



STUDI DEAKTIVASI DAN REGENERASI KATALIS Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ TERSULFIDASI DALAM PROSES *HYDROTREATING* MINYAK BIJI KAPOK

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang Ilmu Teknik Kimia

oleh:

Kevin (6214060)

Ferynna (6214079)

Pembimbing:

Dr. Ir. Tatang Hernas S.

Herry Santoso, S.T, M.T.M. Ph.D



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2018

No. Kode	: TK KEV 9/18
Tanggal	: 8 Februari 2019
No. Inv.	: 4379-FTI /SKP 36847
Divisi	:
Nama	: FTI



LEMBAR PENGESAHAN


**JUDUL : STUDI DEAKTIVASI DAN REGENERASI KATALIS Ni-Mo/ γ -Al₂O₃
TERSULFIDASI DALAM PROSES *HYDROTREATING* MINYAK BIJI KAPOK**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :


Bandung, 8 Agustus 2018

Pembimbing Utama



(Dr. Ir. Tatang Hernas S.)

Pembimbing Kedua



(Herry Santoso, ST, M.T.M. Ph.D.)



SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kevin

NPM : 2014620060

Nama : Ferynna

NPM : 2014620079

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**STUDI DEAKTIVASI DAN REGENERASI KATALIS Ni-Mo/ γ -Al₂O₃
TERSULFIDASI DALAM PROSES *HYDROTREATING* MINYAK BIJI KAPOK**

adalah hasil pekerjaan kami sendiri, serta seluruh ide, pendapat, dan materi dari sumber lain, telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini kami buat dengan benar dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka kami bersedia menanggung sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 8 Agustus 2018

Kevin
(2014620060)

Ferynna
(2014620079)



LEMBAR REVISI

**JUDUL : STUDI DEAKTIVASI DAN REGENERASI KATALIS Ni-Mo/ γ -Al₂O₃
TERSULFIDASI DALAM PROSES *HYDROTREATING* MINYAK BIJI KAPOK**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 8 Agustus 2018

Penguji

(Dr.Ir. Asaf K Sugih)

Penguji

a/n

(Dr. Jenny Novianti M Soetedjo, ST.,M.Sc.)



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, penulis mampu menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Studi Deaktivasi dan Regenerasi Katalis Ni-Mo/Gamma-Alumina Tersulfidasi dalam Proses *Hydrotreating* Minyak Biji Kapok”. Penyusunan proposal penelitian ini merupakan salah satu persyaratan untuk pelaksanaan penelitian di Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Tatang Hernas S. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses pembuatan proposal ini.
2. Herry Santoso, ST, M.T.M. Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengoreksi serta memberi saran untuk penyusunan proposal penelitian ini.
3. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan semangat dan dukungan melalui doa dan perhatian.
4. Teman-teman penulis yang telah setia memberikan dukungan dan semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan baik.
5. Serta semua pihak lain yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan laporan ini.

Tiada gading yang tak retak, Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan proposal penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar dapat menjadi bahan perbaikan dalam penyusunan laporan penelitian berikutnya. Akhir kata, penulis berharap semoga proposal penelitian ini berguna bagi pembaca, serta kemajuan dan perkembangan ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang Teknik Kimia.

Bandung, 22 Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRACT	xii
INTISARI	xiii
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Premis	4
BAB II	6
2.1 Minyak Biji Kapok	6
2.2 Karakteristik dan Kandungan Minyak Biji Kapok	7
2.2.1 Karakteristik Fisika dan Kimia Minyak Biji Kapok	7
2.2.2 Kandungan Kimia Minyak Biji Kapok	9
2.3 Hydrotreating Minyak biji kapok	10
2.3.1 Hidrogenasi	11
2.3.2 Hidrodeoksigenasi (HDO)	13
2.3.3 Dekarboksilasi (DCO)	13
2.4 Katalis yang Digunakan	14
2.4.1 Promotor yang Digunakan	17
2.5 Deaktivasi	18
2.6 Regenerasi Katalis	22
BAB III	25
3.1 Metodologi Penelitian	25
3.2 Rancangan Percobaan	25
3.3 Peralatan dan Bahan	26

3.3.1 Peralatan Proses Hidrodeoksigenasi	26
3.3.2 Alat yang Digunakan pada Metode Titrasi dengan Reagen Durbetaki	27
3.3.3 Bahan Percobaan	27
3.4 Prosedur Kerja.....	29
3.4.1 Proses Preparasi dan Pembuatan Katalis	30
3.4.2 Proses Sulfidasi Katalis	31
3.4.3 Degumming dan Bleaching	32
3.4.4 Proses Hidrodeoksigenasi Minyak Biji Kapok.....	33
3.4.5 Regenerasi Katalis	35
3.5 Uji Analisis Minyak Hasil Percobaan	35
3.5.1 Analisis Kualitatif Produk Reaksi <i>Hydrotreating</i>	35
3.5.2 Analisis Kuantitatif Produk Reaksi <i>Hydrotreating</i>	36
3.6 Uji Analisis Katalis	39
3.6.1 Uji Kualitatif Katalis	39
3.6.2 Uji Kuantitatif Katalis	39
3.7 Pertimbangan Keamanan Reaktor	40
3.8 Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian.....	40
BAB IV	42
4.1. Tahap Modifikasi Alat	42
4.1.1. Reaktor Sulfidasi.....	42
4.1.2. Reaktor Hidrodeoksigenasi	43
4.2. Tahap Persiapan Bahan	44
4.2.1. Minyak Biji Kapok	44
4.2.2. Pembuatan katalis Ni-Mo/ γ – Al ₂ O ₃	45
4.3 Tahap Penelitian.....	47
4.3.1 Reaksi <i>Hydrotreating</i>	47
4.3.2 Regenerasi Katalis	49
4.4 Analisa Katalis Hasil <i>Hydrotreating</i>	50
4.5 Analisa Minyak Hasil <i>Hydrotreating</i>	51
4.5.1 Uji Densitas Produk <i>Hydrotreating</i>	53
4.5.2 Uji Viskositas Produk <i>Hydrotreating</i>	53
4.5.3 Uji Bilangan Iodium	54
4.5.4 Uji Bilangan Penyabunan	55
4.5.5 Uji Besson	58
4.5.6 Analisa FTIR.....	59

BAB V	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN A	70
LAMPIRAN B	78
LAMPIRAN C	85
LAMPIRAN D	88
LAMPIRAN E	93



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Kapuk	7
Gambar 2.2 Biji Kapuk	8
Gambar 2.3 Proses HDO dan DCO	12
Gambar 2.4 Penjenuhan Ikatan Siklopropenoid	14
Gambar 2.5 Mekanisme <i>Coking</i>	22
Gambar 3.1 Skema Rangkaian Alat Hidrodeoksigenasi	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Hidrodeoksigenasi	31
Gambar 3.3 Proses Pembuatan Katalis	32
Gambar 3.4 Proses Sulfidasi Katalis	33
Gambar 3.5 Proses Degumming dan Bleaching Minyak Biji Kapok	34
Gambar 3.6 Metodologi Proses Hidrodeoksigenasi	35
Gambar 3.7 Proses Regenerasi Katalis	36
Gambar 4.1 Reaktor Sulfidasi.....	43
Gambar 4.2 Reaktor Hidrodeoksigenasi.....	45
Gambar 4.3 Fasa Organik dan Fasa Akuatik Proses <i>Degumming</i>	46
Gambar 4.4 Al_2O_3	48
Gambar 4.5 Katalis yang Sudah Diimpregnasi.....	49
Gambar 4.6 Katalis yang Telah di Sulfidasi.....	50
Gambar 4.7 Produk <i>Hydrotreating</i>	53
Gambar 4.8 Katalis yang telah di oksidasi.....	54
Gambar 4.9 Katalis yang telah di sulfidasi kembali.....	55
Gambar 4.10 Kurva Hasil Uji Bilangan Iodium.....	59
Gambar 4.11 Kurva Hasil Uji Bilangan Penyabunan.....	61
Gambar 4.12 Kurva Konversi.....	61
Gambar 4.13 Minyak dengan katalis rasio K:P 0,4 pemakaian pertama vs Sample.....	64
Gambar 4.14 Minyak dengan katalis rasio K:P 0,4 pemakaian kedua vs Sample.....	64
Gambar 4.15 Minyak dengan katalis rasio K:P 0,4 yang telah di regenerasi vs Sample.....	65
Gambar 4.16 Minyak dengan katalis rasio K:P 0,45 pemakaian pertama vs Sample.....	65
Gambar 4.17 Minyak dengan katalis rasio K:P 0,45 pemakaian kedua vs Sample.....	66
Gambar 4.18 Minyak dengan katalis rasio K:P 0,45 yang telah di regenerasi vs Sample.....	66
Gambar 4.19 Minyak dengan katalis rasio K:P 0,5 pemakaian pertama vs Sample.....	67
Gambar 4.20 Minyak dengan katalis rasio K:P 0,5 pemakaian kedua vs Sample.....	67

Gambar 4.21 Minyak dengan katalis rasio K:P 0,5 setelah di regenerasi vs Sample.....68



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Karakteristik Fisikokimia Minyak Biji Kapok	8
Tabel 2.2 Tabel Karakteristik Fisikokimia Solar	9
Tabel 2.3 Kandungan Asam Lemak dari Minyak Biji Kapok	11
Tabel 2.4 Perbandingan Jumlah Karbon Sarah (2016).....	22
Tabel 2.5 Perbandingan Jumlah Karbon Felita, Farrah (2017)	23
Tabel 3.1 Bahan Percobaan dan Kegunaannya	29
Tabel 3.2 Rencana Kerja Penelitian	42
Tabel 4.1 Keterangan Variasi Katalis.....	53
Tabel 4.2 Deposit karbon pada permukaan katalis.....	55
Tabel 4.4 Karakteristik Minyak Biji Kapok.....	56
Tabel 4.4 Karakteristik Minyak Umpan.....	56
Tabel 4.5 Hasil Analisa Produk Hydrotreating.....	56
Tabel 4.6 Analisa Konversi Padatan.....	60



ABSTRACT

The problem that world's facing today is global warming caused by CO₂ emissions. CO₂ comes from the burning of fossil fuels used in industrial activities, transportation, and electricity. Based on the Paris Agreement made in 2015, the world situation has required that the use of petroleum as fuel be reduced due to the issue of greenhouse gas emissions (CO₂). Meanwhile, fossil fuels are a non-renewable energy source. Therefore, alternative fuel is needed as a replacement of the fossil fuel.

One alternative fuel that has the potential to become a substitute for fossil fuels is vegetable oil. Non-food vegetable oils such as kapok seed oil are suitable oil and will not compete with the food sector. In addition, this oil has a structure similar to fossil fuel with previously processed first through a hydrotreating process. The hydrotreating process involves the process of hydrogenation and deoxygenation. hydrotreating process will produce long-chain carbon that can be used as green diesel.

The experiment was conducted by preparing Gamma-Alumina catalyst using single impregnation method which started with Mo impregnation and Ni in variation of predetermined ratio. After the catalyst preparation process, catalyst need to be sulphidated to increase the activation of the catalyst. The hydrotreating process is carried out at temperature of 310°C and pressure of 50 bar. The process is carried out for 6 hours comprising 2.5 hours of hydrogenation and 3.5 hours of deoxygenation. Then the catalyst was regenerated after 3 times. The resulting product is then analyzed qualitatively which includes: Fourier Transform Infra Red, Besson Test and quantitatively include: Brunauer-Emmett-Teller (BET), conversion, carbon analysis, iodine number determination, viscosity measurement, density, and CO₂ trap.

The results showed that the highest yielding catalyst was catalyst with K: P ratio of 0.45, while the catalyst which gives the highest conversion value is catalyst with K: P ratio 0,5 with conversion at first usage equal to 92,62%. The regeneration method is effective because it can restore the performance of the catalyst almost like the first use.



INTISARI

Permasalahan yang dihadapi dunia dewasa ini adalah *global warming* yang disebabkan oleh emisi gas CO₂, yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang digunakan dalam kegiatan industri, transportasi, dan kelistrikan. Berdasarkan *Paris Agreement* yang dibuat pada tahun 2015, telah disepakati bahwa situasi dunia telah mengharuskan agar sebaiknya penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar dikurangi karena isu emisi gas rumah kaca (CO₂). Sementara itu, bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang tidak terbarukan. Oleh karena itu dibutuhkan bahan bakar alternatif sebagai pengganti dari bahan bakar fosil tersebut.

Salah satu bahan bakar alternatif yang berpotensi untuk menjadi pengganti bahan bakar fosil tersebut adalah minyak nabati. Minyak nabati non-pangan seperti minyak biji kapok adalah minyak yang cocok dan tidak akan bersaing dengan sektor pangan. Selain itu, minyak ini memiliki struktur yang serupa dengan bahan bakar fosil dengan sebelumnya diolah terlebih dahulu melalui proses *hydrotreating*. Proses *hydrotreating* melibatkan proses hidrogenasi dan deoksigenasi. Dari proses *hydrotreating* ini akan dihasilkan karbon rantai panjang yang dapat digunakan sebagai green diesel.

Percobaan dilakukan dengan melakukan preparasi katalis Gamma-Alumina terlebih dahulu menggunakan metode single impregnation yang diawali dengan impregnasi Mo kemudian Ni dalam variasi rasio yang telah ditetapkan. Setelah proses preparasi katalis, dilanjutkan dengan proses sulfidasi untuk meningkatkan keaktifan katalis. Katalis yang telah siap dimasukkan ke dalam reactor bersama minyak biji kapok. Proses *hydrotreating* dilakukan pada temperature 310°C dan tekanan 50 bar. Proses dilakukan selama 6 jam yang terdiri dari proses hidrogenasi selama 2,5 jam dan proses deoksigenasi selama 3,5 jam. Lalu katalis diregenerasi setelah pemakaian 3 kali. Produk yang dihasilkan kemudian dianalisa secara kualitatif yang meliputi : *Fourier Transform Infra Red*, Uji Besson dan secara kuantitatif meliputi: *Brunauer-Emmett-Teller* (BET), konversi, analisa karbon, penentuan bilangan iodium, pengukuran viskositas, pengukuran densitas dan CO₂ trap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis yang memberikan *yield* tertinggi adalah katalis dengan rasio K:P 0,45. Sementara katalis yang memberikan nilai konversi tertinggi adalah katalis dengan rasio K:P 0,5 dengan konversi pada pemakaian pertama sebesar 92,62%. Metode regenerasi yang diterapkan sudah baik karena mampu mengembalikan performa katalis hampir seperti pemakaian pertama.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan yang dihadapi dunia dewasa ini adalah *global warming* yang disebabkan oleh emisi gas CO₂. CO₂ berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang digunakan dalam kegiatan industri, transportasi, dan kelistrikan. Berdasarkan *Paris Agreement* yang dibuat pada tahun 2015, telah disepakati bahwa situasi dunia telah mengharuskan agar sebaiknya penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar dikurangi karena isu emisi gas rumah kaca (CO₂).

Selain itu, permasalahan berikutnya yaitu krisis bahan bakar fosil. Populasi manusia yang terus bertambah berdampak pada peningkatan kebutuhan energi, sebagian besar energi dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Sementara itu, bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang tidak terbarukan. Oleh karena itu dibutuhkan bahan bakar alternatif sebagai pengganti dari bahan bakar fosil tersebut.

Salah satu bahan bakar alternatif yang berpotensi untuk menjadi pengganti bahan bakar fosil tersebut adalah minyak nabati (misalnya minyak kelapa sawit), karena minyak nabati merupakan sumber daya yang terbarukan dan ramah lingkungan. Metode ini telah diaplikasikan dalam bidang insutri, contohnya pada pabrik Neste Oil di Singapura yang memproduksi bahan bakar diesel dari minyak kelapa sawit. Akan tetapi, minyak kelapa sawit telah banyak digunakan dalam bidang pangan sehingga dikhawatirkan dapat mengurangi produksi makanan bagi populasi masyarakat yang terus bertambah, juga dapat membuat harga minyak kelapa sawit menjadi tinggi.

Alternatif lain pengganti minyak kelapa sawit adalah minyak biji kapok yang merupakan minyak non-pangan sehingga tidak akan bersaing dengan sektor pangan. Selain itu, struktur asam palmitat (C₁₆H₃₂O₂) yang terdapat dalam minyak biji kapok memiliki kemiripan dengan hidrokarbon berantai lurus, heksadekan (C₁₆H₃₄) yang merupakan bahan bakar yang umum digunakan saat ini. jadi pengolahan tidak terlalu sulit. Di Indonesia, pohon kapok dapat tumbuh dengan mudah dan minyak biji kapok belum dimanfaatkan.

Namun, minyak biji kapok perlu diolah terlebih dahulu sebelum dijadikan bahan bakar. Hal ini dikarenakan adanya gugus siklopropanoid dalam minyak biji kapok yang menyebabkan kestabilan oksidasi dan termal minyak biji kapok rendah sehingga mudah terpolimerisasi

akibatnya terjadi penyumbatan sistem injeksi bahan bakar. Untuk mencegah hal tersebut dilakukan proses *hydrotreating* yang bertujuan untuk menjenuhkan ikatan rangkap ganda dan memutuskan gugus siklopropenoid dalam rantai asam lemak minyak biji kapok.

Proses *hydrotreating* melibatkan proses hidrogenasi dan deoksigenasi, dimana pada proses ini gugus siklopropenoid dapat putus dan berganti menjadi hidrokarbon bercabang metil. Adanya hidrokarbon bercabang metil ini sangat menguntungkan karena dapat menurunkan *cloud point*, serta dapat meningkatkan *cold flow properties* dari biohidrokarbon yang dihasilkan (Hudaya, et al., 2013) *Cold flow properties* menunjukkan kemampuan hidrokarbon untuk digunakan pada suhu rendah. Tetapi proses hidrogenasi membutuhkan energi aktivasi yang besar sehingga perlu digunakan katalis.

Katalis yang digunakan adalah NiMo/ γ -Al₂O₃ tersulfidasi. Untuk mencegah interaksi antara logam dan *support* yang dapat menghambat reaksi, promotor *Phosporus* (P) dan Kalium (K) ditambahkan ke dalam katalis. Namun, pemakaian katalis yang terus menerus dapat menyebabkan katalis menjadi terdeaktivasi sehingga tidak dapat digunakan lagi. Oleh karena itu katalis perlu diregenerasi untuk mengaktifasi kembali katalis tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Proses *Hydrotreating* dengan menggunakan katalis NiMo/ γ -Al₂O₃ dapat mengubah minyak biji kapok menjadi bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan karena dapat memutus gugus siklopropenoid menjadi hidrokarbon berantai panjang. Hasilnya berupa biodiesel dengan *cold flow properties* yang baik. Namun, katalis yang digunakan dapat terdeaktivasi akibat pemakaian yang terus menerus. Cara regenerasi yang tepat dapat membuat katalis yang telah terdeaktivasi tersebut dapat digunakan lagi, sehingga menghemat biaya.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah mempelajari pengaruh rasio promotor P dan K terhadap deaktivasi katalis dan cara meregenerasi katalis. Tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut :

I.3.1 Mempelajari pengaruh komposisi promotor KOH terhadap kinerja katalis dan pencegahan *coke formation*.

I.3.2 Mempelajari cara meregenerasi katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dan kinerja katalis setelah diregenerasi.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian yang diusulkan terbatas dan hanya menyelidiki :

1.4.1 Jenis minyak yang digunakan dalam penelitian adalah minyak biji kapok (*Ceiba pentandra*).

1.4.2 Temperatur operasi yang digunakan adalah 310°C untuk proses deoksigenasi

1.4.3 Tekanan operasi dilangsungkan pada 40 bar untuk proses deoksigenasi

1.4.4 Waktu operasi adalah 3,5 jam untuk proses deoksigenasi.

1.4.5 Perlakuan hidrogenasi awal selama 2,5 jam pada temperatur 230°C dan pada tekanan 30 bar.

1.4.6 Katalis diregenerasi dengan difurnace pada suhu 550°C selama 1 jam.

1.4.7 Variabel respon kualitatif yang diperiksa dari proses deoksigenasi adalah kualitas minyak hasil deoksigenasi dengan analisis FTIR dan uji Besson.

1.4.8 Variabel respon kuantitatif yang diperiksa dari *green diesel* yield proses deoksigenasi adalah pengukuran densitas, pengukuran viskositas, penentuan bilangan iodium, penentuan bilangan sabun.

1.4.9 Variabel respon yang diperiksa dari proses *coke formation* adalah banyaknya karbon yang terdeposit pada permukaan katalis dengan analisa gravimetri dengan furnace.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat memberi manfaat, antara lain :

1. Bagi mahasiswa :

- a. Dapat memahami proses *hydrotreating* dalam mengkonversi minyak biji kapok menjadi biohidrokarbon.
- b. Dapat memahami proses deaktivasi katalis NiMo/ γ -Al₂O₃ dan cara meregenerasinya.

2. Bagi masyarakat :

- a. Dapat menambah wawasan mengenai proses *hydrotreating* dengan katalis NiMo/ γ -Al₂O₃ dan cara meregenerasinya.

3. Bagi industri dan pemerintah :

- a. Dapat mengetahui cara regenerasi katalis NiMo/ γ -Al₂O₃ dalam proses *hydrotreating*

1.6 Premis

No.	Nama Peneliti	Proses	Katalis	Regenerasi	Hasil Percobaan
1.	Teixera da Silva, V.L.S, Lima, F.P., Dieguez, L.C, Schmal,M. 1998.	<i>Hydrotreating Irati shale oil</i>	Ni-Mo/ γ - Al_2O_3 tersulfidasi	- Oksidasi (1,6% v/v O_2/N_2) - Reduksi (5% v/v H_2/N_2) - Laju alir 2,4 L/jam,673K	Terdeaktivasi : S 6,33%wt, C 15,7% wt Regenerasi dengan reduksi : S 6,7%, C 12% Regenerasi dengan oksidasi : S dan C habis
2.	Rodiansono, Trisunaryanti, Wega. 2005.	<i>Hydrocracking Plastik</i>	Ni-Mo/Z	- Oksidasi (aliran gas O_2 10 ml/min, 4 jam, 400°C) - Reduksi (aliran gas H_2 10 ml/min, 2 jam, 400°C)	Ni-Mo/Z setelah pemakaian ke-5 dan setelah regenerasi : - - konversi hidrokarbon $C>12$ 38,21% b/b → 49,08% b/b, - total hasil fraksi bensin 63,29% b/b → 73,5% b/b - selektivitas C_5-C_6 7% area → 27,2% area - selektivitas C_7-C_8 43,66% area → 56,95% area

3.

Bogdanor, James, Rase,
Howard, F. 1986.

- Hidrogenasi :
92% wt
sikloheksana
- Hidrodesulfurasi
: 8% wt
thiophene

Ni-Mo

- Menggunakan mikroreaktor
dengan nitrogen 15 psig
- Nitrogen diganti dengan
udara 30 menit setelah suhu
regenerasi tercapai (± 300 dan
 500°C)
- Aliran udara terus diberikan
hingga 2x jumlah udara
teoritis yang diperlukan
untuk membakar *coke*

Surface area :

- Katalis baru : $167 \text{ m}^2/\text{g}$
- Katalis baru setelah
disulfidasi : $132 \text{ m}^2/\text{g}$
- Katalis terpakai : $115 \text{ m}^2/\text{g}$
- Katalis diregenerasi
pada 380°C : $183 \text{ m}^2/\text{g}$
- Katalis diregenerasi
pada 500°C : $155 \text{ m}^2/\text{g}$