

ANALISIS KEUNGGULAN LIMONIT SOROAKO SEBAGAI KATALIS PENCAIRAN BATUBARA (*DIRECT LIQUEFACTION*)

Herman Hidayat¹⁾ dan Lambok Hilarius Silalahi²⁾

¹⁾Laboratorium Sumberdaya Energi, Puspiptek, Serpong

²⁾Pusat Pengembangan Teknologi Sumberdaya Energi
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

An investigation of catalytic activities of Soroako limonite ore using 1 liter autoclave was carried out. The comparison of the results with other iron catalysts for liquefaction of Banko coal was also performed to find out the best catalyst for Banko coal liquefaction. Much efforts to improve brown coal liquefaction process efficiency has been conducted at BPPT since 1994 through the design of highly active catalysts along with design of good hydrogen donor solvents. Some previous studies have shown that limonite ore has several superior characteristics compared to pyrite (FeS_2) when used as catalyst in coal liquefaction process. One main reason is that limonite ore contains both iron and nickel compound as $FeOOH$, $FeNi_2OOH$, $FeCr_2OOH$ that found to be responsible of high distillate. The use of natural ore for catalyst will implies that the production of industrial catalyst for coal liquefaction could be obtained with low production cost. The results suggest that catalytic activity of Soroako limonite could be achieved at low temperature around $300^\circ C$ or less changing its crystallite form to pyrrhotite ($Fe_{1-x}S$) species. Such phenomenon is similar to that of highly active Yandi Yellow catalyst. Moreover, Soroako limonite catalyst also gives higher oil yield with smaller amount of hydrogen consumption compare to pyrite and Yandi yellow catalysts. So it concludes that Soroako limonite has high catalytic activity, and its soft physical nature makes it possible to be pulverized into sub-micron particle size easily and economically. Soroako limonite, therefore, can be recommended as one of the most suitable catalysts for commercial coal liquefaction plant to be constructed in the future.

Kata kunci: coal liquefaction, soroako limonite, γ - $FeOOH$, pyrrhotite, limonite catalyst

1. PENDAHULUAN

Cadangan minyak bumi Indonesia terbukti maupun potensial berjumlah 10,41 milyar barrel, sementara cadangan gas 114,2 trilyun ft^3 yaitu setara dengan 19,03 milyar barrel minyak. Cadangan minyak tersebut diperkirakan akan habis pada tahun 2010 karena saat ini, tingkat produksi telah mencapai 600 juta barrel/tahun. Bahkan, akibat kecenderungan produksi minyak Indonesia yang terus meningkat, maka habisnya cadangan minyak bisa jadi terjadi lebih awal dan Indonesia akan menjadi negara pengimpor minyak. Maka dari itu, perlu dilakukan suatu upaya mencari bahan bakar minyak dari sumber lain agar krisis minyak yang kemungkinan besar akan terjadi pada tahun-tahun mendatang dapat diantisipasi.

Di antara berbagai upaya yang dapat dilakukan sehingga kesinambungan penyediaan kebutuhan energi minyak, khususnya di sektor transportasi, dapat terjamin, adalah melalui proses pencairan batubara muda (*lignite*) Indonesia untuk menghasilkan minyak sintetis. Mengingat cadangan batubara muda Indonesia tersedia melimpah, yaitu sekitar 60% dari seluruh cadangan batubara Indonesia yang jumlahnya mencapai 36,6 milyar ton, ini adalah alternatif yang potensial. Bukan hanya dapat menambah persediaan bahan bakar minyak negara, upaya ini juga menjadi sarana untuk memanfaatkan batubara muda Indonesia secara maksimal, mengingat sumber daya tersebut tidak ekonomis apabila dimanfaatkan secara langsung sebagai bahan bakar di PLTU (pemakai utama batubara Indonesia). Hal ini disebabkan oleh rendahnya

nilai kalor batubara muda Indonesia yang kurang dari 4500 kkal/kg dan kandungan lengasnya yang tinggi mencapai 35%.

Ada dua cara untuk mengkonversi batubara menjadi minyak sintesis yaitu melalui proses pencairan batubara tidak langsung (*indirect coal liquefaction*) dan pencairan batubara langsung (*direct coal liquefaction*). Dalam proses pencairan tidak langsung, batubara terlebih dahulu dikonversi menjadi gas sintesis yaitu campuran H_2 dan CO yang selanjutnya dikonversi lagi menjadi bensin melalui reaksi Fischer-Tropsch. Pencairan batubara secara langsung, sementara itu, dilakukan berdasarkan proses hidrogenasi katalitik yaitu dengan mereaksikan batubara dan hidrogen pada temperatur dan tekanan tinggi serta dibantu oleh kehadiran katalis dan pelarut donor hidrogen.

Sampai saat ini, untuk penerapan proses pencairan batubara secara langsung studinya masih terus dilakukan, terutama studi mengenai peningkatan efisiensi proses salah satunya dengan pengembangan katalis Fe yang sesuai dan berharga murah, seperti pyrite dan limonite.

Mineral limonite yang berasal dari tambang nikel PT INCO di Soroako, Sulawesi Selatan, Indonesia merupakan salah satu bahan katalis yang cocok dan berharga murah. Limonite Soroako ini sangat potensial untuk dijadikan sebagai katalis yang ramah lingkungan, karena pada penambangan nikel tersebut, mineral ini dianggap sebagai pengotor dan dibuang sebagai limbah. Padahal, cadangan mineral ini mencapai 108,5 DMT (*Dead Metric Ton*) artinya jumlahnya banyak di alam dan ukuran partikelnya sudah halus sehingga pengolahannya lebih mudah. Pemanfaatan mineral limonite sebagai katalis dalam proses pencairan batubara, sebagaimana tujuan dari penelitian ini, akan dapat memberikan nilai tambah (*added value*) bagi mineral limonit, sehingga peluang Indonesia untuk menerapkan teknologi pencairan batubara akan menjadi lebih besar.

1.1. Status Pencairan Batubara

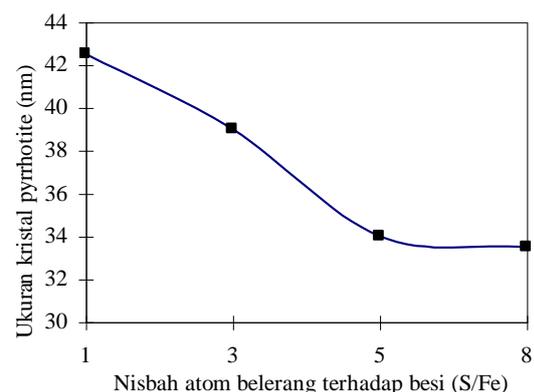
Teknologi pencairan batubara secara langsung, sampai saat ini, belum diaplikasikan secara komersial. Penyebabnya adalah selain harga minyak yang dihasilkan masih terlalu mahal, karakteristik minyaknya (khususnya fraksi minyak diesel) juga belum memenuhi spesifikasi teknis yang diinginkan. Maka dari itu, dilakukan berbagai upaya untuk menangani permasalahan tersebut, salah satunya adalah dengan mengembangkan katalis yang memiliki aktivitas dan selektivitas tinggi serta berharga murah.

1.2. Peranan Dan Tipe Katalis

Katalis dalam pencairan batubara berperan untuk memasukkan atom H ke batubara atau campuran batubara-pelarut. Fungsi Hidrogen adalah untuk reaksi stabilisasi radikal bebas yang terbentuk akibat dekomposisi termal, reaksi hidrogenasi, reaksi pemecahan ikatan C-C dan C-O batubara, dan reaksi penghilangan heteroatom (Guin *et.al.*, 1979, Farcasiu *et.al.*, 1994, Tang *et.al.*, 1994). Ini berarti bahwa keberadaan katalis dapat mencegah terjadinya reaksi retrogresif (repolimerisasi) sehingga peningkatan perolehan minyak (fraksi ringan) dapat terjadi (Aitchison *et.al.*, 1986).

Dalam proses pencairan batubara, ada dua tipe katalis yang biasa digunakan, yaitu katalis tersangga (*supported catalyst*) dan katalis terdispersi (*dispersed catalyst*). Katalis tersangga Co-Mo/ Al_2O_3 dan Ni-Mo/ Al_2O_3 memiliki aktivitas yang cukup baik tetapi harganya mahal, akibatnya katalis ini hanya cocok untuk digunakan pada reaktor unggun tetap (*fixed bed*) dan reaktor unggun ebullient (*ebullated bed*). Katalis terdispersi, sementara itu, sulit diresikel sehingga biasanya hanya digunakan sekali sebelum dibuang. Oleh karenanya, salah satu syarat katalis terdispersi adalah harus berharga murah seperti katalis dasar besi (*Fe based catalyst*).

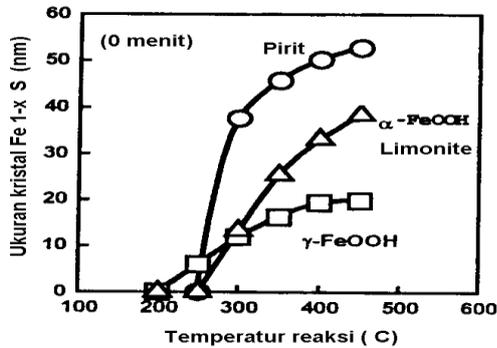
Selain kedua katalis tersebut, dalam proses pencairan batubara, katalis besi juga biasa digunakan yaitu katalis alam seperti pirit, limonit, beberapa mineral besi oksida dan hidroksida lainnya; dan katalis sintesis seperti γ -FeOOH. Untuk katalis ini, faktor-faktor seperti kehadiran sulfur, jenis katalis, temperatur operasi dan ukuran kristal serta partikel katalis sangat mempengaruhi aktivitasnya.



Gambar 1. Pengaruh Nisbah Atom S/Fe Terhadap Ukuran Kristal Pyrrhotite

Keberadaan sulfur menyebabkan katalis besi dapat terkonversi menjadi pyrrhotite ($Fe_{1-x}S$) yang merupakan puncak aktif katalis besi-sulfur.

Semakin besar nisbah atom sulfur terhadap besi (S/Fe) maka aktivitas katalis tersebut semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh ukuran kristal pyrrhotite yang dihasilkan semakin kecil sehingga luas permukaan aktif katalis bertambah, Gambar 1 (Kaneko et.al., 1997).



Gambar 2 Pengaruh Temperatur Terhadap Pembentukan Dan Ukuran Kristal Fe_{1-x}S

Secara berurutan, katalis besi (bersama sulfur) seperti □ □-FeOOH, limonit dan pirit memiliki aktivitas yang semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan temperatur pembentukan dan ukuran kristal pyrrhotite (Mochida et.al., p. 39-85). Temperatur pembentukan kristal pyrrhotite dari katalis □-FeOOH, limonit dan pirit secara berurutan adalah 250-300°C, 300°C dan 350-400°C, dan ukuran kristalnya semakin membesar seperti terlihat pada Gambar 2 (Kaneko et.al., 1997). Aktivitas katalis □-FeOOH lebih baik dari kedua katalis lainnya tetapi katalis sintesis ini berharga mahal sehingga tidak menguntungkan secara ekonomi. Aktivitas katalis limonit juga yang cukup baik (moderat) tetapi harganya relatif mahal karena selama ini didatangkan dari Australia. Kendala harga seperti ini dapat ditangani dengan mencari dan memproduksi katalis yang bersumber dari kekayaan alam Indonesia agar peluang penerapan pencairan batubara di Indonesia dapat diperbesar.

Pemanfaatan mineral limonite yang bersumber dari bahan tambang Indonesia, yaitu penambangan bijih nikel PT. INCO (International Nickel Company) di Soroako, Sulawesi Selatan, merupakan fokus dari penelitian ini. Pada penambangan tersebut, limonit dibuang sebagai limbah karena kandungan nikelnya sedikit dan karenanya dianggap tidak bernilai. Dalam penelitian ini, mineral limonit diharapkan dapat diberi nilai tambah (*added value*) yaitu melalui pemanfaatannya sebagai katalis pencairan batubara yang secara komersial bernilai tinggi. Selain itu, hal ini juga diharapkan dapat

membuka peluang yang lebih besar bagi penerapan teknologi pencairan batubara Indonesia.

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian adalah untuk melihat peluang mineral limonit Soroako sebagai katalis dalam proses pencairan batubara. Sementara itu, tujuan akhir yang diharapkan adalah dapat dihasilkan katalis yang memiliki aktivitas dan selektivitas yang baik untuk memproduksi minyak pada proses pencairan batubara.

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

- Pendayagunaan potensi mineral limonit dari Soroako dengan memanfaatkannya sebagai katalis dalam proses pencairan batubara.
- Melalui pendayagunaan tersebut diharapkan biaya operasi proses pencairan batubara dapat ditekan sehingga dapat mendukung komersialisasi teknologi pencairan batubara Indonesia.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian meliputi pengolahan awal mineral limonit untuk menghilangkan lengas yang terkandung. Setelah itu, melakukan penggilingan sehingga diperoleh katalis dengan ukuran sub-mikron, diteruskan dengan karakterisasi limonit agar dapat ditentukan sifat-sifat kimia dan fisiknya (kandungan lengas, komposisi unsur dan ukuran partikel). Limonit yang telah diolah dan dikarakterisasi tersebut kemudian diuji coba dalam proses pencairan batubara agar aktivitas dan selektivitas limonit dalam perolehan minyak dapat dievaluasi. Dari hasil tersebut lalu dilakukan perbandingan dengan katalis lainnya yang telah umum digunakan yaitu katalis FeS₂, γ-FeOOH, laterite dan redmud.

4. EKSPERIMENTAL

Batubara yang digunakan dalam penelitian ini adalah batubara Banko dengan hasil analisis seperti pada Tabel 1. Karakteristik batubara Banko sebagai bahan baku dalam proses pencairan baik karena memiliki volume pori yang relatif kecil sehingga memungkinkan membuat *slurry* dalam konsentrasi tinggi dengan viskositas yang relatif rendah. Hal ini pada akhirnya menyebabkan peningkatan efisiensi energi serta hanya memerlukan reaktor yang lebih kecil.

Tabel 1. Hasil Analisis Batubara Banko (BC96-E-F)

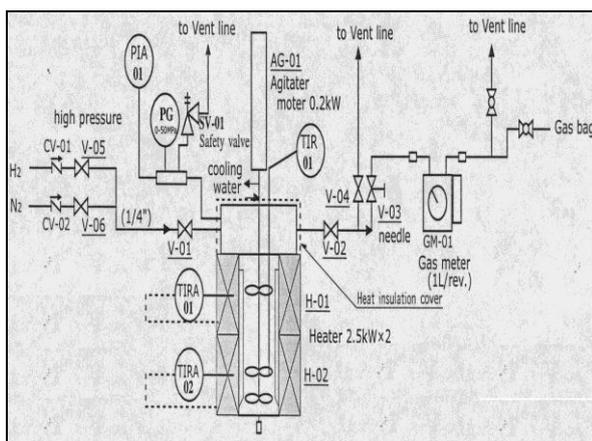
Analisis Proksimat (% berat)				Analisis Ultimat (% berat kering)				
Lengas	Abu	Zat terbang	Karbon Tetap	C	H	O	N	S
10,67	2,23	54,99	32,11	72,96	5,46	19,27	1,10	0,42

Pelarut yang digunakan adalah pelarut resikel (*recycle solvent*), diperoleh dari *bench scale unit* (BSU) dengan kapasitas 0,1 ton/hari di TCLC, Jepang. Dalam penelitian, digunakan jumlah pelarut dua kali lebih besar dibandingkan batubara kering bebas abu ($S/C = 2$). Adapun spesifikasi dari pelarut tersebut terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Pelarut (BSU-RS)

Fraksi (% berat)			
H ₂ O	LO	RS	CLB
0,51	4,03	87,74	7,72

Kondisi operasi yang digunakan merujuk pada hasil penelitian sebelumnya yaitu waktu reaksi 60 menit, temperatur reaksi 450°C, dan tekanan awal hidrogen 12 MPa. Reaktor yang digunakan adalah autoclave 1 liter berpengaduk dengan kecepatan pengaduk 1000 rpm, Gambar 3. Produk slurry dari pencairan dianalisis dengan metode distilasi untuk memperoleh fraksi air, LO (t.d. C5-180°C), RS (t.d. 180-420°C) dan CLB (t.d. >420°C). Sedangkan produk gas dianalisis dengan memakai GC-TCD, GC-FID, serta tube gas analyzer untuk H₂S.



Gambar 3. Rangkaian peralatan autoclave 1L tipe batch

5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

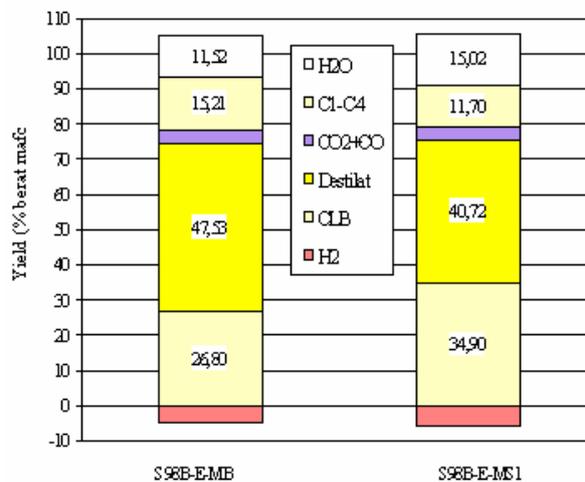
Dalam penelitian ini ada dua sampel limonit Soroako yang digunakan yaitu S98B-E-MB dan S98B-E-MS1 yang masing-masing berukuran cukup kecil yaitu dengan diameter partikel rata-rata 7,55 μ m dan 7,18 μ m. Ukuran partikel limonit Soroako yang memang sudah kecil sangat menguntungkan, karena dalam menggilingnya (*milling*) hanya dibutuhkan tenaga yang relatif kecil. Distribusi masing-masing limonit tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dan hasil analisis kimianya dapat dilihat pada Tabel 3. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa limonit

Soroako memiliki kandungan Fe tinggi yaitu mencapai 45% lebih. Hal ini mengindikasikan bahwa limonit Soroako cukup tinggi kemurniannya sehingga sangat baik untuk pencairan batubara. Nisbah atom belerang terhadap besi (S/Fe) yang diambil adalah 3. Kandungan Ni dan Co limonit Soroako juga relatif tinggi (masing-masing mencapai 1,5%). Kedua logam tersebut sangat baik untuk proses hidrogenasi dan hidrokraking.

Tabel 3. Hasil Analisis Katalis

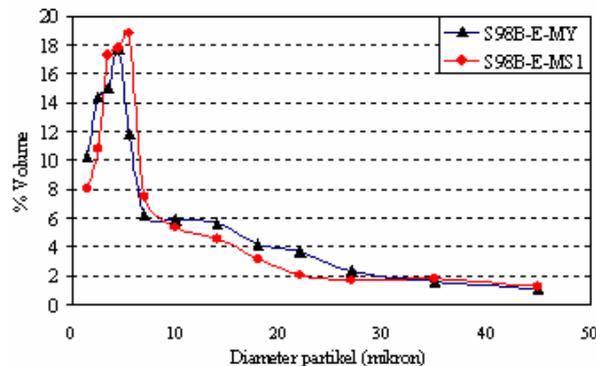
Jenis Katalis	Komposisi (% berat kering)		
	Total-Fe	NI	Co
Soroako 98-E-MB	45,14	1,56	1,48
Soroako 98-E-MS1	45,74	1,38	1,31

E: East, M: Middle, B: Brown, S: South, Fe: besi, Ni: nikel, Co: cobal



Gambar 4. Distribusi Ukuran Partikel Limonit

Hasil pencairan batubara Banko dalam autoclave 5 liter dengan memakai katalis limonit dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Yield Produk Pencairan

Pada gambar dapat dilihat bahwa yield minyak yang dihasilkan dengan menggunakan katalis limonit Soroako cukup tinggi yaitu 40

sampai 48 % mafc. Hasil ini relatif lebih baik dibandingkan dengan katalis pirit (*running* nomer T02/03 NBCL 95) yang menghasilkan yield minyak sekitar 35 % mafc. Ini memberikan indikasi bahwa aktivitas limonit Soroako dalam proses pencairan batubara cukup baik, disebabkan oleh kandungan Fe (α -FeOOH) yang cukup tinggi serta adanya unsur Ni dan Co.

Jika limonit tersebut diolah terlebih dahulu yaitu dengan proses yang menyerupai proses pemurnian, hasil ini diduga kuat dapat menjadi lebih baik lagi. Proses yang dapat dilakukan antara lain penggilingan untuk memperkecil ukuran partikel limonit dengan metode kering maupun dengan metode basah yaitu dengan menggilingnya bersama-sama pelarut sehingga dispersivitas partikel katalis pada saat proses berlangsung dapat ditingkatkan.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas terlihat bahwa limonit Soroako memiliki kandungan Fe tinggi (mencapai 51% lebih). Kandungan Ni dan Co-nya juga relatif tinggi (masing-masing mencapai 2 % lebih); kedua logam tersebut sangat baik dalam proses hidrogenasi dan hidrokraking. Hasil percobaan dalam proses pencairan batubara Banko dengan autoclave 5 liter mengindikasikan limonit Soroako memiliki aktivitas katalitik yang baik dilihat dari jumlah minyak yang dihasilkan (42-48% mafc). Limonit Soroako sebagai katalis pencairan batubara juga tersedia cukup banyak (108,5 DMT), berharga murah, ramah lingkungan dan ukuran partikelnya halus (4-5 μm).

Mengingat sangat mungkin untuk limonit Soroako dikembangkan sebagai katalis dalam proses pencairan batubara, maka penelitian lebih jauh perlu ditindak lanjuti. Tindakan yang dapat diambil antara lain dengan pengolahan fisika seperti penggilingan (*milling*) dengan metode kering (tanpa pelarut) dan metode basah (bersama pelarut donor, dengan penambahan sulfur ataupun tidak) untuk meningkatkan dispersivitas dan aktivitas katalis limonit. Selain itu analisis lengkap seperti analisis BET, XRD, TEM perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dasuki, A.S., Cadangan Energi, Kebutuhan Energi, Dan Teknologi Masa Depan, Makalah untuk disampaikan pada diskusi ilmiah sehari dalam bidang teknologi masa depan yang ramah lingkungan di PLN LMK, 2000, 1-14.
- Hei, R.D., Sweeny, P.G., Stenberg, V.I., Mechanism of the Hydrogen-Sulphide-Promoted Cleavage of the Coal Model Compounds: Diphenyl ether, Diphenylmethane and Bibenzyl, Fuel, 62, 1983, 577.
- Kaneko, T., Current Status of Catalyst Development for Brown Coal Liquefaction, NEDO-BPPT, Jakarta, 1997.
- Mastral, A.M., Mayoral, M.C., Rivera, J. and Maldonado, F., New Approach to Coal Structure through Its Evolution during Dry Catalytic Hydrogenation, Energy and Fuels, 11, 1997, 483-490.
- Ogawa, T., Stenberg, V.I., Montano, P.A., Hydrocracking of Diphenylmethane. Roles of H₂S, Pyrrhotite and Pyrite, Fuel, 63, 1984, 1660.
- Redlich, P.J., Jackson, W.R. and Larkins, F.P., Studies Related to the Structure and Reactivity of Coals: 15. Conversion Characteristics of A Suite of Australian Coals, 68, 1989, 231-237.
- Stenberg, V.I., Ogawa, T., Willson, W.G., Miller, D.T., Hydrocracking of Diphenylmethane. Roles of Hydrogen Sulfide and Pyrrhotite, Fuel, 62, 1983, 1487.
- Tim Pencairan Batubara Muda BPPT, Laporan Riset 1996, tidak dipublikasi.