

PENGARUH PENAMBAHAN SULFUR PADA PROSES PENCAIRAN BATUBARA BANKO

Herman Hidayat dan Adiarso

Balai Besar Teknologi Energi, Puspiptek Serpong
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

The effect of adding sulfur in Central Banko coal liquefaction is examined using autoclave reactor with limonite catalyst from Soroako, at 450°C, H₂ initial pressure = 9 Mpa, holding time = 60 minutes, and S/Fe ratio varies from 1, 2, 3 dan 6. It is found that there is significant increase in distillates yield by 53,81% for the increase of S/Fe ratio from 1 to 2, and at the same time CLB decreases from 53,5% to 29,47%. This is because the amount of pyrrhotite for S/Fe ratio =2 is high and enough to promote cracking to convert coal to distillates or oil. For S/Fe ratio = 3, the increase of distillates or oil yield is not significant, so does for S/Fe = 6. This concludes that adding more sulfur in Central Banko coal liquefaction using limonite catalyst from Soroako is not effective and therefore does not influence much to the oil yield. This is because the particle size and amount of pyrrhotite already achieves equilibrium for S/Fe ratio = 2. The changing of S/Fe ratio does not give much effect to the yields of H₂O, CO+CO₂, C₁~C₄, and hydrogen consumption as well..

Kata Kunci : limonit Soroako, rasio S/Fe, yield distilat, yield CLB, pirhotit, yield H₂O, yield CO+CO₂, yield C₁~C₄, konsumsi gas hidrogen

1. PENDAHULUAN

Penelitian di bidang pencairan batubara muda secara langsung telah banyak dikembangkan oleh beberapa peneliti di dunia hingga dekade ini untuk mendapatkan suatu proses yang lebih efisien dan ekonomis sehingga kemungkinan ke depan penerapan proses tersebut ke arah komersial lebih menyakinkan.

Melihat cadangan batubara muda Indonesia yang sangat melimpah di daerah Sumatera Selatan, yaitu sebesar kurang lebih 38 milyar ton (Dasuki, 2000), telah memacu Pemerintah Indonesia, dalam hal ini BPP Teknologi, untuk terus melakukan beberapa riset terpadu pemanfaatan cadangan batubara muda sebagai sumber energi primer menjadi bahan bakar minyak sintetis.

Sampai saat ini hanya dua negara di dunia yaitu Jepang dan Indonesia masih terus giat dan berkerjasama mengembangkan proses pencairan batubara muda dengan tujuan akhir komersialisasi di Indonesia. Perbaikan proses terus dilakukan, terutama sekali pada performansi reaksi pencairan batubara muda Indonesia untuk meningkatkan yield minyak atau distilat. Salah satu fokus di dalam riset pengembangan tersebut adalah pemakaian katalis yang sangat aktif, murah dan mudah diperoleh di dalam negeri. Pada tahun 1997,

katalis sintetis berbasis FeOOH telah dikembangkan dan menghasilkan yield minyak sangat tinggi dibandingkan dengan katalis dasar besi yang lain seperti Fe₂O₃, pirit dan redmud (Kaneko, 1997). Akan tetapi katalis sintetis γ -FeOOH masih relatif sangat mahal dibandingkan dengan katalis dasar besi yang lain dan harus diadakan di luar Indonesia sehingga kondisi tersebut sangat tidak ekonomis untuk diterapkan pada skala komersialisasi. Untuk itu perlu dicarikan alternatif sumber katalis alami yang memiliki struktur FeOOH.

Pada awal tahun 1999, BPP Teknologi telah menemukan sumber katalis limonit yang mengandung struktur α -FeOOH dan diduga mempunyai kemampuan yang relatif sama dibanding dengan katalis sintetis. Jumlah katalis limonit sangat mudah dan tersedia melimpah di Indonesia, yaitu di daerah Sulawesi Selatan. Sejak saat itu, riset pemanfaatan limonit sebagai katalis proses pencairan batubara muda telah dikembangkan untuk mengkonversi batubara muda menjadi minyak mentah sintetis. Adapun pemakaian katalis limonit masih dalam bentuk bubuk seperti pada saat diperoleh di daerah penambangannya (Hidayat, 1998). Mulai pertengahan tahun 2000, penggunaan katalis terlarut di dalam pelarut (*active solvent/donor solvent*) telah banyak diterapkan untuk

mengkonversikan batubara muda seperti Banko Selatan (Artanto dan Yusnitati, 2000), Mulia dan Yallourn (Kaneko et.al., 2000).

1.1. Permasalahan

Penambahan sulfur di dalam reaksi pencairan langsung batubara muda berkatalis telah diketahui dapat membantu meningkatkan aktifitas katalis selama reaksi berlangsung. Namun demikian, penambahan sulfur yang terlalu eksces dapat merugikan keekonomian pabrik pada skala komersial disamping kekhawatiran dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh buangan gas H₂S yang tidak dapat terkonversi menjadi elemen sulfur di dalam pabrik skala komersial tersebut. Oleh karena itu, penggunaan sulfur yang optimum untuk menghasilkan yield minyak atau distilat yang tinggi sangat penting dilakukan agar proses berlangsung efisien dan efektif.

1.2. Tujuan Riset

Melakukan studi pengaruh penambahan sulfur (dalam bentuk bubuk) sebagai representatif dari rasio sulfur dengan konsentrasi besi katalis terhadap yield proses pencairan langsung batubara muda dan mengetahui peranan sulfur selama reaksi pencairan berlangsung.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Penyiapan Bahan

2.1.1. Batubara

Batubara Muda yang dipergunakan di dalam riset ini adalah batubara Banko Tengah yang diperoleh dari area kuasa penambangan PTBA di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Adapun karakteristik batubara muda Banko Tengah adalah sebagai berikut:

Tabel 1

% berat kering					Abu % berat	Kandungan air, % berat
C	H	N	S	O diff		
63,72	4,64	1,07	0,6	17,37	2,33	10,27

Batubara sebelum diumpankan ke dalam autoclave terlebih dahulu dikeringkan dan dihitung kadar airnya. Sampel batubara yang tidak dipergunakan langsung disimpan di dalam desicator untuk menghindari penyerapan air dari udara terbuka.

2.1.2. Katalis Limonit

Limonit Indonesia yang dipergunakan mempunyai karakteristik sebagai berikut:

Tabel 2

Konsentrasi	Pelarut	Padatan Limonit	FeOOH (padatan)	Fe
% berat	70	30	72,39	45,5

Adapun karakteristik pelarut campuran di dalam katalis slurry adalah :

Tabel 3

Konsentrasi	H ₂ O	LO (C ₅ -180°C)	MO(180-300°C)	HO(300-420°C)	CLB(+420°C)
% berat	0,15	0,19	1,37	93,05	5,24

Katalis slurry dibuat dengan melarutkan padatan limonit di dalam pelarut dengan menggunakan *agitated mill*. Kecepatan dan waktu *agitated mill* dapat diatur. Waktu yang diperlukan untuk membuat katalis slurry ditentukan selama 3 jam dan ukuran diameter partikel katalis di dalam slurry yang diperoleh adalah sekitar 0,5 – 0,8 μm. Variasi ukuran diameter partikel di bawah sub micron (di bawah 1μm) tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap yield produk pencairan batubara muda.

2.1.3. Pelarut BSU Range 300-420°C

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. Dari pelarut yang sama dipergunakan untuk membuat katalis slurry. Karakteristik pelarut BSU range 300-420°C sama dengan tabel 3.

2.2. Percobaan

2.2.1. Kondisi Reaksi, Variabel Riset dan Pengoperasian Autoclave

Seluruh reaksi di dalam studi ini dilakukan dengan menggunakan autoclave 1 liter berpengaduk. Di dalam studi ini, variabel riset yang dipergunakan adalah variasi penambahan sulfur yang ditentukan berdasarkan rasio mol/mol sulfur terhadap konsentrasi Fe di dalam katalis. Secara keseluruhan, desain eksperimen adalah sebagai berikut:

Batubara yang diumpankan : 75 gram
 Rasio P/B-bkba : 2,0 berat/berat
 Katalis yang diumpankan : 1,0 %berat bkba basis Fe
 S/Fe : 1, 2, 3, 6 mol/mol
 Temperatur : 450°C
 Tekanan awal gas H₂ : 9 MPa
 Waktu reaksi : 60 menit
 Kecepatan pengaduk : 1000 rpm

Penggunaan rasio S/Fe=6 mol/mol dimaksudkan untuk melihat pengaruh eksces sulfur terhadap yield produk yang diperoleh.

Setelah seluruh umpan (batubara muda, pelarut, katalis slurry dan sulfur) dimasukkan ke dalam autoclave dan ditutup, dialirkan gas nitrogen bertekanan 30 kg/cm² ke dalam autoclave sebanyak tiga kali untuk mengurangi konsentrasi oksigen di dalam autoclave. Kemudian dialirkan gas hidrogen pada tekanan rendah (sekitar 20-30 kg/cm²) untuk membersihkan ruangan di dalam autoclave dari konsentrasi udara (nitrogen dan oksigen).

Setelah proses di atas dilakukan, gas hidrogen pada tekanan 200 kg/cm² dialirkan ke dalam autoclave dan ditahan selama semalam untuk mengetahui apakah ada kebocoran. Test kebocoran dilakukan dengan menggunakan *hydrogen gas detector*. 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 Muda BPP Teknologi adalah 284^o/jam. Setelah suhu cairan mencapai 450^oC, waktu reaksi mulai dihitung.

2.2.2. Metode Pengambilan Produk

Produk pencairan batubara muda ada dua (2) macam yaitu gas dan cairan slurry. Gas hasil reaksi langsung diambil dan dianalisa menggunakan instrumen kromatografi gas TCD dan FID untuk mendapatkan konsentrasi gas H₂, CO, CO₂, C₁-C₄ dan H₂S. Sedangkan produk cairan slurry dipisahkan dengan menggunakan metode distilasi vakum. Fraksi-fraksi distilasi adalah LO/ light oil (C₅-180^oC), MO/middle oil (180-300^oC), HO/heavy oil (300-420^oC) dan padatan CLB/coal liquid bottom (+420^oC). Kemudian produk CLB dapat dipisahkan lagi dengan metode ekstraksi pelarut. Pelarut yang dipergunakan di dalam ekstraksi ini adalah toluen, heksan dan THF (Tetra Hydro Furan). Distribusi fraksi hasil ekstraksi pelarut adalah sebagai berikut HS (Heksan Soluble) : fraksi minyak, HI/TS (Heksan insoluble/Toluen Soluble) : fraksi asfalten, TI/THFS (Toluen Insoluble/THF soluble) : fraksi preasfalten dan THFI (THF Insoluble) : fraksi residu berisi abu batubara, katalis dan batubara tak bereaksi.

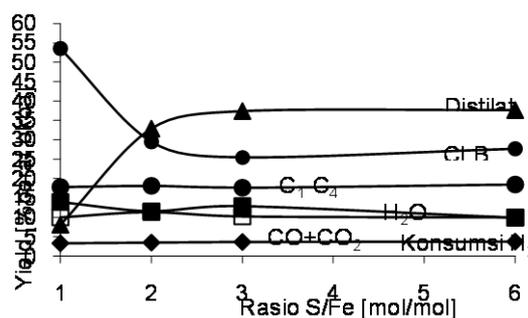
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektifitas penambahan sulfur baik sebagai bubuk atau cairan pada katalis reaksi pencairan batubara muda telah dibuktikan oleh beberapa peneliti sebelum ini (Ogawa et.al., 1984, Artanto et.al., 2000). Peranan sulfur di dalam katalis Fe, Ni, Co dan Mo dapat membentuk elemen aktif

Fe_{1-x}S (Ogawa et.al., 1984, Kaneko et.al., 2000), NiS, CoS₂ dan MoS₂ (Artanto et.al., 2000) yang dapat meningkatkan aktifitas katalis untuk memecah struktur ikatan molekul di dalam batubara. Namun demikian, kondisi reaksi dan jumlah rasio mol/mol S/Fe untuk percobaan yang dilakukan oleh Ogawa et.al dan Artanto et.al tidak sama dan relatif lebih rendah dibandingkan dengan kondisi reaksi di dalam studi ini. Disamping itu Ogawa dan Artanto menggunakan reaktor autoclave mikro (autoclave tabung bervolume 35 ml).

Berangkat dari kesuksesan peneliti sebelumnya, pengujian katalis slurry dengan penambahan bubuk sulfur untuk reaksi dengan kondisi 450^oC dan tekanan awal H₂ 9MPa (tekanan aktual selama reaksi adalah 15-18MPa) telah dilakukan. Adapun hasil pengujian telah digambarkan pada figur 1, dimana yield produk (distilat, CLB, gas CO+CO₂, gas C₁-C₄ dan H₂O) dan konsumsi gas hidrogen dikorelasikan terhadap variasi rasio molar S/Fe.

Seperti ditunjukkan di dalam figur 1, yield produk gas CO+CO₂ dan C₁-C₄ yang diperoleh dari reaksi pencairan batubara Banko Tengah tidak dipengaruhi oleh perubahan variasi S/Fe. Hasil tersebut juga ditemukan pada pencairan batubara Banko Selatan (Hidayat et.al. 1998, Artanto dan Yusnitati, 2000). Hasil tersebut juga mengindikasikan bahwa produk gas di dalam proses pencairan batubara dipengaruhi oleh gugus fungsi dan ikatan struktur molekul batubara. Biasanya semakin banyak gugus fungsi karboksilat dan karbonil suatu batubara maka akan menghasilkan jumlah CO+CO₂ semakin banyak (Redlich et.al., 1985). Demikian halnya dengan gas hidrokarbon juga dipengaruhi oleh struktur ikatan alifatik dan gugus alkil batubara.



Gambar 1. Pengaruh variasi rasio molar S/Fe terhadap konsumsi gas hidrogen dan yield produk pencairan batubara Banko Tengah

Di dalam studi juga ditemukan bahwa yield H₂O yang dihasilkan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan untuk semua variasi S/Fe yang diuji. Hasil temuan tersebut juga

memperkuat beberapa hasil riset pencairan batubara yang dilakukan di Universitas Monash (Redlich et.al, 1985) bahwa yield H_2O dipengaruhi oleh kuantitatif jumlah kandungan gugus fungsi fenolik di dalam batubara. Bahkan yield yang hampir sama pun ditemukan pada saat mencairkan batubara Banko Selatan (Artanto dan Yusnitati, 2000). Adapun pengaruh kandungan air batubara sebelum diumpankan ke dalam autoclave tidak mempengaruhi yield H_2O , tapi dapat mempengaruhi hasil yield distilat atau minyak.

Di dalam gambar 1 ditunjukkan juga bahwa yield CLB (*Coal Liquid Bottom*) atau fraksi di atas $420^\circ C$ mengalami penurunan secara drastis dari 53,81% pada $S/Fe = 1$ hingga 30% pada $S/Fe = 2$. Akan tetapi, produk distilat atau minyak.

Di dalam gambar 1 ditunjukkan juga bahwa yield CLB (*Coal Liquid Bottom*) atau fraksi di atas $420^\circ C$ mengalami penurunan secara drastis dari 53,81% pada $S/Fe = 1$ hingga 30% pada $S/Fe = 2$. Akan tetapi, produk distilat meningkat sangat signifikan sebesar 25%.

Kondisi ini menunjukkan bahwa pada rasio $S/Fe = 2$ senyawa pirhotite ($Fe_{1-x}S$), yang merupakan senyawa katalis aktif sistem besi-sulfur, terbentuk dalam jumlah yang relatif banyak dibandingkan dengan senyawa pirhotit yang dihasilkan dari rasio $S/Fe = 1$. Jumlah pirhotit yang lebih besar tersebut kemungkinan sekali cukup untuk memacu proses pencairan batubara menjadi produk minyak dan relatif sedikit meninggalkan produk sisa reaksi yaitu CLB. Hasil serupa juga dijumpai oleh Anderson dan Bockrath (1984) dimana mereka mencoba variasi S/Fe dari 1 sampai 4 dengan menggunakan katalis besi karboksilat. Pada analisis mereka menggunakan Mossbauer, senyawa pirhotit terbentuk relatif banyak pada $S/Fe = 2$ dibandingkan dengan $S/Fe = 1$. Satu hal lagi yang lebih penting adalah luas permukaan partikel pirhotit yang dihasilkan dari rasio $S/Fe = 2$ lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan dari rasio $S/Fe = 1$. Kondisi ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh faktor konsentrasi H_2S selama reaksi. Senyawa H_2S di dalam reaksi pencairan batubara bisa dikontribusi oleh adanya interaksi antara katalis besi dengan elemen sulfur dan kandungan besi dan sulfur yang alami terdapat di dalam batubara. Mengingat kandungan sulfur dan besi di dalam batubara Banko Tengah sangat rendah, maka kontribusi limonit dan elemen sulfur sangat berperan terhadap pembentukan gas H_2S . Kandungan H_2S yang cukup dapat menjaga ukuran partikel dan luas permukaan pirhotit sehingga sedemikian rupa keaktifan katalis limonit (dalam hal ini pirhotit) tetap terjaga.

Adapun dalam studi ini, konsentrasi H_2S yang diukur setelah reaksi selesai menunjukkan bahwa rasio S/Fe lebih tinggi jelas akan menghasilkan konsentrasi H_2S lebih banyak ($S/Fe = 1$ menghasilkan konsentrasi H_2S sebesar 0,1% volume dan rasio $S/Fe = 2$ menghasilkan konsentrasi H_2S sebesar 0,4% volume). Namun demikian, konsentrasi H_2S selama reaksi tidak dapat dilakukan mengingat autoclave beroperasi secara *batch* bukan secara kontinyu. Korelasi antara konsentrasi H_2S dan luas permukaan pirhotit serta keaktifan katalis (senyawa pirhotit) juga didukung oleh riset yang dilakukan oleh Kaneko et.al (2000) dan Artanto dan Yusnitati (2000). Bahkan berangkat dari hasil tersebut, TCLC (Takasago Coal Liquefaction Center) telah merevisi proses pencairan batubara langsung yang dikembangkan oleh mereka, yang disebut *BCL- Improved Process*, dengan mengganti gas murni hidrogen dengan gas campuran hidrogen dan H_2S . Namun demikian, seberapa jauh pengaruh konsentrasi H_2S terhadap aktifitas pirhotit masih perlu dibuktikan kembali untuk mendapatkan suatu nilai minimum. Oleh karena itu, penelitian dilanjutkan lagi dengan meningkatkan rasio S/Fe menjadi 3.

Ketika percobaan dilanjutkan dengan mencoba variasi $S/Fe = 3$, yield distilat meningkat relatif rendah sebesar 5,35% dan yield CLB mengalami penurunan relatif kecil sebesar 3,95%. Adapun konsentrasi H_2S setelah reaksi pada $S/Fe = 3$ yaitu 0,6% volume. Hasil ini menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi H_2S dari $S/Fe = 1$ ke $S/Fe = 2$ mempunyai kenaikan yang sama dengan konsentrasi H_2S dari $S/Fe = 2$ ke $S/Fe = 3$. Akan tetapi, peningkatan yield distilat dan penurunan yield CLB yang dihasilkan sangat berbeda. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa rasio $S/Fe = 2$ sudah cukup menghasilkan konsentrasi H_2S yang diperlukan untuk menjaga supaya ukuran diameter partikel pirhotit tidak bertambah besar (menjaga luas permukaan aktif senyawa pirhotit tidak berkurang). Penambahan sulfur hingga rasio $S/Fe = 3$ tidak memberikan kontribusi peningkatan yield dan penurunan yield CLB yang signifikan. Kondisi yang sama juga ditemukan pada yield H_2O , yield $CO+CO_2$ dan yield gas hidrokarbon. Untuk membuktikan hasil pemikiran tersebut di atas dan melihat sejauh mana efektifitas konsentrasi H_2S terhadap keaktifan senyawa aktif pirhotit, percobaan dilakukan lagi dengan menambahkan sulfur secara eksek (berlebihan) dengan meningkatkan rasio S/Fe menjadi 6.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa penambahan jumlah sulfur secara eksek (rasio $S/Fe = 6$) menghasilkan yield distilat dan yield CLB yang relatif sama dengan yield yang

dihasilkan dari rasio S/Fe = 3. Hal ini mengindikasikan bahwa sulfur yang disuplai untuk membentuk sistem besi-sulfur senyawa pirhotit ternyata menyesuaikan dengan jumlah kandungan Fe yang ada dan kelebihan sulfur terlepas dalam bentuk gas H₂S. Oleh karena itu, semakin tinggi rasio S/Fe menghasilkan konsentrasi H₂S yang besar pula. Demikian juga dengan yield-yield produk yang lain. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penambahan sulfur yang eksek tidak berguna untuk menambah yield distilat atau minyak. Jadi penambahan sulfur yang optimum untuk proses pencairan batubara muda Banko Tengah pada kondisi operasi di dalam studi ini adalah pada rasio S/Fe = 2.

Gambar 1 juga menunjukkan bahwa konsumsi gas hidrogen yang diperlukan oleh reaksi dari variasi S/Fe yang dicoba, mengalami peningkatan yang sangat kecil dan tidak signifikan.

4. KESIMPULAN

Penambahan sulfur yang direpresen-tasikan dengan rasio S/Fe di dalam studi ini dapat meningkatkan aktifitas katalis limonit Soroako dan mempunyai pengaruh yang signifikan untuk meningkatkan yield distilat atau minyak dalam proses pencairan batubara.

Penambahan sulfur yang efisien dan optimum adalah pada rasio S/Fe = 2 karena pada level tersebut senyawa pirhotit terbentuk dalam jumlah cukup sedemikian sehingga mampu mengakselerasi reaksi pencairan membentuk minyak.

Penambahan sulfur secara berlebihan (eksek) yang ditunjukkan dengan S/Fe > 2 tidak memberikan peningkatan yang signifikan terhadap yield minyak maupun penurunan yield CLB. Adapun secara komersial, rasio S/Fe = 2 lebih ekonomis untuk diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, R.R. and Bockrath, B.C., "Effect of Sulphur on Coal Liquefaction in The Presence of Dispersed Iron or Molybdenum Catalysts", Fuel, 63, 1984, 329.
- Artanto Y., Jackson, W.R., Redlich, P.J. and Marshall, M., "Liquefaction Studies of Some Indonesian Low Rank Coals", Fuel, 79, 2000, 1333.
- Artanto, Y. dan Yusnitati, "Pengujian Katalis Limonit Soroako dalam Proses Konversi Batubara Banko Selatan Menjadi Minyak Mentah Sintetis", Laporan teknis Kelompok Energi Fosil, Direktorat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi-BPPT, 2000.

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.

Hidayat, H., "Pengaruh Beberapa Variabel Proses Terhadap Distribusi Produk Pencairan Batubara Peringkat Rendah", Thesis S2 Jurusan Teknik Kimia ITB, Bandung, 1998.

Hidayat, H., Ghazali, S., Hartiniati, "Pengaruh jenis, ukuran dan konsentrasi katalis besi-sulfur pada pencairan batubara Banko", Proseeding Seminar Nasional TK-ITS, Surabaya, Nopember 1998.

Kaneko, T., Tazawa, K., Okuyama, N., Tamura, M. and Shimasaki, K., "Effect of Highly Dispersed Iron Catalyst on Direct Liquefaction of Coal", Fuel, 79, 2000, 263.

Keneko, T., "Current Status of Catalyst Development for Brown Coal Liquefaction", International Joint Seminar on Coal Liquefaction between NEDO and BPPT, Jakarta, 1997.

Ogawa, T., Stenberg, V.I. and 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., "Hydrogenation of Brown Coal : 9. Physical characterization and liquefaction potential of Australian coals", Fuel, 64, 1985, 1383.