

Pengoptimalan Aktivitas Katalis Perengkah dengan Deaktivasi Uap

Oleh:

A.S. Nasution, E. Jasjfi, Evita H. Legowo dan Hono Witono

SARI

Proses perengkahan katalitik umpan fraksi berat dan residu melibatkan serentetan reaksi konsekutif, sehingga konversi umpan dengan selektivitas optimal untuk menghasilkan bensin sebagai produk utama dipengaruhi oleh keoptimalan aktivitas katalis perengkah (katalis ekuilibrium). Deaktivasi uap terhadap katalis perengkah baru dapat mengendalikan aktivitas katalis perengkah sampai tingkat optimalnya sehingga produk utama bensin dapat dihasilkan secara optimal dengan suatu konversi umpan rendah.

Untuk meneliti aktivitas optimal dari katalis perengkah, telah dilakukan suatu penelitian deaktivasi uap katalis perengkah alumina-silika ($Al_2O_3-SiO_2$) pada suhu 500-700°C dan waktu deaktivasi 4-10 jam. Penelitian aktivitas katalis dilakukan dengan memakai alat Micro Activity Test (MAT) dengan umpan standar.

Berdasarkan hasil pengamatan, aktivitas optimal katalis menghasilkan konversi umpan 36,5% berat dengan produk utama bensin 32,5% berat. Katalis perengkah baru memberikan konversi umpan 45,0% berat, tetapi dengan persentase produk bensin hanya 20,6% berat. Katalis beraktivasi optimal ini memberikan kenaikan selektivitas sebesar 43,27% berat daripada yang dapat dihasilkan oleh katalis baru.

Pengaruh deaktivasi uap katalis perengkah pada konversi umpan dan produk bensin dari proses perengkahan katalitik dan mekanisme reaksi perengkahan katalitik disajikan dalam makalah ini.

ABSTRACT

Catalytic cracking of heavy distillates and residues involves a set of consecutive reactions; and feedstock conversion with optimal selectivity of gasoline product is dependent up on the optimum activity of the cracking catalyst (equilibrium catalyst). Steam deactivation of fresh cracking catalyst can reduce the cracking catalyst activity up to the optimum level to produce the optimum yield of gasoline product.

To study the optimum activity of cracking catalyst an experiment has been carried out on the steam deactivation of the fresh cracking catalyst at the following operating conditions: temperature from 500 to 700°C and time from 4 to 10 hours. Catalyst activity test was effected by using a Micro Activity Test (MAT) unit.

Based on the experimental data, at optimum activity the catalyst converts of 32,5 wt.%. Fresh cracking catalyst gives 45.0 wt.% of feedstock conversion but with on 20.6 wt.% main gasoline products. This optimum cracking catalyst gives an increase in the selectivity of 43.27 wt.% compared to the selectivity of fresh cracking catalyst.

Influence of the steam deactivated of cracking catalyst on the feedstock conversion and the yield of gasoline product, as well as the mechanism of catalytic cracking reactions are presented.

I. PENDAHULUAN

Minyak bumi yang tersedia belakangan ini cenderung mempunyai kadar belerang yang lebih tinggi, dan fraksi beratnya pun lebih banyak. Bersamaan dengan itu, kebutuhan akan bahan bakar ringan (bensin,

kerosin dan solar) makin meningkat dan lebih tinggi daripada bahan bakar berat (minyak bakar), dan ini menuntut agar kelebihan produksi residu dapat dimanfaatkan dengan mengolah lanjut residu tersebut dengan proses perengkahan [Doshier,

1996]. Sementara itu, dunia menuntut bahan bakar yang ramah lingkungan dengan persyaratan yang kian ketat.

Untuk membuat bensin ramah lingkungan diperlukan komponen-komponen bensin bermutu tinggi, yaitu antara lain, bensin rengkahan

katalitik yang persentasenya di dalam bensin mencapai antara 30-40 vol.% [Nasution, 1998].

Proses perengkahan katalitik umpan fraksi berat dan residu melibatkan serentetan reaksi konsekutif, sehingga konversi umpan dengan selektivitas optimal untuk menghasilkan bensin sebagai produk utama dipengaruhi oleh keoptimalan aktivitas katalis perengkah (katalis ekuilibrium). Deaktivasi uap terhadap katalis perengkah baru dapat mengendalikan aktivitas katalis perengkah sampai tingkat optimalnya sehingga produk utama bensin dapat dihasilkan secara optimal dengan suatu konversi umpan yang rendah.

Untuk meneliti aktivitas optimal dan katalis perengkah, telah dilakukan suatu penelitian deaktivasi uap katalis perengkah alumina-silika ($Al_2O_3-SiO_2$) pada suhu 500-700°C dan waktu deaktivasi 4-10 jam. Penelitian aktivitas katalis dilakukan dengan

memakai alat *Micro Activity Test* (MAT) dengan umpan standar.

Pengaruh deaktivasi uap katalis perengkah pada konversi umpan dan produk bensin dan proses perengkahan katalitik dan mekanisme reaksi perengkahan katalitik disajikan dalam makalah ini.

II. PERCOBAAN

A. Bahan Baku

Sebagai umpan pada penelitian proses perengkahan katalitik ini dipakai umpan standar yang dibuat dari fraksi minyak tertentu. Produk nafta standar dipakai sebagai pembandingan dalam penentuan persentase produk bensin dari hasil penelitian.

Katalis perengkahan alumina silika ($Al_2O_3-SiO_2$) industri dipakai dalam penelitian ini.

B. Peralatan Test

Metode Grace *Micro Activity Test* (MAT) dipakai dalam penelitian

dengan kondisi operasi sebagai berikut: umpan, 2ml; katalis, 5gr (unggun tetap); waktu injeksi umpan, 45 detik dan suhu, 900°F. Skema alat MAT disajikan pada Gambar 1.

C. Analisis

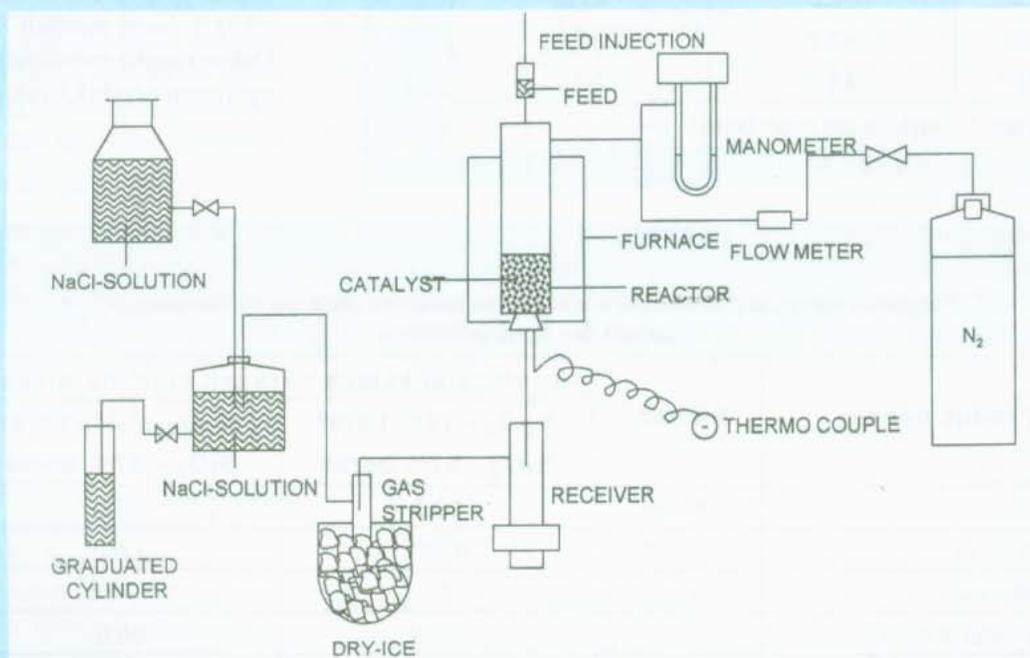
Berat produk cair ditimbang. Konversi umpan dan persentase produk bensin ditentukan dengan pembandingan luasan kromatograf yaitu masing-masing antara produk cair dan umpan standar dan antara produk bensin dan nafta standar.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Perengkahan Katalitik

Aktivitas katalis dapat dinyatakan sebagai kemampuan katalis untuk mengkonversi suatu umpan tertentu menjadi produk utama pada suatu kondisi tertentu.

Pengaruh deaktivasi uap katalis perengkah pada kondisi operasi: suhu dan 500 sampai 700°C dan waktu dari



Gambar 1
 Skema alat *Micro activity test*



Tabel 1
 Hasil perengkahan dari katalis deaktivasi

| No. | Hasil perengkahan, % berat | |
|------|----------------------------|---------------|
| | Konversi umpan | Produk bensin |
| 1. | 30,6 | 25,0 |
| 2. | 31,9 | 27,0 |
| 3. | 32,9 | 28,5 |
| 4. | 34,0 | 29,3 |
| 5. | 35,0 | 32,0 |
| 6. | 35,2 | 23,0 |
| 7. | 35,5 | 29,7 |
| 8. | 36,0 | 33,0 |
| 9. | 36,0 | 33,1 |
| 10. | 36,5 | 32,3 |
| 11. | 40,0 | 28,3 |
| 12. | 40,5 | 28,4 |
| 13. | 41,0 | 28,3 |
| 14. | 41,0 | 27,6 |
| 15. | 41,0 | 28,2 |
| 16. | 41,9 | 28,0 |
| 17. | 42,0 | 31,8 |
| 18. | 42,0 | 30,2 |
| 19. | 42,0 | 27,3 |
| 20. | 42,7 | 26,6 |
| 21.* | 45,0 | 20,6 |

Catatan: * = katalis perengkahan baru

4 sampai 10 jam terhadap konversi umpan dan produk utama bensin disajikan pada Tabel 1.

Konversi umpan menurun dan 45,0% menjadi 30,6% berat, tetapi produk bensin naik dan 20,6% menjadi 33,1% berat. Aktivitas optimal dan katalis deaktivasi (katalis ekuilibrium) adalah konversi umpan 36,5% berat dan produk bensin 32,5% berat atau selektivitas katalis 89,04% berat. Katalis baru memberikan selektivitas 45,78% berat yaitu konversi umpan 45,0% dengan produk bensin 20,6% berat.

Pada saat regenerasi katalis perengkahan bekas dengan campuran udara dan uap pada suhu tinggi, suatu proses deaktivasi terjadi pada katalis, sehingga aktivitas katalis regenerasi sulit dicapai kembali seperti aktivitas katalis perengkahan ekuilibrium. Dalam rangka penstabilan aktivitas katalis ekuilibrium di dalam reaktor, diperlukan penambahan katalis perengkahan baru yang secara kontinu.

Melalui pengoptimalan aktivitas katalis perengkahan dengan deaktivasi uap, selektivitas pembentukan produk utama bensin dapat dinaikkan dari 45,78% berat menjadi 89,04% berat. Dalam rangka mendapatkan perolehan optimum produk utama bensin dari

Tabel 2
 Pengaruh komposisi katalis perengkahan alumina-silikat pada perolehan produk bensin dan karakteristiknya

| Produk bensin | Satuan | Komposisi katalis perengkahan alumina-silikat | |
|-----------------------|-------------------|--|--|
| | | Al ₂ O ₃ - 13% berat SiO ₂ - 87% berat | Al ₂ O ₃ - 13% berat SiO ₂ - 87% berat |
| Perolehan | % vol | 50,5 | 59,0 |
| Massa jenis | g/cm ³ | 0,751 | 0,751 |
| Tekanan uap | psi | 7,7 | 7,6 |
| Angka oktana riset | | 93,3 | 96,0 |
| Komposisi hidrokarbon | | | |
| - Parafin - naftena | % vol | 23 | 34 |
| - Olefin | % vol | 43 | 35 |
| - Aromatik | % vol | 34 | 31 |

Tabel 3
Karakteristik katalis perengkah alumina-silikat baru dan ekuilibrium

| | Satuan | Alumina-silikat | | | |
|--------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|--------|-------------|
| | | Amorf | | Zeolit | |
| | | Baru | Ekuilibrium | Baru | Ekuilibrium |
| Komposisi kimia | | | | | |
| Al ₂ O ₃ | % berat | 28 | 21,5 | 31 | 25,4 |
| Karbon | % berat | 0 | 0,20 | 0 | 0,25 |
| Logam (Ni+N+Cu) | ppm | 0 | 162 | 0 | 259 |
| Karakteristik katalis | | | | | |
| Luas permukaan | m ² /g | 415 | 140 | 335 | 97 |
| Luas permukaan | cm ³ /g | 0,88 | 0,43 | 0,60 | 0,45 |
| - Aromatik | g/cm ³ | 0,39 | 0,39 | 0,70 | 0,68 |

proses perengkahan katalitik dilakukan dengan pemakaian katalis perengkah ekuilibrium beraktivitas optimal di dalam reaktor [Hobson, 1975].

B. Mekanisme Reaksi Perengkahan Katalitik

Mekanisme reaksi perengkahan dengan katalis perengkah alumina silikat (Al₂O₃.SiO₂) berjalan melalui senyawa molekul-antara ion karbonium yang dibentuk dengan bantuan dua jenis inti aktif asam katalis perengkah tersebut, yaitu inti asam Lewis dan inti asam Bronsted [Gates, 1977 dan Nace, 1969]

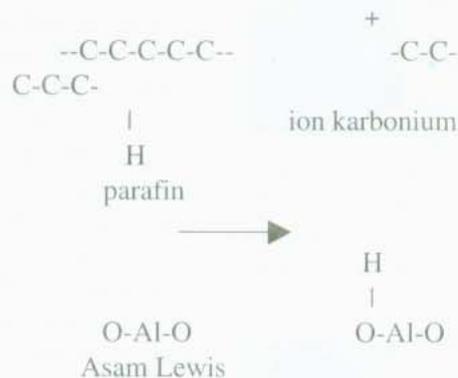
Jumlah inti asam Lewis menurun dengan berkurangnya atom alumina dari katalis perengkah alumina silikat, dan pada perbandingan atom Al/Si tertentu dari katalis perengkah alumina silikat dicapai jumlah inti asam Bronsted optimal. Total asam Bronsted lebih besar daripada total asam Lewis dari katalis perengkah alumina silikat. Dengan naiknya kadar alumina dari 13 menjadi 25% berat dari katalis perengkah tersebut perolehan produk utama bensin menjadi lebih besar (Tabel 2)[Hobson, 1975].

Molekul antara ion karbonium tidak stabil dan akan pecah menjadi olefin dan ion karbonium kecil yang lebih stabil (004) [Gemiain, 1969].

Sebagai hasil pemecahan ion karbonium tersebut diperoleh produk-produk ringan seperti: gas, bensin, kerosin dan solar.

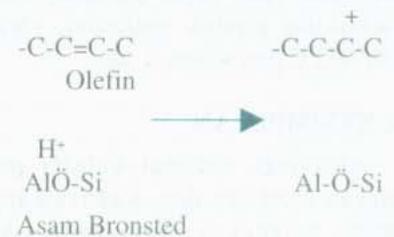
Mekanisme Inti Asam Lewis

Inti asam Lewis katalis perengkah mengikat ion hidrid (H) dari atom hidrogen umpan, dan terbentuk ion karbonium dan atom hidrogen terikat pada atom alumina dari katalis perengkah (asam Lewis). Transfer hidrogen oleh inti asam Lewis ini dapat pula meningkatkan pembentukan endapan kokas pada katalis [Gates, 1977].



Mekanisme Inti Asam Bronsted

Proton (FT) dan inti asam Bronsted katalis perengkah dengan molekul hidrokarbon tak jenuh olefin yang terbentuk dan perengkahan termal dan umpan pada saat pemanasan umpan, akan terbentuk molekul ion karbonium.



Deaktivasi uap katalis perengkah alumina silikat padat pada suhu tinggi dapat memperbesar ukuran pori-pori dan juga dealuminasi sebagian dan katalis, sehingga luas permukaan pori katalis dan jumlah inti-inti aktif asam (Lewis dan Bronsted) katalis perengkahan tersebut akan menurun. Penurunan jumlah inti aktif asam katalis perengkah mengakibatkan berkurangnya pula potensi pembentukan molekul antara ion karbonium. Deaktivasi katalis terjadi akibat penurunan luas permukaan pori. volume pori dan kenaikan massa Jenis [Baker, 1968].

Reaksi perengkahan adalah reaksi konsekutif sehingga inti aktif asam katalis perengkah yang terlalu tinggi dapat memberikan reaksi lanjut dari produk, artinya produk utama yang terbentuk dapat pecah menjadi produk samping yang lebih ringan, yaitu:





Dengan penurunan aktivitas katalis perengkah pada tingkat optimal yang disebut aktivitas katalis ekuilibrium di dalam reaktor, maka tingkat perengkahan lanjut produk utama tersebut dapat dikurangi seminimal mungkin. Karakteristik katalis baru dan katalis ekuilibrium dan alumina-silikat dan zeolit disajikan pada Tabel 3 [Wuthier, 1965]

Karena komposisi katalis alumina-silikat bervariasi cukup luas maka beberapa kondisi operasi dan deaktivasi uap dapat memberikan suatu selektivitas produk utama optimum dengan konversi umpan antara 36,0 dan 36,5% berat [Ciapetta, 1973]. Pada penelitian ini diperoleh salah satu kondisi deaktivasi uap katalis perengkah yang dapat menghasilkan selektivitas produk optimum, yaitu suhu 600°C dan waktu 6 jam.

IV. KESIMPULAN

Aktivitas optimal katalis perengkah diperoleh dari deaktivasi uap katalis perengkah baru pada suhu 600°C dan waktu 6 jam. Hasil

perengkahan umpan standar dengan katalis deaktivasi tersebut adalah konversi umpan 36,5% berat dan produk utama bensin 32,5% berat atau selektivitas katalis 89,04% berat. Katalis perengkah baru memberikan selektivitas lebih rendah 45,78% berat yaitu konversi umpan 45,0% berat dengan produk bensin 20,6% berat. Metode deaktivasi uap ini dapat dipergunakan untuk memprediksi aktivitas optimal suatu katalis perengkah alumina-silikat yang mendekati aktivitas katalis perengkah ekuilibriumnya di dalam reaktor proses perengkahan katalis.

KEPUSTAKAAN

1. Baker, R. W., Maher, P.K. dan Blazek, J.J., (1968), *Hydrocarbon Processes*, 17 (2), 125.
2. Crapelta, F.G. dan Henderson, D.S., (1973), *Oil Gas Journal*, 71 (39), 110.
3. Doshier, J.R., and Carney. J.T., (1996), *Sulfur Increases Scan* Mostly in Heavy Fraction of Lower Quality Crudes, July 29, pp. 57-76.
4. Gates, B.C., Katzer, J.R., dan Schmit, G.C.A., (1977), *Chemistry of Catalyst Processes*, Academic; New York.
5. Germain, J.E., (1969), "Catalytic Conversion of Hydrocarbons", Academic Pres Inc.
6. Hobson, G.H., (1975), *Modern Petroleum Technology, Applied Science Pub.*
7. Nace, D.M., *Ind. Eng. Chem., Prod. Res. Dev* (1969), 8 (1), 31.
8. Nasution A.S. dan Jasjfi E., (1998), Peranan Proses Perengkahan Katalitik untuk Pembuatan Bensin Ramah Lingkungan, *Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 1998*, Kampus Sukolilo ITS, Surabaya, 25-26 November 1998.
9. Wuither, P., (1965), *Raffinage et Genie Chimique*, hal. 715-745, Edition Technip, Paris. □