

PENCAIRAN BATUBARA MENGGUNAKAN REAKTOR CATALYTIC THERMAL CRACKING DENGAN METODE SECARA LANGSUNG

COAL LIQUEFACTION USING CATALYTIC THERMAL CRACKING REACTOR WITH DIRECT METHODE

Khoirun Naimah¹, Irawan Rusnadi², Aida Syarif² dan Karina Thohirah²
¹, Program Studi Keamanan Energi Universitas Pertahanan Sentul Bogor
², Jurusan Teknik Kimia Program Studi Sarjana Terapan Teknik Energi,
 Politeknik Negeri Sriwijaya, Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang
 E-mail : irawan_rusnadi@yahoo.com, khoirunnaimah07@gmail.com

Abstrak

Coal Liquefaction Technology merupakan salah satu bagian dari *Clean Coal Technology* yang bertujuan untuk memanfaatkan nilai guna batubara peringkat rendah sebagai bahan bakar. Metode yang digunakan dalam proses pencairan batubara adalah metode langsung, dimana reaksi ini terjadi didalam sebuah reaktor yang terbuat dari pipa *stainless steel* kapasitas 3 Liter dengan kondisi operasi suhu mencapai 375°C, tekanan mencapai 6 bar dan waktu operasi selama ±2 jam. Didalam reaktor ini terdapat batubara, pelarut, dan katalis. Sampel batubara yang digunakan adalah berasal dari daerah Tanjung Enim, Lahat, dan Muba, dengan ukuran diameter batubara 60, 170, dan 200 mesh. Jenis pelarut yang digunakan adalah kerosene dan sikloheksana. Perbandingan rasio bb dan pelarut adalah 1:1-1:3. Kemudian, jenis katalis yang digunakan adalah ZnCl₂, Fe₃O₄, dan Al₂O₃, dengan persen penggunaan 3-5% weight. Pada analisis hasil volume produk, nilai produk maksimal ditunjukkan pada jenis batubara lignit dari Tanjung Enim dengan ukuran batubara 200 mesh, jenis pelarut kerosene dengan rasio bb:pelarut 1:2, dan jenis katalis ZnCl₂ dengan 3% wt yakni 503 ml. Hal ini disebabkan pada kondisi tersebut, batubara memiliki kandungan hydrogen dan kadar zat terbang yang tinggi, kandungan hydrogen pelarut yang tinggi juga sehingga dapat berperan dengan baik, katalis yang merupakan jenis paling reaktif dibanding yang lainnya sehingga dalam proses pencairan batubara mudah untuk dicairkan. Produk yang dihasilkan memiliki nilai kalor yang berbeda dari teoritis. Hal ini disebabkan oleh rendahnya kondisi operasi yang digunakan, sehingga komposisi produk batubara cair yang dihasilkan adalah campuran alkane C₅H₁₂-C₇H₁₆.

Kata Kunci : Pencairan Batubara, Nilai Kalor, dan Hidrokarbon.

Abstract

Coal Liquefaction Technology is one part of *Clean Coal Technology* which aims to utilize the value of low rank coal as fuel. The method used in coal liquefaction process is direct method, where this reaction occurs inside a reactor made from stainless steel pipe of 3 Liter capacity with operating temperature condition reaching 375°C, pressure gauge 6bar and operating time for ± 2 hour. Within this reactor there are coal, solvents, and catalysts. The coal samples used are from Tanjung Enim, Lahat, and Muba areas, with coal diameters of 60, 170, and 200 mesh. The type of solvent used is kerosene and cyclohexane. The ratio of coal and solvent is 1:1-1:3. Then, the type of catalyst used was ZnCl₂, Fe₃O₄, and Al₂O₃, with percentage of 3-5% wt usage. In the analysis of product volume results, the maximum product value is indicated on the lignite coal type from Tanjung Enim with coal size 200 mesh, kerosene solvent type with coal ratio: 1:2 solvent, ZnCl₂ catalyst type with 3% wt is 503 ml. This is due to the condition that coal has high hydrogen content and high fly content, high solvent hydrogen content, so it can play well, the most reactive catalyst than others so that the liquefaction process of coal is easy to melt. The resulting product has a different calorific value than theoretical, This is due to the low operating conditions used, so that the resulting liquid coal product composition is a mixture of C₅H₁₂-C₇H₁₆ alkane.

Keywords: Coal Liquefaction, Calorific Value, and Hydrocarbon.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk berdampak pada kebutuhan energi Bahan Bakar Minyak (BBM) yang juga semakin bertambah. Berdasarkan data Outlook Energi Indonesia 2014 jumlah penduduk Indonesia meningkat sebesar 1,51% setiap tahunnya dan membutuhkan penggunaan BBM sebanyak 72,9 juta kl. Namun permasalahan yang terjadi saat ini adalah persediaan minyak bumi dari tahun ke tahun semakin menurun. Cadangan minyak bumi yang terukur adalah 3,74 miliar barel (Kementerian ESDM, 2012).

Dalam rangka mengatasi permasalahan tersebut, telah banyak dilakukan penelitian mengenai diversifikasi berbagai sumber alam untuk bahan bakar. Pemanfaatan energi batubara merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan peran minyak bumi. Salah satu pemanfaatan energi batubara adalah likuifaksi batubara. Tujuan dari likuifaksi batubara pada dasarnya untuk mengkonversi atau meng-*upgrading* batubara yang mempunyai nilai kalor yang rendah yang tidak laku di pasaran menjadi salah satu bentuk bahan bakar atau energi alternatif yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Tujuan utama penelitian tersebut untuk mengembangkan teknologi dalam memproduksi minyak sintesis dari batubara. Secara sederhana proses likuifaksi atau pencairan batubara adalah proses konversi batubara padat menjadi suatu produk cair, pada suhu dan tekanan yang cukup tinggi dengan bantuan katalis dan media pelarut.

Penelitian pencairan batubara dilakukan oleh Hasjim, dkk (2007) yang melakukan pencairan batubara Muba dengan teknologi *improved Brown Coal Liquefaction* (BCL). Metode ini beroperasi pada temperatur 450°C, tekanan 12Mpa, rasio batubara dan pelarut 1:2, dan katalis 3% dari berat batubara. Metode ini mendapatkan hasil distilat 46,7%, H₂O 10,5%, *coal liquid bottom* 24,3%, dan gas hidrokarbon 23,1%. Selanjutnya, pencairan batubara juga dilakukan oleh Ali (2014), yaitu prosesnya dilakukan didalam *reactor batchwise* 300 ml, beroperasi pada temperatur 380-400°C dan tekanan 4Mpa, didapatkan hasil konversi 66,75-78,55%, yield produk oil+gas 35,23-37,02%, *asphaltene* 7,68-20,61%, dan pre-asp. 18,04-27,52%. Dari kedua penelitian diatas terdapat kelemahan, yakni penelitian yang dilakukan menggunakan injeksi H₂ dengan tekanan yang tinggi yakni 4-12 Mpa. Sementara itu, dengan tekanan yang begitu tinggi banyak hal-hal yang perlu diperhatikan diantaranya tingkat keamanan dalam melakukan percobaan, dan kebocoran alat.

Kemudian, pencairan batubara juga dilakukan oleh Nova dan Erlangga pada tahun 2015 yang lalu dengan metode pirolisis, dilakukan didalam reaktor 1 liter beroperasi pada temperature 400-450°C, tanpa injeksi tekanan H₂ dan tanpa pengadukan dengan bahan baku batubara 300 gr, rasio batubara dan pelarut 3:1, didapatkan hasil berupa *light oil* 63 ml, *crude oil* 166 gr, dan air 17 ml. Dari penelitian diatas,

terdapat kelemahan yaitu penelitian dilakukan dengan metode pirolisis, namun tidak terdapat tar dan gas hidrokarbon dalam produk yang dihasilkan, dan produk *light oil* yang didapat tidak dilakukan analisa lebih lanjut sehingga tidak diketahui komponen apa saja yang terdapat didalamnya, tidak memakai katalis, rasio batubara dan pelarut tidak seimbang sehingga produk yang dihasilkan sedikit, dan tekanan operasi yang digunakan juga tidak diketahui.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan dengan metode *direct liquefaction* yang berbeda yakni hidrolikuifaksi (gabungan *solvent extraction* dan *catalytic liquefaction*) dengan kondisi operasi tekanan 0,6-1 Mpa atau 6-10 bar dengan temperature mencapai 355-400°C, dengan ditinjau dari beberapa faktor yang mempengaruhi proses pencairan batubara seperti karakteristik (sifat-sifat fisika dan kimia) batubara dari berbagai lokasi tambang di Sumatera Selatan (Muara Enim, Lahat, dan Muba), jenis pelarut dan katalis, rasio batubara dan pelarut, dan persen penggunaan katalis. Berdasarkan hal diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produk maksimal pada proses pencairan batubara dengan metode hidrolikuifaksi pada kondisi operasi temperature 375°C dan tekanan 6 bar, dan menganalisa nilai kalor produk batubara cair yang diperoleh.

Pencairan batubara (*Coal Liquefaction*) adalah suatu teknologi proses yang mengubah wujud batubara dari padat menjadi cair. Batubara yang berupa padatan diubah menjadi bentuk cair dengan cara mereaksikannya dengan hidrogen pada temperatur dan tekanan tinggi. Tujuan dari likuifaksi batubara adalah untuk mengkonversi atau meng-*upgrading* batubara yang mempunyai nilai kalor yang rendah yang tidak laku di pasaran menjadi salah satu bentuk bahan bakar atau energi alternatif yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi.

Prinsip Pencairan Batubara

Pencairan batubara pada prinsipnya adalah melalui dekomposisi termal batubara (biasanya 400-500°C batubara sudah/mulai mengeluarkan *liquid*). Proses secara kimiawi pada prinsipnya struktur kimia batubara dipecah menjadi kecil-kecil, ikatan-ikatan organik dipecah menjadi lebih kecil dan rasio atom H/C ditingkatkan (supaya menjadi *liquid*).

Ada empat cara pada proses pencairan batubara (Nursanto dkk, 2015) :

- a) **Pyrolysis:** Pirolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan tanpa adanya oksigen. Batubara dipanaskan (mulai dari 375°C, tekanan bisa bervariasi) tanpa oksigen (disebut juga karbonisasi seperti di atas), menghasilkan char+*liquid*+gas. Bisa juga dengan kondisi kaya hidrogen (hidrokarbonisasi).
- b) **Solvent extraction:** batubara dicampur solvent untuk menghasilkan *liquid*, dengan adanya transfer hidrogen dari *solvent* ke batubara atau

dari gas hidrogen ke batubara (temperatur sampai dengan 500°C, tekanan bisa bervariasi sampai dengan 5000 psi). *Solvent* bisa berupa batubara cair hasil proses sebelumnya atau produk petroleum (bitumen, *heavy oil*)

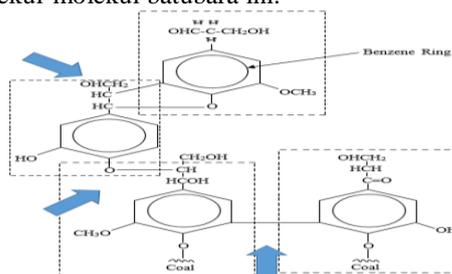
- c) **Catalytic Liquefaction:** penggunaan katalis untuk menambah hidrogen ke batubara. Katalis bisa berupa iron oxide, zinc chloride, tin chloride, dan lain lain, tapi harus tetap ada suplai hidrogen.
- d) **Indirect liquefaction:** meliputi 2 tahap konversi, (1) batubara direaksikan dengan uap air dan oksigen untuk menghasilkan gas terutama CO dan H₂, (2) kemudian gas ini dimurnikan, hasilnya direaksikan dengan katalis untuk dikonversi menjadi cair (disebut proses Fischer-Tropsch).

Teknik pencairan batubara yang digunakan pada penelitian ini adalah hidrolitifikasi (gabungan *solvent extraction* dengan *catalytic liquefaction*). Likuitifikasi ini relatif lebih murah dan lebih bersih dibanding teknik *indirect liquefaction* (gasifikasi) yang menimbulkan banyak asap, dan teknik pirolisis tidak efektif karena dominan menghasilkan char daripada *liquid*. Teknik ini juga cocok untuk batubara peringkat rendah (lignit), yang banyak terdapat di Indonesia.

Mekanisme Hipotekal Pencairan Batubara

1. Tahap destabilisasi

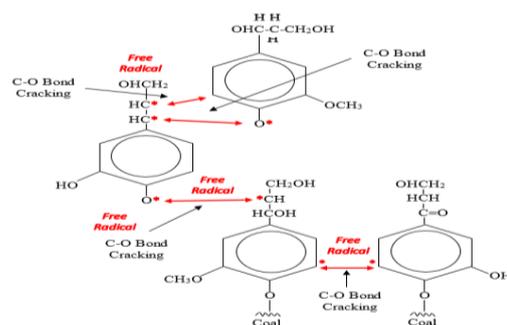
Tahapan ini dimaksudkan untuk mengganggu kestabilan ikatan senyawa kompleks batubara sehingga akan melemahkan energi ikatannya. Proses ini berjalan pada temperature 200-300°C. Selanjutnya pelarut akan masuk ke dalam pori-pori molekul sehingga akan terjadi pembengkakan (*swelling*) molekul-molekul batubara ini.



Gambar 1. Proses destabilisasi pada ikatan batubara (Enggal, 2007)

2. Depolimerisasi

Bagian ini dikenal dengan proses perengkahan panas (*thermal cracking*). Tahapan *thermal cracking* didahului oleh ikatan inisiasi dengan pemutusan secara homolitik menjadi radikal-radikal bebas. Proses ini berjalan pada temperature 300-400°C.



Gambar 2. Proses *Thermal Cracking* (Enggal, 2007)

3. Tahap Stabilisasi

Tahap ini bertujuan untuk menstabilkan radikal bebas yang terbentuk selama *thermal cracking* terjadi. Molekul-molekul batubara dengan berat molekul yang kecil dan dalam keadaan tak stabil akan distabilkan kembali dengan bantuan pelarut donor hidrogen. Pelarut ini akan memberikan molekul hidrogennya pada molekul batubara yang tak jenuh agar batubara menjadi jenuh kembali. Proses ini berjalan pada temperature 400-500°C.

Gambar 3. Proses stabilisasi pencairan batubara (Enggal, 2007)

Ada beberapa faktor penting yang mempengaruhi proses pencairan batubara antara lain waktu reaksi, suhu, tekanan, jenis pelarut, jenis katalis, karakteristik batubara, ukuran batubara, bahan aditif, dan rasio batubara dan pelarut (Masduki, dkk. 2001).

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan penelitian

Adapun tahapan-tahapan metodologi yang dilakukan pada penelitian pencairan batubara ini adalah:

1. Pendekatan Desain Fungsional

Pada pendekatan ini peralatan pencairan batubara terdiri dari beberapa komponen dengan fungsinya masing-masing, yaitu :

- 1) *Ceramic Infrared Heater*, dirancang untuk menghasilkan pancaran panas yang merupakan radiasi cahaya *infrared* dengan suhu operasi sampai 600°C.
- 2) Reaktor, dirancang berfungsi sebagai tempat untuk memanaskan batubara. Reaktor yang digunakan adalah jenis *Packed Bed Reactor* berbentuk silinder dengan tutup tipe *elliptical flanged* karena tipe *head* ini bisa digunakan

- untuk tekanan tinggi >200 psig.
- 3) Kondensor, dirancang berfungsi sebagai media terjadinya proses kondensasi uap hasil pencairan batubara.
 - 4) *Flash Tank*, dirancang berfungsi memisahkan antara gas, air, minyak terlarut pada gas dan padatan yang terikut. Pemisahan ini penting agar dapat diketahui jumlah serta sifat – sifat gas maupun minyak pada periode tertentu.
 - 5) *Check Valve*, dirancang berfungsi untuk membuat aliran fluida hanya mengalir ke satu arah saja agar tidak terjadi *reversed flow/back flow*.

2. Pendekatan Desain Struktural

Pada pendekatan ini peralatan pencairan batubara terdiri dari beberapa komponen dengan strukturalnya masing-masing, yaitu :

- 1) *Ceramic Infrared Heater*, dirancang dengan penggunaan sebanyak 3 buah dengan total kapasitasnya 1650 watt dengan ukuran 245 x 60 mm. Berat pemanas ini 600 gr. Pemanas ini berbahan keramik, dilengkapi dengan rangkaian kabel sebagai tempat aliran tegangan masuk (tegangan dari PLN, 220V) yang kemudian dengan adanya tegangan tersebut, maka timbullah frekuensi sehingga pemanas tersebut panas dan memanaskan reaktor.
- 2) Reaktor, dirancang dengan bahan carbon steel dimana reaktor ini berdiameter 18 cm dan tinggi 50 cm. Reaktor ini dilengkapi dengan tutup yang terdiri dari baut-baut sebagai pengunci tutup reaktor sehingga reaktor dapat tahan kuat akan kondisi operasi yang digunakan.
- 3) Kondensor, dirancang terbuat dari pipa tembaga yang berdiameter 3 mm dengan panjang 3 m yang dibentuk melingkar (*helical*). Pipa tersebut diletakkan didalam bak sebagai tempat air pendingin dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 15 cm, tingginya 45 cm.
- 4) *Flash tank*, dirancang dengan ukuran diameter yang sama dengan reaktor namun, untuk tingginya lebih dari reaktor, hal ini disesuaikan sesuai dengan fungsi *flash tank* tersebut.

3. Pertimbangan Percobaan

Hal-hal yang harus dipertimbangkan pada pelaksanaan percobaan ini yaitu:

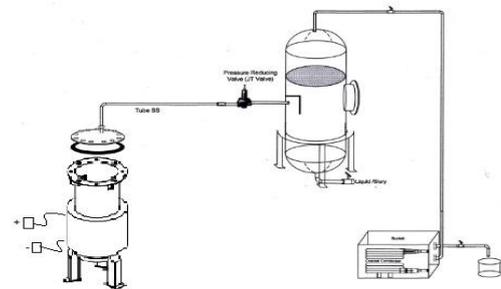
1) Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah observasi/pengamatan. Observasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah

observasi terstruktur, yakni observasi yang telah dirancang secara sistematis, tentang apa yang diamati, kapan dan di mana tempatnya. Observasi ini dilakukan karena peneliti telah tahu dengan pasti tentang variabel apa yang diamati. Dalam melakukan pengamatan peneliti menggunakan instrumen penelitian yang telah teruji validitas dan reliabilitasnya.

2) Perlakuan dan Rancangan Percobaan

Dalam penelitian Pencairan Batubara terdapat beberapa variabel yang diambil antara lain variabel tetap dan variabel tak tetap. Variabel tetap berupa waktu pemanasan dan tekanan reaktor. Sedangkan variabel tak tetap yang diambil yaitu berupa jenis dan ukuran batubara lignit dari berbagai lokasi tambang, jenis pelarut dan katalis, rasio batubara dan pelarut, persen katalis, dan temperature pemanasan reaktor. Berikut ini merupakan diagram alir proses pencairan batubara yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Proses Pencairan Batubara

3) Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu pembuatan alat pencairan batubara dilakukan pada bulan Maret 2017 sampai Mei 2017. Sedangkan waktu penelitian dilakukan selama 3 bulan dari bulan Mei sampai Juli 2017 di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.

4) Alat dan Bahan

1. Alat yang digunakan :

a. Reaktor	: 1 Buah
b. <i>Flash tank</i>	: 1 Buah
c. Kondensor	: 1 Buah
d. Pemanas <i>infrared</i>	: 3 Buah
e. Oven	: 1 Buah
f. Furnace	: 1 Buah
g. Bom Calorimeter	: 1 Buah
h. <i>Analyzer sulfur system</i>	: 1 Buah
i. <i>Combustion tube furnace</i>	: 1 Buah
j. Neraca Analitis	: 1 Buah
k. Grinding Mill/Ball Mill	: 1 Buah
l. Crusher	: 1 Buah
m. Sieving	: 1 Unit
n. Wadah batubara	: 3 Buah
o. Gelas kimia	: 2 Buah
p. Wadah Produk	: 3 Buah
q. <i>Flash Point Tester</i>	: 1 Buah
r. Piknometer	: 1 Buah

s.	Pipet Ukur	: 1 Buah
t.	Bola Karet	: 1 Buah
u.	Pipet Tetes	: 1 Buah
v.	Gelas Ukur	: 1 Buah
w.	Spatula	: 1 Buah
x.	Kuas	: 1 Buah
y.	Kertas Saring	: 9 Buah
z.	Erlenmeyer	: 3 Buah

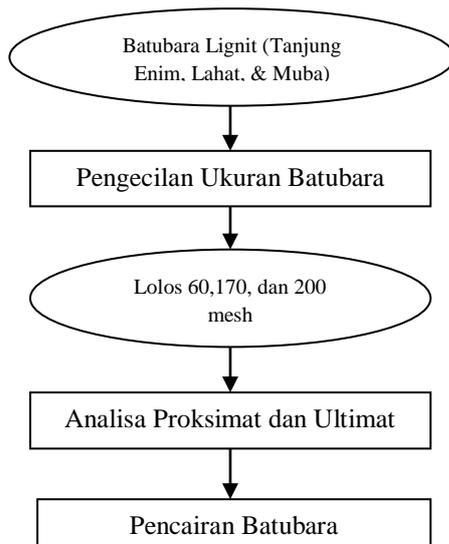
2. Bahan yang digunakan

- Batubara lignit yang berasal dari daerah Tanjung Enim, Lahat, dan Muba masing-masing sebanyak 1 kg
- Katalis yaitu $ZnCl_2$ sebanyak 54 gr
- Pelarut Kerosen sebanyak sebanyak 8L

5) Prosedur Percobaan

1. Preparasi dan Analisa Karakteristik Batubara

Pada dasarnya batubara hasil *sampling* tidak dapat langsung di analisa, melainkan perlu pengkondisian agar batubara dapat di analisa. Hal itu dinamakan preparasi batubara, yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Preparasi Batubara

2. Analisis Proksimat

Kadar air lembab dan abu dilakukan berdasarkan *American Standard for Testing Material (ASTM)*, sedangkan kadar zat terbang ditentukan berdasarkan *British Standard (BS) 1016*. Kadar karbon padat dihitung dari selisih kadar air lembab, abu dan zat terbang dari 100 % batubara total.

3. Analisis Ultimat

Kadar karbon dan hidrogen ditentukan berdasarkan standar ASTM D 3178 – 75, alat yang digunakan adalah *combustion tube furnace*. Penentuan kadar nitrogen dilakukan dengan cara *Kjeldahl* berdasarkan ASTM D 3179 – 73. Kadar oksigen diperoleh dari selisih antara kadar abu,

belerang, hidrogen, nitrogen dan karbon dari 100 % contoh batubara total.

4. Penentuan Nilai Kalor

Nilai kalor ditentukan dengan cara membakar contoh batubara dalam *calorimeter bomb* pada kondisi standar. Cara ini dilakukan berdasarkan BS 1016.

5. Proses Pencairan Batubara

- Menimbang batubara dari Tanjung Enim hasil preparasi dengan ukuran 200 mesh jenis lignit sebanyak 300 gram.
- Mengeringkan batubara tersebut di oven dengan temperature 110 selama 60 menit.
- Menimbangpelarut (kerosene) dengan perbandingan rasio batubara :pelarut adalah 1:2.
- Menimbang katalis ($ZnCl_2$) dengan berat 3% dari batubara.
- Mencampurkan batubara, pelarut, dan katalis yang kemudian dinamakan slurry dan memasukkannya kedalam reaktor. Menutup dan mengunci reaktor rapat-rapat.
- Mengatur temperature pemanasan pada $375^{\circ}C$.
- Menghidupkan *power supply* peralatan.
- Setelah temperature operasi tercapai, menunggu sampai 2 jam. Melakukan pengambilan data volume produk yang diperoleh.
- Melakukan langkah a-j untuk jenis batubara lignit dari Tanjung Enim (60 dan 170 mesh), Lahat dan Muba (60, 120, dan 200 mesh) . Melakukan langkah a-j untuk jenis pelarut sikloheksana. Melakukan langkah a-j untuk rasio batubara dan pelarut (kerosene dan sikloheksana) 1:1 dan 1:3. Melakukan langkah a-c dan e-j untuk jenis katalis Fe_3O_4 , dan Al_2O_3 . Melakukan langkah a-c dan e-j untuk persen katalis 4 dan 5%.. Melakukan analisa-analisa produk seperti densitas, viskositas, titik nyala, dan nilai kalor.

6. Analisis Hasil Percobaan

Ada beberapa prosedur analisis yang dilakukan untuk produk yang dihasilkan yaitu:

1. Analisa Densitas

Analisa densitas dilakukan dengan berdasarkan ASTM D-991.

2. Analisa Viskositas

Analisa viskositas dilakukan dengan menggunakan metode Ostwald dan Bola Jatuh.

3. Analisa Titik Nyala

Analisa titik nyala ini dilakukan berdasarkan ASTM D92, dimana pengukuran dilakukan dengan metode cup terbuka.

4. Analisa Nilai Kalor

Nilai kalor ditentukan dengan cara membakar contoh batubara dalam *calorimeter bomb* pada kondisi standar. Kalor yang dihasilkan dihitung dari

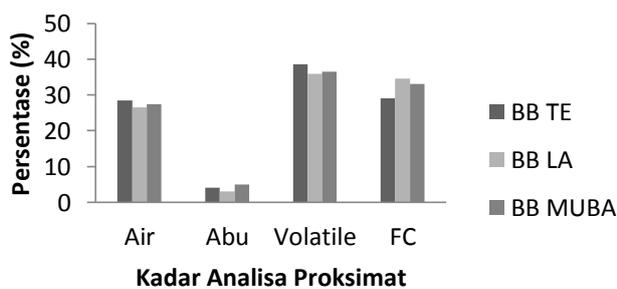
perubahan suhu sebelum dan sesudah pembakaran. Cara ini dilakukan berdasarkan BS 1016.

6) Teknik Analisa Data

Teknik analisa data yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik analisa data secara deskriptif dan statistika. Hal ini karena data-data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan dari tabel tersebut dibuatlah grafik, kemudian dari grafik tersebut dilakukan analisa berdasarkan teori-teori pendukung dan dipertajam dengan fakta dari penelitian-penelitian sebelumnya, sehingga dapat diperoleh suatu kesimpulan.

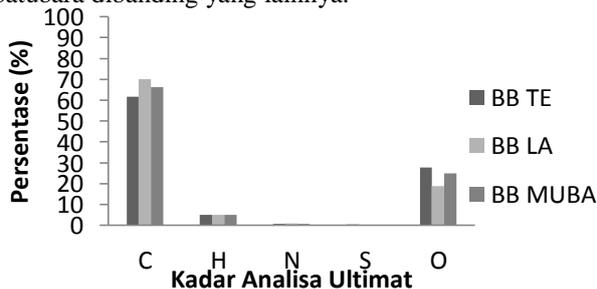
PEMBAHASAN

Data karakteristik batubara Tanjung Enim (BB TE), batubara Lahat (BB LA), dan batubara Muba (BB MU) seperti yang dapat dilihat, menunjukkan bahwa berdasarkan ASTM batubara tersebut termasuk peringkat rendah yaitu lignit.



Gambar 6. Grafik Analisa Proksimat

Pada gambar 6, dapat dilihat bahwa, batubara Tanjung Enim memiliki kadar volatile paling tinggi yakni 38,60% dan batubara Lahat memiliki kadar volatile paling rendah yakni 35,88%. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Talla dkk (2013) menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan zat terbang maka semakin tinggi hasil konversi yang akan diperoleh. Hal ini karena kandungan zat terbang yang tinggi menunjukkan bahwa batubara tersebut didominasi oleh struktur alifatik dan gugus fungsional eter (-O-) yang lemah dan mudah putus ketika dipanaskan pada suhu tinggi, sehingga dapat menghasilkan produk lebih banyak. Oleh karena itu batubara Tanjung Enim merupakan batubara yang lebih bagus untuk digunakan dalam pencairan batubara dibanding yang lainnya.

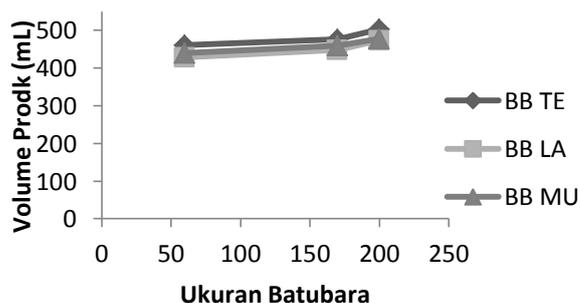


Gambar 7. Grafik Analisa Ultimat

Pada gambar 7, dapat dilihat bahwa batubara Tanjung Enim memiliki kadar karbon paling rendah yaitu 61,76% dan kadar hydrogen paling tinggi yaitu 5,06%. Sebaliknya, batubara Lahat mempunyai kadar karbon paling tinggi yaitu 70% dan kadar hydrogen paling rendah yaitu 5,03%. Kandungan hydrogen yang tinggi akan mempengaruhi rasio H/C yang semakin tinggi. Menurut penelitian sebelumnya yaitu Talla dkk (2013) menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio H/C maka semakin tinggi hasil konversi yang akan diperoleh. Oleh karena itu batubara Tanjung Enim merupakan batubara yang lebih bagus untuk digunakan dalam pencairan batubara dibanding yang lainnya.

Hubungan Ukuran Batubara Terhadap Volume Produk Pencairan Batubara

Dari data volume produk yang didapat berdasarkan ukuran batubara dengan jenis batubara yang berbeda, dihasilkan grafik hubungan ukuran batubara terhadap volume produk pencairan batubara pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan Ukuran Batubara Terhadap Volume Produk Pencairan Batubara

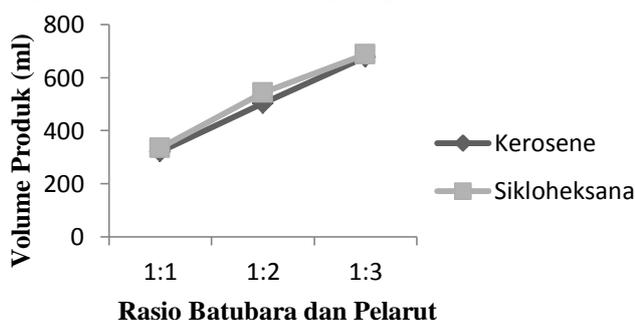
Pada gambar 8, dapat dilihat bahwa semakin kecil ukuran batubara, maka volume yang dihasilkan akan semakin banyak. Hal ini karena semakin kecil ukuran partikel maka semakin luas permukaan yang bersinggungan dengan pelarut sehingga lebih mempermudah proses transfer hidrogen dari pelarut ke batubara. Kemudian, batubara yang menghasilkan volume paling banyak terdapat pada batubara Tanjung Enim yakni 503 ml, dan paling sedikit terdapat pada batubara Lahat yakni 474 ml. Hal tersebut dikarenakan perbedaan karakteristik dari masing-masing batubara. Karakteristik batubara Tanjung Enim yakni memiliki warna coklat kusam dan lebih mudah rapuh dibanding Lahat, memiliki kadar zat terbang paling tinggi yakni 38,60%, memiliki kadar karbon paling rendah yakni 61,76%, dan memiliki kadar hydrogen paling tinggi yakni 5,06%. Sedangkan karakteristik batubara Lahat adalah memiliki warna coklat kehitaman dan mudah rapuh namun tidak semudah batubara Tanjung Enim, memiliki kadar zat terbang paling rendah yakni 35,88%, memiliki kadar karbon paling tinggi yakni

70%, dan memiliki kadar hidrogen 5,034%. Kandungan zat terbang yang tinggi menunjukkan bahwa ketiga batubara tersebut didominasi oleh struktur alifatik dan gugus fungsional eter (-O-) yang lemah dan mudah putus ketika dipanaskan pada suhu tinggi. Oleh karena itu, batubara Tanjung Enim yang memiliki kadar zat terbang paling tinggi menghasilkan volume paling tinggi juga. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan hasil penelitian Talla dkk (2013) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan zat terbang maka semakin tinggi hasil konversi yang diperoleh, mengenai pengaruh karakteristik batubara dan pengaruhnya terhadap proses pencairan menunjukkan bahwa hasil konversi tertinggi didapat 53,15%, Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh peneliti, hasil konversi paling besar diperoleh terdapat pada batubara lignit tanjung enim hanya 21,07%. Terdapat perbedaan penggunaan metode penelitian yang digunakan peneliti dan peneliti sebelumnya. Dimana metode peneliti sebelumnya menggunakan injeksi tekanan hydrogen 100 bar sehingga akan menambah kadar hydrogen batubara yang menyebabkan hasil konversinya lebih besar, sedangkan pada penelitian ini tidak digunakan injeksi gas hydrogen sehingga hasil konversinya kecil.

Kandungan hidrogen yang tinggi akan mempengaruhi rasio H/C yang semakin tinggi. Pada penelitian kali ini rasio H/C yang didapat pada Batubara Tanjung Enim yakni 0,37, batubara Muba 0,36 dan batubara Lahat memiliki rasio H/C paling rendah yakni 0,35. Rasio H/C yang paling tinggi akan menghasilkan volume produk yang paling tinggi juga. Oleh karena itu, batubara Tanjung Enim menghasilkan volume paling tinggi yakni mencapai 503 ml. Sedangkan rasio H/C paling rendah pada batubara Lahat menghasilkan volume 474 ml. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan hasil penelitian Talla dkk (2013) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio H/C maka semakin tinggi hasil konversi yang diperoleh.

Hubungan Rasio Batubara dan pelarut terhadap Volume Produk Pencairan Batubara

Dari data volume produk yang didapat berdasarkan rasio batubara:pelarut, dihasilkan grafik hubungan rasio batubara dan pelarut terhadap volume produk pencairan batubara pada gambar 9.

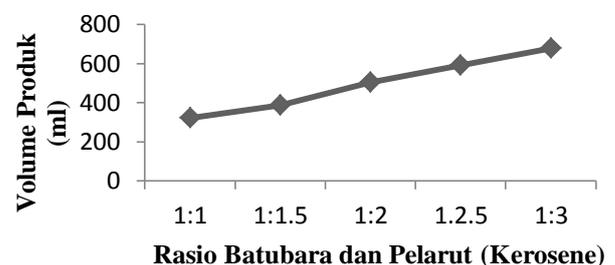


Gambar 9. Grafik Hubungan Rasio Bb Dan Pelarut Terhadap Volume Produk

Pada gambar 9, dapat dilihat bahwa penggunaan pelarut jenis sikloheksana dapat menghasilkan volume yang lebih banyak dibanding yang lain yakni berupa 688 ml pada rasio batubara dan pelarut 1:3. Sedangkan pelarut kerosin, dilihat dari rasio yang sama 1:3, menghasilkan produk minyak sebesar 677 ml. Pelarut sikloheksana (C_6H_{12}) lebih dominan untuk mendonorkan hidrogen atau membantu proses depolimerisasi, pemutusan ikatan oleh perengkahan panas sehingga menjadi radikal bebas, yang terjadi pada ikatan yang terlemah yaitu ikatan tunggal C-C dan C-O, pemutusan ikatan C-C ini akan membentuk senyawa *hydrocarbon* baru dengan bantuan donor *hydrogen* daripada pelarut sikloheksana maupun kerosin, tetapi dalam kedua pelarut ini, pelarut jenis sikloheksana lebih dominan mendonorkan hidrogen kepada proses depolimerisasi.

Hubungan Rasio Batubara dan pelarut terhadap Volume Produk Pencairan Batubara pada Jenis Pelarut Kerosin

Dari data volume produk yang didapat berdasarkan rasio batubara:pelarut jenis kerosin, dihasilkan grafik hubungan rasio batubara dan pelarut terhadap volume produk pencairan batubara pada jenis pelarut kerosin pada gambar 10.



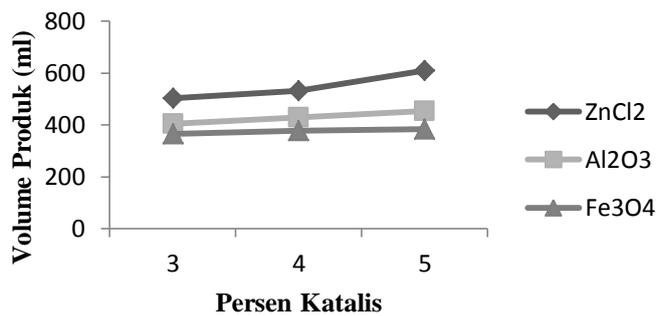
Gambar 10. Grafik Hubungan Rasio Batubara dan Pelarut (Kerosene) Terhadap Volume Produk

Pada gambar 10, dapat dilihat bahwa jumlah produk yang dihasilkan pada penggunaan rasio pelarut 1 : 3 lebih tinggi jika dibandingkan dengan rasio pelarut lainnya. Hal ini disebabkan semakin tinggi jumlah pelarut yang digunakan maka semakin tinggi pula volume produk yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan penelitian Hidayat pada tahun 1995 yang membandingkan rasio pelarut dengan transfer hidrogen bahwa semakin tinggi konsentrasi pelarut maka semakin tinggi transfer hidrogennya sebagai akibat adanya peristiwa hidrogenasi dengan radikal bebas batubara akibat pelarut yang digunakan.

Hubungan Porsen Katalis terhadap Volume Produk Pencairan Batubara

Dari data volume produk yang didapat berdasarkan porsen katalis yang digunakan,

dihasilkan grafik hubungan persen katalis terhadap volume produk pencairan batubara pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hubungan Persen Katalis Terhadap Volume Produk

Pada gambar 11, dapat dilihat bahwa semakin besar persen katalis yang digunakan maka semakin besar volume produk yang diperoleh. Pada penggunaan katalis Fe₃O₄ diperoleh hasil 384 ml, sedangkan Al₂O₃ diperoleh 454 ml, kemudian pada penggunaan katalis ZnCl₂ terjadi kenaikan hasil yang diperoleh yaitu didapat volumenya 610 ml. Grafik diatas menunjukkan bahwa pengaruh penambahan jumlah katalis secara signifikan dapat meningkatkan volume yang diperoleh.

Hal ini jelas sekali bahwa adanya katalis sangat membantu kecepatan reaksi dalam memutuskan ikatan rantai didalam struktur mikro dan makro batubara. Tanpa adanya katalis ditambah dengan tanpa adanya pelarut dan hanya mengandalkan efek panas, maka reaksi pemutusan ikatan tidak terjadi secara efektif dan hanya menghasilkan produk gas dan H₂O, karena pada suhu 375°C senyawa-senyawa seperti CO, CO₂, C₁-C₄, dan H₂O terbentuk tergantung pada kondisi spesifikasi batubara.

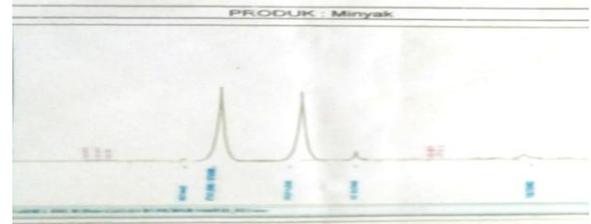
Analisa Perbandingan Nilai Kalor Produk Batubara Cair Secara Teoritis dan Aktual

Secara teoritis nilai kalor produk batubara cair adalah 1067592,1 Cal/gr, namun secara aktual hanya 11582,91 Cal/gr. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya, tidak adanya injeksi gas hidrogenkedalam reaktor, rendahnya temperatur pemanasan, dan tidak adanya pengadukan slurry didalam reaktor. Temperatur Pemanasan reaktor 375°C dan tekanan 1 MPa. Sedangkan menurut penelitian pencairan batubara yang dilakukan oleh Nurvita Maharani dan Prof. Dr. R.Y. Perry Burhan, M.S pada tahun 2012, produk batubara cair menghasilkan nilai kalor rata-rata adalah 43,59 x 10³ kCal/gr atau 43,59 x 10⁶ Cal/gr dengan tekanan injeksi gas hidrogen 7 Mpa, temperatur pemanasan reaktor 450°C, dan pengadukan slurry dengan kecepatan 500 rpm. Namun, pada penelitian ini, tidak dilakukan injeksi gas hidrogen sehingga dalam proses transfer hidrogen dari pelarut ke batubara kurang maksimal, dan temperature reaktor tidak mencapai 450°C hanya mencapai 375°C, serta pengadukan dilakukan secara manual dan dilakukan hanya diawal

sebelum proses dijalankan, sehingga menyebabkan campuran tidak bercampur secara merata.

Analisa GC Produk Pencairan Batubara

Analisa GC dilakukan untuk mengetahui komposisi produk pencairan batubara. Hasil analisa *Gas Chromatography* (GC) Perkynelmer di Laboratorium Pertamina RU III sesuai ASTM D 1945, dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Analisa Gas Kromatografi Produk Batubara Cair

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa data gas kromatografi produk minyak pencairan batubara diperoleh 2 (dua) puncak senyawa dengan kelimpahan paling besar. Puncak tersebut adalah N-Heptane (C₇H₁₆) sebesar 55,605 %, kemudian N-Hexane (C₆H₁₄) sebesar 40,687%. Komposisi lain yang terdapat pada produk batubara cair ini adalah N-Pentane (C₅H₁₂) 3,453 %, Iso Pentane (C₅H₁₂) 0,012 %, Iso Hexane (C₆H₁₄) 0,120%, dan Iso Heptane (C₇H₁₆) 0,170%. Berdasarkan hasil data gas kromatografi tersebut dapat diketahui bahwa produk minyak yang dihasilkan dari proses pencairan batubara adalah campuran alkana dengan rantai C₅H₁₂-C₇H₁₆.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan:

1. Kondisi optimal proses pencairan batubara dengan metode secara langsung, memperoleh produk maksimal pada jenis batubara Tanjung Enim dengan ukuran batubara 200 mesh, jenis pelarut kerosene dengan rasio bb:pelarut 1:2, jenis katalis ZnCl₂ dengan 3%wt bb, dan temperature pemanasan reactor 375°C yakni 503 ml.
2. Nilai kalor produk batubara cair yang dihasilkan secara teoritis adalah 1067592,1 Cal/gr, namun secara aktual hanya 11580,51 Cal/gr. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi operasi yang digunakan yakni temperaturnya 375°C dan tekanan 0,6 Mpa, sedangkan kondisi operasi yang harus digunakan pada pencairan batubara adalah temperaturnya minimal 450°C dan tekanan 7 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S.N.,K. Ismail, M. A. M. Ishak dan A. H. Jawad. 2014. *Coal Liquefaction using a tetralin-glycerol co-solvent system: effect of temperature and reaction time on conversion and product yield*. WIT Transactions on Ecology and The

- Environment, Vol.186, ©2014 WIT Press, ISSN 1743-3541.
- Enggal, Nurisman. 2007. *Studi Pengaruh Variabel, Temperatur, Rasio Pelarut dan Batubara serta Kuat Medan Proses Pencairan Batubara Lignite Tanjung Enim dengan Menggunakan Electromagnetic Coal Liquefied Reactor*. Tesis. Palembang : Universitas Sriwijaya.
- Erlangga, Abdul Wahid. 2015. *Kajian Liquefaksi Batubara Lignit Menggunakan Teknologi Sistem Induksi*. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.TA
- Gandhi, Shamim Ahmed. 2013. *Coal Liquefaction Using Zinc Chloride Catalyst In An Extracting Solvent Medium*. California : University of California.
- Hasjim, M., H. Basril, T. Toha, L.H. Silalahi, dan S.D.S. Murti. 2007. *Pencairan Batubara Kabupaten Musi Banyuasin Sumatera Selatan dengan Teknologi Improved BCL*. Prosiding Seminar Nasional XIII-FTI-ITS. Surabaya, 6-7 Maret 2007
- Iain Staffell. 2011. *The Energy and Fuel Data Sheet*. University of Birmingham UK, staffell@gmail.com.
- Lambok Hilarius Sillahi, 2009. *Optimasi Co-Processing Dengan Pengaturan Rasio Pelarut Dan Batubara*. Jakarta : Pusat Pengembangan Teknologi Sumberdaya Energi.
- Maharani, Nurvita dan Perry Burhan. 2012. *Karakterisasi Geokimia Organik Produk Pencairan Batubara Fraksi Medium Oil dari Pit Kancil Kalimantan Timur dan Batubara Bituminous Sumatra Selatan*. Surabaya: ITS paper Jurusan Kimia
- Masduki, Busron, R. Sukarsono R. dan Didiek Herhady. 2001. *Liquefaksi Batubara Sebagai Substitusi Minyak Bumi*. Yogyakarta. Puslitbang Teknologi Maju Batan. ISSN 0216-3128.
- Nursanto, Eddy, Sudaryanto dan Untung Sukamto. 2015. *Pengolahan Batubara dan Pemanfaatannya Untuk Energi*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Yogyakarta, 18 Maret 2015.
- Nursanto, Eddy, Sudaryanto dan Untung Sukamto. 2013. *Perbandingan Perolehan Batubara Cair (yield) antara Batubara Rank Rendah dengan Rank Menengah pada Batubara Formasi Warukin, Kab. Tabalong, Kalimantan Selatan*. Jurnal Teknologi Scientia, Vol.6 No.1. Agustus 2013
- Onozaki, Masaki. 2000. *Hydrodynamics and Scale-up of Liquefaction Reactor*. Kyushu University: Japan. Disertation
- Outlook Energi Indonesia. 2014. *Potensi dan Cadangan Batubara Indonesia*. Jakarta : ESDM.
- Pratono, Eddy. 2013. *Kerosin Online*. (<http://edypratono.blogspot.co.id/2013/09/minyak-tanah-kerosine.html>, diakses pada 3 Agustus 2017)
- Rachmadona, Nova. 2015. *Rancang Bangun Alat Liquefaksi dengan Metode Inverter 1 Fasa*. Palembang: Polstri
- Talla, Harli, Hendra Amijaya, Agung Harijoko dan Miftahul Huda. 2013. *Karakteristik Batubara Dan Pengaruhnya Terhadap Proses Pencairan*. Jurnal Geologi Vol.14 No.14, Hal.267-271. Oktober 2013.
- Wasaka, S., Ibaragi, S., Hashimoto, T., Tsukui, Y., Katsuyama, T., and Shidong, S. 2002. *Study on Coal Liquefaction Characteristics of Chinese Coals*. *Fuel*, 81, pp1551-15