

PEMANFAATAN RESIDU KILANG MINYAK PLAJU SEBAGAI PELARUT PADA PROSES PENCAIRAN BATUBARA (*Co-Processing*)

Muhamad Hanif Rasyid¹⁾ dan Herman Hidayat²⁾

¹⁾Laboratorium Pencairan Batubara (CLC), Puspiptek, Serpong

²⁾Balai Besar Teknologi Energi (B2TE), Puspiptek, Serpong
BPPT Gedung II Lantai 22 Jl MH Thamrin 8 Jakarta 10340

Abstract

This study presents the investigation on the reactivity of vacuum oil residue (VOR) as solvent in Banko coal liquefaction, so called "Co-processing". Process solvent derived from BSU tests is used as reference solvent in this study. The liquefaction tests are carried out using a gas-flow type autoclave (5L) with 200g coal (daf), 400g of coal-derived solvent (b.p.300-420 °C), 1.0-3.0 wt% daf as Fe of catalyst and elemental sulfur (S/Fe atomic ratio of 2.0) at 14.7MPa, 450°C for 60min under a constant gas flow of H₂-0.5%H₂S. The study suggests that VOR as solvent is much more reactive than process solvent under the same condition. Therefore the co-processing gives higher oil yield than coal liquefaction using process solvent derived from BSU tests. It also produces lower CLB, CO+CO₂ and hydrocarbons yields. This indicates that there is a synergism effect between the VOR as a donor solvent and the coal. The molecular structure of VOR at the first time was decomposed into molecular fragments. These fragments were then attached onto the coal's structure and lead to decompose the structure of the coal. It was also found that co-processing consumed less hydrogen gas than reference liquefaction process. In short, this finding obtained in this study can give promising sight for implementing the coal liquefaction plant in Indonesia at a commercial scale.

Kata kunci: *vacuum oil residue, Banko, liquefaction, co-processing reactive, synergism effect*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Berbagai program riset pencairan batubara muda untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produk batubara cair telah diupayakan sejak 1994, yaitu sejak kerjasama R&D antara BPPT dan NEDO ditandatangani. Kobe-steel sebagai perusahaan swasta telah dipercaya NEDO untuk melaksanakan program tersebut bekerjasama dengan BPPT.

Salah satu upaya yang dilakukan adalah memanfaatkan minyak vakum residu sebagai pelarut. Minyak vakum residu ini merupakan produk samping dari kilang minyak yang mempunyai kandungan sekitar 40% dari minyak mentah yang diolah di dalam kilang. Sampai saat ini pemanfaatan minyak vakum residu sebagian besar hanya dipakai sebagai minyak bakar (fuel oil) atau dicampur untuk menghasilkan LSWR (*low sulfur wax residue*). Jumlah minyak vakum residu yang besar tersebut sangat berpotensi

untuk dipergunakan sebagai salah satu bahan baku pada proses pencairan batubara muda.

Diharapkan dengan menggunakan minyak vakum residu dari Pertamina dapat memberi peluang pasar baru bagi residu tersebut dan juga diperkirakan dapat meningkatkan jumlah minyak batubara yang dihasilkan (meningkatkan yield minyak atau distilat).

Penggunaan minyak vakum residu di dalam proses pencairan batubara muda, yang disebut *co-processing*, dapat mengurangi pemakaian *recycle solvent* (pelarut daur ulang) yang mempunyai sifat sebagai hidrogen donor (*Badger et al., 1996*). Ini dapat mengurangi biaya produksi minyak batubara, karena *pilot plant* di Australia (kapasitas 50 ton/hari) menunjukkan bahwa biaya terbesar ada di instalasi dan operasi unit *recycle solvent*.

Jadi minyak vakum residu tersebut diharapkan dapat berperan sebagai hidrogen donor yang reaktif sebab kandungan hidrogennya cukup tinggi. Keuntungan lain dari pemanfaatan minyak

vakum residu ini adalah dapat mengatasi permasalahan pengolahan residu minyak berat di kilang minyak Pertamina, yang mana residu tersebut tidak dapat diolah menjadi fraksi-fraksi minyak seperti minyak disel, minyak tanah dan gasolin. Ditambahkan pula, *co-processing* dapat menghemat penggunaan batubara muda serta sangat diperlukan untuk start-up pabrik pencairan batubara muda, jika diinginkan untuk menggunakan umpan 100% batubara muda. Jika proses *co-processing* digabung dengan proses pengilangan minyak Pertamina, sangat memungkinkan dapat memangkas biaya pabrik pencairan batubara muda, sehingga harga minyak sintetis dan fraksi minyak dapat dipasarkan dengan harga yang relatif murah.

1.2. Permasalahan

Minyak vakum residu sampai saat ini masih belum diteliti secara teknis reaktifitasnya jika dipergunakan sebagai pengganti pelarut donor yang lain di dalam proses pencairan batubara muda. Informasi minimal untuk pelaksanaan riset ke depan belum pernah dilakukan.

Minyak vakum residu yang dikeluarkan sebagai produk bawah kolom distilasi atmosferik mengandung banyak logam berat seperti nikel (Ni), vanadium (V), besi (Fe) dan sedikit tembaga (Cu) (Yan, Y.T., 1983). Sedangkan sampai saat ini, teknologi yang diperlukan untuk mengolah minyak vakum residu tersebut masih kurang ekonomis dari segi operasi proses dan pengurangan logam beratnya (Okui, E., 2000). Adapun jumlah cadangan minyak vakum residu di Indonesia akan cenderung meningkat, mengingat Indonesia masih akan terus mengoperasikan kilang minyaknya.

Selain permasalahan di atas, kondisi yang sama juga ditemukan pada abu batubara. Abu yang dihasilkan oleh proses pemanfaatan batubara umumnya mengandung senyawa seperti inorganic, organic dan mineral. Jika digunakan batubara dengan kandungan abu yang tinggi jelas akan menimbulkan masalah. Komponen di dalam abu yang paling sulit dikontrol adalah mineral. Akan tetapi, dalam studi pencairan batubara ini digunakan batubara lignit yang dikenal mempunyai kandungan mineral yang relatif rendah. Namun demikian, hasil minyak yang diperoleh dari proses pencairan batubara dengan menggunakan *process solvent* masih kurang tinggi, sebaliknya banyak dihasilkan gas emisi CO₂, hidrokarbon, air, dengan konsumsi gas hidrogen dalam jumlah besar.

Di dalam studi ini, diusulkan untuk memanfaatkan kedua bahan baku tersebut secara bersama-sama sebagai bahan baku

proses pencairan batubara sehingga ada peningkatan nilai tambah. Di samping itu, diharapkan pemanfaatan tersebut dapat memberikan kontribusi besar bagi penyediaan minyak mentah di Indonesia.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui reaktifitas penggunaan pelarut minyak vakum residu pada proses pencairan batubara Banko Selatan.
2. Membandingkan reaktifitas minyak vakum residu tersebut dengan reaktifitas *process solvent* yang diperoleh dari hasil pengujian pencairan batubara Banko Selatan di BSU.

2. BAHAN DAN METODOLOGI RISET

2.1. Bahan Baku

Batubara lignit yang dipergunakan berasal dari daerah Banko Selatan (BS), Tanjung Enim-Sumatra Selatan. Sedangkan minyak berat vakum residu diperoleh dari Pertamina Plaju, Palembang-Sumatra Selatan. Untuk katalisnya dipakai bahan galian limonit dari Soroako, Sulawesi Selatan.

2.1.1. Batubara Lignit

Batubara BS yang diterima dari penambangan disimpan di dalam kaleng besar atau drum (jika jumlahnya besar). Beberapa gram sampel diambil dan digerus menggunakan ball mil dan disaring menggunakan sieve. Penggerusan dilakukan sampai mendapatkan ukuran batubara lolos sieve ukuran 60 mesh atau 250µm. Setelah itu, batubara dikeringkan di dalam oven dan disimpan di dalam desicator. Setelah itu, batubara sudah siap untuk dipergunakan.

Analisa elemen/ultimat dan proksimat dilakukan secara terpisah di laboratorium analisa LSDE. Setiap akan melakukan eksperimen, kandungan air batubara harus selalu dikeringkan dan diukur. Jadi kandungan air batubara yang diumpankan dapat diketahui. Analisa ultimat batubara Banko Selatan (BS) dapat dibaca pada tabel 1.

Tabel 1. Analisa Ultimat Batubara BS

	Air %b	Abu %bk	% bkta				
			C	H	S	N	O
BS	12	4,7	72	5,4	1,1	1,3	21

%bkta : % berat kering tanpa abu

%bk : % berat basis kering.

2.2.2. Minyak Vakum Residu

Pelarut MVR yang diterima dari Pertamina Plaju masih disimpan di dalam drum dan tidak memerlukan perlakuan khusus. Spesifikasi pelarut MVR mempunyai rentang titik didih (*TBP*) >+520°C dan *pour point* sekitar 58°C. Pelarut MVR tidak perlu digerus karena sifatnya yang sangat lengket dan padat (*very viscous*), sehingga hanya dihancurkan menjadi berukuran kecil (pengaruh ukuran diameter pelarut MVR terhadap unjuk kerja reaksi pencairan tidak signifikan, karena pada suhu di atas *pour point* MVR sudah mencair). Sisa pelarut yang tidak dihancurkan disimpan kembali ke dalam drum.

Analisa ultimat minyak vakum residu (MVR) adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Analisa Ultimat Minyak Vakum Residu (MVR)

	Air	Abu	% bkta				
	%b	%bk	C	H	S	N	O
MVR	-	0.04	87	9,8	0,3	0,6	2,2

%bkta : % berat kering tanpa abu

%bk : % berat basis kering

Adapun sebelum dipergunakan dalam reaksi pencairan, MVR harus didistilasi terlebih dulu untuk mengetahui komposisi fraksi distilat atau komposisi komponen organik di dalam MVR. Fraksi distilat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. LO (*Light Oil*) titik didih (t.d) C₅~180°C
2. RS (*Recycle Solvent*) t.d antara 180-420°C
3. CLB (*Coal Liquid Bottom*) t.d >420°C

Metode distilasi yang dipergunakan adalah ASTM-D1160. Komposisi dari fraksi-fraksi hasil distilasi MVR ditulis pada tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Komposisi Fraksi Hasil Distilasi MVR (% Berat)

Fraksi dist.	H ₂ O	LO	RS	CLB
%berat	0,0	0,0	6,1	93,8

2.1.3. Gas Reaktan

Gas yang dipergunakan di dalam studi ini ada dua jenis. Gas untuk reaktan (dipergunakan untuk reaksi pencairan) adalah gas campuran hydrogen dan H₂S. Konsentrasi gas H₂S di dalam campuran sebesar 1% volume. Gas yang diperlukan untuk membersihkan ruangan udara di dalam *autoclave* dan menurunkan konsentrasi oksigen di dalam udara, agar konsentrasi

oksigen di dalam *autoclave* tidak menyebabkan ledakan jika kontak dengan gas hidrogen adalah gas nitrogen.

2.1.4. Penyiapan Katalis

Katalis yang dipergunakan di dalam studi ini dibuat dengan melarutkannya di dalam pelarut. Pelarutan tersebut dimaksudkan untuk membuat ukuran diameter katalis menjadi sangat kecil sampai sub mikron.

Pertama kali katalis dikeringkan dan diukur kadar airnya. Kemudian katalis dicampur dengan perbandingan 30% katalis dan 70% pelarut. Proses pelarutan dan penggerusan dilakukan di dalam alat yang namanya agitated mill. Proses berlangsung selama kurang lebih 4 jam agar ukuran katalis yang diperoleh mencapai di bawah 1 µm.

Katalis yang dipergunakan di dalam studi ini adalah limonit Yandi Yellow Adapun komposisi fraksi-fraksi hasil distilasi terhadap pelarut tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Komposisi Fraksi Hasil Distilasi (% Berat)

Fraksi dist.	H ₂ O	LO	RS	CLB
%berat	0,0	0,0	98,2	1,8

Pengukuran diameter katalis dilakukan dengan menggunakan *laser diffraction*. Diameter yang diperoleh sekitar 0,8µm. Kemudian kandungan logam seperti besi (Fe) di dalam katalis dianalisa dengan AAS (*Atomic Adsorbition Spectroscopy*).

2.2. Eksperimen dan Kondisi Reaksi

Pada studi ini, pengujian reaktifitas minyak vakum residu dilakukan di dalam *autoclave* berpengaduk 5 liter dengan tipe gas mengalir.

Sebanyak 300g batubara (setelah dikeringkan) dimasukkan ke dalam *autoclave* bersama-sama dengan pelarut MVR (rasio berat MVR/BS-bkta = 2:1), katalis larutan Yandi Yellow (1% dari berat batubara bkta, dengan basis konsentrasi Fe di dalam katalis) dan sulfur. Jumlah sulfur yang ditambahkan dihitung berdasarkan rasio molar sulfur terhadap total Fe (molar Fe dari katalis dan batubara) yaitu 1,2:1.

Adapun di dalam studi ini ada dua jenis pelarut yang dipergunakan yaitu *process solvent* dan minyak vakum residu (MVR). Pelarut *process solvent* diperoleh dari hasil distilasi unit kontinyu skala BSU (Bench Scale Unit, 100 kg/hari) dan mempunyai rentang titik didih 300-420°C. Pelarut ini dipergunakan untuk pencairan batubara referensi, yang menggunakan *process solvent* sebagai pelarut. Sedangkan pelarut MVR

dipakai sebagai alternatif pelarut untuk pencairan batubara. Hasil pencairan batubara BS dengan dua pelarut yang berbeda tersebut akan diperbandingkan untuk mengetahui reaktifitas pelarut MVR untuk proses pencairan batubara BS. Rasio pelarut terhadap batubara sama dengan 2 adalah rasio yang optimal untuk proses pencairan batubara Banko Selatan (BS) (Yusnitati dan Yuli Artanto, 2000).

Setelah semua umpan sudah dimasukkan ke dalam autoclave, dilakukan proses persiapan awal yang meliputi pengurangan konsentrasi udara di dalam autoclave dengan gas nitrogen dan pengetesan kebocoran dengan gas hydrogen pada tekanan tinggi (~200 kg/cm²G) selama semalam. Setelah langkah tersebut, dilakukan persiapan pemanasan yang meliputi pengalirakan air pendingin pengaduk (*agitator*), pemasangan sabuk pengaduk dan tachometer (alat ukur kecepatan pengaduk), pengaliran gas campuran (H₂+H₂S) secara bertahap sampai mencapai kecepatan gas 20 NL/menit dan tekanan 150 kg/cm². Sesudah itu, pemanasan autoclave dimulai. Pada saat suhu cairan mulai mencapai 450°C, pencatat waktu dijalankan dan suhu akan terjaga tetap secara otomatis selama 60 menit. dijaga agar dengan menekan tombol start pada kontrol panel. Setelah reaksi selesai, pengaduk jangan dimatikan tetapi tetap berputar. Kemudian aliran gas dihentikan dan semua kran aliran gas ditutup. Pada saat yang sama panel kontrol dimatikan, sehingga aliran listrik untuk pemanas juga ikut mati. Setelah itu, jaket autoclave dibuka (elemen pemanas ada di dalam jaket) dan blower udara segera dinyalakan ke badan autoclave.

2.2.1. Analisa Gas

Untuk sistem autoclave di dalam studi ini, pengambilan sampel gas dilakukan dilakukan pada saat pemanasan dan reaksi berlangsung pada suhu 200, 300, 350, 400, 450°C (pada menit ke-0), dan pada saat suhu reaksi di menit ke-10, 30 dan 60. Kemudian pengambilan sampel gas dilakukan lagi setelah fase pendinginan autoclave tercapai yaitu saat tekanan parsial gas turun bersamaan dengan menurunnya suhu hingga mencapai suhu kamar. Pengambilan sampel biasanya dilakukan pada variasi tekanan 60, 30, and 10 kg/cm²G. Semua gas yang diambil disimpan di dalam kantong plastik sampel (*sample bag*) secara terpisah.

Perlu diperhatikan bahwa aliran gas keluar autoclave harus dilewatkan gas meter agar volume gas di dalam autoclave dapat diukur.

Semua sampel gas tersebut di atas dianalisa dengan menggunakan kromatografi gas, GC-FID dan GC-TCD, dan dragger (tabung kecil yang

berisi katalis zeolit penyerap gas H₂S). GC-FID (*gas chromatography - Flame Ionized Detector*) dipergunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur jumlah gas hidrokarbon (C₁-C₄) di dalam sampel. Sedangkan GC-TCD (*gas chromatography - Thermal Conductivity Detector*) digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur jumlah gas CO, CO₂, H₂ dan CH₄ di dalam sampel. Kemudian gas H₂S diukur dengan menggunakan alat dragger.

2.2.2. Distilasi

Proses distilasi dilakukan untuk memfraksinasi produk minyak hasil pencairan batubara berdasarkan perbedaan titik didih. Metode distilasi dalam eksperimen ini menggunakan ASTM-D1160, dimana distilasi dilakukan pada kondisi vakum (tekanan 10 mmHg) dengan tujuan untuk menghindari terjadinya proses perengkahan produk minyak.

Di dalam distilasi di atas, pengambilan produk fraksi dilakukan pada tiga titik didih yang berbeda, yaitu temperatur kamar sampai 180°C yang dinamakan minyak ringan (*light oil*, LO), rentang titik didih 180-420°C yang dinamakan minyak daur ulang (*recycle solvent*, RS) dan rentang titik didih di atas 420°C yang disebut residu (*coal liquid bottom*, CLB).

2.2.3. Ekstraksi Pelarut

Ekstraksi pelarut dilakukan terhadap sampel CLB untuk mengetahui fraksi-fraksi minyak, asfalten, pre-asfalten dan residu. Fraksi residu tersebut mengandung komponen organik dan inorganik. Komponen organik terdiri dari komponen organik MVR dan/atau batubara yang tidak mengalami reaksi. Sedangkan komponen inorganik mengandung abu MVR, abu batubara dan abu katalis.

Pada pengujian ini, CLB yang diperoleh dari distilasi digerus hingga lolos ayakan 60 mesh. Kemudian diambil sampel seberat ~1 gram yang digunakan untuk ekstraksi pelarut. Pelarut yang dipakai terdiri dari THF (*Tetra Hydro Furan*), n-Heksan dan toluen. Ekstraksi pelarut dilakukan secara serentak menggunakan ketiga pelarut di atas terhadap masing-masing sampel. Sehingga akan diperoleh berat atau %n-Heksan *insoluble* (%HI), %THF *insoluble* (%THFI) dan %toluen *insoluble* (%TI). Pada kesempatan lain, sejumlah sampel CLB diperlukan untuk analisa kandungan abu. Setelah kandungan abu diketahui, maka %THFI organik adalah sama dengan %THFI - %abu.

Dari hasil analisa ekstraksi di atas, %minyak adalah %HS, %asfalten adalah %HI, %pre-asfalten adalah %TI dan %residu bebas inorganik sama dengan %THFI organik.

Di dalam terminologi analisa atau distribusi produk pada ekstraksi pelarut dikenal bahwa %HS, %HI dan %TI merupakan komponen-komponen yang dapat berubah menjadi distilat, jika proses dilakukan secara kontinyu dengan menggunakan *recycle* pelarut dan/atau CLB. Jadi konversi reaksi pencairan dapat didefinisikan sama dengan 100% - %THFI organik (dengan basis THFI organik).

2.2.4. Analisis Perhitungan

Mengingat pada reaksi pencairan batubara dan minyak berat vakum sangat sulit untuk menentukan mana yang berperan sebagai reaktan, maka jumlah hasil minyak atau distilat ditentukan dengan basis b-bkta+MVR-bkta (batubara-berat kering tanpa abu+MVR-berat kering tanpa abu).

Hasil distribusi produk seperti LO, RS (distilat) dan CLB dinyatakan berbeda satu dengan yang lainnya jika perbedaannya di atas 2% b-bkta+MVR-bkta. Untuk gas CO+CO₂ jika perbedaannya di atas 0,3% b-bkta+MVR-bkta dapat dikatakan signifikan. Sedangkan untuk H₂O dan gas hidrokarbon, perbedaan yang signifikan bila di atas 0,5% dan 2% b-bkta+MVR-bkta. Konsumsi hidrogen dinyatakan berbeda secara signifikan satu terhadap yang lainnya jika perbedaannya lebih besar dari 0,2% b-bkta+MVR-bkta.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perbandingan Yield Distilat Dan CLB

Distilat dan CLB dari kedua proses pencairan yang menggunakan dua *solvent* (pelarut) yang berbeda diperoleh dengan cara/metode yang sama akan dibandingkan berdasarkan jumlah hasil yang diperoleh, meskipun dengan basis yang berbeda.

Hasil di dalam tabel 5 menunjukkan bahwa secara signifikan jumlah hasil distilat pencairan BS+ps (pencairan referensi) lebih rendah dibandingkan dengan yang diperoleh dari pencairan BS+MVR. Akan tetapi, jumlah hasil CLB dari pencairan referensi lebih tinggi sekitar 11% dibandingkan dengan yang didapat dari reaksi BS+MVR.

Penemuan di atas membuktikan adanya efek sinergi antara fragmen molekul MVR dan fragmen molekul batubara yang memacu terbentuknya hasil minyak/distilat selama reaksi.

Radikal bebas dari batubara (yang berasal dari fragmen batubara) telah mendorong terputusnya atau melemahkan ikatan struktur ikatan di dalam MVR sehingga proses pemutusan ikatan secara panas dan katalitik terjadi begitu cepat dan pada saat yang

bersamaan reaksi balik/repolimerisasi ragmen batubara menjadi terhambat (hal ini terjadi karena fraksi-fraksi komponen dari MVR sebagian besar merupakan komponen senyawa alifatik rantai panjang yang stabil dan mempunyai kualitas donor hidrogen yang baik, sehingga komponen tersebut dapat mencegah struktur fragmen batubara untuk bergabung lagi membentuk molekul yang besar). Konsekuensi dari mekanisme tersebut adalah semakin kecilnya yield CLB, karena sebagian besar komponen organik MVR dan batubara lignit berubah menjadi distilat atau minyak dan sedikit sekali menjadi produk samping atau limbah yang biasanya terbentuk di dalam CLB.

Tabel 5. Perbandingan Yield Distilat dan CLB

Reaksi	Distilat	CLB
BS+ps*	36,23	37,33
BS+MVR [#]	63,27	26,54

BS+ps : pencairan lignit referensi menggunakan *process solvent* (ps).

BS+MVR : pencairan lignit memakai MVR.

* Yield % berat basis b-bkta,

[#] Yield % berat basis b-bkta+MVR-bkta

Keuntungan yang diperoleh dari menggunakan pelarut MVR adalah mengurangi problematika lingkungan untuk membuang limbah menjadi berkurang. Kondisi seperti inilah yang diperkirakan dapat menjadikan proses pencairan batubara lignit menggunakan MVR sangat berpotensi dikembangkan. Disamping itu, CLB yang relatif rendah dapat mengurangi luas area penampungan limbah padat, sehingga hambatan-hambatan pencemaran lingkungan.

CLB yang dihasilkan dari proses pencairan batubara dan MVR relatif mengandung sisa katalis, abu batubara, batubara sisa reaksi dan logam berat (Yan, Y.T., 1983) seperti Ni, V dan Fe. Derajat pemisahan logam berat tersebut sangat tinggi, sehingga logam berat ditemukan dalam jumlah sedikit sekali (<2ppm) di dalam produk distilat (Private communication). Adapun mekanisme pemisahan logam berat tersebut dikarenakan oleh dua tahapan yaitu:

1. Katalis besi Yandi Yellow membantu memutuskan ikatan struktur logam di dalam MVR sehingga radikal logam berat menjadi bebas
2. Senyawa radikal bebas logam berat tersebut akan menempel dan cenderung mengikat dengan struktur induk (macromolecular structure) batubara yang tidak bereaksi, sehingga akhirnya akan menempel pada fraksi CLB.

3.2. Perbandingan Konsumsi Gas Hidrogen (ΔH_2)

Mengkaji tingkat konsumsi gas hidrogen sangat penting mengingat biaya pengadaan gas hidrogen (biaya untuk memproduksi gas hidrogen) sangat berpengaruh besar terhadap biaya konstruksi pabrik pencairan batubara. Gas hidrogen di dalam reaksi pencairan batubara diperlukan untuk membantu memecah struktur ikatan di dalam batubara menjadi fraksi-fraksi yang mempunyai berat molekul lebih kecil dan mempunyai rasio atom H/C mendekati minyak (>1.2) serta mempunyai sifat fisis mendekati minyak mentah. Konsumsi gas hidrogen tersebut dapat berkurang jika reaksi pencairan menggunakan pelarut donor yang kuat.

Dari hasil percobaan diperoleh bahwa reaksi pencairan BS+MVR mengkonsumsi gas hidrogen (3,7%) relatif lebih sedikit dibandingkan dengan reaksi pencairan referensi (5,5%). Hasil ini menunjukkan bahwa pelarut MVR dapat berperan sebagai pelarut donor yang lebih kuat dibandingkan pelarut *process solvent*. Hasil ini juga mengkonfirmasi penjelasan pada sub bab di atas.

3.3. Perbandingan Yield Gas Hidrokarbon ($C_1 \sim C_4$) dan Gas $CO+CO_2$

Gas hidrokarbon ($C_1 \sim C_4$) dan gas $CO+CO_2$ adalah merupakan komponen gas yang selalu dihasilkan dari reaksi pencairan batubara. Besar atau kecilnya jumlah gas hidrokarbon yang diproduksi dari reaksi pencairan batubara akan mempengaruhi terhadap besar dan kecilnya dimensi dari peralatan reaktor dan separator gas-cairan dan pada akhirnya akan berpengaruh terhadap *cost* atau biaya konstruksi pabrik secara keseluruhan. Disamping itu, emisi gas $CO+CO_2$ juga berperan langsung terhadap kualitas udara akibat aktifitas proses pencairan batubara.

Tabel 6. Perbandingan Yield Gas Hidrokarbon dan Gas $CO+CO_2$

Reaksi	$C_1 \sim C_4$	$CO+CO_2$
BS+ps*	13,01	7,29
BS+MVR [#]	5,61	3,93

BS+ps : pencairan lignit referensi menggunakan *process solvent* (ps).

BS+MVR : pencairan lignit memakai MVR.

*Yield % berat basis b-bkta,

[#] Yield % berat basis b-bkta+MVR-bkta

Tabel 6 menunjukkan bahwa pencairan batubara referensi menghasilkan lebih banyak gas hidrokarbon dan gas $CO+CO_2$ dibandingkan

dengan proses pencairan batubara menggunakan MVR. Emisi gas hidrokarbon dari proses BS+MVR dikarenakan gugus alkil di dalam fase reaksi saling berikatan kuat dan berinteraksi terhadap pemutusan dan penstabilan fragmen radikal bebas batubara agar tidak terkondensasi. Disamping itu, jenis pelarut yang mempunyai rentang titik didih sangat tinggi (MVR mempunyai titik didih > 450°C) sangat sesuai untuk mengurangi emisi gas hidrokarbon.

Emisi gas $CO+CO_2$ yang dihasilkan dari reaksi BS+MVR juga relatif lebih rendah dibandingkan dengan emisi gas yang sama dari proses pencairan referensi. Hal ini disebabkan oleh kandungan oksigen MVR yang relatif kecil dibandingkan dengan pelarut *process solvent*, dan kemungkinan emisi gas $CO+CO_2$ yang terjadi berasal dari batubara. Kemungkinan lain adalah adanya interaksi intramolekuler antara fragmen-fragmen molekul MVR dan batubara sehingga mampu mengikat gugus karboksilat yang merupakan unsur utama pembentuk gas CO_2 dan masih terikat di dalam produk atau fraksi minyak. Untuk membuktikan apakah kandungan oksigen bahan baku mempunyai korelasi terhadap hasil emisi gas $CO+CO_2$, maka dilakukan pengujian hidrogenasi pelarut MVR tanpa batubara pada kondisi pencairan batubara.

3.4. Hasil Hidrogenasi Pelarut MVR dengan Kondisi Pencairan Batubara

Hasil hidrogenasi pelarut MVR pada kondisi pencairan batubara telah ditulis di dalam tabel 7 di bawah ini. Hidrogenasi pelarut MVR tersebut ternyata dapat meningkatkan kualitas pelarut tersebut, dimana hasil reaksi menunjukkan bahwa sebagian besar produknya adalah minyak dengan viskositas lebih rendah dibandingkan dengan kondisi sebelum hidrogenasi.

Tabel 7. Hasil Hidrogenasi Pelarut MVR dengan Kondisi Pencairan Batubara

ΔH_2	CLB	Distil at	$CO+C O_2$	$C_1 \sim C_4$	$H_2 O$
2,34	27,63	69,54	0,01	4,93	0,09

Hasil percobaan menunjukkan bahwa hidrogenasi pelarut MVR memerlukan konsumsi gas hidrogen lebih sedikit dibanding kedua reaksi pencairan (BS+MVR dan BS+ps). Hal ini memungkinkan karena struktur ikatan pelarut MVR lebih mudah dipecah-pecah menjadi fraksi minyak dan kebutuhan untuk reaksi pencairan batubara lebih besar karena hidrogen diperlukan juga untuk memecah batubara, yang mempunyai struktur ikatan lebih kuat dan rumit dibandingkan dengan pelarut MVR.

Emisi gas CO+CO₂ di dalam eksperimen ini membuktikan bahwa kandungan oksigen mempunyai korelasi terhadap jumlah (yield) gas CO+CO₂. Seperti diketahui konsentrasi oksigen di dalam MVR sangat rendah (Tabel 2). Hal serupa juga berlaku dengan hasil yield gas hidrokarbon yang rendah dan produksi air (H₂O) yang kecil.

Hal yang menarik adalah yield distilat hidrogenasi MVR lebih besar dibandingkan reaksi pencairan batubara sebesar 6% (dibandingkan BS+MVR) dan 39% (dibandingkan BS+ps) meskipun mengkonsumsi gas hidrogen relatif sedikit. Kemungkinan yang terjadi adalah struktur ikatan yang relatif labil atau lemah di dalam pelarut MVR. Hasil yang lain menunjukkan bahwa yield CLB hidrogenasi MVR lebih besar dibandingkan dengan yield CLB dari pencairan BS+MVR. Hasil ini menunjukkan adanya suatu sinergistas antara batubara dan MVR selama reaksi pencairan batubara, sehingga produk padatan (residu) yang terbentuk relatif sedikit.

4. KESIMPULAN

Evaluasi terhadap reaktifitas minyak vakum residu (MVR) sebagai bahan pelarut reaksi pencairan batubara menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan reaksi pencairan referensi yang mempergunakan pelarut *process solvent*, yang diperoleh dari minyak hasil pencairan batubara di unit kontinyu BSU.

Tingginya jumlah hasil distilat, rendahnya jumlah CLB dan gas (hidrokarbon dan CO+CO₂) mengindikasikan adanya sinergistas antara pelarut MVR dengan batubara selama reaksi pencairan batubara. Hidrogenasi terhadap pelarut MVR secara individu (tanpa batubara) membuktikan adanya sinergistas tersebut. Disamping itu, juga diperoleh informasi tentang adanya korelasi antara kandungan oksigen umpan terhadap besarnya jumlah gas hidrokarbon dan gas CO+CO₂.

Keuntungan dengan memanfaatkan MVR sebagai pelarut alternatif adalah proses pencairan batubara menjadi mengkonsumsi gas hidrogen relatif sedikit dibandingkan dengan sistem proses pencairan batubara referensi .

DAFTAR PUSTAKA

Okui, E., "Development of Hydro-cracking Process of Extra Heavy Oils", Training and Education of Coal Liquefaction Technology, Takasago, 7 February – 11 March, 2000.

Private communication with Mr. Okui from TCLC (Takasago Coal Liquefaction Centre) of Japan.

Yusnitati, "Aspek Pencemaran Lingkungan Dari Pabrik Pencairan Batubara", Jurnal Teknologi Lingkungan, Direktorat Teknologi Lingkungan-BPPT, Vol.1, No.1, 2000, 63-72.

Yan, Y.T. "Demetalization of Heavy Hydrocarbon Oils", US Patent 4,379,747, April 12, 1983.

Yusnitati dan Artanto, Y., " Studi Pemanfaatan Minyak Berat Vakum Sebagai Pelarut Pada Pengoperasian Awal Pabrik Pencairan Batubara: Investigasi Pengaruh Rasio Minyak Berat Vakum Terhadap Batubara Dalam Pencairan Batubara Banko Selatan", Publikasi Ilmiah Pengelolaan dan Pemanfaatan Energi dalam Mendukung Pembangunan Nasional Berkelanjutan, Direktorat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, 2000, 46