

# Proses Katalitik Reforming untuk pembuatan Bensin dan Hidrokarbon Aromat

Oleh :

A.S. Nasution

## SARI

Untuk mendapatkan data tentang tingkah laku dari proses katalitik reforming, maka telah dilakukan suatu penelitian katalitik reforming dari hidrokarbon ringan: parafin (*n*-heksana, *n*-heptana, *n*-oktana), naftena (sikloheksana, metilsiklopentana) dan fraksi nafta dengan memakai katalis reforming bi-metalik.

Penelitian ini telah dilakukan pada kondisi operasi berikut :

$T = 450$  s/d  $510^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 5$  s/d  $30$   $\text{kg}/\text{cm}^2$  dan  $\text{H}_2/\text{HC} = 4$  s/d  $10$  mol/mol dengan memakai alat Cata-test unit yang dapat dioperasikan secara kontinu pada laboratorium konversi dan katalisa PPPTMGB "LEMIGAS".

## ABSTRACT

In order to obtain data on the performance of catalytic reforming process an experiment has been carried out on the catalytic reforming of pure hydrocarbon (*n*-hexane, *n*-heptane, *n*-octane, cyclohexane, and methylcyclopentane) and naphtha, using a bi-metallic reforming catalyst.

This experiment has been carried out at the following operating condition temperature : from  $450^{\circ}$  to  $510^{\circ}\text{C}$ , pressure : from 5 to 30  $\text{kg}/\text{cm}^2$  and  $\text{H}_2/\text{HC}$  ratio: from 4 to 10 mole/mole, using a catatest unit operated in contineous system in the Convension and Catalyst laboratory, PPPTMGB "LEMIGAS".

## I. PENDAHULUAN

Sehubungan dengan naiknya pemakaian aromat sebagai bahan baku petrokimia, maka penelitian proses pembuatan hidrokarbon aromatik ini telah berkembang dengan pesatnya.

Konversi fraksi nafta dengan bantuan katalis reforming, adalah salah satu proses yang cu-

kup penting dalam pembuatan aromatik rendah, yaitu benzena, toluena, etil benzena dan xilena<sup>6)</sup>.

Mengingat kadar hidrokarbon parafin dan naftena di dalam umpan fraksi nafta adalah cukup tinggi<sup>1)</sup>, maka konversi parafin dan naftena ini menjadi aromatik adalah suatu reaksi yang cukup besar peranannya dalam proses katalitik reforming dari nafta tersebut<sup>5)</sup>.

Dewasa ini telah beroperasi lima unit proses katalitik reforming untuk pembuatan bensin dari fraksi nafta, dan pada *Unit Aromatic Center* akan dibangun unit proses katalitik reforming untuk pembuatan hidrokarbon aromatik.

Untuk mendapatkan informasi tentang proses katalitik reforming ini, maka telah dilakukan suatu seri penelitian katalitik reforming dari hidrokarbon murni *n*-heksana, *n*-heptana, *n*-oktana, metilsiklopentana, sikloheksana dan fraksi nafta dengan bantuan katalis reforming bimetalik, dengan memvariasi temperatur : 450<sup>o</sup> s/d 510<sup>o</sup>, tekanan 5 s/d 30 kg/cm<sup>2</sup> dan H<sub>2</sub>/HC : 4 dan 10 mol/mol.

Penelitian ini telah dilakukan dengan memakai alat Catatest unit yang dapat bekerja secara terus menerus. Diameter dan volume reaktor adalah masing-masing 19 mm dan 20 ml dan temperatur reaktor diregulasi. Penelitian ini telah dilakukan pada Laboratorium Konversi dan Katalisa PPPTMGB "LEMIGAS".

Data penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk menunjang kelancaran operasi proses katalitik reforming dan persiapan pembangunan unit Aromatic Center.

## II. PERCOBAAN

Untuk mendapatkan gambaran mengenai pelaksanaan penelitian proses katalitik reforming hidrokarbon murni fraksi nafta, maka akan diuraikan tiga topik berikut.

- Bahan-bahan
- Peralatan
- Analisa produk

### A. Bahan-bahan

Hidrokarbon murni *n*-heksana, *n*-heptana, *n*-oktana, metilsiklopentana dan sikloheksana, yang telah dipergunakan sebagai umpan mempunyai kemurnian 99,5%. Komposisi hidrokarbon parafin, naftena dan aromatik fraksi nafta yang telah dipakai sebagai umpan, adalah 51,3; 39,5 dan 9,2% vol.

Gas hidrogen yang diperoleh dari hasil elektrolisa air, dimurnikan lebih dahulu melalui katalis Deoxo dan dikeringkan dengan Zeolite, sebelum dimasukkan ke dalam reaktor. Kemurnian gas hidrogen tersebut adalah 99% vol.

Katalis reforming bi-metalik telah dipakai dalam penelitian ini.

### B. Peralatan

Alat Catatest unit telah dipakai dalam penelitian ini, yang dapat bekerja pada tekanan dan temperatur tinggi secara terus-menerus (Gambar 1). Diameter dalam dan volume reaktor adalah masing-masing 19 mm dan 200 ml. Temperatur reaktor dapat diregulasi dengan bantuan alat instrumen.

Prosedur pelaksanaan percobaan sebagai berikut:

- a. Katalis diisi ke dalam reaktor lalu reaktor dipasang kembali ke unit dan dites kebocoran unit tersebut.
- b. Reaktor diberi tekanan pada tekanan operasi dan gas hidrogen dialirkan sesuai dengan kondisi operasi.
- c. Reaktor dipanasi sampai 150<sup>o</sup>C, dibiarkan ± 2 jam, kemudian umpan dipompakan ke dalam reaktor.
- d. Setelah diatur kecepatan umpan, maka temperatur dinaikkan sampai temperatur operasi secara pelan-pelan.
- e. Dibiarkan selama 2 jam pada kondisi konstant, lalu percobaan baru dimulai selama 1 jam.
- f. Setiap percobaan, dicatat volume produk gas dan berat produk umpan.

### C. Analisa produk

Produk gas dan cair dari umpan hidrokarbon murni dianalisa komposisinya dengan bantuan alat gas chromatography. Dan komposisi hidrokarbon produk cair dari umpan nafta ditentukan metode average aniline point.

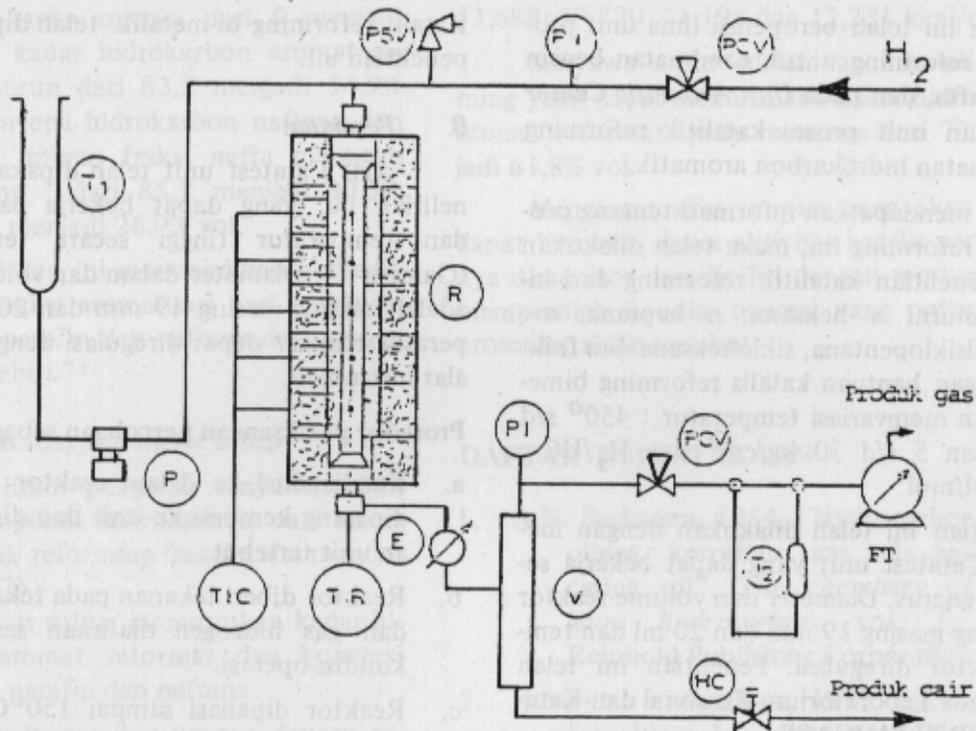
Konversi umpan dan komposisi produk dinyatakan dalam persentase mol per mol umpan.

## III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Katalitik reforming hidrokarbon murni

#### 1. Hidrokarbon parafin

Hasil penelitian katalitik reforming parafin ditunjukkan pada Gambar 2, 3, 4 dan 5.



E - Kondensator  
 FT - Gas meter  
 HC - Keran  
 P - Pompa umpan  
 PCV - Regulasi tekanan  
 PI - Manometer  
 PSV - Keran keselamatan

R - Reaktor  
 T<sub>1</sub> - Buret umpan  
 T<sub>2</sub> - Ampul gas  
 TIC - Regulasi temperatur  
 TR - Rekorder temperatur  
 V - Separator

Gambar 1. Skema Alat Catatet Unit, PPTMGB "LEMIGAS"

### Dehidrosiklisasi parafin

Hasil penelitian pengaruh temperatur pada kecepatan reaksi dehidrosiklisasi parafin menjadi aromatisasi menunjukkan bahwa :

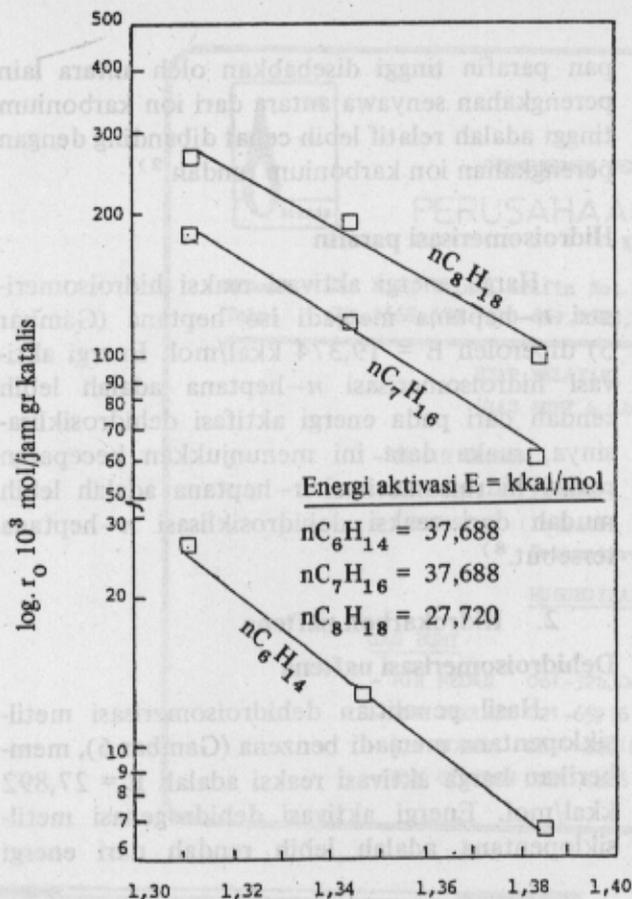
- Konversi ketiga jenis umpan parafin menjadi aromatisasi naik dengan dinaikkannya temperatur.
- Kecepatan reaksi dehidrosiklisasi parafin menjadi aromatisasi naik dengan bertambahnya jumlah atom karbon di dalam umpan parafin tersebut. Dengan ketentuan bahwa kondisi operasi  $H_2/HC = 4 \text{ mol/mol}$ ,  $T = 470^\circ\text{C}$  dan  $P = 20 \text{ kg/cm}^2$  diperoleh perbandingan kecepatan reaksi aromatisasi parafin tersebut adalah 1,0; 9,82 dan 20,9 masing-masing untuk umpan *n*-heksana, *n*-heptana dan *n*-oktana.

- Harga energi aktivasi reaksi aromatisasi *n*-heksana, *n*-heptana dan *n*-oktana menjadi aromatisasi adalah masing-masing 37,688; 33,688 dan 27,720 kkal/mol.

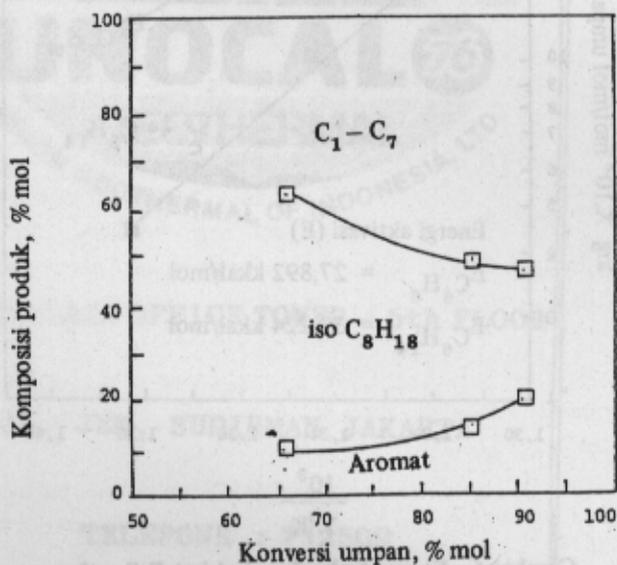
Kecepatan reaksi yang tinggi dan harga energi aktivasi yang rendah dari dehidrosiklisasi parafin tinggi, disebabkan oleh antara lain naiknya kemungkinan isomerisasi senyawa antara ion karbonium menjadi bentuk siklis, yaitu :<sup>7)</sup>

Hasil penelitian pengaruh tekanan operasi pada katalitik reforming parafin menunjukkan sebagai berikut :

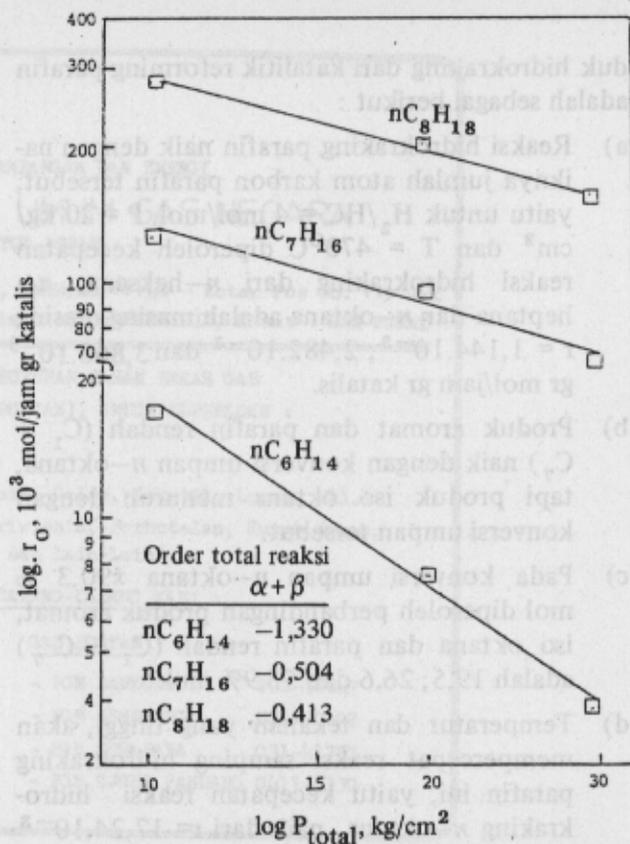
- Kecepatan reaksi dehidrosiklisasi parafin menjadi aromatisasi menurun dengan naiknya tekanan operasi.
- Pengaruh tekanan pada reaksi dehidrosiklisasi parafin menurun dengan naiknya jumlah



Gambar 2. Kurva Arrhenius dari katalitik reforming *n*-heksana, *n*-heptana, *n*-oktana dan metilsiklopentana menjadi aromatisasi



Gambar 3. Hubungan antara konversi umpan dengan komposisi produk katalitik reforming *n*-oktana



Gambar 4. Hubungan antara logaritma tekanan total katalitik reforming *n*-heksana, *n*-heptana, *n*-oktana dan metilsiklopentana dengan logaritma kecepatan reaksi aromatisasi

lah atom karbon di dalam parafin, yaitu order reaksi total dari reaksi dehidrosiklisasi *n*-heksana, *n*-heptana dan oktana menjadi aromatisasi adalah masing-masing  $-1,330$ ;  $-0,504$  dan  $-0,417$ .

Order total yang negatif terhadap tekanan total dari reaksi dehidrosiklisasi parafin menjadi aromatisasi disebabkan oleh antara lain, terjadinya penambahan jumlah molekul dari reaksi dehidrosiklisasi parafin tersebut.<sup>8)</sup>

Jadi reaksi dehidrosiklisasi parafin menjadi aromatisasi berjalan baik pada tekanan total yang rendah, akan tetapi pembentukan endapan kokas pada permukaan katalis akan naik pula pada tekanan rendah tersebut.<sup>4)</sup>

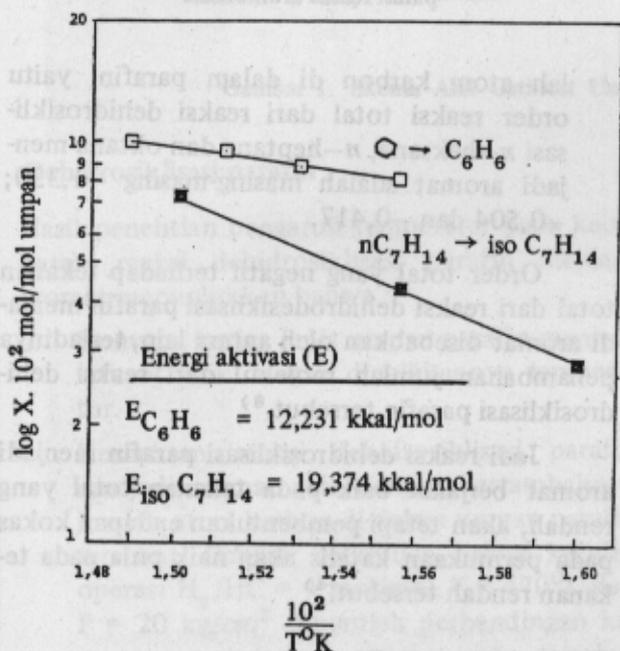
### Hidrokraking parafin

Hasil samping dari reaksi dehidrosiklisasi parafin adalah hidrokarbon rendah yang dihasilkan oleh reaksi hidrokraking parafin. Hasil penelitian pro-

duk hidrokraking dari katalitik reforming parafin adalah sebagai berikut :

- Reaksi hidrokraking parafin naik dengan naiknya jumlah atom karbon parafin tersebut, yaitu untuk  $H_2/HC = 4 \text{ mol/mol}$ ,  $P = 20 \text{ kg/cm}^2$  dan  $T = 470^\circ\text{C}$  diperoleh kecepatan reaksi hidrokraking dari  $n$ -heksana,  $n$ -heptana dan  $n$ -oktana adalah masing-masing  $r = 1,144 \cdot 10^{-3}$ ;  $2,482 \cdot 10^{-3}$  dan  $3,868 \cdot 10^{-3} \text{ gr mol/jam gr katalis}$ .
- Produk aromatik dan parafin rendah ( $C_1 + C_7$ ) naik dengan konversi umpan  $n$ -oktana, tapi produk iso oktana menurun dengan konversi umpan tersebut.
- Pada konversi umpan  $n$ -oktana  $\pm 90,3 \%$  mol diperoleh perbandingan produk aromatik, iso oktana dan parafin rendah ( $C_1 + C_7$ ) adalah 19,5; 26,6 dan 53,9% mol.
- Temperatur dan tekanan yang tinggi, akan mempercepat reaksi samping hidrokraking parafin ini, yaitu kecepatan reaksi hidrokraking  $n$ -oktana, naik dari  $r = 17,24 \cdot 10^{-3}$  menjadi  $34,23 \cdot 10^{-3} \text{ gr mol/jam gr katalis}$  jika tekanan dinaikkan dari 10 menjadi 20  $\text{kg/cm}^2$ .

Reaksi hidrokraking yang besar pada um-



Gambar 5. Kurva Arrhenius dari katalitik reforming sikloheksane dan normal heptane

pan parafin tinggi disebabkan oleh antara lain perengkahan senyawa antara dari ion karbonium tinggi adalah relatif lebih cepat dibanding dengan perengkahan ion karbonium rendah.<sup>2)</sup>

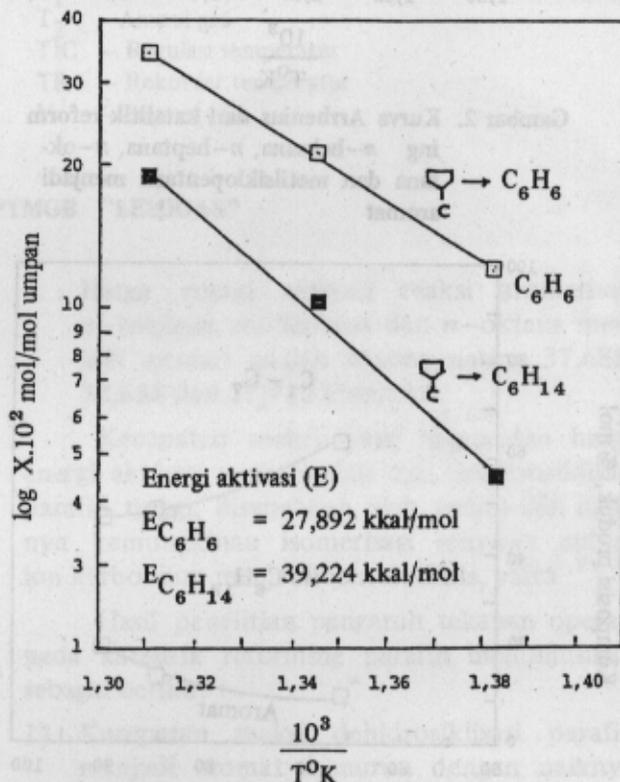
### Hidroisomerisasi parafin

Harga energi aktivasi reaksi hidroisomerisasi  $n$ -heptana menjadi iso heptana (Gambar 5) diperoleh  $E = 19,374 \text{ kkal/mol}$ . Energi aktivasi hidroisomerisasi  $n$ -heptana adalah lebih rendah dari pada energi aktivasi dehidrosiklisasinya, maka data ini menunjukkan kecepatan reaksi hidroisomerisasi  $n$ -heptana adalah lebih mudah dari reaksi dehidrosiklisasi  $n$ -heptana tersebut.<sup>8)</sup>

## 2. Hidrokarbon naftena

### Dehidroisomerisasi naftena

Hasil penelitian dehidroisomerisasi metilsiklopentana menjadi benzena (Gambar 6), memberikan harga aktivasi reaksi adalah  $E = 27,892 \text{ kkal/mol}$ . Energi aktivasi dehidrogenasi metilsiklopentana adalah lebih rendah dari energi



Gambar 6. Kurva Arrhenius dari katalitik reforming metilsiklopentane menjadi benzena dan heksane



DEPARTEMEN PERTAMBANGAN DAN ENERGI

## PERUSAHAAN UMUM GAS NEGARA

KANTOR PUSAT

Alamat : Jl. K.H. Zainul Arifin No. 20, Jakarta 11110 - Kotak Pos No. 119 Jkt  
Telp. : 659.7668-659.7670-659.7673, Telex: 45764 GASMI IA, Kawat : GAS PUSAT

SIAP MELAYANI KEBUTUHAN BAHAN BAKAR GAS  
(GAS BUMI & GAS BUATAN), UNTUK KEPERLUAN :

- RUMAH TANGGA
- INDUSTRI (Industri Kimia, Gelas, Tekstil, Logam, dll.)
- KOMERSIAL (Industri Pariwisata, Perhotelan, Rumah Makan, Perkantoran dan lain-lain).

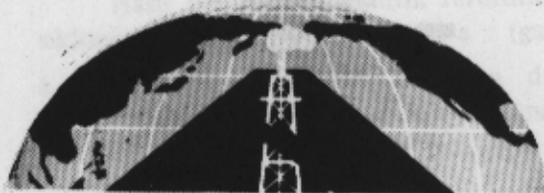
HUBUNGLAH CABANG-CABANG KAMI :

### GAS BUMI

- PGN MEDAN 061-324306
- PGN JAKARTA 021-6597673
- PGN BOGOR 0251-22018
- PGN CIREBON 0231-4486

### GAS BUATAN

- PGN BANDUNG 022-58047
- PGN SEMARANG 024-20187
- PGN SURABAYA 031-41753
- PGN UJUNG PANDANG 0411-4730



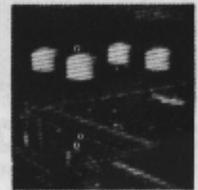
# UNOCAL 76

**GEO THERMAL**  
UNION GEOTHERMAL OF INDONESIA, LTD.

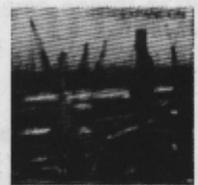
RAJU PLAZA OFFICE TOWER - 5th FLOOR

JL. JEN. SUDIRMAN JAKARTA

TELEPHONE : 712509



## ARUN LNG



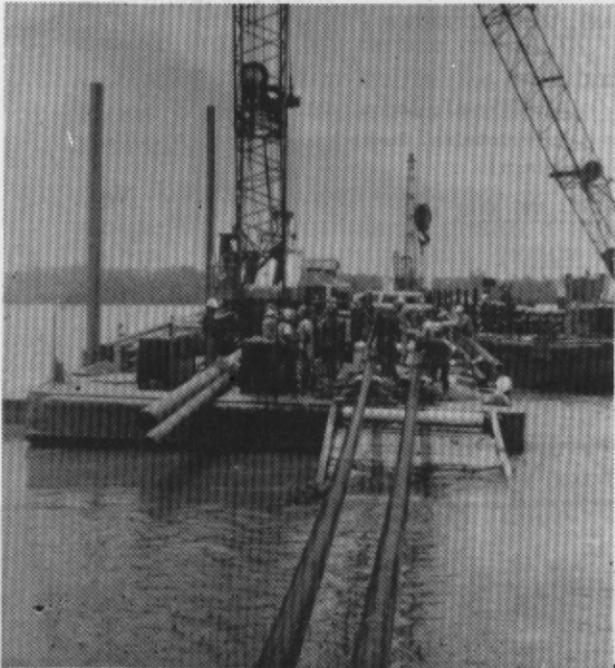
PT. ARUN NATURAL GAS LIQUEFACTION COMPANY  
PLANT OPERATOR

JAKARTA OFFICE ■ WISMA NUSANTARA PLANT ■ LHOKEUMAWA, ACEH UTARA



# PT BINA RASANO ENGINEERING

CONSTRUCTION, PROJECT MANAGEMENT  
AND GENERAL TECHNICAL SERVICES



KANTOR PUSAT : J. Sangaya I No. 47-49 Telp. 714965-772758 P.O. Box 103 Koyt. Telex : 48155 TITRS IA  
Keboayuran Baru - Jakarta Selatan  
KANTOR CABANG : Jl. Muawaman Bhaedi No. 67 Telp. 21587, Telex : 37185 Balikpapan Timur - Kalimantan Timur  
Jl. Jendral Sudirman K.M. 4.5 No. 689, Telp. 26675 - Palembang



Perta Oil Marketing Ltd was established in 1976 as a Pertamina Joint Venture Company with the specific task of marketing crude in the Pacific Area excluding Japan.

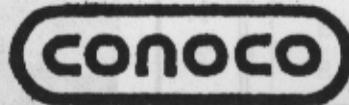
The company has been in the oil marketing business for 10 years. It is one of the four oil marketing subsidiaries of Pertamina, two in Japan, one in Hong Kong and one in Jakarta. These four marketing arms of Pertamina has each been assigned a marketing territory. Perta Oil has the largest geographical assigned for their marketing activities. Comprising the following areas, Asia (excluding Japan), Australia, and United State.

### PERTA OIL MARKETING LIMITED

Room 1107 Cornough Centre  
Cornough Road Central  
Hongkong  
Telephone 5 - 260341/44  
Telefax 5 - 8104059

### JAKARTA LIAISON OFFICE

Gedung Jaya, 11, 5  
Jl. M.H. Thamrin 12  
Jakarta Pusat  
Telephone 324-298/331-838  
Telefax : 331-811



## CONOCO INDONESIA INC.

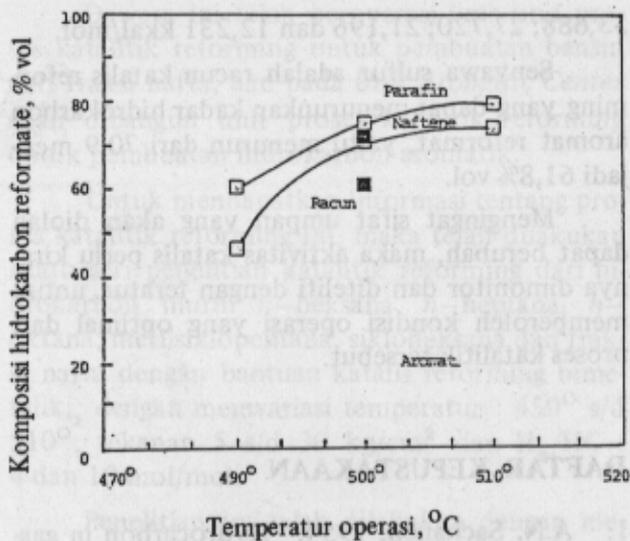
Jalan H.R. Rasuna Said Kavling 7-B

Kuningan

Jakarta, Indonesia

Telephone: 510013, 3805830

P.O. Box: 367 Telex: 47265 CONOCO IA



Gambar 7. Pengaruh temperatur operasi pada komposisi hidrokarbon reformat dari katalitik reforming fraksi nafta

aktivasi dehidrosiklisasi *n*-heksana, maka data ini menunjukkan konversi metilsiklopentana menjadi benzena adalah lebih mudah dari pada dehidrosiklisasi *n*-heksana<sup>6)</sup>.

#### Hidrodesiklisasi naftena

Hasil penelitian katalitik reforming metilsiklopentana menunjukkan bahwa : (gambar 6)

- Metilsiklopentana menghasilkan dua jenis produk yaitu : benzena dan heksana dengan perbandingan : 1 : 1,82% mol pada konversi metilsiklopentana 53,7% mol.
- Energi aktivasi reaksi hidrodesiklisasi metilsiklopentana menjadi heksana diperoleh  $E = 39,224$  kkal/mol.

Jadi pembentukan produk benzena adalah lebih mudah dari pembentukan produk heksana pada katalitik reforming metilsiklopentana.

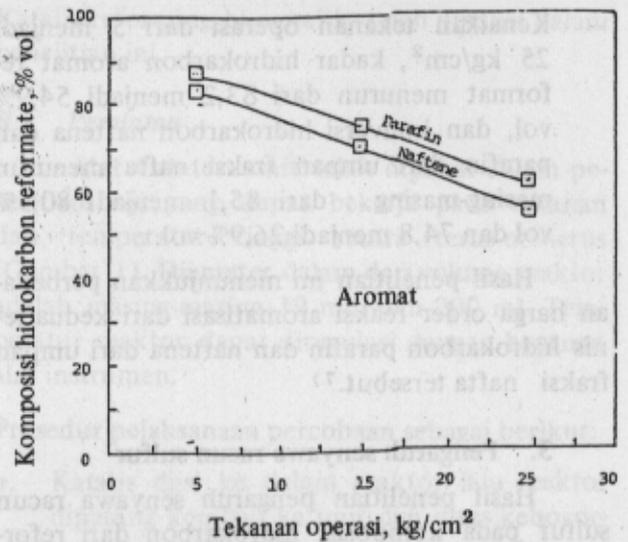
#### Dehidrogenasi naftena

Hasil penelitian dehidrogenasi sikloheksana menjadi benzena, (Gambar 5) memberikan harga energi aktivasi  $E = 12,231$  kkal/mol. Data ini menunjukkan di mana reaksi pembentukan benzena menurun dari umpan *n*-heksana < metilsiklopentana < sikloheksana.<sup>7)</sup>

### B. Katalitik reforming fraksi nafta

#### 1. Pengaruh temperatur operasi

Hasil penelitian pengaruh temperatur ope-



Gambar 8. Pengaruh tekanan operasi pada komposisi hidrokarbon reformat dari katalitik reforming fraksi nafta

rasi pada komposisi hidrokarbon reformat pada katalitik reforming fraksi nafta menunjukkan sebagai berikut : (Gambar 7)

- Kadar hidrokarbon aromatik reformat dan konversi hidrokarbon naftena dan parafin dari umpan fraksi nafta naik dengan naiknya temperatur operasi.
- Kenaikan temperatur operasi dari 490° menjadi 510° C kadar hidrokarbon aromatik reformat naik dari 46,5 menjadi 73,4% vol dan konversi hidrokarbon naftena dan parafin dari umpan fraksi nafta naik masing-masing dari 67,3 menjadi 85,1% vol dan dari 21,8 menjadi 51,9% vol.

Perbedaan kenaikan konversi dari kedua jenis hidrokarbon parafin dan naftena dari umpan fraksi nafta pada temperatur operasi tinggi disebabkan oleh perbedaan harga energi aktivasi reaksi aromatisasi dari kedua jenis hidrokarbon tersebut.<sup>4)</sup>

#### 2. Pengaruh tekanan operasi

Data penelitian pengaruh tekanan operasi pada komposisi hidrokarbon reformat pada katalitik reforming fraksi nafta menunjukkan sebagai berikut : (Gambar 8)

- Kadar hidrokarbon aromatik reformat dan konversi hidrokarbon naftena dan parafin dari umpan fraksi nafta menurun dengan naiknya tekanan operasi.

- Kenaikan tekanan operasi dari 5 menjadi 25 kg/cm<sup>2</sup>, kadar hidrokarbon aromatis reformat menurun dari 83,2 menjadi 54,9% vol, dan konversi hidrokarbon naftena dan parafin dari umpan fraksi nafta menurun masing-masing : dari 85,1 menjadi 80,5% vol dan 74,8 menjadi 26,9% vol.

Hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan harga order reaksi aromatisasi dari kedua jenis hidrokarbon parafin dan naftena dari umpan fraksi nafta tersebut.<sup>7)</sup>

### 3. Pengaruh senyawa racun sulfur

Hasil penelitian pengaruh senyawa racun sulfur pada komposisi hidrokarbon dari reformat pada katalitik reforming fraksi nafta menunjukkan (Gambar 7) :

- Senyawa racun sulfur menurunkan kadar hidrokarbon aromatis reformat dan konversi hidrokarbon parafin dan naftena.
- Umpan tanpa racun dan umpan dengan racun menghasilkan produk sebagai berikut:
  - Kadar hidrokarbon aromatis reformat menurun dari 70,9 menjadi 61,8% vol.
  - Konversi hidrokarbon parafin dan naftena dari umpan fraksi nafta menurun masing-masing dari 52,6 menjadi 44,1 % vol dan dari 88,1 menjadi 76,0% vol.

Penurunan hidrokarbon aromatis reformat dan konversi hidrokarbon parafin dan naftena dari umpan fraksi nafta dengan pemberian senyawa sulfur, disebabkan oleh rusaknya inti aktif metal platina katalis reforming.<sup>8)</sup>

### IV. KESIMPULAN

Konversi hidrokarbon parafin dan naftena menjadi aromatis, serta kadar hidrokarbon aromatis reformat akan naik pada temperatur tinggi dan tekanan rendah. Reaksi aromatisasi hidrokarbon parafin naik dengan naiknya jumlah atom karbon parafin tersebut.

Aromatisasi hidrokarbon parafin adalah lebih sulit dari aromatisasi hidrokarbon naftena, di mana energi aktivasi reaksi aromatisasi *n*-heksana, *n*-heptana, *n*-oktana, metilsklopentana dan sikloheksana adalah masing-masing 37,688;

33,688; 27,720; 21,196 dan 12,231 kkal/mol.

Senyawa sulfur adalah racun katalis reforming yang dapat menurunkan kadar hidrokarbon aromatis reformat, yaitu menurun dari 70,9 menjadi 61,8% vol.

Mengingat sifat umpan yang akan diolah dapat berubah, maka aktivitas katalis perlu kiranya dimonitor dan diteliti dengan teratur, untuk memperoleh kondisi operasi yang optimal dari proses katalitik tersebut.

### DAFTAR KEPUSTAKAAN

- A.N. Sachanen, 1954, "Hydrocarbon in gasolines, kerosines, gas oils and lubricating oil", *The chemistry of petroleum hydrocarbon, vol. 1, 5-36*, Reinhold Publishing Corporation, USA
- Advances in Catalysis*, 1951, vol. 3, Academic Press Inc, Publishers, New York, N.Y.
- B. Delmon and G.F. Froment, 1980 - *The Sulfur poisoning of Pt Alkaline L. Zeolites, Catalyst Deactivation*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Charles L. Thomas, 1970 - *Catalytic Reforming of Naphthas, Catalytic Processes and Proven Catalysts*, Academic Press, 111 Fifth Av New York.
- Eugene F. Schwarzenbek 1973, *Catalytic Reforming. Origine and Refining of Petroleum*, *Am. Chem. Society*, Washington DC.
- G.D. Hobson, 1973 - *Catalytic Reforming, Modern Petroleum Technology*, Applied Science Publisher Ltd, England.
- J.E. Germani, 1969, *Catalytic Conversion of Hydrocarbon*, Academic Press Inc, 111 Fifte Av. New York
- P. Wuithier, 1965, "Reformation Catalitique Raffinage et genie chimique, vol. 1, Edition Technip, 7 Rue Nelation, Paris 15<sup>e</sup>