosolubilization products by four isolates. The method used was sub-merged culture. Cultivation medium was MSS+ (minimal salt + sucrose 0,1% + yeast extract 0,01% + lignite 5 %). Incubation was conducted at room temperature for 28 days. The result showed that all indigenos moulds have different ability in lignite biosolubilization. The highest biosolubilization occurred after 7 days of incubation belonging to T1 isolate. However, GC-MS analysis showed the largest percentage of hydrocarbon compound which equivalent to gasoline and diesel was T5 after 7 days of incubation.

Key words: Biosolubilization, lignite, moulds, coal.

PENDAHULUAN

Batubara menjadi sumber energi yang penting di dunia seiring dengan semakin terbatasnya cadangan minyak dan gas alam. Data menunjukkan bahwa cadangan batubara, minyak dan gas alam hingga akhir tahun 2007 sebesar 462,6, 164,5 dan 163,3 triliun ton, dengan asumsi tingkat konsumsi tahun 2007, cadangan batubara akan memenuhi kebutuhan energi untuk 146 tahun ke depan, sedangkan minyak untuk 50 tahun dan gas alam untuk 63 tahun (IEA 2009).

Data pada akhir tahun 2010 menunjukkan bahwa Indonesia memiliki sumber daya dan cadangan batubara Indonesia sebesar 104,8 miliar dan 20,98 miliar ton. Cadangan batubara Indonesia didominasi oleh jenis lignit (kandungan kalori rendah) sebesar 59%, subbituminus (kandungan kalori sedang) sebesar 27%, dan bituminus mencapai 14%, sedangkan antrasit kurang dari 0,5% (ESDM 2010). Secara alamiah. Atas dasar data tersebut maka penggunaan batubara yang efisien menjadi sangat penting untuk diteliti.

Batubara banyak digunakan untuk

pembangkit tenaga listrik dan panas. Umumnya jenis batubara yang digunakan adalah kualitas rendah dari jenis lignit sebesar 96,4 %. Hal tersebut dapat mengakibatkan polusi udara yang cukup serius. Emisi dari pembakaran lignit terutama berupa sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x), karbon dioksida (CO₂) dan logam berat (Xu dkk 2000). Oleh karena itu, pembakaran lignit secara langsung bukan merupakan teknologi yang baik dilihat sisi perlindungan lingkungan, sehingga dibutuhkan teknologi baru untuk penanganannya.

Biosolubilisasi adalah salah satu teknologi yang menjanjikan dengan memanfaatkan mikroba untuk mencairkan padatan batubara sehingga diperoleh sumber energi dengan produk bersih. Produk biosolubilisasi yang berupa cairan hitam menyimpan 97,5% dari nilai pemanasan lignit mentah (Shi dkk 2009). Dibandingkan dengan liquefaksi termal batubara, biosolubilisasi memiliki beberapa keuntungan, yaitu proses dilakukan dalam kondisi suhu dan tekanan atmosfer, mikroba dapat menggunakan hidrogen dari air dan tidak membutuhkan energi eksternal hidrogen untuk membentuk lignit tersolubilisasi. Mikroba dapat mencairkan batubara dengan bantuan enzim pada kondisi suhu dan tekanan atmosfer, sedangkan proses termal membutuhkan suhu dan tekanan yang tinggi. Peningkatan rasio H/C produk batubara cair diperoleh dengan memanfaatkan hidrogen dari air, sedangkan proses termal perlu proses hidrogenasi yang menyebabkan biaya operasi tinggi. Produk yang dihasilkan pun tidak menghasilkan SO_x dan NO_x

selama proses pembakaran dan itulah sumber energi bersih (Fakoussa & Hofrichter 1999). Batubara dicairkan dengan cara menggunakan suhu dan tekanan sangat tinggi. Disamping itu, penelitian ini mendukung program pemerintah melalui Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006 mengenai Kebijakan Energi Nasional (KEN), dimana penggunaan batubara akan ditingkatkan menjadi 33% dan batubara yang dicairkan sebesar 2 % pada tahun 2025 untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi.

Biosolubilisasi batubara menjadi menarik untuk diteliti lebih dalam dengan alasan yang telah dijelaskan di atas. Hasil solubilisasi yang rendah dan dibutuhkan waktu konversi yang lama menjadi hambatan pengembangan biosolubilisasi batubara serta jenis batubara yang berbeda untuk setiap lokasi. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan kapang indigenus di pertambangan batubara untuk memudahkan saat pengaplikasian karena secara alami telah teradaptasi dengan substrat batubara. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan telah diperoleh 8 isolat kapang dari tanah dan batubara. Penelitian ini menggunakan 4 isolat kapang hasil isolasi dari tanah pertambangan batubara di Tanjung Enim, Sumatera Selatan, yaitu kapang kode T1, T2, T4 dan T5 (Sugoro dkk. 2011). Kapang tersebut memiliki kemampuan mengsolubilisasi batubara kualitas rendah seperti lignit, akan tetapi belum diketahui karakteristik produknya. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik produk biosolubilisasi dari keempat kapang tersebut.

BAHAN DAN CARA KERJA

Alat utama yang digunakan adalah Gas Chromatograph Mass Spectrometer (GC-MS) untuk analisa hidrokarbon hasil biosolubilisasi, Fourier Transform Infra Red (FTIR) Spectrum One Perkin Elmer untuk identifikasi profil gugus fungsi batubara sebelum dan setelah biosolubilisasi, Spektrofotometer UV-Vis Spectronic Genesys, mikroskop, Laminar Air Flow Cabinet (L AFC), pH meter HANNA Instruments HI 8520 dan saringan berukuran 100 mesh. Bahan yang digunakan adalah batubara jenis lignit dengan ukuran 100 mesh, 4 jenis isolat kapang berasal dari tanah pertambangan Tanjung Enim - Sumatera Selatan (kode T1, T2, T4, dan T5), medium Minimal Salt (MS/1g $\text{NH}_4(\text{SO}_4)$, 0,52 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 5 g KH_2PO_4 , 0,005 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,003 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dan 0,003 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ lalu ditambah akuades hingga volumenya mencapai 1000 ml dan pH 5,5), medium PDMA (Potatoes Dextrose Agar : MS (1 : 1) + serbuk batubara 0,1%), medium MSS+ (MS + sukrosa 0,1 % + ekstrak ragi 0,01% + batubara 5%), benzena, heksana, dietil eter dan serbuk KBr kering.

Kapang diremajakan dalam medium PDMA dan diinkubasi selama 4 hari hingga dihasilkan spora. Kemudian spora dilepaskan dari miselia dan sebanyak 5% v/v (106 sel spora/ml) diinokulasikan ke dalam 30 ml medium MSS. Kultur diinkubasi menggunakan *shaking incubator* dengan kecepatan 150 rpm dan suhu ruang selama 28 hari. Pencuplikan sampel kultur dilakukan pada hari ke - 0,

7, 14, 21, dan 28 untuk pengukuran pH medium, kolonisasi, kadar asam humat dan fulvat, analisis gugus fungsi batubara dengan FTIR dan analisis produk biosolubilisasi dengan GC-MS.

Pengukuran asam humat dan fulvat dilakukan dengan menambahkan asam klorida (HCl) 4 N ke dalam supernatan sampel hingga pH mencapai 1. Setelah pH mencapai nilai yang diinginkan kemudian dilakukan sentrifugasi selama 20 menit (8000) rpm. Dari proses tersebut didapatkan supernatan dan pelet yang terpisah di dasar tabung sentrifugasi. Supernatan yang didapatkan kemudian dipindahkan ke dalam tabung terpisah dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 280 nm. Setelah proses asidifikasi menggunakan HCl 4 N, maka endapan yang didapatkan dari hasil sentrifugasi diperlakukan lebih lanjut yakni dengan membilasnya menggunakan aquades hingga pH-nya mencapai nilai 4. Setelah itu dilakukan pengukuran absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 450 nm (Fakuosa & Frost 1998).

Analisis gugus fungsi batubara sebelum dan setelah biosolubilisasi dilakukan dengan FTIR pada kisaran frekuensi 4000- 450 cm^{-1} resolusi 4 cm^{-1} . Batubara hasil biosolubilisasi terlebih dahulu dioven pada suhu 55°C. Sampel dicampurkan dengan serbuk KBr kering dengan lumpang agate dengan perbandingan 1:100 hingga benar-benar homogen. Campuran tersebut dicetak dengan handy press. Cakram KBr yang sudah terbentuk dimasukkan ke dalam KBr disc holder dan direkam dengan alat

spektrofotometer FTIR (Shi dkk 2009).

Analisis hasil solubilisasi batubara oleh kapang dengan menggunakan GC-MS. Supernatan hasil biosolubilisasi ditambahkan pelarut dengan perbandingan 1:1. Pelarut yang digunakan adalah campuran benzena : heksana : dietil eter dengan perbandingan 3:1:1. campuran lalu diaduk, didiamkan beberapa saat sampai terbentuk fase atas dan bawah. Fase atas selanjutnya dimasukkan ke dalam vial untuk dianalisis dengan alat GC-MS. Kontrol yang digunakan adalah batubara yang dilarutkan dalam medium MSS+, kemudian diekstrak dengan pelarut yang sama (Silva dkk 2007).

HASIL

Perubahan pH Medium dan Kolonisasi

Biosolubilisasi yang dilakukan oleh keempat isolat kapang pada penelitian ini menghasilkan pH yang asam. Nilai pH awal seluruh kapang pada hari ke-0, yaitu berkisar antara 4,25 - 4,5. Selanjutnya hingga hari ke 21 inkubasi, pH mengalami penurunan berkisar antara 3,31-4,5. Setelah hari ke 28 inkubasi pH cenderung mengalami sedikit peningkatan berkisar

antara 3,49 - 3,55 (Tabel 1). Hal ini, didukung pula hasil pengamatan mikroskopis yang menunjukkan terjadinya interaksi berupa kolonisasi miselia kapang pada batubara (Gambar 1). Kolonisasi kapang setelah 7 hari inkubasi menunjukkan hasil berbeda-beda dan kolonisasi terbaik dilakukan oleh kapang T2.

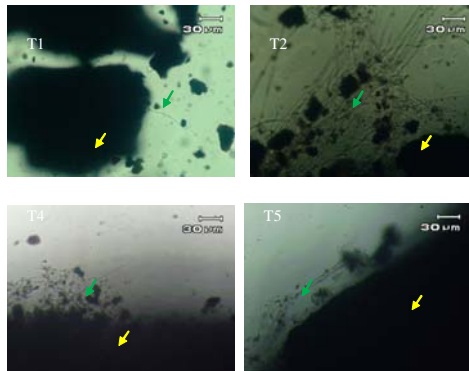
Kandungan Asam Humat dan Fulvat pada Produk Solubilisasi Batubara

Pengukuran asam humat dan fulvat pada produk solubilisasi batubara dilakukan melalui penentuan absorbansinya secara kualitatif pada panjang gelombang 450 nm (asam humat) dan 280 nm (asam fulvat). Pada Gambar 2 terlihat grafik perubahan absorbansi asam humat dan fulvat yang menunjukkan kecenderungan pola perubahan yang sama antar isolat. Peningkatan asam humat terjadi setelah hari ke-7 dan cenderung stasioner setelah hari ke-14 untuk isolat kapang T1 dan T4, sedangkan kandungan asam humat isolat kapang T2 dan T4 mengalami peningkatan lebih lanjut. Hasil berbeda terjadi pada kandungan asam fulvat yang mengalami kenaikan hingga hari ke-7 untuk semua isolat kapang dan

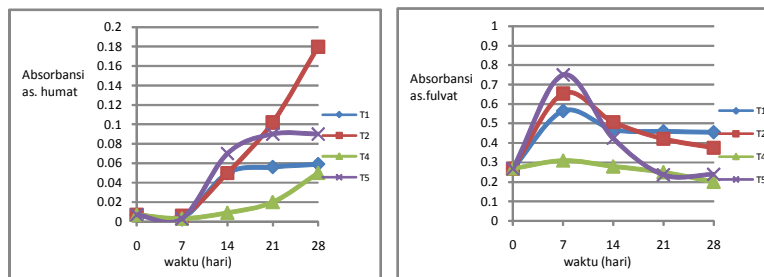
Tabel 1. Nilai perubahan pH Medium untuk isolat kapang T1, T2, T4, dan T5 kapang dalam medium MSS yang diinkubasi pada suhu kamar dan agitasi 150 rpm.

Hari	Rata-rata nilai pH			
	T1	T2	T4	T5
0	3,93	3,84	3,92	3,94
7	3,26	3,41	3,35	3,265
14	3,02	2,24	3,13	3,035
21	3,085	3,31	3,245	3,125
28	3,08	3,315	3,195	3,12

Karakterisasi Produk Biosolubilisasi Lignit oleh Kapang



Gambar 1. Kolonisasi batubara oleh isolat kapang T1, T2, T4, dan T5 dalam medium MSS yang diinkubasi pada suhu kamar dan agitasi 150 rpm (miselia; tanda panah hijau; batubara: tanda panah kuning ; perbesaran 400 x).



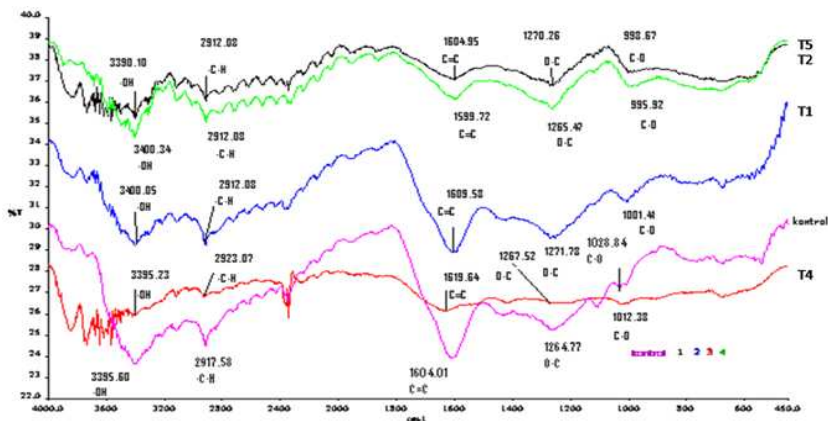
Gambar 2. Perubahan nilai absorbansi asam humat dan fulvat supernatan medium hasil biosolubilisasi batubara oleh kapang hasil T1, T2, T4 dan T5 dalam medium MSS yang diinkubasi pada suhu kamar dan agitasi 150 rpm

setelahnya mengalami penurunan. Kandungan asam fulvat tertinggi terjadi pada isolat kapang T5 dengan nilai absorbansi 0,74.

Spektrum FTIR Batubara Hasil Biosolubilisasi

Identifikasi gugus fungsi batubara hasil degradasi dengan menggunakan FTIR digunakan untuk mengkarakterisasi lignit mentah (kontrol) dan lignit yang telah diberi perlakuan selama proses biosolubilisasi (Gambar 3). Hasil analisa FTIR menunjukkan, batubara lignit mengandung gugus hidroksil fenol (O-H)

pada daerah serapan 3200-3550 cm⁻¹, gugus alkana (C-H) 2850-3000 cm⁻¹, gugus (C=C) aromatik pada daerah 1500-1600 cm⁻¹, gugus fosfor (P-H) di daerah 2440-2280 cm⁻¹, dan gugus alkohol (C-O) pada daerah serapan 970-1250 cm⁻¹. Setelah terjadi proses solubilisasi, spektrum yang dihasilkan pada sampel dibandingkan dengan spektrum kontrol batubara lignit. Gugus O-H fenol, C-O fenol C-H alkana, dan C=C aromatik pada semua kapang mengalami penurunan sedangkan gugus P-H posfor pada sampel T1 meningkat.



Gambar 3. Pola spektrum endapan batubara hasil biosolubilisasi oleh keempat isolat kapang hasil analisis dengan FTIR.

Hasil Analisis GCMS Produk Biosolubilisasi Batubara

Sampel yang digunakan adalah perwakilan dari setiap kapang yang memiliki hasil absorbansi solubilisasi terbesar yaitu T1, T4, dan T5 pada hari ke-7 inkubasi serta T2 pada hari ke-4 inkubasi. Kontrol yang digunakan adalah batubara yang dilarutkan dalam medium minimal salt. Hasil identifikasi menggunakan GC-MS (Tabel 2) menunjukkan pada kontrol terdeteksi 18 senyawa hidrokarbon, sedangkan kapang T1 terdeteksi 11 senyawa, T4 terdeteksi 17 senyawa, T5 terdeteksi 11 senyawa, dan T2 terdeteksi 13 senyawa. Pada kontrol terdapat senyawa dengan rantai karbon panjang yang tidak terdapat pada ke-4 sampel yaitu n-heneikosil siklo-pentana ($C_{26}H_{52}$) dan n-nonakosana ($C_{29}H_{60}$). Senyawa naphthalene ($C_{10}H_8$) baik pada kontrol maupun perlakuan pada masing-masing kapang memiliki persentase area yang tertinggi dibandingkan dengan senyawa lain yang terdeteksi. Jika dibandingkan dengan kontrol, analisis terhadap keempat sampel menunjukkan terjadi peningkatan

persentase area pada rantai karbon pendek. Peningkatan persentase area terjadi pada senyawa C_9H_{18} , $C_{10}H_8$, $C_{12}H_{26}$, dan $C_{14}H_{30}$. Senyawa baru seperti senyawa $C_{11}H_{24}$ dan $C_{15}H_{35}$ terbentuk pada perlakuan menggunakan kapang T4 dan T2.

PEMBAHASAN

Perubahan pH medium merupakan indikator terjadinya pertumbuhan atau metabolisme kapang selama proses biosolubilisasi. Hal ini didukung hasil pengamatan mikroskopis setiap kapang yang mampu tumbuh dan mengkolonisasi batubara (Gambar 1). Penurunan pH yang terjadi dapat disebabkan terbentuknya asam-asam organik dan juga dapat disebabkan telah terjadinya desulfurisasi. Dimana sulfur dalam batubara terlarut ke dalam medium cair dalam bentuk ion sulfat (SO_{42-}) sehingga terbentuk asam sulfat. Jenis asam organik diantaranya adalah asam karboksilat dan asam fulvat yang merupakan senyawa humat yang terdapat dalam batubara (Hammel 1996).

Tabel 2. Senyawa Hasil Biosolubilisasi Batubara Menggunakan GC-MS.

No.	Nama Senyawa	% Area				
		Kontrol	Kode isolat			
			T1	T2	T4	T5
1	2,4-dimetil-1-heptena (C ₉ H ₁₈)	0,64	0,96	0,72	-	-
2	2,4-dimetilheptana(C ₉ H ₂₀)	-	4,71	2,26	3,33	2,69
3	4-metiloktana (C ₉ H ₂₀)	1,04	1,47	1,00	2,15	-
4	3-etil-2-metilheksana (C ₉ H ₂₀)	1,82	-	-	-	-
5	Naptalena (C ₁₀ H ₈)	30,38	45,23	27,34	61,22	52,15
6	Undekana,3,7-dimetil (C ₁₁ H ₂₄)	-	-	0,99	-	-
7	3,7-Dimetildekana (C ₁₂ H ₂₆)	3,42	9,45	4,19	6,83	4,30
8	Dekana,3,7,-dimetil (C ₁₂ H ₂₆)	-	2,88	-	-	-
9	n-dodekana (C ₁₂ H ₂₆)	0,67	-	0,69	1,44	0,87
10	4-metildodekana (C ₁₃ H ₂₈)	-	3,27	-	-	-
11	5-metil-5-propilnonana(C ₁₃ H ₂₈)	-	-	1,06	1,60	1,33
12	5-isobutilnonana(C ₁₃ H ₂₈)	-	6,66	1,83	1,49	5,87
13	5-sek-butilnonana (C ₁₃ H ₂₈)	-	-	-	-	1,03
14	5-butilnonana (C ₁₃ H ₂₈)	0,93	-	-	-	-
15	n-tetradekana (C ₁₄ H ₃₀)	2,45	8,17	8,78	5,15	3,22
16	4,6-dimetildodekana (C ₁₄ H ₃₀)	4,00	-	-	-	-
17	Dodekana,4,6-dimetil (C ₁₄ H ₃₀)	-	-	4,06	-	-
18	4,6-dimetildodekana (C ₁₄ H ₃₀)	1,70	-	-	-	-
19	n-Pentadekana(C ₁₅ H ₃₅)	-	-	-	-	2,07
20	2,6,10-trimetiltetradekana(C ₁₇ H ₃₆)	0,48	-	0,33	-	-
21	2,6,10-trimetiltetradekana(C ₁₇ H ₃₆)	-	-	1,57	-	-
22	n-heptadekana(C ₁₇ H ₃₆)	7,56	-	-	-	2,88
23	2-metilheksadekana (C ₁₇ H ₃₆)	2,42	-	-	10,88	-
24	n-oktadekana (C ₁₈ H ₃₈)	2,43	14,38	11,15	1,92	2,18
25	n-nonadekana (C ₁₉ H ₄₀)	11,69	-	-	-	18,64
26	9-metilnonadekana (C ₂₀ H ₄₂)	-	-	0,56	-	-
27	2,6,10,14-tetrametilheksadekana(C ₂₀ H ₄₂)	6,6	-	-	-	-
28	2,6,11,15-tetrametilheksadekana(C ₂₀ H ₄₂)	-	2,81	-	-	2,77
29	2,6,10,14-tetrametilheptadekana (C ₂₁ H ₄₄)	-	-	1,56	-	-
30	n-dokosana (C ₂₂ H ₄₆)	-	-	-	4,00	-
31	n-trikosana(C ₂₃ H ₄₈)	-	-	31,91	-	-
32	n-heneicosylcyclopentana (C ₂₆ H ₅₂)	3,05	-	-	-	-
33	n-nonakosana (C ₂₉ H ₆₀)	18,73	-	-	-	-
Total % Area		100	100	100	100	100
Total senyawa		18	11	17	11	13

Penurunan nilai pH tidak terjadi secara terus-menerus sampai akhir masa inkubasi. Setelah memasuki hari ke-28 inkubasi nilai pH mengalami sedikit kenaikan (Tabel 1). Kemungkinan

kenaikan pH medium disebabkan terbentuknya senyawa amonia hasil solubilisasi senyawa piridin dalam batubara kemudian larut dalam medium dan bereaksi dengan air membentuk

amonium hidroksida (NH_4OH) yang bersifat basa lemah (Ying dkk 2010).

Terjadinya penurunan pH didukung pula dengan hasil pengukuran absorbansi asam humat dan fulvat yang terlarut. Menurut Stevenson (1982) batubara terutama jenis lignit, merupakan senyawa organik yang berpotensi kaya akan substansi humat. Substansi humat memiliki kontribusi besar sebagai mantel suatu partikel. Kondisi itu kemungkinan besar proses solubilisasi batubara ditandai dengan melarutnya beberapa lapisan substansi humat tersebut ke dalam medium. Oleh karena itu pengukuran terhadap keberadaan substansi humat berupa asam humat dan asam fulvat dalam medium dapat dijadikan sebagai acuan atau faktor uji dalam memastikan terjadinya biosolubilisasi batubara.

Tingginya nilai absorbansi asam humat pada awal inkubasi karena batubara masih mengandung banyak senyawa aromatik yang memiliki ikatan terkonjugasi yang merupakan komponen utama penyusun asam humat dalam batubara. Penurunan kadar asam humat pada awal inkubasi (hari ke-7) diikuti dengan kenaikan kadar asam fulvat (Gambar 2). Penurunan nilai absorbansi asam humat yang berimplikasi pada peningkatan nilai asam fulvat disebabkan oleh penguraian ikatan konjugasi pada senyawa aromatik dimana naftasena yang merupakan penyusun utama asam humat terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti naftalena yang merupakan penyusun utama asam fulvat (Zylstra & Kim 1997). Kondisi tersebut menyebabkan konsentrasi asam fulvat yang terlarut dalam medium mulai

mengalami peningkatan. Setelah hari ke-7 inkubasi, kadar asam humat mengalami kenaikan, sedangkan asam fulvat mengalami penurunan hingga akhir inkubasi. Kemungkinan yang terjadi adalah pelepasan asam humat di batubara yang tinggi karena aktivitas kapang dan asam fulvat yang terlarut dalam medium mengalami proses degradasi lanjut.

Terjadinya biosolubilisasi batubara dapat dilihat dari adanya perubahan gugus fungsi batubara. Menurut Scott & Lewis (1990), perubahan ini disebabkan biosolubilisasi yang dilakukan oleh kapang terhadap batubara yang merupakan proses oksidatif. Struktur lignit didegradasi menjadi senyawa fenolik dan alifatik lignin hasil degradasi cincin aromatik. Peningkatan P-H posfor dan penurunan gugus O-H, C-O fenol, C-H alkana dan C=C aromatik pada sampel yang dibandingkan dengan kontrol menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan struktur lignit menjadi senyawa yang lebih sederhana atau terlarut dalam medium.

Hal ini didukung pula dari hasil analisis GC-MS supernatan medium yang menunjukkan adanya senyawa-senyawa baru yang berasal dari batubara. Penurunan komposisi dan konsentrasi senyawa mengindikasikan terjadinya biosolubilisasi. Proses biosolubilisasi ini menyebabkan pemutusan rantai karbon oleh kapang menjadi rantai yang lebih sederhana dan sebagian digunakan untuk proses metabolisme kapang dimana selama masa inkubasi kapang menggunakan sumber karbon pada senyawa batubara tersebut untuk proses metabolisme. Bukti terjadinya biosolubilisasi adalah terdeteksinya senyawa naphthalene

(C₁₀H₈) pada medium yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Senyawa ini merupakan komponen utama asam fulvat dan sesuai dengan hasil pengukuran absorbansi asam fulvat yang menunjukkan terjadinya peningkatan pada hari ke-7 (Gambar 3). Hasil berbeda ditunjukkan oleh Sugoro dkk (2009), produk biosolubilisasi oleh kapang *Penicillium* sp. tidak mendeteksi adanya senyawa naftalene karena batubara yang digunakan adalah dari jenis subbituminus.

Jika dibandingkan dengan komposisi senyawa hidrokarbon yang terdapat pada bensin dengan jumlah atom karbon sebanyak 4 sampai 12, dan minyak solar yang memiliki panjang rantai karbon 10 sampai 13 (American Petroleum Institute 2001). Senyawa hidrokarbon yang terdapat pada keempat sampel hasil solubilisasi batubara lignit memiliki kemiripan dengan jumlah atom karbon pada bensin dan solar. Produk tertinggi yang setara dengan bensin dihasilkan oleh kapang T5 dengan persentase area sebesar 74,97, disusul oleh T1, T2 dan T4 dengan persentase area berturut-turut sebesar 64,7; 60,01 dan 37,19. Produk tertinggi yang setara dengan solar dihasilkan oleh kapang T5 dengan (72,58%), disusul oleh T1, T2 dan T4 berturut-turut sebesar 64,49; 65,52 dan 36,1%.

Dari keempat kapang yang digunakan untuk proses biosolubilisasi ternyata yang terbaik mendegradasi batubara kompleks menjadi senyawa yang setara dengan komponen bensin dan solar adalah kapang T5 pada hari ke-7 inkubasi. Dengan demikian hasil degradasi batubara oleh keempat kapang

indigenus ini, memiliki potensi sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar minyak yang setara dengan bensin dan solar.

KESIMPULAN

Keempat isolat kapang indigenus memiliki kemampuan yang berbeda dalam mensolubilisasi batubara. Hasil analisis FTIR menunjukkan terjadinya penurunan absorbansi gugus O-H fenol, C-O fenol C-H alkana, dan C=C aromatik pada semua kapang yang mengindikasikan terjadinya reaksi oksidasi enzimatik selama proses biosolubilisasi. Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa kapang T5 pada hari ke-7 inkubasi menghasilkan persentase senyawa hidrokarbon terbesar dengan komposisi karbon yang setara dengan bensin dan solar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada DIKTI melalui program Hibah Stranas 2010 yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute. 2001. Properties of Fuels. <http://www.afdc.energy.gov.pdf>.
- ESDM. 2011. *Lokakarya Energi Baru dan Terbarukan*. ITB. Bandung
- Fakoussa R & M Hofrichter. 1999. Biotechnology and Microbiology of Coal Degradation. *Appl. Microbiol. Biotech.* 52: 25-40.

- Fakuosa RM & J Frost. 1998. Production of Water-Soluble Coal-Substance by Partial Microbial Liquefaction of Untreated Hard Coal. Resor. *Conserve. Recycle*. 251-60.
- Hammel KE. 1996. Extracellular Free Radical biochemistry of Ligninolytic Fungi. *New J Chem*. 20:195-198.
- IEA 2009. International Energy Outlook. [http : www.ieo.org](http://www.ieo.org).
- Scott CD & SN Lewis. 1990. Solubilization of Coal by Microbial Action. In: Wise, L..D. (editor). *Bioprocessing and Biotreatment of Coal*. Marcel Dekker Inc. New York
- Selvi V.A. & R Banerje. 1982. Coal biotechnology : Bio-conversion of Different Rank Indian Coal for The Extraction of Liquid Fuel and Fertilizer. *Appl. Biochem. Biotech*. 7: 16-21.
- Shi K Y, XX. Tao, SD. Yin & YLvZP. Du. 2009. Bio-solubilization of Fushun lignite. The 6th Proceeding Conference on Mining Science dan Technology in *Procedia Earth Planet. Sci*. I. 627-633.
- Silva, ME, CJ. Vengadajellum, HA Janjua, STL Harrison, SG Burton & DA Cowan. 2007. Degradation of low rank coal by *Trichoderma atroviride* ES11. *J. Indus. Microbiol. Biotech*. 34:625-631.
- Stevenson, FJ. 1982. *Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reaction*. John Willey dan sons Inc. New York. Hlm. 443
- Sugoro I, T Kuraesin, MR. Pikoli, S Hermanto & P Aditiawati. 2009. Isolasi dan Seleksi Fungi Pelaku Solubilisasi Batubara Subbituminus. *J. Biologi Lingkungan Al-Kaunyah*. (3):75-87
- Sugoro I, D Sasongko, D Indriani & P Aditiawati. 2010. Isolasi dan Seleksi Fungi dari Pertambangan Batubara sebagai Agen Biosolubilisasi Batubara dalam Laporan Penelitian Hibah Unggulan Strategis Nasional Tahap I. ITB.
- Xu XH, CH Chen & HY Qi. 2000. Development of Coal Combustion Pollution Control for SO₂ and NO_x in China. *Fuel Proces. Tech*. 62(2/3): 153-160.
- Ying D, T Xiuxiang, K Shi, & L Yang. 2010. Degradation of Lignite Model Compounds by the Action of White Rot Fungi. *Mining Sci. Tech*. 20: 0076-0081
- Zylstra GJ & E Kim. 1997. Aromatic Hydrocarbon Degradation by *Sphingomonas yanoikuyae* B1. *J. Indus. Microbiol. Biotech*. 408-414.

Memasukkan Januari 2011

Diterima: Mei 2011