

# Peranan Proses Katalitik dalam Pembuatan Bahan Bakar Minyak Ramah Lingkungan

Oleh:

A.S. Nasution, Olberin Sidjabat, Morina, dan Herizal

## I. PENDAHULUAN

Dalam proses industrialisasi yang berwawasan lingkungan bahan bakar minyak haruslah memenuhi persyaratan ramah lingkungan yang kian meningkat ketat. Masalahnya, kualitas dan jumlah produksi minyak bumi cenderung menurun sedangkan kebutuhan dan persyaratan bahan bakar minyak (bensin dan solar) ramah lingkungan semakin meningkat<sup>[1,2]</sup>.

Bahan bensin harus berangka oktana tinggi dengan pembatasan kadar hidrokarbon tak jenuh dan juga kadar sulfurnya. Persyaratan bahan solar adalah antara lain berangka setana tinggi dan kadar hidrokarbon tak jenuh dan sulfur rendah. Pembatasan kadar hidrokarbon tersebut dan sulfur dapat menurunkan emisi gas buangnya (Tabel 1)<sup>[18,21]</sup>.

Pembuatan bahan bakar bensin dan solar ramah lingkungan tersebut memerlukan komponen-komponen bensin dan solar bermutu tinggi dengan bantuan proses-proses katalitik.

PERTAMINA mengelola berbagai jenis minyak bumi sebesar 1063 MBCD pada 7 unit yang

mengoperasikan 24 unit proses katalitik (Tabel 2). Produk kilang PERTAMINA meliputi bahan bakar (LPG, bensin avgas, avtur, kerosin dan solar), bahan dasar pelumas, bahan baku petrokimia (paraxylene, purified terphthalic acid (PTA), propylene) dan polypropylene<sup>[14,15]</sup>.

Pada umumnya proses-proses katalik tersebut adalah proses-proses yang cukup pelik dan rumit ditinjau baik dari segi fundamental/teori maupun dari segi operasionalnya. Pemahaman tingkah laku proses-proses katalik secara lebih terarah dan kontinu adalah salah satu usaha untuk meningkatkan unjuk kerja proses katalik tersebut.

Unjuk kerja proses-proses katalik dan konfigurasi kilang minyak PERTAMINA untuk pembuatan bahan bakar bensin dan solar ramah lingkungan, karakteristik komponen bahan bakar dan komposisinya dalam pembuatan bahan bakar ramah lingkungan dan berbagai spesifikasinya serta partisipasi Puslitbangtek Migas "LEMIGAS" pada operasi dan pengembangan kilang minyak pertamina dan beberapa penelitian katalis/proses katalitik disajikan dalam makalah ini.

Tabel 1  
Pengaruh komposisi bensin dan solar pada emisi gas buang

BBM	Parameter	Emisi Gas Buang				
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	Ozone	Partikulate
1. BENSIN	Aromatik 45% vol → 20% Vol	-13%	-6%	-	-	-
	Olefin 20% vol → 5% vol	-	-6%	-10%	-10%	-
	MTBE 0% vol → 15% vol	-11%	-5%	-	-	-
	T90 455 → 411k	-	-22%	5%	Turun	-
2. SOLAR	Aromatik 30% vol → 20% Vol	-	-	0,118	-	0,0037
	Aromatik 30% vol → 10% Vol	-	-	0,237	-	0,0074
	Angka setana 40 → 50	0,779	0,2	0,274	-	0,003

Tabel 2  
Proses pembuatan komponen bensin dan solar di Indonesia, MBCD

Items	UP I P. Brandan	UP II Dumai	UP III Plaju	UP IV Cilacap	UP V Balikpapan	UP VI Balongan	UP VII Kasim	Total
Crude distilling Unit	5	170,0	135,0	348,0	270,0	125,0	10,0	1.063,0
High vacuum unit	-	92,6	40,7	36,6	94,0	-		263,9
Visbreaker	-	-	-	55,0	-	-		55,0
Delayed coker	-	35,0	-	-	-	-		35,0
Catalytic cracking	-	-	20,5	-	-	83,0		103,5
Hydrocracker	-	55,0	-	-	55,0			110,0
Reformer	-	18,1	-	49,0	15,7	29	2,0	84,8
Isomerization	-	-	-	-	-	23	-	23
Alkylation	-	1,6	-	-	-			1,6
Polymerisation	-	2,4	-	-	-	13,0		15,4
ARHDM	-	-	-	-	-	58,0		58,0
Hydrotreating								
- Naphtha	-	-	-	54,4	16,0		2,0	72,4

Tabel 3  
Karakteristik komponen bensin utama dan angka oktananya

Karakteristik	Cat. Cracked gasoline	Reformat	Isomerat	Alkilat	Poly- gasoline
RVP, kPa	46-89	21-41	76-97	41-62	55-82
T90, °K	393-428	444-451	-	388-412	413-418
T50, °K	353-373	391-422	-	364-392	368-373
Kadar aromatik, %-vol	20-35	50-85	1-2	-	-
Kadar benzena, %-vol	-	3-8	1-2	-	-
Kadar olefin, %-vol	30-45	-	-	-	>94
Sulfur, ppm (brt)	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Clear RON	93-96	90-107	78-84	93-96	95-99
Sensitivity	10-17	6-11	0-2	1-3	10-18
Distribusi oktana	Baik	Buruk	Baik	Baik	Baik

## II. PROSES PEMBUATAN BAHAN BAKAR MINYAK

Minyak bumi yang tersedia cenderung semakin berat dengan kadar sulfur tinggi yang pengolahannya membutuhkan proses berteknologi tinggi<sup>[1,2]</sup>.

Peningkatan kebutuhan bahan bakar ringan (bensin, kerosin dan solar) dengan penurunan bahan bakar berat (minyak bakar) akan menuntut agar kelebihan produksi residu harus dimanfaatkan dengan menerapkan konversi lebih lanjut.

### A. Proses Pembuatan Bensin

Bensin mempunyai kisaran titik didih antara 40°C sampai dengan 220°C yang mengandung grup hidrokarbon paraffin, olefin, naftena dan aromatik dengan variasi harga angka oktannya cukup besar. Bensin adalah suatu pencampuran berbagai jenis komponen bensin.

Proses pembuatan komponen bensin terdiri atas [3,7-11,17,19]: (1) proses separasi/distilasi (*straight-*

*run naphtha*), (2) proses konversi yaitu (a) proses konversi termal : proses *visbreaking* (*visbroken naphtha*) dan proses *coking* (*coker naphtha*); dan (b) proses katalitik: proses *catalytic cracking* (*catalytic cracked gasoline*); proses penghidrorengkahan (*hydrocracked naphtha*); proses hidroisomerisasi (isomerat); proses *catalytic reforming* (reformat); proses alkilasi (alkilat) dan proses polimerisasi (*poly gasoline*). Komponen bensin utama (*High Octane*

**Tabel 4**  
Komposisi komponen bensin untuk pembuatan bensin  
ramah lingkungan (dalam %-vol)

Komposisi Komponen Bensin	A*	B*	C*	D*	E*	F*	G*
<i>Bleding butane</i>	5.5	-	7.2	-	-	-	-
<i>Straight run light naphtha</i>	-	2.0	-	-	-	16.0	-
<i>Coker gasoline</i>	-	1.0	-	-	-	-	-
<i>Cat. cracked naphtha</i>	34.5	40.0	68.4	-	38.0	-	23.7
<i>Hydrocracked naphtha</i>	1.5	-	-	-	-	-	-
<i>Reformate</i>	33.5	30.0	-	65	37.0	76.0	69.3
<i>Isomerate</i>	10	12.0	-	35	11.0	-	4.7
<i>Alkylate</i>	12.5	12.0	17.7	-	14.0	-	1.4
<i>Poly-gasoline</i>	-	3.0	-	-	-	-	0.9
MTBE	2.5	-	6.7	-	-	8.0	-

Catatan: A\* = Potential U.S. Gasoline Pool 1995

B\* = Average U.S. Gasoline pool

C\* = Olefins Mode FCC with MTBE

D\* = Unleated Gasoline in Riyads Refinery

E\* = Reformulated Gasoline

F\* = Average ASEAN Gasoline Component with Catalytics Process

**Tabel 5**  
Komposisi hidrokarbon bensin berbagai negara

Karakteristik	2004-CARB	US EPA	EU-2000	World Wide Fuel Charter				Indonesia
	Phase 3	2000	Phase 3	Cat-1	Cat-2	Cat-3	Cat-4	Pertamax
Aromatic content, vol-%	25	25	35	50	40	35	35	50
Benzene content, vol-%	0.8	1.0	1.0	5.0	2.5	1.0	1.0	-
Olefin content, vol-%	6	8.5	8.5	-	20	10	10	-
Sulfur caontent, ppm-wt	20	130	130	1000	200	30	Free-S	1000
Oxygenate contenet, vol-%	2.0	2.0	2.0	2.7	2.7	2.7	2.7	10

*Mogas Component-HOMC*) adalah cat, cracked gasoline, isomerat, reformat, dan alkilat. Komposisi hidrokarbon dan angka oktana dari berbagai jenis komponen bensin tersebut disajikan pada Tabel 5 [3,7-11].

### B. Proses Pembuatan Solar

Solar mempunyai kisaran titik didih antara 225°C sampai dengan 350°C yang mengandung hidrokarbon tinggi antara C<sub>14</sub> sampai dengan C<sub>25</sub> dari grup parafin, olefin, naftena dan aromatik. Solar diperoleh dari hasil pencampuran (*blending*) dari berbagai jenis komponen solar.

Proses pembuatan komponen solar meliputi berbagai jenis proses berikut [4-6,13,16]: (1) proses

separasi (*straight-run gas oil*) dan (2) proses konversi yaitu: (a) konversi termal: proses *visbreaking* (*visbroken gas oil*) dan proses *coking* (*coker gas oil*); dan (b) konversi katalitik: proses perengkahan katalitik (*light cycle oil*) dan proses *hydrocracking* (*hydrocracked gas oil*). Kecuali *hydrocracked gas oil*, komponen solar lainnya masih perlu ditingkatkan mutunya dengan menghilangkan hidrokarbon olefin, aromatik tinggi dan sulfur serta menaikkan angka setanannya dengan bantuan proses *hydrotreating* bertekanan tinggi (*deep hydrotreating process*). Karakteristik berbagai jenis komponen solar baik sebelum maupun sesudah dimurnikan disajikan pada Gambar 1,2 dan 3 [12,13,16].

### C. Proses Katalitik

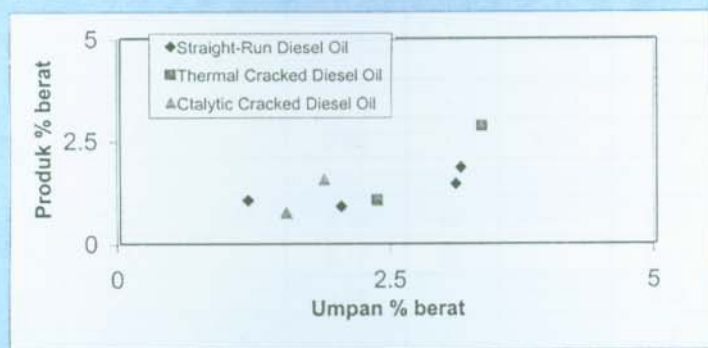
Pembuatan bensin dan solar ramah lingkungan diperlukan komponen-komponen bensin dan solar bermutu tinggi yang dapat diperoleh dari proses-proses katalitik berikut: proses *catalytic cracking*, proses *hydrotreating*, proses *hydrocracking*, proses *catalytic reforming*, proses hidroisomerisasi, dan proses alkilasi.

#### 1. Proses Catalytic Cracking

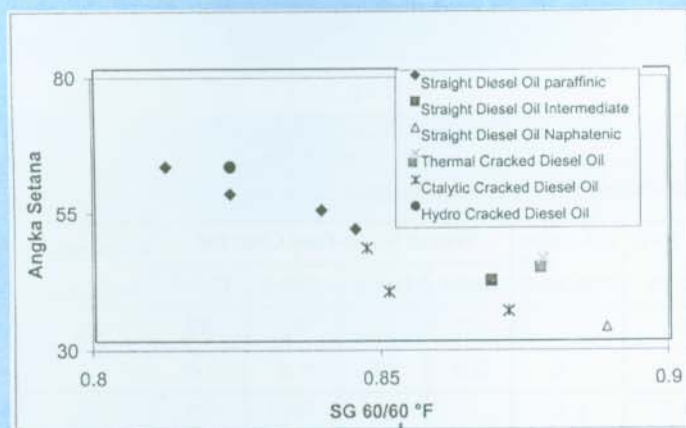
Poses perengkahan fraksi minyak berat menjadi fraksi ringan (seperti bensin) dapat dilakukan dengan bantuan katalis padat yaitu proses katalitik kreaking. Teknologi proses *catalytic cracking* ini telah dikembangkan dari unggun tetap (*fixed bed*), unggun bergerak (*moving bed*), sampai unggun fluida (*fluidized bed*).

Bahan baku yang dipergunakan pada proses *catalytic cracking* adalah fraksi berat, yaitu fraksi minyak 250-550°C dan juga residu yang terdiri dari senyawa hidrokarbon dan non-hidrokarbon (kotoran).

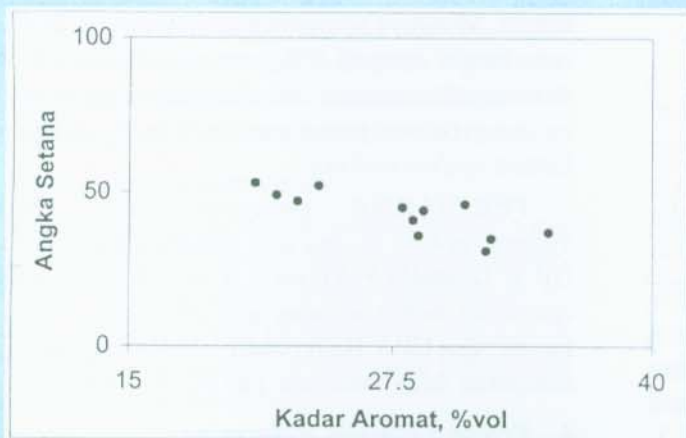
Jenis katalis *cracking* yang dipakai dalam proses katalitik ini adalah katalisis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> baik natural (bentonit) maupun sintesis (amorf dan zeolit). Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> sintesis dibuat dari mekul garam silikat dan aluminat. Krom (Cr) dapat menaikkan stabilitas struktur katalis Al-Si pada saat pembakaran kokas dari katalis.



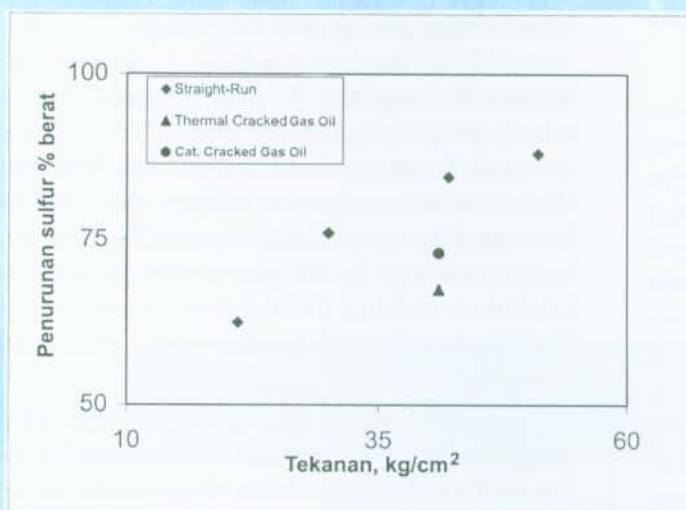
Gambar 1  
Hubungan antara kadar sulfur umpan dan produknya dari berbagai jenis komponen solar



Gambar 2  
Hubungan SG 60/60°F dan angka setana dari berbagai jenis komponen solar



Gambar 3  
Hubungan antara kadar aromatik dan angka setana solar



Gambar 4  
Pengaruh tekanan operasi proses *hydrotreating* pada penghilangan kadar sulfur solar

Katalis proses *catalytic cracking* residu (RCCU) dikembangkan dengan pemakaian bentuk matriks, yaitu butiran-butiran halus katalis zeolit beraktivitas tinggi tersusun secara teratur (matriks) di dalam butiran katalis besar alumina-silikat amorf beraktivitas sedang. Molekul besar dari umpan residu masuk ke dalam pori makro alumina-silikat amorf dan pecah menjadi molekul sedang yang kemudian masuk

kedalam pori mikro katalis zeolit yang tersusun secara matriks di dalam butir alumina-silikat amorf tersebut, untuk selanjutnya dikonversikan menjadi molekul produk utama bensin. Katalis matriks ini dapat menurunkan perolehan produk samping *cat.cycle oil* dengan mengkonversinya pada pori-pori mikro katalis zeolit menjadi bensin dan LPG. Kilang PERTAMINA mengoperasikan proses katalitik di UP VI Balongan dengan (umpan residu).

## 2. Proses *Hydrotreating*

Proses *hydrotreating* adalah proses katalitik untuk menghilangkan hidrokarbon tak jenuh (aromatik dan olefin) dan senyawa non-hidrokarbon (kotoran) seperti senyawa metal. Senyawa non metal (S, O, N) dan asfalten untuk mendapatkan mutu produk minyak yang lebih baik [13]. Jenis bahan baku yang dipakai pada proses *hydrotreating* cukup luas, yaitu mulai dari fraksi nafta sampai dengan residu dan juga minyak mentah. Misalnya, proses *hydrotreating* fraksi nafta untuk menghilangkan senyawa non-hidrokarbon yang dipakai sebagai umpan proses *catalytic reforming*, dan proses *deep hydrotreating* untuk pemurnian kadar hidrokarbon tak jenuh (aromatik dan olefin) dan non-hidrokarbon yang mengandung atom S, N, O dari komponen solar bermutu rendah. Kilang PERTAMINA memakai proses *hydrotreating* berpotensi pemurnian sedang. Penurunan kadar logam dan mikro karbon residu dari umpan residu untuk umpan proses *catalytic cracking* dapat dilakukan dengan bantuan proses *atmospheric residu hydrodemetalization* (ARHDM).

Sehubungan dengan tingginya total aromatik berkadar di-dan tri-aromatik tinggi dari komponen solar rengkahan termal/katalitik dibandingkan dengan solar dari proses separasi, maka penurunan kadar aromatik dan sulfurnya memerlukan kondisi operasi tinggi dari proses *Deep Hydrotreating* (Gambar 4) [4,5]. Penurunan kadar aromatik dan spesifik gravitas (SG) dari komponen solar akan menaikkan angka sektana (AS) solar

tersebut (Gambar 2 dan 3) di mana hubungan antaran angka setana dan komponen hidrokarbon (paraffin naftena dan aromatik) solar adalah:

$$AS = 0,85 P + 0,1 N - 0,2 A$$

Proses *hydrotreating* komponen solar dengan memakai katalis mono-fungsional Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Ni-Mo/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat meningkatkan angka setana (1-6 angka), warna, stabilitas dan menurunkan kadar hidrokarbon tak jenuh (aromatik dan olefin) dan kotoran non-hidrokarbon (belerang, oksigen, nitrogen).

Kilang PERTAMINA memakai proses *hydrotreating* umpan nafta berat dalam pembuatan umpan proses *catalytic reforming* yaitu UP II Dumai/S.Pakning - 2 unit, UP IV Cilacap - 2 unit, UP V Balikpapan - 1 unit dan UP VI Balongan - 1 unit. Untuk meningkatkan mutu komponen solar digunakan proses *hydrotreating* di unit pengolahan berikut: UP II Dumai/S.Pakning - 1 unit, UP IV Cilacap - 1 unit, UP VI Balongan - 2 unit. Dan UP VI Balongan mengoperasikan 2 unit ARHDM untuk penuturan kadar logam dan mikrokarbon residu untuk umpan proses *catalytic cracking*.

### 3. Proses hidrokraking

Proses *hydrocracking* adalah suatu proses perengkahan hidrokarbon secara katalitik dengan injeksi hidrogen pada temperatur dan tekanan tinggi untuk mendapatkan hasil reaksi yang mempunyai berat molekul hidrokarbon jenuh dengan molekul lebih rendah. Pada umumnya proses *hydrocracking* dapat dipakai untuk mengkonversi distilat sedang/berat dan *deasphalting oil* menjadi produk bensin, kerosin, solar dan minyak pelumas<sup>(12)</sup>.

Katalis yang dipakai pada proses *hydrocracking* adalah katalis heterogen bi-fungsional yang mengandung dua jenis inti aktif yaitu inti aktif logam (Ni-Mo dan Ni-W) dan inti aktif asam (alumina-silikat amorf atau zeolit). Komposisi kedua jenis inti aktif katalis *hydrocracking* yang dipakai tergantung dari jenis umpan yang diolah dan jenis produk yang diinginkan. *Support* alumina silikat amorf dipakai untuk konversi umpan yang rendah dalam pembuatan produk distilat sedang dan bahan pelumas, sedang *support* yang aktif asamnya tinggi (zeolit) dapat dipakai untuk konversi umpan yang tinggi dalam pembuatan bensin, avtur, dan kerosin.

Pengotor (*impurity*) yang terkandung di dalam umpan berat tersebut antara lain yaitu: senyawa nitrogen, senyawa metal, senyawa poliaromatik dan

senyawa asfalten dapat merusak katalis hidrokraking atau disebut juga dengan senyawa-senyawa racun katalis. Misalnya senyawa nitrogen terurai di dalam zone katalis menjadi NH<sub>3</sub> (senyawa basa), sehingga akan terjadi netralisasi inti aktif asam katalis dan hal ini menyebabkan penurunan daya perengkahan dari katalis *hydrocracking*.

PERTAMINA mengoperasikan proses *hydrocracking* di dua unit pengolahan berikut : UP II Dumai/S.Pakning - 2 unit dengan umpan campuran *heavy vacuum gas oil* dan *heavy cycle gas oil* : dan UP V Balikpapan - 2 unit dengan umpan campuran *heavy vacuum gas oil* dan *filtred oil*.

### 4. Proses Catalytic Reforming

Proses *catalytic reforming* mempunyai peranan yang sangat penting dalam pembuatan komponen bensin berangka oktana tinggi dan juga produk aromatik rendah (benzena, toluena, xilena dan dimetil benzena)<sup>(18)</sup>.

Umpan proses *catalytic reforming* adalah nafta berat sebagai jenis proses diantaranya : *straight-run naphtha*, *visbroken naphtha*, *coker naphtha*, *hydrocracked naphtha*. Umpan *reformer* yang baik adalah yang mengandung grup naftena (N) dan aromatik (A) yaitu (N + 2A) yang tinggi. Sehubungan dengan katalis *reforming* sangat peka terhadap berbagai jenis racun di antaranya sulfur, metal plum-bum dan arsen, maka pemurnian umpan perlu dilakukan terlebih dahulu pada proses katalitik *hydrotreating* (kecuali untuk umpan *hydrocracked naphtha*).

Katalis *reforming* adalah katalis padat berpori dengan dua jenis inti aktif yaitu inti metal dan inti asam. Inti aktif metal katalis adalah monometalik platinum (Pt) atau platinum dengan logam lain (bimetalik) seperti rhenium, germanium dan sebagai inti aktif asam katalis dipakai Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Cl, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>F atau Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Cl-F. Jika perbandingan antaran aktivitas inti metal dengan aktivitas inti asam dari katalis *reforming* tidak tepat (sesuai) maka produk reformat yang dihasilkan akan rendah baik persentase maupun angka oktannya. Katalis *reformer* bi-metal lebih peka terhadap keempat jenis racun katalis non-hidrokarbon (tiofena, n-butyl amina, etanol dan tetra etil plumbum) dari pada katalis *reformer* mono-metal.

Sistem regenerasi katalis proses *reforming* tersebut terdiri atas 3 jenis yaitu : semi regeneratif, siklis dan kontinyu (CCR).

Kilang PERTAMINA memakai proses *catalytic reforming* pada unit pengolahan berikut : UP II Dumai/S. Pakning – 2 unit yaitu semi regeneratif dan CCR, UP IV Cilacap – 2 unit yaitu semi regeneratif, CCR, UP VI Balongan -1 unit yaitu CCR dan UP VII Kasim – 1 unit yaitu semi regeneratif.

### 5. Proses Hidroisomerisasi

Proses isomerisasi adalah proses katalik yang dapat mengubah senyawa n-parafin menjadi isomer-isomernya yang berangka oktana lebih tinggi. N-pentana, n-heksana dan campuran ( $C_5$  dan  $C_6$ ) di konversi menjadi isomer-isomer yang merupakan komponen-komponen bensin<sup>[9]</sup>.

Hidroisomerisasi n-pentana dengan sirkulasi dapat meningkatkan angka oktana sebesar 18-23 angka yaitu dari angka oktana 70-75 menjadi 92.

Peningkatan angka oktana dari proses hidroisomerisasi n-heksana lebih rendah yaitu sekitar 10-15 angka saja. Kenaikan angka oktana dari isomerisasi nafta ringan ( $C_5/C_6$ ) sulit diperkirakan karena komposisi  $C_5/C_6$  dari fraksi nafta ringan bervariasi cukup besar yang biasanya didominasi oleh heksana. Hidroisomerisasi n-butana menjadi iso-butana dipakai sebagai umpan bersama olefin ( $C_3, C_4, C_5$ ) dari proses *catalytic cracking* pada proses alkilasi untuk pembuatan produk alkilat yang merupakan komponen bensin utama. Katalis yang dipakai adalah katalis bifungsional yang terdiri atas inti aktif logam (Pt) dan

inti aktif asam ( $Al_2O_3.Cl, Al_2O_3.SiO_2$ , zeolit type Y).

Kilang PERTAMINA baru membangun satu unit hidroisomerisasi di UP VI Balongan.

### 6. Proses Alkilasi

Proses alkilasi dengan katalis  $H_2SO_4$  atau HF mengkonversikan umpan (campuran iso-butana dan propilena/butilena) menjadi alkilat yang merupakan komponen pertama ketiga bensin setelah *cat.cracked gasoline* dan reformat. Iso-butana diperoleh dari produk gas dari proses *hydrocracking* ( $C_4$ ) dan produk isomerisasi n-butana, dan propilena/butilena dihasilkan dan produk gas ( $C_3, C_4$ ) dari proses katalitik kraming.

Di Amerika serikat, prosentase komponen alkilat pada pembuatan bensin ramah lingkungan sekitar 15%-vol di tahun 2002<sup>[3]</sup>.

Kilang PERTAMINA memakai proses alkilasi di UP III Plaju.

## III. BAHAN BAKAR MINYAK RAMAH LINGKUNGAN

Sehubungan dengan peningkatan penerapan program langit biru maka untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor, spesifikasi bahan bakar ramah lingkungan semakin diperketat pula, baik pembatasan hidrokarbon tak jenuh dan sulfurnya maupun peningkatan angka oktana bensin serta angka setana solar.

Tabel 6  
Spesifikasi bensin ramah lingkungan dan bensin Indonesia

Items	Unit	WWFC				California			Europa		Indonesia
		Cat.1	Cat.2	Cat.3	Cat.4	Phase 1	Phase 2	Phase 3	2000	2005	
RVP	kPa	60.00	60.00	60.00	60.00	7.8*	7.0*	7.0*	7	70	62
T50	°C	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99	100.5	-	-	125
T90	°C	175.00	175.00	175.00	175.00	165	149	152	-	-	180
Benzena	vol. %	5	2.5	1.00	1.00	1.7	1.00	0.80	1	TBD	-
Aromatik	vol. %	50.00	40.00	35.00	35.00	32.00	25.00	25.00	42	35	-
Olefin	vol. %	-	20.00	10.00	10.00	15	6	6	18	TBD	-
Sulfur	ppm.w	1.000.00	200.00	30.00	Sulfur	300.00	40.00	20.00	150	50	2000
					free						
Oksigen	wt.%	2.70	2.70	2.70	2.70	-	1.8-2.0	-	2.7	TBD	2
Lead	g/l	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3

### A. Bahan Bakar Bensin Ramah Lingkungan

Bahan bakar bensin ramah lingkungan diperoleh dari hasil pencampuran empat komponen bensin utama yaitu *cat.cracked gasoline*, isomerat, reformat dan alkilat. Pembatasan kadar benzena, total aromatik dan olefin di dalam bensin ramah lingkungan maka akan dibatasi pula komposisi *cat.cracked gasoline* dan reformat dalam pembuatan bensin tersebut. Komposisi komponen utama pada pembuatan bahan bakar bensin ramah lingkungan dari berbagai negara disajikan pada Tabel 4[8-11]. Spesifikasi bensin Indonesia dan bensin ramah lingkungan dari berbagai negara disajikan pada Tabel 6 [17,20-22].

### B. Bahan Bakar Solar Ramah Lingkungan

Komponen solar utama yang memenuhi persyaratan dalam pembuatan solar ramah lingkungan adalah *hydrocracked gas oil* [12,16], sehingga komponen solar lainnya baik dari proses separasi (*straight-run gas oil*) maupun proses konversi termal (*visbroken gas oil* dan *coker gas oil*) dan konversi katalik (*light cycle oil*) masih harus ditingkatkan mutunya dengan penurunan kadar hidrokarbon tak jenuh (aromatik dan olefin) dan juga kadar sulfur dengan bantuan proses *deep hydrotreating* [5,13]. Unit pengolahan PERTAMINA yang memakai proses *hydrocracking* adalah UPV Balikpapan, sedang unit *deep hydrotreating* belum dioperasikan di unit-unit pengolahan PERTAMINA.

Kadar hidrokarbon aromatik (mono-aromatik, di- dan triaromatik), olefin dan sulfur dibatasi dalam persyaratan solar ramah lingkungan. Spesifikasi solar Indonesia dan solar ramah lingkungan dari berbagai lingkungan dari berbagai negara disajikan pada Tabel 7 [18,20,22].

## IV. KONFIGURASI KILANG PERTAMINA

Kilang PERTAMINA masih perlu penambahan beberapa unit proses-proses katalitik dalam pembuatan komponen-komponen utama bensin dan solar agar supaya dapat dipenuhi persyaratan bahan bakar bensin dan solar ramah lingkungan yang dalam waktu dekat ini akan diberlakukan di negara ASEAN termasuk Indonesia.

Proses perengkahan katalitik [9] ditunjukkan untuk pembuatan *cat.cracked gasoline* dengan produk samping gas ( $C_4$ ) dapat dipakai sebagai umpan proses alkilasi [3] dan produk samping lainnya *light cycle oil* dapat ditingkatkan mutunya menjadi komponen solar dengan bantuan proses *deep hydrotreating* [5,13].

Proses hidroisomerisasi  $C_4-C_6$  dapat menghasilkan produk utama isomerat ( $C_5-C_6$ ) dengan produk  $C_4$  nya dipakai untuk salah satu umpan dari proses alkilasi [10,11]. Beberapa tambahan proses-proses katalitik pada unit-unit Pengolahan Pertamina untuk pembuatan komponen utama bensin dan solar disajikan pada Tabel 8.

Tabel 7  
Spesifikasi solar ramah lingkungan dan solar Indonesia

Items	Unit	WWFC				CARB 1993	EU		Asia Pasific	Indonesia
		Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4		2000	2005		
Cetane number		48	53	55	55	48	51	TBD	47	45
Density	Kg/cm <sup>3</sup>	860	850	840	840	-	845	TBD	-	-
T 90	°C	-	340	320	320	290-320	-	-	357	-
T 95	°C	-	-	-	-	-	370	360	-	-
Aromatics	vol.%	-	25	15	15	10	11*	TBD	-	-
Polyaromatics	vol.%	-	5	2	2	1.4	-	-	-	-
Sulfur	ppm.wt	500	300	300	Sulfur Free	500	350	50	500	5000

WWFC= World Wide Fuel Charter, CARB= California Air Source Board, EU= European Union, TBD= To be decided during 1999, \*=% per mol of total aromatics.



## V. PUSLITBANGTEK MIGAS-LEMIGAS

Puslitbangtek Migas "LEMIGAS" telah mengantisipasi jauh ke depan tentang diperlukannya proses berteknologi tinggi yaitu suatu proses katalitik. Untuk itu pada awal tahun 1971 mulai dirintis pemahaman proses katalitik/katalis dan membangun suatu laboratorium uji katalis untuk membantu kelancaran operasi kilang dan pengembangan proses-proses katalitik pada PERTAMINA.

Akhir tahun 1974 laboratorium uji katalis LEMIGAS telah diresmikan dan sekaligus dioperasikan untuk suatu proses *hydrocracking* fraksi berat Minas untuk pembuatan distilat sedang dan pelumas dan disusul penelitian proses lainnya: *catalytic reforming*, hidroisomerisasi dan *hydrotreating*. Pada penelitian katalis proses *catalytic*

*cracking* diperlukan suatu alat khusus untuk uji katalis MAT (*Micro Aktivty Test*) sehingga penelitian katalis tersebut dilakukan dengan memakai alat uji sejenis yang dibuat dalam negeri (belum standar).

**Tabel 8**  
Konfigurasi kilang PERTAMINA untuk pembuatan komponen bensin dan solar

Proses katalitik	Pengolahan				
	UP II	UP III	UP IV	UP V	UP VI
<i>Catalytic cracking</i>	+	-	+	+	-
<i>Hydroisomerization</i>	+	+	+	+	-
<i>Catalytic reformer</i>	-	+	-	-	-
<i>Alkylation</i>	-	-	+	+	+
<i>Deep hydrotreating</i>	+	+	+	+	+

Catatan: (+) = perlu; (-) = tidak perlu

**Tabel 9**  
Partisipasi Puslitbang Migas "LEMIGAS" Pada Industri Perminyakan

No	Kegiatan	Keterangan
1	Penelitian	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengaruh berbagai kondisi operasi: jenis umpan, jenis katalis, suhu, tekanan H<sub>2</sub>/HC ratio, jenis racun katalis, <i>catalytic cracking</i>, <i>catalytic reforming</i> <i>hydrocracking</i> dan hidroisomerisasi</li> <li>- Pembuatan katalis dari berbagai proses katalitik</li> <li>- Hasil penelitian disajikan pada pertemuan ilmiah (nasional dan internasional), dan dipublikasikan pada berbagai majalah ilmiah.</li> </ul>
2	Kilang Minyak	
2,1	Kilang Minyak PERTAMINA - Operasi Kilang - Pengembangan Kilang	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Cat. Loading</i>, <i>Cat. Regeneration</i>, <i>start-up/plant test</i> dari proses-proses katalitik</li> <li>- Tim Seleksi Pemilih Katalis ARHDM</li> <li>- Potensi Komponen Bensin dalam Pembuatan bensin Tanpa Timbal</li> <li>- Unjuk kerja berbagai proses katalik di unit-unit Pengolahan</li> <li>- Tim Proyek Hidrokraking UP II Dumai/Sei Pakning</li> <li>- Tim Proyek Aromatic Center, McDavy Houston</li> </ul>
2,2	ASCOPE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Koordinator Lab. Workshop &amp; Refinery Workshop</li> <li>- Koordinator Survei Kegiatan Kilang Minyak ASEAN</li> <li>- Menyajikan Makalah pada Workshop dan ASCOPE Congress &amp; Exhibition</li> </ul>
3	Forum komunikasi Ilmiah	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temu Karya Pengolahan</li> <li>- Forum Teknologi Proses</li> <li>- Diskusi Ilmiah</li> <li>- Seminar Katalis</li> <li>- Seminar Proses Katalitik</li> </ul>
4	Pendidikan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dosen Akamigas/STEM, UI</li> <li>- Penelitian Akhir Mahasiswa dari berbagai Perguruan Tinggi</li> <li>- Kursus dan Ceramah Ilmiah</li> </ul>

Untuk mendapatkan masukan dari pihak industri, maka hasil-hasil penelitian proses katalitik disajikan pada suatu Diskusi Ilmiah dari tahun 1977 sampai sekarang. Suatu seminar proses Katalitik Indonesia telah pula dilakukan di LEMIGAS dengan menggunakan pemakalah dari pihak industri yang memakai proses katalitik, perminyakan, pupuk dan petrokimia dengan pembicaraan utama dari Catalyst Supplier UOP dan TOPSOE. Forum katalis PERTAMINA dan temu karya pengelolaan LEMIGAS – PERTAMINA menambah pula untuk sarana pertukaran informasi khususnya bidang katalis/proses katalitik. Puslitbangtek LEMIGAS mengusulkan perlunya dibuat suatu forum katalis Indonesia pada Seminar Nasional Kimia 2002 di Yogyakarta dan terbentuklah Masyarakat Katalis Indonesia (MKI) yang dideklarasikan pada Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 2004 di Bandung dan dikukuhkan pada suatu Konggres dan Seminar MKI di LIPI Serpong pada tanggal 23-24 Februari 2005.

Partisipasi Puslitbangtek Migas "LEMIGAS" dalam operasi kilang PERTAMINA antara lain: UP II Cilacap (*cat.loading, strat-up Kilang, plant test, cat.regeneration*), UP VI Balongan (Tim Seleksi Katalis ARHDM), dan pengembangan kilang antara lain: UP II Dumai/S.Pakning – Proyek *Hydrocracking*, UP IV Cilacap: Proyek *Aromatic Center*, Potensi Pembuatan Bahan Bakar Bensin ramah lingkungan, dan Inventarisasi Pemakaian Proses Katalitik Kilang PERTAMINA.

Puslitbangtek Migas "LEMIGAS" telah berpartisipasi pada *Laboratory Workshop* dan *Refinery Workshop* dalam lingkungan ASEAN yaitu ASCOPE, serta melakukan beberapa survey meliputi kegiatan kilang ASEAN, baik dari segi konfigurasi kilang maupun potensi pembuatan bahan bakar bensin dan solar, serta menyajikan makalah ilmiah baik pada ASCOPE *Lab/Refinery Workshop* maupun ASCOPE *Exhibition and Congress*.

Penyebarluasan hasil penelitian dilakukan pula melalui kuliah katalis di AKAMIGAS/STEM dan UI Jakarta, kursus-kursus katalis untuk karyawan PERTAMINA dan ceramah ilmiah di unit-unit pengelolaan PERTAMINA dan bimbingan tugas akhir mahasiswa dari berbagai perguruan tinggi negeri/swasta. Kegiatan Puslitbangtek Migas "LEMIGAS" pada industri perminyakan disajikan pada Tabel 9.

## VI. KESIMPULAN

Menurunnya jumlah dan mutu minyak mentah dengan peningkatan penerapan program langit biru, menuntut pembuatan komponen bensin dan solar bermutu tinggi yang melalui pemakaian proses berteknologi tinggi yaitu proses katalitik.

Kilang PERTAMINA perlu dilengkapi unit-unit proses katalitik untuk peningkatan jumlah dan mutu produk komponen bahan bensin dan solar dalam pembuatan bahan bakar ramah lingkungan.

Puslitbangtek Migas "LEMIGAS" harus berperan aktif dalam peningkatan kelancaran operasi dan pengembangan kilang PERTAMINA dengan pemutakhiran peralatan uji katalis, di samping peningkatan jumlah dan keprofesionalan SDM-nya.

Masyarakat Katalis Indonesia harus ditingkatkan peranannya dalam forum pertukaran pengalaman dan juga pencetusan program tingkat nasional dalam bidang katalis atau proses katalitik.

## KEPUSTAKAAN

1. Al-Mutez, I. S. (1996), How to Implement a Gasoline Pool Lead Phase-down, Hydrocarbon Processing, Feb., 63-69.
2. Beck, R.J., (1996), Oil Supply Increase Due in 1996's Second half, Oil and Gas Journal, July 29, 57-76.
3. Cluer, A., (2000), Gasoline Processes, 6<sup>th</sup> edition, Modern Petroleum Technology, The Institute of Petroleum, 83-112.
4. Cooper, B.H., Stanislaus, A, and Hannerup, P.N., (1993), Hydrotreating Catalyst for Diesel Aromatics Saturation, Hydrocarbon Processing, June, 83-87.
5. Le Page, J.F., (1987), Catalyst for Hydrotreating, Applied Heterogeneous Catalyst, Edition Technicp, 357-434
6. McCarty, C.L, et al., (1993), Modifying Diesel Fuel Emission: Lower Aromatic Content and Higher Cetane Number, Fuel Reformulation, Vol. 3, No. 2, 34-39.
7. Nasution, A. S., and Jasjfi, E. (1998), Production of Unleaded Gasoline in ASEAN Countries, Presented Paper at 7<sup>th</sup> ASCOPE Refinery Workshop, Bangkok, Thailand, October 26.

8. Nasution, A. S., (1993), Catalytic Reforming Naphtha for High Octane Gasoline and Low Aromatic Production, Presented *Paper* at 4<sup>th</sup> ASCOPE, Conference and Exhibition, Bangkok, Thailand.
9. Nasution, A. S, dan Jasjfi, E., (1998), Proses Katalitik Kraming untuk Pembuatan Bensin Ramah Lingkungan, Disajikan pada Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia, ITS, Surabaya, 25-26 September.
10. Nasution, A. S, Jasjfi, E., dan Witono, H, (1999), Peranan Proses Hidroisomerisasi untuk Pembuatan Bensin Ramah Lingkungan, Disajikan pada Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia, TGP-FT UI, Jakarta, 30 Maret.
11. Nasution, A. S., Jasjfi, E., and Legowo, E. H. (1999), Hydroisomerization of Light Naphtha into Isomereate Using Bifunctional Catalyst, of Indonesia, Depok, March 29-30.
12. Nasution, A. S., and Sidjabat, O., (2004) Hydrocracking Process of Minas Vacuum Distllate into Kerosene and Diesel Product by Various Acidities of Catalysts, Presented *Paper* at Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 2004, Bandung, October 6-7.
13. Nasution, A. S., and Jasjfi, E., (1995), Hydrotreating in ASEAN Refineries, Presented Paper at 4<sup>th</sup> Refining Workshop, Bangkok, Thailand.
14. Nasution, A. S., dan Sidjabat, O., (2005), Bahan Bakar Bensin Ramah Lingkungan, *Paper* disajikan pada Seminar Nasional Teknologi Proses V, Jakarta, 23 Maret.
15. Nasution, A. S., dan Sidjabat, O., (2003), Konfigurasi Kilang untuk Pembuatan Bensin Ramah Lingkungan, *Paper* disajikan pada Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Yogyakarta, 16-17 September.
16. Nasution, A. S., Jasjfi E., and Legowo, E. H. (2001), Production of Clean Diesel Oils, Presented *Paper* at 7<sup>th</sup> Annual Fuels & Lubes Asia Conference, Bangkok, Thailand, January 30-February 2.
17. News, (1994), California Refiners Face Hurdle in Federal State RFG Rules, Oil and Gas Journal, October 10, 23-28.
18. News, (1993), New Diesel Rule Litmus Test for California Refineries Regulations, Oil and Gas Journal, August 30, 21-26.
19. Rhodes, A.K., (1996), Refiners Upgrades to meet world's toughest Gasoline, Oil and Gas Journal, September 23, 78-81.
20. Special Report, (1996), Fuel Quality Standards for Year 2000 Proposed by the European Commission, Fuels and Lubes International, Dec., Vol. 2, No. 12, pp 10-11.
21. UOP, (1995), Reformulating Gasoline, The Challenge of Reformulated Gasoline, 23-40.
22. World-Wide Fuel Charter, (2001), 5<sup>th</sup> Annual Fuels of Lubes Asia Conference, Singapore, Jan. 25-28. •