

# PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU REAKSI PADA KONVERSI KATALITIK RESIDU MINYAK BUMI

Hartiniati

Pusat Pengembangan Teknologi Sumberdaya Energi  
BPPT Gedung II Lt. 22 Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta 10340

## Abstract

*A hydroconversion catalytic process of Indonesian petroleum residue from Plaju (UP IV) refinery plant was investigated. A series of liquefaction tests using a 1 liter stirred batch autoclave reactor under reference condition e.i.: initial hydrogen pressure of 12 MPa and 2.0 of atomic ratio of sulfur to iron were conducted. The influence of the temperature of 430,450,470°C and the reaction time of 30,60,90 minute was used and compare the yield structure of each run. It was found that the oil yield and gases CO, CO<sub>2</sub> and hydrocarbon yield increased significantly by the increasing of the temperature reaction and holding time. While, the liquid bottom yield had a tendency to decrease which reversely to the oil yield. It also appeared that hydrogen consumption would tend to increase with increasing oil yield, leading to the more efficiently use of gaseous hydrogen. As a result, the hydroconversion catalytic process could be applied to upgrade petroleum residue which indicated by increasing oil yield in mild condition.*

**Kata Kunci:** hidrokonversi katalitik, residu minyak bumi

## 1. PENDAHULUAN

Krisis bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia saat ini dapat diprediksi dengan tiga data, yakni: (1) Produksi minyak Indonesia yang terus menurun setelah mencapai puncaknya pada tahun 1980-an; dari hampir 1.6 juta barel/hari, saat ini hanya 1.2 juta barel/hari (2) Pertumbuhan konsumsi energi dalam negeri yang mencapai 10% per tahun, dan (3) Kecenderungan harga minyak dunia yang terus meningkat setelah krisis moneter yang melanda Asia pada tahun 1998<sup>[1]</sup>. Oleh karena itu untuk menghindari krisis energi minyak dimasa mendatang, maka upaya pemenuhan kebutuhan energi harus difokuskan pada pencarian dan pemanfaatan terhadap sumber energi minyak alternatif yang efisien, ekonomis dan ramah lingkungan. Sehingga, dapat mengurangi peran minyak bumi pada sektor energi dengan menciptakan teknologi yang bersih dan upaya proteksi terhadap lingkungan global.

Langkah nyata yang dapat ditempuh antara lain dengan meningkatkan kembali kualitas (*up-grading*) residu dari fraksinasi minyak bumi. Secara umum, tujuan dari proses *up-grading* residu minyak bumi adalah untuk mengkonversikan hidrokarbon dengan berat molekul besar menjadi berat molekul kecil, yaitu minyak sintesis (*synthetic crude oil*) dengan titik didih di bawah 525°C. Konversi ini membutuhkan pemutusan ikatan karbon-karbon dan karbon-

sulfur, menaikkan rasio atom H/C produk, sehingga cocok untuk bahan bakar transportasi seperti minyak solar maupun bensin dan menghilangkan *heteroatom* seperti oksigen dan nitrogen serta sulfur dalam produk yang dihasilkan<sup>[3]</sup>.

Residu minyak bumi merupakan produk samping kilang minyak yang murah dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Pada kilang minyak, minyak mentah diumpankan ke dalam kolom distilasi atmosferik, sehingga menghasilkan beberapa fraksi minyak bumi dengan rentang titik didih yang berbeda. Fraksi ringan dimanfaatkan untuk bahan bakar, sementara aliran bottom yang berupa residu, biasanya dijual dengan harga yang sangat murah. Adapun komposisi dari residu dipengaruhi oleh jenis minyaknya dan jenis proses pemurnian (*refinery*) yang digunakan. Jumlah residu yang dihasilkan dari tiap minyak mentah akan berbeda, begitu juga dengan sifat residu yang dihasilkan. Berdasarkan strukturnya, secara umum senyawa hidrokarbon dalam minyak bumi terbagi atas empat kategori utama, yaitu parafinik, naphtenik, aromatik dan olefin. Ikatan parafin dominan terdapat dalam *gasoline* dan *kerosene (mixed-base petroleum)* dan ikatan naftenik dominan terdapat dalam *gas oil* dan *lubricating oil*. Sementara residu sendiri

mengandung komponen naftenik, aromatik, dan hidrokarbon tak jenuh.

Ada beberapa macam teknologi dasar yang dapat digunakan untuk *up-grading* residu sehingga dihasilkan minyak dengan kualitas yang lebih baik, yaitu termal konversi, katalitik konversi dan hidrokonversi<sup>[2]</sup>.

Termal konversi atau *Coking* merupakan pemecahan molekul-molekul hidrokarbon berat dan panjang dengan menggunakan panas. Hal ini biasanya disebut perengkahan (*cracking*) karena molekul besar hidrokarbon dapat direngkah atau dipecah menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. *Coking* adalah sebuah proses pemecahan intensif secara termal. Proses coking ini digunakan dalam *up-grading* residu menjadi senyawa-senyawa yang lebih ringan seperti *refineable hydrocarbon* (naptha, kerosen dan minyak diesel) dan konsentrat karbon yang disebut kokas. Kokas merupakan *by product* (hasil samping) dari proses *coking*.

Konversi katalitik (*catalytic conversion*) merupakan cara lain untuk memecah molekul-molekul hidrokarbon berat (residu) menjadi hidrokarbon lebih kecil atau sulingan (*distillate*). Karena prosesnya berlangsung pada temperatur tinggi, *catalytic conversion* benar-benar merupakan bentuk konversi tertinggi secara termal. Pada beberapa proses, hidrogen bertekanan tinggi ditambahkan dalam proses *catalytic cracking*. Proses demikian dinamakan *hydroprocessing*. *Catalytic conversion* lebih mahal dibanding dengan *thermal conversion*, tetapi lebih baik dalam meng-*upgrade* produk penyulingan biasa.

Sedangkan pemilihan proses konversi hidro terkait erat dengan tujuan untuk memaksimalkan produk sulingan dan meminimasi produk samping khususnya kokas. Dalam proses ini, reaksi yang terjadi lebih kompleks dibandingkan proses termal dan/atau proses katalitik. Reaksi dari fraksi residu petroleum melibatkan sejumlah reaksi simultan antara senyawa yang berbeda. Sanford (1993)<sup>[4]</sup>, mengusulkan tahapan reaksi adalah sebagai berikut: (1) Perengkahan termal dari masing-masing grup dan rantai samping, meninggalkan inti naptetik-aromatis. Perengkahan dari fase awal ini dapat mencapai konversi residu 55-65% (2) Dengan adanya hidrogen, hidrogenolisis secara gradual akan mendegradasi grup aromatis menjadi produk distilat dan gas. Katalis akan meningkatkan reaksi hidrogenolisis dengan menghasilkan hidrogen radikal (3) Dalam kondisi inert, reaksi kondensasi akan mendominasi, dan produk utama yang terjadi adalah padatan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses hidrokonversi katalitik residu adalah kondisi

operasi (temperatur, tekanan dan waktu reaksi), karakteristik bahan baku atau umpan (kandungan karbon, hidrogen dan heteroatom) dan katalis (jenis, luas permukaan dan jumlah katalis yang digunakan).

Penelitian ini difokuskan untuk mengkaji pengaruh temperatur dan waktu reaksi terhadap distribusi produk *up-grading* residu (distilat, gas hidrokarbon, dan liquid bottom) serta konsumsi gas H<sub>2</sub> melalui hidrokonversi katalitik menggunakan fasilitas *lab-scale* reaktor kapasitas 1 liter tipe *batch* di Laboratorium Pencairan Batubara, P3TKKE-BPPT, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Residu Minyak Bumi

Residu yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *short residue* yang diperoleh dari Unit Pengolahan Pertamina UP III, Plaju, Palembang.

Pada kilang pengolahan Pertamina, *short residue* merupakan salah satu produk bawah (*bottom product*) dari kolom distilasi vakum dengan titik didih di atas 540°C yang tidak dapat diolah lagi dan biasanya dijual sebagai LSWR (*Low Sulphur Waxy Residue*).

Hasil analisis proksimat dan ultimat serta spesifikasi residu tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Diagram alir produk residu tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Proksimat dan Ultimat *Short Residue*

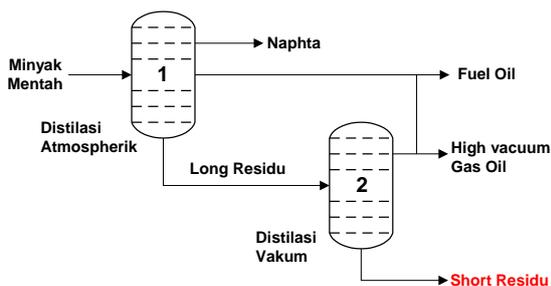
Parameter	Nilai
<b>Proksimat dan Ultimat</b>	
(% as receive)	
Moiture	0.21
Abu	0.06
Karbon	86.41
Hidrogen	11.28
Nitrogen	0.09
Total Sulfur	0.08
Oksigen	1.87
<b>Fraksi Distilat (% berat)</b>	
H <sub>2</sub> O	0.21
LO(C5-180°C)	< 0.1
MO(180-300°C)	15.67
HO HO (300-420°C)	17.46
Bottom(+ 420°C)	66.66

Hasil analisis Lab. Karakteristik, B2TE, PUSPIPTEK, Serpong

Tabel 2. Spesifikasi dari *Short residu*

Titik didih (°C)	540
<i>Specific Gravity</i> °C	0.9525-0.9854
<i>API gravity</i>	17.1-12.1
Sulfur, %wt	0.250
<i>Redwood Viscosity</i>	696-951

Hasil analisis Lab. Pertamina, PuloGadung



Gambar 1. Diagram alir produk residu

## 2.2. Katalis

Katalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah katalis Limonit Soroako, Sulawesi Selatan Adapun komposisi unsur dan hasil analisis fraksi distilasi dari katalis tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Komposisi unsur pada katalis Limonit

% berat basis kering								
Fe	Al	Si	Ni	Cr	Co	Mg	Na	Ca
46,97	3,35	2,64	1,29	0,81	0,09	0,08	0,04	0

Hasil analisis Lab. Kobelco Kaken, Jepang

Tabel 4. Fraksi Distilasi katalis Limonit

Rasio Slurry		Fraksi (% berat)			
% Padat	% Cair	L O	M O	H O	H <sub>2</sub> O
25,58	74,42	0,52	28,60	70,00	0,88

Hasil analisis Lab. Penc. Batubara, P3TKKE-BPPT

Katalis ini dipilih karena telah menunjukkan performansi terbaik dibandingkan jenis katalis besi yang lain (berdasarkan hasil penelitian sebelumnya di Lab. Pencairan Batubara P3TKKE)<sup>[5]</sup>. Sebelum digunakan katalis tersebut terlebih dahulu dipreparasi dalam bentuk bubur (slurry). Pada tahap preparasi ini katalis dikeringkan pada suhu 105°C selama 3 jam (sampai berat konstan). Setelah kering, katalis tersebut dicampur dengan pelarut *heavy oil solvent* (300-420 °C) dengan perbandingan tertentu untuk kemudian digiling dalam *tower mill* dengan bantuan *zirconia ball*, selama 4 jam dengan perputaran 1000 rpm, sehingga akan didapat katalis dengan ukuran sekitar 0.5 – 0.8 :m berbentuk suspensi koloidal. Variasi ukuran diameter partikel di bawah sub micron (< 1 :m) tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap yield produk pencairan batubara muda.

## 2.3. Promotor Katalis

Sulfur serbuk (98%) digunakan sebagai promotor katalis. Penambahan sulfur dalam reaksi perengkahan *short residue* berfungsi untuk membentuk fase aktif dari katalis dalam bentuk kristal pyrrhotite (Fe<sub>1-x</sub>S).

## 2.4. Gas Reaktan

Gas yang dipergunakan untuk reaksi pencairan adalah gas hidrogen dan gas nitrogen. Gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dipakai sebagai gas reaktan untuk reaksi. Gas nitrogen (N<sub>2</sub>) 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.

## 2.5. Metode Pengujian

Secara garis besar metode pengujian dibagi menjadi tiga tahapan utama yaitu reaksi perengkahan *short residue* dalam autoclave 1 liter, distilasi vakum produk cair dan analisa produk gas dengan gas khromatographi. Kondisi reaksi pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

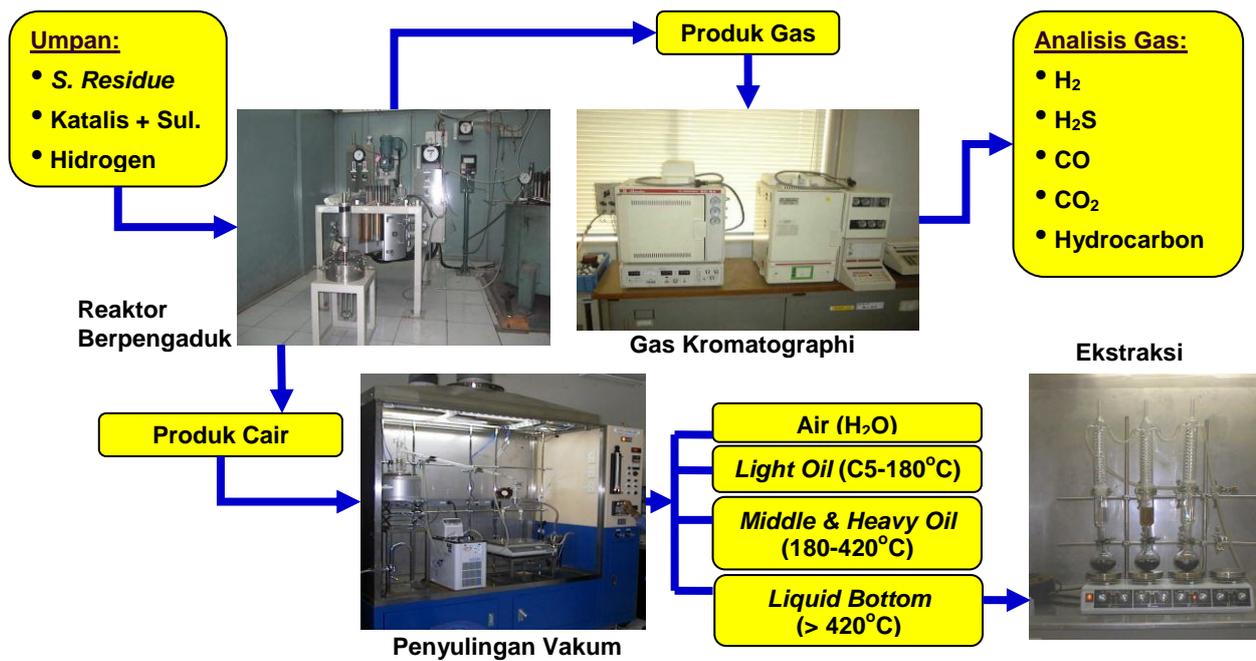
Tabel 5. Kondisi reaksi pengujian

Parameter	Nilai
Sulfur/Fe [rasio atom]	2
Katalis [wt% on daf as Fe]	1
Jumlah H <sub>2</sub> [wt% on daf]	Diatas 10%
Tekanan awal H <sub>2</sub> [MPa]	12
Temperatur Reaksi [°C]	430,450,470
Waktu Reaksi [menit]	30,60,90

Reaktor autoclave kapasitas 1 liter tipe *batch* yang dilengkapi pemanas (*electric furnace window type*) dengan kecepatan pemanasan 284 °C/jam dan pengaduk (*inductive agitator*) dengan kecepatan pengadukan 1000 rpm.

Setelah reaksi, produk cairan dipisahkan menggunakan metode distilasi vakum untuk mendapatkan fraksi H<sub>2</sub>O, fraksi minyak dengan titik didih C<sub>5</sub> – 420°C dan fraksi *liquid bottom* (LB) dengan titik didih di atas 420°C. Sedangkan, produk gas diambil pada tiga kondisi tekanan autoclave yang mewakili yaitu 5, 3 dan 1 MPa. Analisis dilakukan untuk masing-masing kondisi tersebut menggunakan gas khromatographi.

Konsentrasi gas H<sub>2</sub>, CO dan CO<sub>2</sub> dianalisa menggunakan Shimadzu GC-8A, *Thermal Conductivity Detector* dengan kolom *dioctyl phtalete* 4mx3Ø, temperatur 100 °C dan argon sebagai gas *carrier*. Konsentrasi gas hidrokarbon (C<sub>1</sub> - C<sub>4</sub>) dianalisa menggunakan Yanaco GC-2800, *Flame Ionization Detector* dengan kolom *porapak-Q* 2mx3Ø, temperatur 140 °C dan nitrogen sebagai gas *carrier*. Sedangkan, konsentrasi gas H<sub>2</sub>S diperoleh menggunakan *tube gas analyzer*, Gastec Dragger. Semua *yield* ditentukan dalam basis berat kering bebas abu dari umpan *short residue*. Skema metode pengujian, peralatan dan analisis ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Skema metode pengujian, peralatan dan analisis

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengaruh Temperatur Terhadap Distribusi Produk

Pola hasil perhitungan distribusi produk dan konsumsi gas hidrogen pada berbagai temperatur reaksi ditunjukkan pada Tabel 6. Proses hidrokonversi katalitik *short residue* yang dilakukan menghasilkan produk distilat (LO, MO, dan HO), produk gas hidrokarbon (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>), H<sub>2</sub>O dan *bottom*. Produk gas CO+CO<sub>2</sub> tidak terdeteksi menggunakan GC-FID. Hal ini diduga karena rendahnya kandungan oksigen *short residue* (1,87% berat DAF). Sedangkan pembentukan CO dan CO<sub>2</sub> sendiri sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen.

Tabel 6. Distribusi produk pada berbagai temperatur (P awal H<sub>2</sub> = 12 MPa, 2 = 60 menit)

Temp. Reaksi (deg.C)	430	450	470
<b>Umpan Bahan (gram)</b>			
Short Residue	107,06	107,09	101,58
Katalis	10,86	8,27	10,58
Sulfur serbuk	1,3	1,16	1,3
<b>Prod. (%berat DAF)</b>			
LO (Light Oil)	2,98	13,42	12,08
MO (Middle Oil)	28,05	43,87	51,51
HO (Heavy Oil)	17,51	25,73	20,33
Bottom	49,82	14,25	16,62
CO+CO <sub>2</sub>	t.d	t.d	t.d
Hidrokarbon (C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub> )	3,40	4,96	3,78
Konsumsi H <sub>2</sub>	1,99	2,23	3,1

Cat. t.d = tak terdeteksi

Perolehan gas hidrokarbon dari konversi *short residue* (CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> dan C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) mengalami peningkatan yang tidak signifikan dari

temperatur 430°C (3,40 %berat DAF) ke temperatur 450°C (4,69 %berat DAF). Sedangkan pada temperatur 470°C relatif mengalami penurunan, yaitu sebesar 3,78 %berat DAF.

Gas hidrokarbon merupakan hasil perengkahan termal dan hidrogenasi fraksi minyak ringan sehingga dengan temperatur yang lebih tinggi akan dihasilkan gas hidrokarbon yang lebih banyak. Terjadinya penurunan pada temperatur 470°C diduga disebabkan karena terjadi repolimerisasi senyawa gas hidrokarbon menjadi fraksi distilat.

Menurut Gray pembentukan gas sangat dipengaruhi oleh faktor waktu dan temperatur proses. Rantai C-C dari fraksi minyak ringan akan pecah pada temperatur tinggi (>420°C) menghasilkan radikal bebas yang selanjutnya bereaksi dengan gas hidrogen melalui bantuan katalis membentuk gas hidrokarbon. Oleh karena itu peningkatan temperatur akan meningkatkan perolehan produk gas hidrokarbon. Namun temperatur yang sangat tinggi (470°C) dapat mengurangi perolehan gas hidrokarbon karena adanya reaksi polimerisasi. Peningkatan perolehan distilat secara signifikan terjadi pada temperatur 430°C (48,55%) menjadi 83,03 %berat DAF pada temperatur 450°C. Temperatur yang lebih tinggi (470°C) menghasilkan perolehan distilat yang relatif sama (83,91%). MO mengalami peningkatan yang konstan untuk semua temperatur yaitu sebesar 28,05 % (430°C), 43,87% (450 °C) dan 51,51% (470 °C). Sedangkan LO mengalami peningkatan pada

temperatur 430 °C (2,98%) menjadi 13,42% pada 450 °C, selanjutnya relatif konstan pada 470°C yaitu sebesar 12,08% berat DAF. Untuk HO mengalami peningkatan pada temperatur 430°C (17,51%) menjadi 25,73% pada 450 °C dan mengalami penurunan pada temperatur 470 °C yaitu sebesar 20,33% berat DAF. Peningkatan temperatur akan menunjukkan terjadinya perengkahan termal, disosiasi gas hidrogen dan stabilisasi radikal bebas melalui reaksi hidrogenasi sehingga perolehan distilat meningkat. Penurunan HO pada 470°C menunjukkan terjadinya perengkahan lanjut fraksi minyak berat menjadi MO.

Perolehan liquid bottom mengalami penurunan yang signifikan pada kenaikan temperatur 430°C (49,55%) menjadi 14,25% pada 450°C. Pada temperatur 470 °C relatif konstan, yaitu sebesar 16,62% berat DAF. Penurunan perolehan liquid bottom disebabkan karena pada temperatur rendah pemecahan rantai hidrokarbon belum sempurna pada cincin poli-aromatis, sehingga perolehan liquid bottom tinggi. Temperatur yang lebih tinggi (450-470°C) memberikan peluang yang lebih besar bagi perengkahan termal cincin poliaromatis sehingga perolehan liquid bottom menurun tajam. Konsumsi gas hidrogen meningkat dari 1,99% (430 °C) menjadi 2,33% (450 °C) dan 3,1% (470 °C). Kenaikan temperatur meningkatkan perengkahan termal sehingga menghasilkan semakin banyak radikal-radikal bebas. Untuk stabilisasi radikal bebas diperlukan atom H baik dari hidrokarbon sendiri maupun dari gas H<sub>2</sub>. Kenaikan temperatur juga akan meningkatkan aktifitas katalis, sehingga kerja katalis untuk melakukan disosiasi molekul gas hidrogen menghasilkan atom H bebas juga meningkat. Atom H bebas inilah yang nantinya akan menstabilisasi radikal bebas. Sehingga kenaikan temperatur akan meningkatkan konsumsi gas hidrogen.

### 3.2. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Distribusi Produk

Pola hasil perhitungan distribusi produk dan konsumsi gas hidrogen pada berbagai waktu reaksi ditunjukkan pada Tabel 7. Gas hidrokarbon (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>) mengalami peningkatan tajam pada waktu reaksi 60 menit sampai 90 menit yaitu 3,78% menjadi 13,5% berat DAF. Untuk waktu reaksi 30 menit relatif sama dengan 60 menit, yaitu sebesar 4,30% berat DAF.

Waktu reaksi yang semakin lama mendorong lebih banyak terjadinya proses hidrokraking dan hidrogenasi senyawa hidrokarbon menghasilkan produk gas-gas hidrokarbon. Dengan temperatur reaksi yang tinggi (470 °C) dan waktu yang

semakin lama perengkahan termal juga terjadi lebih banyak baik pada cincin alifatis maupun aromatis.

Tabel 7. Distribusi produk pada berbagai waktu reaksi dengan tekanan awal H<sub>2</sub> 12 MPa dan temperatur reaksi 470°C

Waktu Reaksi (deg.C)	30	60	90
<b>Umpa Bahan (gram)</b>			
Short Residue	107,06	101,58	107,09
Katalis	10,86	10,58	9,57
Sulfur serbuk	1,35	1,3	1,36
<b>Produk (%berat DAF)</b>			
LO (Light Oil)	4,56	12,08	12,42
MO (Middle Oil)	50,20	51,51	50,21
HO (Heavy Oil)	22,16	20,33	21,18
H <sub>2</sub> O	0,03	0,01	0,01
Bottom	20,83	16,62	7,35
CO+CO <sub>2</sub>	t.d	t.d	t.d
Hidrokarbon (C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub> )	4,30	3,78	13,5
Konsumsi H <sub>2</sub>	2,09	3,1	1,75

Cat. t.d = tak terdeteksi

Fraksi LO mengalami peningkatan signifikan pada waktu 30 menit (4,56%) berat DAF sampai 60 menit (12,08% berat DAF, tetapi relatif hampir konstan pada peningkatan waktu 90 menit (12,42%) berat DAF. Fraksi distilat lainnya yaitu MO dan HO relatif konstan pada semua waktu yang diujikan. Semakin lama waktu yang digunakan untuk terjadinya reaksi maka peluang untuk melakukan perengkahan ikatan hidrokarbon juga semakin meningkat karena interaksi antara residu, katalis dan gas hidrogen yang semakin lama. Sehingga produk-produk ringan seperti distilat akan meningkat. Sedikitnya kenaikan LO dan cenderung konstannya MO dan HO disebabkan karena adanya dekomposisi termal lanjutan dari fraksi distilat membentuk fraksi gas.

Liquid bottom mengalami penurunan yang signifikan dengan waktu reaksi yang semakin lama yaitu pada 30 menit (20,83%), 60 menit (16,62%) dan 90 menit (7,35%). Dengan semakin lamanya waktu reaksi maka peluang untuk melakukan perengkahan termal fraksi berat akan lebih besar dengan demikian jumlah fraksi berat mengalami penurunan. Perengkahan semakin banyak terjadi pada molekul-molekul yang berat karena molekul tersebut punya lebih banyak ikatan sehingga kemungkinan terjadinya perengkahan lebih tinggi. Dengan demikian perolehan liquid bottom akan semakin menurun dengan penambahan waktu reaksi.

Gas hidrogen yang terkonsumsi mengalami kenaikan dengan bertambahnya waktu reaksi. Namun hasil ini terjadi sampai pada 60 menit reaksi yaitu sebesar 3,10% berat DAF, selanjutnya mengalami penurunan pada 90 menit reaksi 1,75% berat DAF. Sedangkan konsumsi

H<sub>2</sub> pada 30 menit rekasi sebesar 2,09% berat DAF.

Hasil ini terlihat kontradiktif karena dengan waktu reaksi yang semakin lama maka kebutuhan atom H bebas dari gas H<sub>2</sub> untuk stabilisasi radikal bebas semakin banyak. Diduga kebutuhan atom H untuk stabilisasi radikal bebas telah dipenuhi sendiri oleh short residu. Short residu memiliki kandungan hidrogen yang cukup tinggi (11,31%berat DAF), sehingga pada waktu perengkahan dihasilkan atom H bebas yang cukup.

Faktor lain yang diduga menyebabkan penurunan konsumsi gas hidrogen adalah penurunan aktifitas katalis. Peran katalis ini adalah melakukan disosiasi katalitik gas H<sub>2</sub> sehingga menghasilkan atom-atom H, selanjutnya atom H ini menginduksi pemecahan ikatan dan stabilisasi radikal bebas.

### 3.3. Distribusi Produk Distilasi

Tabel 8 menunjukkan hasil distilasi vakum bahan baku (*short residue* sebelum proses *upgrading*) dan produk *up-grading* pada berbagai kondisi operasi yang diujikan.

Tabel 8. Hasil Distilasi Produk *Up-grading* pada Berbagai Kondisi Operasi

Kondisi [°C – menit]	Persen Berat				
	LO	MO	HO	Bottom	H <sub>2</sub> O
430 – 60	2,81	27,69	20,91	47,14	1,45
450 – 60	12,78	43,15	28,22	14,83	1,02
470 – 30	4,30	48,49	25,44	20,81	0,96
470 – 60	11,06	48,86	23,45	14,83	-
470 – 90	12,82	51,43	26,55	9,20	-
Bahan Baku	< 0.1	15.67	17.46	66.66	0.21

Tampak terjadi peningkatan yang signifikan kandungan minyak distilat (LO,MO,HO) semua produk pada berbagai kondisi operasi dibandingkan dengan bahan baku. Peningkatan kualitas yang paling baik terjadi pada kondisi operasi 470°C – 90 menit dengan kandungan LO 12,82 %berat, MO 51,43 %berat, HO 26,55 %berat dan bottom 9,20 %berat. Distilat merupakan fraksi yang sangat diharapkan pada setiap proses *upgrading*. Semakin banyak fraksi distilat (LO,MO dan HO) yang dihasilkan maka proses *upgrading* dianggap semakin baik.

## 4. KESIMPULAN

Kenaikan kondisi operasi (temperatur dan waktu reaksi) dapat meningkatkan perolehan distilat (minyak) pada hidrokonversi katalitik residu minyak bumi. Kenaikan temperatur reaksi menyebabkan perolehan liquid bottom yang dihasilkan semakin sedikit, karena terkonversi menjadi fraksi distilat dan fraksi gas. Waktu

reaksi yang semakin lama menunjukkan adanya peningkatan fraksi distilat dan fraksi gas. Hal ini dikarenakan adanya perengkahan ikatan batubara secara berurutan dengan didahuluinya perengkahan jenis ikatan batubara yang lemah. Dengan semakin lamanya waktu reaksi diduga ikatan batubara yang lebih kuat akan terengkah lebih banyak menjadi radikal bebas. Untuk menstabilkan radikal bebas tersebut dibutuhkan hidrogen konsumsi yang besar. Sehingga fraksi distilat dan fraksi gas yang diperoleh semakin tinggi demikian juga dengan konsumsi hidrogennya. Pelepasan gas-gas hidrokarbon produk hidrokonversi katalitik residu minyak bumi sangat dipengaruhi oleh temperatur reaksi dan waktu reaksi, hal ini dibuktikan dengan temperatur reaksi yang tinggi dan waktu reaksi yang lama, gas-gas produk (CO+CO<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>) diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur reaksi yang lebih rendah dan waktu reaksi yang lebih singkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gray, Murray R., 1994. *Upgrading Petroleum Residue and Heavy Oils*. Marcel Dekker Inc., New York,
- Gray, Murray R., Mc. Caffrey, W., and William C., 2002. *Role of Chain and Olefin Formation in Cracking, Hydroconversion and Coking of Petroleum and Bitumen Fraction*. Energy & Fuel.
- Indartono S.Y., 2005. *Krisis Energi di Indonesia: Mengapa dan Harus Bagaimana*. Inovasi Online - Vol.5/XVII/November.
- Stanford, E.C., 1993. *Mechanism of Coke Prevention by Hydrogen Cracking during Residuum Hydrocracking*. Prepr. Div. Petrol. Chem, American Chemical Society.
- Sugeng dan Rahmat, 2004. *Laporan Akhir Penelitian Mahasiswa di Lab. Penc. Batubara P3TKKE-BPPT*.