KARAKTERISTIK PROSES HIDROKONVERSI KATALITIK DENGAN BAHAN BAKU BITUMEN

Yusnitati¹⁾, Muhammad Hanif²⁾, dan Adiarso³⁾

¹⁾Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi
BPPT Gedung II Lantai 22 Jl MH Thamrin no 8, Jakarta 10340

²⁾Laboratorium Pencairan Batubara, Puspiptek, Serpong

³⁾Balai Rekayasa Desain dan Sistem Teknologi

E-mail: uniyus@yahoo.com; hanive@hotmail.com

Abstract

The effects of bitumen types in a hydro-conversion catalytic process to produce syntethic liquid fuels was investigated. Three samples of natural solid bitumen obtained from three different sampling points in Riau Province are used in this study. Preliminary technical feasibility of the natural solid bitumen as a feedstock of synthetic fuel oil using this process is also investigated. Experimental runs are carried out using a 1 liter stirred batch autoclave reactor under the standard conditions: reaction temperature of 450°C, initial hydrogen pressure of 12 MPa for 1 hour and atomic ratio of sulfur to iron at 2.0. This process condition is similar to direct coal liquefaction process using heavy oil solvent produced from Bench Scale Unit (BSU) 100 kg/hour input in Takasago, Japan. The results indicate that the oil yield increases with the decrease of liquid bottom yield. Total CO+CO₂ and hydrocarbon gases products are almost equal at all bitumen samples. Due to their high ash content, the oil yield (LO, MO and HO) of bitumen samples relatively lower than the oil yield of coal liquefaction process. It was also found that O/C and H/C atomic ratio in bitumen samples vary significantly with their sampling point, but the H/C ratio of bitumen relatively higher than typical coal. The higher of H/C ratio, the easier of bitumen to be converted to synthetic fuel oil and leading to the more efficiently use of gaseous hydrogen. In conclusion, the natural solid bitumen has a possibility as a feedstock of synthetic fuel oil, if it is fed to the process in the form of a dried-ash-free-bitumen (hyper-bitumen).

Kata kunci: bitumen, hidrokonversi katalitik, BBM sintetis

1. PENDAHULUAN

Penurunan produksi minyak bumi Indonesia yang belum memperlihatkan tanda-tanda perbaikan menyebabkan peningkatan jumlah impor minyak untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Tidak hanya itu, tetapi peningkatan jumlah impor minyak juga disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Diperlihatkan pada Gambar 1 meningkatnya ketergantungan Indonesia terhadap impor minyak dari negara-negara lain. Terlihat bahwa pada tahun 2030 jumlah impor minyak mentah Indonesia akan naik 3 kali lipat dari impor tahun 2009 dengan defisit pasokan minyak total naik hingga 18 kali lipat dari 36 juta barel (2007) menjadi 657 juta barel (2030) atau naik dengan laju rata-rata 15,58% (Anonim., 2005; BPPT, 2010).

Jumlah defisit yang sedemikian banyak mendorong Indonesia untuk mencari dan meningkatkan peran energi alternatif seperti BBN atau BBM sintetis dari proses pencairan batubara.

Sumber: Outlook Energi Indonesia 2010, BPPT

Gambar 1. Prakiraan produksi, impor, ekspor, konsumsi minyak total Indonesia

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menjamin ketersediaan energi domestik yang andal, aman, cukup, bersih dan berkelanjutan. Di antara upaya tersebut adalah menetapkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) sebagai landasan bagi perencanaan strategis pengembangan energi yang komprehensif dan terpadu^[1]. Kebijakan tersebut dirangkum dalam program intensifikasi, diversifikasi dan konservasi energi. Bentuk implementasi kebijakan antara lain berupa pencarian sumber-sumber energi alternatif baik yang berbasis energi terbarukan maupun tak terbarukan.

Salah satu sumber energi alternatif yang menarik perhatian para peneliti dan kalangan industri adalah bitumen padat. Sementara itu, pengembangan potensi bitumen padat di Indonesia, sampai saat ini masih dalam tahap eksplorasi untuk kebutuhan inventarisasi dan pemanfaatannya skala komersial belum banyak dilakukan dalam.

Bitumen adalah sumber energi fosil yang banyak dijumpai dalam bentuk padatan dengan viskositas (derajat kekentalan), kandungan sulfur dan densitasnya relatif lebih tinggi daripada minyak bumi. Proses alami pembentukan bitumen, prinsipnya sama dengan proses pembentukan minyak bumi atau batubara. Semua sumber energi fosil tersebut adalah hasil dekomposisi timbunan makhluk hidup yang mati dan terpendam selama jutaan tahun. Namun, bitumen terbentuk lebih dulu daripada batubara.

Bahan bitumen hampir tidak pernah berdiri sendiri di alam. Sebagian besar bahan bitumen tercampur dengan residu minyak bumi dan bahan-bahan lain seperti bahan-bahan organik macam lilin (*wax*), mineral tanah lempung, senyawa hidrokarbon, dan/atau minyak-minyak berat yang berbentuk cair atau semi padat.

Bitumen didefinisikan oleh Murray R. Gray (1994) sebagai campuran alami hidrokarbon yang berbentuk padat atau semi padat. Lebih spesifik lagi, bitumen diklasifikasikan oleh UNITAR berdasarkan viskositas ($> 10^5$ MPa.s), API Gravity (< 10) dan densitasnya (> 1.0 g/cm³). Sementara ASTM (*American Standard for Testing Materials*) berpendapat bahwa bitumen adalah nama suatu senyawa hidrokarbon tertentu yang berbentuk padat dengan ukuran partikel koloidal (< 1 mikron atau 0,001 mm) (Gray, Murray R., 1994).

Akibat karakteristiknya yang sedemikian, maka dari sisi teknis maupun ekonomis, pengolahan bitumen menjadi produk minyak menggunakan teknologi pengilangan minyak bumi yang konvensional (*existing refinery*) dianggap kurang layak, karena sulit untuk ditransportasikan melalui sistem perpipaan dan

sifatnya juga sangat bervariasi. Oleh karena itu, satu-satunya pilihan teknologi yang mungkin diterapkan bagi pemanfaatan bitumen adalah dengan secara langsung ataupun tidak langsung menggunakannya sebagai sumber energi termal, yaitu sebagai bahan baku produksi bahan bakar minyak (BBM) sintetis.

Untuk *upgrading* bitumen secara prinsip digunakan konsep dasar yang sama dengan pencairan batubara, yaitu dengan proses-proses seperti pemutusan ikatan karbon-karbon dan karbon-sulfur yang terdapat dalam bitumen, peningkatan rasio atom H/C produk setara dengan bahan bakar transportasi seperti minyak solar maupun bensin, serta penghilangan *heteroatom* (O, N dan S) dalam produk yang dihasilkan. Di antara proses yang dapat diterapkan untuk *up-grading* bitumen antara lain proses konversi termal (*thermal conversion*), proses konversi katalitik (*catalytic conversion*) dan proses konversi hidro (*hydroconversion*). Perbedaan proses-proses tersebut didasarkan pada produk yang dihasilkan, kondisi operasi, penggunaan katalis dan hidrogen (Tillman, D.A., 1991).

Dalam tulisan ini akan dibahas secara khusus proses konversi hidro-katalitik (*hydroconversion catalytic*) dengan bantuan pelarut yang bersifat donor hidrogen, yang merupakan semacam pelarut bagi bitumen. Pelarut donor hidrogen tersebut berperan menstabilkan pecahan-pecahan (radikal bebas) yang dihasilkan dari perengkahan termal bitumen. Donor atom hidrogen untuk radikal bebas dapat berasal dari bitumen itu sendiri (*hydrogen shuttling*), dari pelarut, atau dari atom molekul hidrogen atmosfer. Sejumlah katalis juga ditambahkan dalam proses ini, berupa katalis sekali pakai (*one-through catalyst*) seperti katalis berbasis besi (FeS₂, Fe₂O₃ dan FeOOH) yang banyak terdapat di alam, harganya relatif murah, serta mudah didapat. Dengan menambahkan katalis, diharapkan terjadi peningkatan perolehan minyak yang dihasilkan dan penyingkatan waktu reaksi yang dibutuhkan. Tidak hanya itu saja, tetapi katalis tersebut juga bermanfaat dalam menekan reaksi lanjut radikal bebas yang terbentuk dari proses termal dan reaksi dehidrogenasi dengan mengendalikan pembentukan kokas, menyediakan permukaan pengendapan metal, dan meningkatkan reaksi hidrogenasi (BPPT-NEDO, 1997).

Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Pencairan Batubara BPPT, dalam Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang. Riset ini dilaksanakan memanfaatkan fasilitas reaktor *lab-scale autoclave* kapasitas 1 liter tipe *batch* yang berfungsi sebagai reaktor unggun slurry (*slurry-*

bed reactor), dimana semua umpan seperti bitumen, katalis, pelarut dan gas hidrogen direaksikan secara simultan. Proses ini dimodifikasi dari proses pencairan batubara yang diaplikasikan untuk bitumen atau residu padat yang mengandung padatan atau mineral yang relatif tinggi.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Bitumen Padat

Dalam penelitian ini digunakan sampel bitumen padat yang berasal dari tiga titik lokasi pengambilan sampel di daerah Riau. Karakteristik dari ketiga sampel bitumen padat tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik sampel bitumen padat

Parameter	Bit. A	Bit. B	Bit. C
<u>Proksimat (% berat adb)</u>			
Moisture	1,52	1,66	3,49
Ash	90,33	90,31	79,45
Volatile Matter	6,41	6,56	15,12
Fixed Carbon	1,74	1,47	1,94
<u>Ultimat (% berat daf)</u>			
Carbon	51,17	52,05	61,96
Hydrogen	7,61	7,85	10,08
Nitrogen	1,96	1,99	1,88
Total Sulfur	2,33	3,86	2,46
Oxygen	36,93	34,25	23,62

Sebelum diumpankan ke dalam autoclave, bitumen digiling terlebih dahulu hingga lolos 200 *mesh* dan dikeringkan hingga kandungan airnya sekitar 10 % berat. Bitumen kemudian disimpan dalam wadah tertutup agar terhindar dari penyerapan air dari udara terbuka.

2.2. Pelarut

Untuk keperluan penelitian, digunakan pelarut fraksi berat (*heavy fraction*) dengan titik didih yang berkisar antara 300-420°C dan detail karakteristik seperti pada Tabel 2. Fraksi pelarut diperoleh dari distilasi vakum 10 mmHg di laboratorium pencairan batubara. Pelarut BSU diperoleh dari TCLC (Takasago Coal Liquefaction Center) Jepang. Pelarut BSU tersebut diperoleh dari unit BSU (*Bench Scale Unit*) kapasitas 100 kg/jam di Takasago dengan menggunakan batubara Banko. Pelarut yang sama juga digunakan untuk membuat katalis *slurry*.

Tabel 2. Karakteristik pelarut minyak fraksi berat

Ultimat (%berat daf)					Rasio Atom
C	H	N	S	O diff.	H/C
88,4	8,5	1,0	0,1	2,0	1,154

2.3. Katalis

Katalis yang digunakan dalam studi ini adalah katalis limonit alami berbasis besi yang berasal dari Soroako, Sulawesi Selatan. Katalis tersebut adalah katalis yang telah digunakan sebagai katalis standar di Laboratorium Pencairan Batubara BPPT. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, katalis limonit memiliki aktivitas yang sangat baik dibandingkan katalis besi lainnya. Adapun karakteristik katalis (berupa *slurry*) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik katalis limonit *slurry*

Komposisi Logam (% berat kering)						
Fe	Mg	Al	Si	Mo	Ni	S
46.96	0.08	3.35	2.64	0.09	1.29	0.00

Sebelum digunakan, padatan limonit digiling dengan pelarut fraksi berat (Tabel 2) dengan perbandingan 30:70 untuk mencegah oksidasi katalis oleh udara dan menciptakan efek terdispersi yang lebih baik. Penggilingan menggunakan *Eirich Tower Mill* ($\varnothing$ 165 mm) sistem *batch* yang dilengkapi dengan *zirconia ball* ($\varnothing$ 1 mm) dan *vessel* (vol. 6,8 L, SUS 304) pada kecepatan 1000 rpm selama 3 jam, sehingga menghasilkan katalis dalam bentuk *slurry* dengan ukuran diameter partikel sekitar 0,5-0,8 μ m.

Jadi katalis yang dimasukkan ke reaktor berbentuk *slurry*, yang dibuat dengan cara menggerus katalis padat tersebut di dalam pelarut dengan menggunakan *tower mill* dengan teknik seperti telah diterangkan sebelumnya. Waktu yang diperlukan untuk membuat katalis *slurry* ditentukan selama 3 jam atau lebih dengan perkiraan bahwa waktu penggerusan tersebut cukup untuk menghasilkan katalis dengan ukuran diameter partikel sekitar 0,5-0,8 μ m.

2.4. Metode Pengujian

Pengujian proses hidrokonversi katalitik bitumen padat dilakukan menggunakan reaktor autoclave kapasitas 1 liter tipe *batch* yang dilengkapi pemanas (*electric furnace window type*) pada kecepatan pemanasan 284 °C/jam, dan pengaduk (*inductive agitator*) dengan kecepatan pengadukan 1000 rpm, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Sedangkan kondisi operasi pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Gambar 2. Skema Autoclave kapasitas 1 liter

Tabel 4. Kondisi operasi pengujian

Temp. Reaksi [°C]	Tekanan Awal [MPa]	Waktu Reaksi [min]	Kons. Katalis [%berat]	S/Fe [rasio atom]
450	12	60	3	2/1

Setelah seluruh umpan (serbuk bitumen, pelarut, katalis *slurry* dan sulfur) dimasukkan ke dalam *autoclave* dan ditutup, kemudian dilakukan pembilasan. Pertama dialirkan gas nitrogen bertekanan 20-30 kg/cm² ke dalam *autoclave* sebanyak tiga kali untuk menghilangkan oksigen di dalam *autoclave*. Kemudian dialirkan gas hidrogen hingga tekanan sekitar 20-30 kg/cm² untuk membersihkan ruangan di dalam *autoclave* dari konsentrasi udara (nitrogen dan oksigen). Pembilasan dengan hidrogen ini juga dilakukan sebanyak tiga kali.

Setelah proses pembilasan selesai dilakukan tes kebocoran dengan mengalirkan gas hidrogen pada tekanan 200 kg/cm² ke dalam *autoclave* dan ditahan selama semalam untuk mengetahui apakah ada kebocoran dengan indikasi terjadinya penurunan tekanan. Test kebocoran juga dilakukan dengan menggunakan *hydrogen gas detector* atau dengan penyemprotan air sabun ke tempat kemungkinan terjadinya kebocoran. Jika tidak terjadi kebocoran, tekanan gas hidrogen diturunkan sampai tekanan gas yang ditentukan dan *autoclave* siap untuk dioperasikan. Kemudian, aliran air pendingin untuk pengaduk, termokopel dan kontrol panel siap dioperasikan.

Kecepatan pemanasan sistem *autoclave* 1 liter di laboratorium Pencairan Batubara BPPT adalah 284°/jam. Setelah suhu cairan mencapai 450°C, waktu reaksi mulai dihitung. Waktu reaksi 1 jam.

Setelah proses reaksi, selesai, produk cairan dipisahkan menggunakan metode distilasi vakum untuk mendapatkan fraksi H₂O, fraksi minyak dengan titik didih C₅ – 420°C dan fraksi *coal liquid bottom* (CLB) dengan titik didih di atas 420°C.

Produk gas diambil pada tiga kondisi tekanan *autoclave* yang mewakili yaitu 5, 3 dan 1 MPa. Analisis dilakukan untuk masing-masing kondisi

tersebut menggunakan gas kromatographi. Konsentrasi gas H₂, CO dan CO₂ dianalisa menggunakan Shimadzu GC-8A, *Thermal Conductivity Detector* dengan kolom *diocetyl phtalete* 4mx3Ø, temperatur 100 °C dan argon sebagai gas pembawa (*carrier gas*). Konsentrasi gas hidrokarbon (C₁ - C₄) dianalisa menggunakan Yanaco GC-2800, Flame Ionization Detector dengan kolom porapak-Q 2mx3Ø, temperatur 140 °C dan nitrogen sebagai *carrier gas*. Sedangkan, konsentrasi gas H₂S diperoleh menggunakan tube gas analyzer, Gastec Dragger. Semua *yield* ditentukan dalam basis bitumen kering bebas abu. Skema metode pengujian dan analisis tampak pada Gambar 3.

Gambar 3. Skema metode pengujian dan analisis

2.5. Metode Analisis

Standar analisis yang dipakai untuk analisis proksimat adalah ASTM D 3173 (*moisture*), ASTM D 3174 (*ash*), dan ASTM D 3175 (*volatile matter*). Kandungan unsur-unsur di atas dinyatakan sebagai persen berat. Kandungan *fixed carbon* ditentukan secara *by difference* yakni: (100 – VM – Ash– Moisture) dalam persen berat. Analisis ultimat, untuk menentukan kandungan C, H, dan N ditentukan menurut ASTM D5291/D5373, sedangkan total S menurut ASTM D1552/D4292. Kandungan O ditentukan secara *by difference*, yakni : (100 – C – H – N – S) dalam persen berat. Analisis komposisi mineral/oksida logam menggunakan standar analisis ASTM D 3682, ASTM D 2795, dan ASTM D 1757.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Komposisi Produk Gas

Pada Gambar 4 diperlihatkan pengaruh komposisi produk gas hasil proses hidrokonversi katalitik dari ketiga sampel bitumen. Dari hasil yang didapatkan terlihat bahwa bitumen jenis A menghasilkan presentase total komposisi gas $\text{CO} + \text{CO}_2$ relatif lebih rendah dibandingkan bitumen jenis B dan C. Sementara itu, hasil analisis ultimat menunjukkan rasio O/C dari bitumen bervariasi (0,29 sampai 0,54). Nilai rasio O/C tersebut berbanding lurus dengan tingkat pembentukan gas-gas CO dan CO_2 . Pembentukan produk gas-gas CO dan CO_2 tidak diinginkan dalam proses ini karena akan mengurangi tingkat perolehan minyak.

Gambar 4. Komposisi gas hasil pengujian upgrading bitumen

Diketahui presentase total komposisi gas hidrokarbon dari ketiga jenis bitumen A, B dan C relatif hampir sama, kecuali untuk bitumen jenis A dimana gas CH_4 relatif sedikit lebih tinggi. Dari hasil analisis ultimat ketiga sampel bitumen mencirikan rasio atom H/C yang bervariasi (1,78 sampai 1,95). Hal ini menguntungkan dalam proses *upgrading* karena mengindikasikan kemudahan bitumen untuk dicairkan menjadi minyak sintetis maupun gas dan konsumsi hidrogen sedikit karena hidrogen yang terkandung bitumen dapat menjadi donor bagi dirinya sendiri dalam stabilisasi produk minyak.

3.2. Pengaruh Distribusi Produk Minyak

Gambar 5 menunjukkan pengaruh distribusi perolehan produk minyak hasil pengujian proses hidrokonversi katalitik bitumen.

Gambar 5. Distribusi perolehan minyak hasil pengujian upgrading bitumen

Produk minyak dipisahkan dalam tiga kategori, yaitu LO-*light oil* (minyak ringan), MO-*middle oil* (minyak menengah) dan HO-*heavy oil* (minyak berat) melalui proses distilasi secara vakum.

Hasil ini menunjukkan bahwa presentase perolehan minyak ringan (LO) dari bitumen jenis C relatif lebih tinggi sekitar 13% dibandingkan bitumen A (sekitar 9%) dan bitumen B (sekitar 4%). Presentase perolehan minyak menengah (MO) dari bitumen B relatif lebih tinggi (sekitar 53%) dibandingkan bitumen A dan C. Sedangkan presentase perolehan minyak berat (HO) dari ketiga jenis bitumen relatif hampir sama.

3.3. Pengaruh Distribusi Produk Total

Gambar 6 menunjukkan distribusi perolehan produk hasil pengujian upgrading bitumen. Untuk mengevaluasi kemampuan bitumen terkonversi menjadi produk minyak dan gas, maka sebagai basis perhitungan perolehan minyak dan gas tersebut digunakan wt% daf (persen berat batubara kering bebas abu).

Perolehan gas dari bitumen jenis C (sekitar 12 %berat daf) relatif sedikit lebih tinggi dibandingkan bitumen jenis A dan B (sekitar 10 %berat daf). Sedangkan perolehan minyak dari bitumen jenis A relatif lebih tinggi sekitar 53 %berat daf, diikuti dengan bitumen B sekitar 43 %berat daf dan kemudian bitumen C sekitar 47 %berat daf. Perolehan residu (*bitumen liquid bottom-BLB*) berbanding terbalik dengan perolehan minyak untuk masing-masing jenis bitumen, kecuali untuk bitumen B.

Gambar 6. Distribusi perolehan produk hasil pengujian *upgrading* bitumen

3.4. Evaluasi Kelayakan Teknis Bitumen sebagai Bahan Baku BBM Sintetis

Kelayakan teknis bitumen sebagai bahan baku BBM sintetis dievaluasi berdasarkan data hasil analisis karakteristik bitumen dan data hasil pengujian. Hasil analisis bitumen dalam hubungannya sebagai bahan baku proses *upgrading* untuk memproduksi minyak sintetis diberikan pada Tabel 5.

Ketiga sampel bitumen mencirikan rasio (atom) hidrogen (H) terhadap karbon (C) yang tinggi, yaitu sebesar 1,78 untuk sampel bitumen A, 1,81 (sampel B), dan 1,95 (sampel C), jauh lebih tinggi dari rasio H/C bitumen pada umumnya yang berkisar 1,5. Hal ini menguntungkan dalam proses *upgrading* karena mengindikasikan kemudahan bitumen untuk dicairkan menjadi minyak sintetis maupun gas dan konsumsi hidrogen sedikit karena hidrogen yang dikandung bitumen dapat menjadi donor dirinya dalam stabilisasi produk minyak.

Tabel 5. Bitumen sebagai bahan baku BBM sintetis

Parameter	Bit. A	Bit. B	Bit. C
Rasio atom H/C	1,78	1,81	1,95
Rasio atom O/C	0,54	0,46	0,29
Air (% as received)	6,83	6,83	11,16
Abu(% as received)	85,46	85,73	73,14
Sulfur (% as received)	0,18	0,29	0,39

Sementara itu, kandungan oksigen dalam bitumen sangat bervariasi, rata-rata di atas batubara dengan harga 0,29 sampai 0,54% berat. Rasio O/C yang tinggi memberikan indikasi tingkat pembentukan gas-gas CO, CO₂ dan H₂O yang tinggi pula. Pembentukan produk gas-gas CO dan CO₂ dan air tidak diinginkan dalam proses pencairan batubara karena akan mengurangi tingkat perolehan minyak. Kandungan sulfur bitumen relatif rendah untuk

rata-rata bitumen menurut literatur. Kandungan sulfur yang rendah tidak berpengaruh secara langsung dalam proses *upgrading*, tetapi kandungan sulfur yang tinggi dapat memberikan pengaruh positif terhadap aktivasi katalis. Kandungan abu bitumen juga sangat tinggi, kandungan abu tersebut berpengaruh negatif karena dapat menyebabkan pengerasan dan deaktivasi katalis, penyumbatan, selain itu biaya yang dibutuhkan untuk penghilangan abu menjadi sangat tinggi selain presentase rekoveri minyak menjadi sangat kecil.

Dari beberapa alternatif teknologi *upgrading* seperti yang diuraikan di atas yang meliputi proses termal, proses katalitik dan proses konversi hidro maka proses konversi hidro yang lebih baik ditinjau dari konversi dan kualitas minyak sintetis yang dihasilkan. Proses termal memiliki keunggulan dari segi kesederhanaan proses serta biaya operasinya, tetapi kualitas produk maupun perolehan produk minyak yang dihasilkan sangat rendah. Proses katalitik dapat meningkatkan kualitas produk cair maupun gas yang dihasilkan. Produk kokas yang merupakan hasil samping dari kedua proses ini juga tidak baik karena kokas yang terbentuk bercampur dengan abu bitumen yang sangat tinggi. Dengan demikian produk kokas dengan pemanfaatan bitumen ini tidak bisa digunakan dan hanya produk gas dan minyak saja dengan jumlah yang relatif kecil. Hal ini bisa disimpulkan bahwa proses termal dan katalitik tidak layak untuk memproduksi minyak maupun kokas dari bitumen uji.

Hal yang sama juga berlaku pada proses konversi hidro dimana produk minyak yang merupakan produk utama dari proses ini tidak akan banyak mengingat abu yang terkandung dalam bitumen sangat tinggi. Hasil kajian kelayakan teknis menunjukkan bahwa potensi bitumen padat sebagai bahan baku BBM sintetis akan menghasilkan perolehan minyak yang lebih tinggi jika umpan yang digunakan dalam proses adalah bitumen kering bebas abu.

4. KESIMPULAN

Dari bitumen jenis A dihasilkan presentase total komposisi gas CO+CO₂ yang relatif lebih rendah daripada bitumen jenis B dan C. Sementara itu, hasil analisis ultimat menunjukkan rasio O/C dari bitumen bervariasi (0,29 sampai 0,54). Rasio O/C ini secara linear mengindikasikan tingkat pembentukan gas-gas CO, CO₂. Dalam proses ini, pembentukan gas-gas CO dan CO₂ harus dihindari karena dapat mengurangi perolehan jumlah produk minyak. Sedangkan presentase total komposisi gas hidrokarbon dari ketiga jenis bitumen A, B dan C relatif hampir sama, kecuali

untuk bitumen jenis A dimana gas CH₄ relatif sedikit lebih tinggi.

Dalam hal jumlah/persentase perolehan minyak ringan (LO), bitumen jenis C perolehannya relatif lebih tinggi yaitu sekitar 13% daripada bitumen jenis A (sekitar 9%) dan bitumen jenis B (sekitar 4%). Sedangkan dalam hal persentase perolehan minyak menengah (MO), bitumen jenis B jumlah perolehannya relatif lebih tinggi (sekitar 53%) daripada bitumen jenis A dan C. Persentase perolehan minyak berat (HO) dari ketiga jenis bitumen, sementara itu, relatif hampir sama.

Dari konversi sampel bitumen padat yang diuji, perolehan minyak (LO, MO, HO) relatif lebih rendah daripada perolehan minyak dari proses pencairan batubara pada umumnya. Mengingat tingginya kandungan abu dalam bitumen, kenaikan perolehan minyak akan menurunkan perolehan residu (*bitumen liquid bottom*).

Total komposisi gas CO+CO₂ dan hidrokarbon dari ketiga sampel bitumen yang diuji hampir sama satu sama lain. Rasio O/C dari bitumen bervariasi dan rasio atom H/C relatif tinggi. Hal ini mengindikasikan mudahnya pencairan bitumen menjadi minyak sintetis maupun gas serta sedikitnya konsumsi hidrogen karena kandungan hidrogen dalam bitumen dapat menjadi donor bagi bitumen dalam stabilisasi produk minyak.

Dari hasil kajian kelayakan teknis ditemukan bahwa bitumen padat sebagai bahan baku BBM sintetis berpotensi untuk menghasilkan perolehan minyak yang lebih tinggi jika menggunakan umpan bitumen kering bebas abu di dalam prosesnya.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim., 2005. *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional. 2005-2025, Jakarta

BPPT-NEDO, 1997. *Applicability Study on Direct Liquefaction of Banko Coal in Indonesia*. Proceeding of Bilateral Seminar Japan-Indonesia on Coal Liquefaction. BPPT Jakarta. Indonesia

BPPT, 2010. *Outlook Energy Indonesia 2010*. Teknologi untuk mendukung keandalan pasokan energy listrik. Jakarta, Agustus

Gray,Murray R.,1994. *Upgrading Petroleum Residues and Heavy Oils*. Marcel Dekker, Inc., New York.

Tillman,D.A., 1991. *The combustion Solid Fuels and Wastes*. Academic Press, Inc., California.