



**AKTIVITAS KATALITIK  $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  
 $\text{CoMo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  PADA REAKSI HIDROGENASI**

***ROSIN OIL***

SKRIPSI

disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

oleh:

Affrin Selviana Ningtyas

4311413084

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2017**

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 9 Juni 2017



Affrin Selviana Ningtyas

4311413084

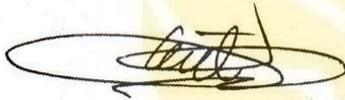
**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

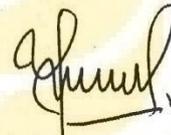
Semarang, 9 Juni 2017

Pembimbing I,



Drs. Sigit Priatmoko, M.Si  
196504291991031001

Pembimbing II,



Dr. Jumaeri, M.Si  
196210051993031002

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

**Aktivitas Katalitik CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan CoMo/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pada Reaksi  
Hidrogenasi Rosin Oil**

disusun oleh

Affrin Selviana Ningtyas

4311413084

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada  
tanggal 12 Juli 2017.



Panitia,  
Ketua  
Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si, Akt  
196412231988031001

Sekretaris

Dr. Nanik Wijayanti, M.Si  
196910231996032002

Ketua Penguji

Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si  
197810282006042001

Anggota Penguji/  
Pembimbing I

Drs. Sigit Priatmoko, M.Si  
196504291991031001

Anggota Penguji/  
Pembimbing II

Dr. Jumaeri, M.Si  
196210051993031002

Anggota Penguji/  
Pembimbing III

Dr. Eng. Nino Rinaldi  
197706122001121001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

“Orang yang hebat tidak dihasilkan melalui kemudahan, kesenangan dan kenyamanan. Mereka dibentuk dari kesukaran, tantangan dan air mata”

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, dan apabila engkau telah selesai dari suatu urusan, tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain” (QS. Al Insyirah).

### PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

- ❖ Bapak dan Ibu tercinta yang tak pernah berhenti memberikan doa, kasih sayang dan dukungan dalam semua hal.
- ❖ Adikku tercinta yang selalu memberikan semangat dan warna-warni kehidupan.
- ❖ Semua keluarga besarku yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa.

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PRAKATA

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi dengan judul Aktivitas Katalitik CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan CoMo/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pada Reaksi Hidrogenasi *Rosin Oil*.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan Skripsi. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nanik Wijayanti, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Sigit Priatmoko, M.Si. dan Dr. Jumaeri, M.Si. selaku Dosen Pembimbing di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang telah membagikan ilmu, memberikan petunjuk, dan bimbingan dengan penuh kesabaran sehingga Skripsi ini dapat selesai dengan baik.
4. Dr. Eng. Agus Haryono selaku Kepala Pusat Penelitian Kimia-LIPI.
5. Dr. Eng. Nino Rinaldi selaku Peneliti LIPI dan Pembimbing yang telah memberikan pengarahan, pengetahuan, serta bimbingannya selama proses penelitian Skripsi di Pusat Penelitian Kimia-LIPI PUSPIPTEK Serpong.
6. Nuni Widiarti, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Penguji Utama yang telah memberikan evaluasi, pengarahan, dan bimbingan dalam penyusunan Skripsi.
7. Savitri, M.T selaku Peneliti LIPI yang telah memberikan masukan, pengarahan dan bimbingannya selama proses penelitian Skripsi di Pusat Penelitian Kimia-LIPI PUSPIPTEK Serpong.
8. Para analis dan juru sampel laboratorium di Pusat Penelitian Kimia-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang turut membantu terlaksananya penelitian.
9. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah membekali ilmu pengetahuan selama penulis mengikuti pendidikan di kampus UNNES.

10. Teman-teman seperjuangan Kimia angkatan 2013 yang tidak pernah bosan untuk membantu dan memberi saran, kritik, serta pemahaman kepada penulis.
11. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat penulis sebutkan semuanya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan oleh penulis di masa yang akan datang.

Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, seluruh mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Semarang khususnya dan memberikan kontribusi positif bagi khazanah bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Semarang, 9 Juni 2017

Penulis



## ABSTRAK

Ningtyas, A.S. 2017. *Aktivitas Katalitik CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan CoMo/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pada Reaksi Hidrogenasi Rosin Oil*. Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Nino Rinaldi dan Pembimbing Pendamping Drs. Sigit Priatmoko, M.Si. serta Dr. Jumaeri, M.Si.

Kata kunci: *Rosin Oil*, hidrogenasi, perengkahan

Kebutuhan bahan bakar setiap tahun mengalami peningkatan, tetapi tidak diimbangi jumlah cadangan bahan bakar fosil yang tersedia. Solusi alternatif yaitu menggunakan bahan bakar ramah lingkungan misalnya mengkonversi tanaman menjadi bahan bakar. *Rosin Oil* merupakan salah satu energi terbarukan yang berpotensi sebagai sumber bahan bakar dengan cara diolah kembali dengan proses perengkahan. Tujuan penelitian adalah mengetahui aktivitas katalis CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> komersial, CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoMo/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada proses hidrogenasi *Rosin Oil*. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu sintesis dan karakterisasi katalis, serta proses hidrogenasi dan perengkahan. Sintesis katalis dilakukan dengan impregnasi logam Co dan Mo ke dalam penyangga Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang dikeringkan pada suhu 100°C dan dikalsinasi selama 5 jam dengan suhu 500°C. Katalis dikarakterisasi dengan XRD, SAA, XRF, dan TPD. Penentuan katalis terbaik dilakukan dengan uji aktivitas proses hidrogenasi dan perengkahan pada kondisi suhu 300°C, tekanan 30 bar selama 4 jam dan diperoleh katalis terbaik CoMo/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menghasilkan fraksi (C<sub>12</sub>-C<sub>15</sub>) tertinggi yaitu 39,19%.



## ***ABSTRACT***

Ningtyas, A.S. 2017. Catalytic Activity CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CoMo/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on Hydrogenation Reactions of Rosin Oil. Undergraduate Thesis. Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Semarang State University. Primary Supervisor: Dr. Nino Rinaldi. Supervising Companion: Drs. Sigit Priatmoko, M.Si. and Dr. Jumaeri, M.Si.

Keyword: Rosin Oil, hydrogenation, cracking

Fuel needs are increasing every year, but not equivalence by the amount of available fossil fuel reserves. Solutions is to use fuel that is environmentally for example by converting plants into fuel. Rosin Oil is one of the renewable energy that has the potential to be developed as a fuel source by re-processed by cracking process. The aim of this research is to know the commercial activity of CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst, CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoMo/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on rosin oil hydrogenation process. This research was conducted in three stages: synthesis and catalyst characterization, and hydrogenation and cracking process. The catalyst synthesis was carried out by impregnation of Co and Mo into a dried support of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Mg-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> at 100°C for 5 hours at 500°C. The catalyst is characterized by XRD, SAA, XRF, and TPD. The best catalyst determination was performed by hydrogenation and cracking activity test at optimum temperature 300°C, pressure 30 bar for 4 hours and shows that the best catalyst CoMo/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> produced the highest C<sub>12</sub>-C<sub>15</sub> fraction is 39,19%.



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB	
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Katalis .....	6
2.2 Logam Cobalt .....	7
2.3 Logam Molibdenum .....	8
2.4 Logam Magnesium .....	9
2.5 Penyangga Alumina ( $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) .....	10
2.6 Gondorukem ( <i>Rosin Oil</i> ) .....	11
2.7 Metode Impregnasi .....	13
2.8 Proses Perengkahan dan Hidrorengkah .....	15
2.9 Analisis dan Karakterisasi .....	16
2.9.1 Analisis Difraksi Sinar-X (XRD) .....	16

2.9.2 XRF .....	18
2.9.3 Isoterm BET .....	18
2.9.4 Temperatur Program Desorption (TPD) .....	20
2.9.5 <i>Cromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS)</i> .....	21
3. METODE PENELITIAN .....	22
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
3.2 Variabel Penelitian .....	22
3.2.1 Variabel Bebas .....	22
3.2.2 Variabel Terikat .....	22
3.2.3 Variabel Terkendali .....	23
3.3 Alat dan Bahan .....	23
3.3.1 Alat .....	23
3.3.2 Bahan .....	23
3.4 Prosedur Penelitian .....	24
3.4.1 Impregnasi logam $\text{MoO}_3$ .....	24
3.4.2 Impregnasi logam $\text{CoO}$ .....	25
3.4.3 Impregnasi oksida $\text{MgO}$ .....	25
3.5 Karakterisasi Katalis .....	26
3.6 Uji Aktivitas Katalitik .....	26
3.6.1 Proses Sulfidasi .....	26
3.6.2 Proses Perengkahan dan hidrogenasi .....	27
4. PEMBAHASAN .....	29
4.1 Preparasi katalis .....	29
4.1.1 Sintesis katalis .....	31
4.1.2 Kalsinasi katalis .....	32
4.2 Karakterisasi katalis .....	33
4.2.1 Karakterisasi dengan XRD .....	33
4.2.2 Karakterisasi dengan XRF.....	41
4.2.3 Karakterisasi dengan BET .....	42
4.2.4 Karakterisasi dengan TPD .....	45

4.3 Uji aktivitas katalis $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Mg-Al}_2\text{O}_3$ , $\text{CoMo/Al}_2\text{O}_3$ , $\text{CoMo/Al}_2\text{O}_3$ komersial, $\text{CoMo/MgO-Al}_2\text{O}_3$ .....	48
4.3.1 Proses sulfidasi katalis .....	48
4.3.2 Proses perengkahan dan hidrogenasi <i>Rosin Oil</i> .....	49
4.3.3 Analisis GC-MS .....	50
4.3.4 Hubungan kebasaaan, porositas, dan derajat kristalinitas katalis terhadap hasil hidrogenasi <i>Rosin Oil</i> .....	58
5. PENUTUP .....	61
5.1 Simpulan .....	61
5.2 Saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA .....	63
LAMPIRAN .....	69



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komponen utama dalam senyawa <i>Rosin Oil</i> .....	13
Tabel 4.1 Perubahan berat katalis sebelum dan sesudah kalsinasi .....	30
Tabel 4.2 Data 2 theta , intensitas tiga puncak tertinggi dan ukuran kristal pada masing-masing katalis .....	40
Tabel 4.3 Kristalinitas katalis .....	41
Tabel 4.4 Data hasil pengujian X-Ray Fluorescence Katalis.....	42
Tabel 4.5 Luas permukaan padatan berpori, rerata jejari pori, volume pori, dan ukuran kristal .....	43
Tabel 4.6 Tingkat kebasaan pada masing-masing katalis.....	46
Tabel 4.7 Hasil analisis GC-MS kandungan senyawa dalam <i>Rosin Oil</i> ....	51
Tabel 4.8 Hubungan kebasaan, porositas, dan derajat kristalinitas katalis terhadap hasil hidrogenasi <i>Rosin Oil</i> .....	58

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur asam resin tipe abietat .....	12
Gambar 2.2 Hidrogenasi asam abietat .....	15
Gambar 2.3 Perengkahan gondorukem .....	16
Gambar 2.4 Difraksi sinar-X pada kisi kristal .....	17
Gambar 2.5 GC-MS dari <i>Rosin Oil</i> .....	21
Gambar 3.1 Reaktor perengkahan hidrogenasi <i>system batch</i> .....	24
Gambar 3.2 Reaktor sulfidasi .....	27
Gambar 4.1 Kromatogram hasil analisis XRD katalis (a) $\text{Al}_2\text{O}_3$ dan (b) $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ .....	34
Gambar 4.2 Kromatogram hasil analisis XRD katalis (a) $\text{Al}_2\text{O}_3$ , (b) $\text{Mo/Al}_2\text{O}_3$ , dan (c) $\text{Mo/MgO-Al}_2\text{O}_3$ .....	36
Gambar 4.3 Kromatogram hasil analisis XRD katalis (a) $\text{Al}_2\text{O}_3$ , (b) $\text{CoMo/Al}_2\text{O}_3$ , (c) $\text{CoMo/Al}_2\text{O}_3$ komersial, dan (d) $\text{CoMo/MgO-Al}_2\text{O}_3$ .....	37
Gambar 4.4 Spektra katalis $\text{CO}_2$ -TPD (a) $\text{Al}_2\text{O}_3$ , (b) $\text{Mg-Al}_2\text{O}_3$ , (c) $\text{CoMo/Al}_2\text{O}_3$ komersial, (d) $\text{CoMo/Al}_2\text{O}_3$ , dan (e) $\text{CoMo/Mg-Al}_2\text{O}_3$ .....	47
Gambar 4.5 Kromatogram GC-MS <i>Rosin Oil</i> .....	51
Gambar 4.6 Mekanisme reaksi perengkahan <i>Rosin Oil</i> .....	53
Gambar 4.7 Reaksi hidrogenasi <i>Rosin Oil</i> .....	54
Gambar 4.8 Perbedaan jumlah atom C pada proses perengkahan dan hidrogenasi <i>Rosin Oil</i> .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan .....	69
A. Perhitungan pembuatan katalis .....	69
B. Perhitungan penghilangan bobot katalis .....	75
C. Perhitungan ukuran kristal .....	76
D. Perhitungan kristalinitas katalis.....	78
Lampiran 2. Cara Kerja .....	82
Lampiran 3. Instrumentasi Pengumpul Data .....	93
A. Hasil analisis XRD .....	93
B. Hasil analisis BET.....	100
C. Hasil analisis XRF.....	105
D. Hasil analisis TPD .....	106
E. Hasil analisis GC-MS .....	111
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian .....	125



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan bahan bakar setiap tahunnya mengalami peningkatan (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2012). Namun demikian, peningkatan kebutuhan bahan bakar tersebut tidak diimbangi dengan jumlah cadangan bahan bakar fosil yang tersedia. Kondisi tersebut mendorong beberapa peneliti untuk melakukan uji coba dan mencari solusi bahan bakar terbarukan yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Para peneliti melakukan penelitian tentang bagaimana mencari solusi bahan bakar terbarukan dengan memperhatikan faktor-faktor. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan yaitu harus mampu produksi energi dalam skala besar dengan jumlah biaya yang rendah serta mampu meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan.

Saat ini pemerintah mencoba mengupayakan penghematan energi dengan cara menggunakan bahan baku yang bersifat *renewable*, misalnya bahan bakar bio. Salah satu cara untuk mendapatkan bahan bakar bio yaitu dengan proses perengkahan bahan alam minyak nabati yang didukung dengan menambahkan katalis. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkonversi minyak nabati menjadi produk yang lebih bernilai, misalnya dengan mengkonversi tanaman menjadi bahan bakar misalnya minyak kelapa sawit (Rahayu *et al.*, 2013), minyak

nyamplung (Rasyid, R., *et al.*, 2015), minyak laka (Santi, D. dan Lisna Efiyanti, 2013), minyak gondorukem atau *Rosin Oil* (Coll, R., 2001; Lubis 2011; Savitri *et al.*, 2013).

*Rosin oil* merupakan produk hasil penyulingan getah pinus yang tersusun dari berbagai tipe oleoresin. Tipe asam resin dari *Rosin Oil* dikelompokkan menjadi dua yaitu tipe abietat dan tipe palmitat. Dimana kedua asam tersebut memiliki rumus molekul sama yaitu  $C_{20}H_{30}O_2$  (Kirk & Othomer dikutip Lubis, 2011). Hal ini menunjukkan bahwa *rosin oil* memiliki rantai hidrokarbon panjang yang memungkinkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar nabati (*biofuel*) dengan cara diolah kembali melalui proses perengkahan dan hidrogenasi.

Jenis katalis yang banyak diterapkan pada reaksi perengkahan adalah katalis heterogen. Katalis ini memberikan kemudahan dalam hal pemisahan dan dapat digunakan kembali. Dutta dan Schobert (1993) melaporkan bahwa proses perengkahan dan hidrogenasi gondorukem menggunakan katalis Ni-Mo/ $Al_2O_3$  menghasilkan sikloalkana dan senyawa hidroaromatik yang dapat digunakan sebagai bahan bakar jet. Tong *et al.*, (2014) menjelaskan bahwa proses *catalytic cracking rosin oil* dengan katalis montmorillonit dapat menghasilkan minyak essensial ( $C_{13}$  dan  $C_{15}$ ) sebesar 64,87% serta minyak non-essensial ( $C_{13}$  dan  $C_{19}$ ) sebesar 61,23%. Coll *et al.* (2001) menjelaskan bahwa konversi *tall oil* dengan katalis Ni-Mo dan Co-Mo komersial tersulfidasi akan menghasilkan zat aditif untuk bahan bakar bensin dan solar.

Wijanarko *et al.*,(2006) menjelaskan bahwa produksi biogasoline dari minyak sawit melalui perengkahan katalitik dengan katalis  $\gamma$ -Alumina

menghasilkan yield sebesar 11,8% (v/v) dan konversi sebesar 28,0% (v/v). Penelitian Savitri *et al.*, (2013) menunjukkan bahwa katalis Cu-Ni/HZSM-5 menghasilkan produk kumena yang lebih banyak (1,44%) dibandingkan dengan katalis NiMo/HZSM-5 (0,19%) Sedangkan menurut penelitian (Rasyid, 2015) menunjukkan bahwa 15% katalis CoMo dengan support Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> merupakan penggunaan katalitik yang tertinggi. Hasil Produk yang tertinggi adalah 39,58% gasoil, 31,32% bensin, dan 7,44% minyak tanah.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka penelitian ini akan dilakukan proses hidrogenasi *rosin oil* dengan menggunakan katalis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoMo/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> komersial. Penggunaan logam cobalt sebagai katalis berperan untuk meningkatkan aktivitas, stabilitas, dan selektivitas suatu katalis. Penggunaan logam magnesium bertujuan untuk mengurangi sisi keasaman pada *support* Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Chen, *et al.*, 2016). Sedangkan penggunaan logam molibdenum digunakan sebagai komponen aktif dalam proses *hydrotreating* yang dapat meningkatkan aktivitas dan selektivitas suatu reaksi (Siswodiharjo, 2006). Penggunaan *support*  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dikarenakan memiliki *surface acidity* yang dapat dikontrol sehingga memiliki kestabilan termal dan luas permukaan yang tinggi (Santen, 2000) serta memiliki kekuatan asam dan mekanik yang paling tinggi sehingga biasanya digunakan dalam proses *catalytic cracking*, *hidrotreating*, dan lain-lain (Ulfah & Subagjo, 2012; Zhao *et al.*, 2015).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakter katalis  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Co-Mo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  hasil sintesis yang meliputi kristalinitas katalis, komposisi material, luas permukaan katalis, volume pori, ukuran pori serta kebasaaan padatan?
2. Bagaimana aktivitas katalis  $\text{Co-Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$  komersial,  $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoMo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pada proses hidrogenasi *rosin oil*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik katalis  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{CoMo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  hasil sintesis yang meliputi kristalinitas katalis, komposisi material, luas permukaan katalis, volume pori, ukuran pori serta kebasaaan padatan.
2. Mengetahui aktivitas katalis  $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$  komersial,  $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoMo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pada proses hidrogenasi *rosin oil*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi dari hasil preparasi katalis  $\text{Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{CoMo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan menggunakan metode impregnasi.

2. Memberikan informasi dari karakteristik katalis  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{CoMo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan menggunakan XRD, XRF, BET, dan TPD.
3. Memberikan informasi mengenai pengaruh aktivitas katalis  $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$  komersial,  $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoMo}/\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pada proses hidrogenasi *rosin oil* yang dapat menghasilkan bahan bakar yang bersifat ramah lingkungan.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Katalis

Katalis adalah zat yang dapat mempengaruhi laju suatu reaksi dan diperoleh kembali pada akhir reaksi. Katalis diperlukan dalam jumlah relatif sedikit untuk suatu reaksi, tidak mempengaruhi harga tetapan kesetimbangan, tidak memulai suatu reaksi dan bekerja secara spesifik. Katalis tidak mengubah hasil akhir reaksi, tetapi dapat mempercepat jalannya reaksi (Triyono, 2002). Katalis tidak memberikan energi ke dalam sistem, tetapi memberikan mekanisme reaksi alternatif dengan energi aktivasi yang lebih rendah dibandingkan dengan reaksi tanpa katalis, sehingga adanya katalis akan meningkatkan laju reaksi. Energi aktivasi adalah energi minimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk (Triyono, 2002).

Berdasarkan fasenya katalis dibagi menjadi dua macam yaitu katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen memiliki fase yang sama dengan reaktan yang biasanya pada fase gas atau cairan. Katalis heterogen memiliki fase yang berbeda dengan reaktan sehingga mudah dipisahkan dari reaktan setelah digunakan. Hal ini berbeda dengan katalis homogen yang memiliki fase yang sama, sehingga sulit untuk dipisahkan dari reaktan setelah digunakan. Selain itu, katalis homogen biasanya digunakan pada reaksi esterifikasi dan saponifikasi

ester, sedangkan katalis heterogen digunakan pada reaksi perengkahan, hidrorengkah, dan hidrogenasi (Triyono, 2002).

## 2.2 Logam Cobalt

Logam-logam transisi dapat digunakan sebagai katalis. Logam-logam transisi mempunyai daya adsorpsi yang kuat karena adanya elektron tak berpasangan pada orbital  $d$ . Logam-logam transisi secara langsung dapat berfungsi sebagai katalis tanpa diembankan terlebih dahulu pada pengemban. Akan tetapi, katalis logam memiliki kelemahan, diantaranya luas permukaan yang relatif kecil dan selama proses katalitik dapat terjadi penggumpalan (Trisunaryanti *et al.*, 2005).

Kemampuan logam transisi dalam mengkatalisis sangat berkaitan dengan adanya elektron pada orbital  $d$  yang belum terisi penuh menyebabkan logam ini bersifat asam dan berbau dengan adanya keadaan elektronik berenergi rendah pada orbital  $s$  dan  $p$  yang berdekatan. Akibatnya akan timbul keadaan elektronik berenergi rendah dalam jumlah besar dan orbital kosong yang sangat ideal untuk reaksi katalisis hidrorengkah (Hegedus, 1987).

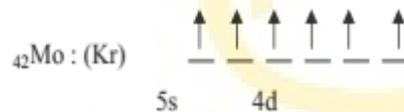
Logam cobalt merupakan salah satu logam transisi yang dapat digunakan sebagai katalis asam. Namun, apabila logam cobalt secara langsung digunakan sebagai katalis, akan terjadi sintering. Sintering akan menyebabkan terjadinya aglomerasi pada atom-atom logam, yaitu berupa penumpukan atom logam di satu posisi. Hal ini akan menyebabkan penurunan luas permukaan spesifik katalis dan menurunkan kebolehdian kontak antara katalis dengan umpan dalam

perengkahan. Untuk mencegah terjadinya sintering dan aglomerasi, maka diembankanlah logam transisi tersebut dalam material berpori.

Logam cobalt biasa digunakan sebagai promotor dalam katalis yang dapat meningkatkan aktivitas, stabilitas, dan selektivitas suatu katalis. Penelitian Suharbiansyah (2015) menunjukkan bahwa penambahan 2-8% (b/b) logam CoO pada katalis sistem logam-pengemban diperoleh bahwa luas permukaan spesifik katalis yang paling baik, yaitu sebesar 2% (b/b).

### 2.3 Logam Molibdenum

Molibdenum merupakan logam yang relatif inert, atau sedikit bereaksi dengan larutan asam dan alkali. Logam ini memiliki titik leleh 2610°C dengan tingkat oksidasi -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Molibdenum merupakan unsur transisi golongan VI dengan memiliki konfigurasi elektron  $[\text{Kr}] 4d^5 5s^1$ .



Konfigurasi elektron logam Mo menunjukkan adanya orbital d dan s yang belum terisi penuh (setengah penuh) sehingga ada elektron yang tidak berpasangan sehingga dapat digunakan sebagai katalis (Siswodiharjo, 2006; Nugrahaningtyas, 2012).

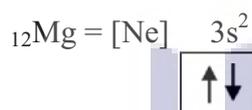
Molibdenum luas pemakaiannya dalam reaksi katalitik baik dalam bentuk logam murni, oksida logam atau dikombinasikan dengan logam lain dan pengemban. Logam molibdenum sering digunakan dalam berbagai pengemban antara lain: silika, alumina, dan zeolit. Logam Mo yang teremban pada zeolit sering digunakan dalam proses hidrereengkah sebagai katalis hidrodessulfurisasi.

Molibdenum (Mo) pada katalis lebih selektif terhadap proses deoksigenasi melalui jalur hidredeoksigenasi. Molibdenum memiliki aktivitas yang rendah dalam proses hidrogenasi tetapi memiliki aktivitas yang lebih tinggi dalam proses hidredeoksigenasi.

## 2.4 Logam Magnesium

Magnesium merupakan unsur logam alkali tanah berwarna putih perak yang kurang reaktif dan mudah dibentuk atau ditempa ketika dipanaskan. Magnesium tidak bereaksi dengan air pada suhu kamar, tetapi dapat bereaksi dengan asam. Pada temperatur 800°C, magnesium bereaksi dengan oksigen dan memancarkan cahaya putih terang, membentuk MgO dan beberapa nitrit Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>. Magnesium melebur pada 650°C. Logam ini perlahan-lahan terurai oleh air pada suhu biasa, tetapi pada titik didih air berlangsung dengan cepat (Astri, 2009).

Pada sistem periodik unsur, Mg merupakan logam golongan II A dengan konfigurasi sebagai berikut:



Logam Mg dapat digunakan sebagai katalis. Misalnya pada penelitian ini menggunakan logam Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O. Pemilihan logam Mg (Magnesium) dalam bentuk precursor garam nitrat yaitu Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O dapat berfungsi sebagai katalis basa. Hal ini dikarenakan logam magnesium dapat menurunkan sisi keasaman dan dapat meningkatkan kebasan pada *support* Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Breysse, M *et al.*, 1991 yang dikutip oleh Chen, *et al.*, 2016). Jiratova dan Kraus (1986) menjelaskan bahwa dengan penambahan 1% Mg pada katalis NiMo dapat

meningkatkan aktivitas HDS thiophene. Selain itu Caloch, *et al.*, (2004) menerangkan bahwa penambahan 5% Mg pada katalis Co(Ni) dengan support  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dapat meningkatkan aktivitas HDS thiophene.

## 2.5 Penyangga Alumina ( $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ )

Alumina mempunyai sifat relatif keras secara fisik memiliki konduktivitas listrik yang rendah, titik leleh tinggi, dan struktur porinya besar. Karakteristik ini, menyebabkan alumina sering digunakan dalam industri, antara lain sebagai adsorben, amplas, katalis, dan pengemban (support) katalis. Pengemban adalah suatu komponen dalam katalis yang berfungsi untuk memperbesar luas permukaan katalis dengan menyediakan permukaan pori atau sebagai cetakan bentuk katalis. Umumnya pengemban  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  sering digunakan karena harganya cukup ekonomis, memiliki struktur yang stabil, relatif stabil pada temperatur tinggi, dan serta cocok untuk reaksi yang melibatkan hidrogen karena membutuhkan luas permukaan yang besar.

Senyawa  $\text{Al}_2\text{O}_3$  merupakan material yang bersifat polimorfi yang memiliki beberapa fasa sesuai yang diinginkan dengan cara pemanasan sesuai suhu pada fasa yang diinginkan. Fasa awal dari  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yaitu fasa  $\text{Al}(\text{OH})_3$  atau *bochmite* yang didapatkan dari material yang memiliki unsur Al sehingga dengan penambahan bahan kimia yang memiliki unsur  $\text{OH}^-$  menjadi  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (Hafizh, 2009).

Fasa *bochmite* terbentuk pada temperature 100-400°C, untuk fasa gamma terbentuk pada temperature 500-750°C, untuk fasa delta terbentuk pada temperature 750-950°C, untuk fasa theta terbentuk pada temperature 950-1000°C, dan untuk fasa alpha terbentuk pada temperature diatas 1050°C (Hafizh, 2009).

Menurut Ling and Hercules (2008) telah melakukan percobaan mengenai efek temperature kalsinasi terhadap pembentukan fasa aktif Co-Mo-S pada katalis CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada range temperature dari 300-700°C. Bahwa semakin tinggi temperature kalsinasi yang dilakukan, fasa aktif Co-Mo-S yang dihasilkan akan berkurang setelah katalis diaktivasi. Temperature kalsinasi pada 500°C akan menghasilkan fasa aktif Co-Mo-S yang lebih banyak dibandingkan dengan temperature kalsinasi yang tinggi. Selain itu menurut penelitian yang dilakukan oleh Moestika (2004), menunjukkan bahwa minyak kelapa sawit dapat terengkah melalui reaksi perengkahan katalitik dengan menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina.

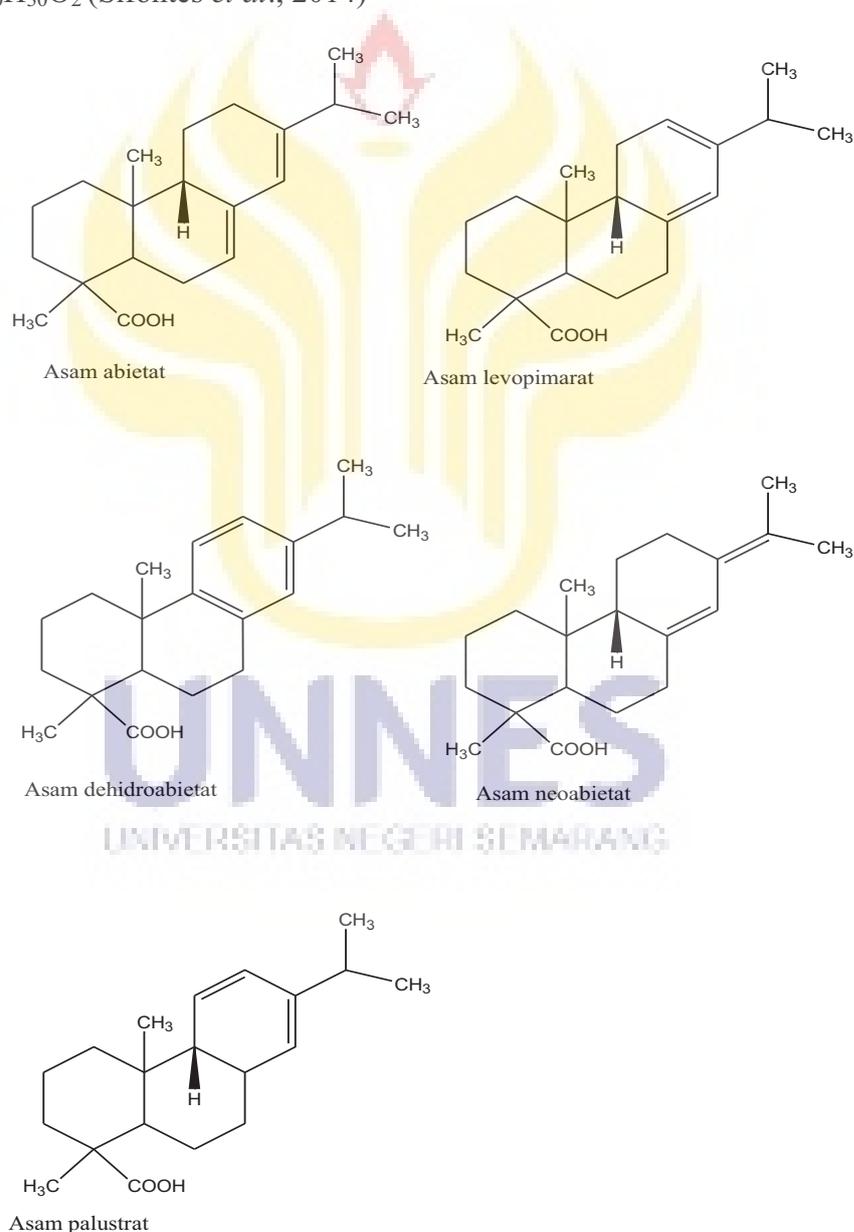
## **2.6 Gondorukem (*Rosin Oil*)**

Gondorukem adalah hasil olahan destilasi uap getah sadapan getah pinus (oleoresin). Selain diolah menjadi gondorukem, getah pinus (oleoresin) juga dapat diolah menjadi terpentin. Terpentin merupakan komponen yang mudah menguap (atsiri) sedangkan gondorukem merupakan padatan (Baharudin dan Taskirawati, 2009). Gondorukem berbentuk padatan berwarna kuning kecoklatan, sedangkan minyak terpentin berwujud cairan putih bening. Gondorukem merupakan senyawa kompleks yang larut dalam pelarut organik seperti etil alkohol, etil ester, dan benzena namun tidak larut dalam air.

Komponen senyawa utama dari rosin adalah asam abietat dan asam pimarat yang memiliki sifat amfipatik yaitu mempunyai gugus karboksil yang bersifat hidrofilik dan molekul *tricyclic* yang bersifat hidrofobik (Wiyono, 2009).

Minyak gondorukem dihasilkan dari getah pinus yang tersusun dari berbagai tipe oleoresin. Oleoresin merupakan cairan asam-asam resin yang

terlarut pada senyawa terpenin. Pada minyak gondorukem, asam resinnya telah dibedakan menjadi dua komponen, yaitu tipe abietat dan palmitat. Tipe abietat terdiri dari asam-asam abietat ( $C_{19}H_{29}COOH$ ), levopimarat, palustrat, neoabietat, dehidroabietat yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. Tipe pimarat terdiri dari asam pimarat dan isopimarat. Kedua asam tersebut memiliki rumus molekul yang sama yaitu  $C_{20}H_{30}O_2$  (Sifontes *et al.*, 2014)



**Gambar 2.1. Struktur asam resin tipe abietat (Sifontes *et al.*, 2014)**

Komposisi utama dari *Rosin Oil* yang dianalisis dengan GC-MS adalah asam neoabietat. Komponen *Rosin Oil* yang lainnya disajikan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1. Komponen utama dalam *Rosin Oil* (Savitri *et al.*, 2013)**

Senyawa	(% Luas Area)
$\alpha$ -pinene (Terpentin)	5,47
camphene	4,42
<i>delta</i> -3-carene	5,10
limonene	8,73
borneol	6,50
asam <i>neobietic</i>	35,55
asam dehidroabietat	17,15
asam abietat	17,08

Pada Tabel 2.1 menunjukkan bahwa komponen utama dari gondorukem adalah asam neoabietat, asam dehidroabietat, dan asam abietat. Asam-asam resin tersebut termasuk dalam tipe abietat. Asam resin yang terkandung dalam gondorukem berpotensi menghasilkan bahan bakar melalui proses perengkahan katalitik (Savitri *et al.*, 2013).

## 2.7 Metode Impregnasi

Impregnasi adalah metode yang paling mudah dan sering digunakan untuk menyiapkan katalis. Tujuannya adalah untuk memenuhi pori dengan konsentrasi yang cukup untuk memberikan loading yang tepat. Larutan dibuat dalam jumlah yang cukup untuk mengisi pori dan harus didasarkan pada perhitungan volume pori pada preparasi oksida tunggal, hanya saja larutan garam logam tidak mengalami perlakuan pemanasan. Partikel penyangga dimasukkan dalam larutan garam logam dan setelah larutan mengisi pori penyangga, dilakukan pengeringan dan kalsinasi. Apabila loading yang dikehendaki belum terpenuhi, maka dilakukan

perendaman penyangga lagi untuk pengisian pori kembali sampai loading terpenuhi. Dengan demikian, metode ini dapat memberikan loading sebesar volume pori yang tersedia (Santen, 2000).

Pada penelitian ini digunakan metode impregnasi (*wet impregnation*). Impregnasi basah merupakan jumlah larutan prekursor fasa aktif ditambahkan ke penyangga melebihi volume pori penyangga. Pada impregnasi basah, penambahan jumlah larutan prekursor fasa aktif lebih besar dari 1,5 kali volume pori penyangga. Walaupun metode ini adalah yang termudah, tetapi dapat menghasilkan deposisi prekursor aktif yang sangat banyak pada bagian luar penyangga setelah dikeringkan dan menghasilkan distribusi fasa aktif mirip kulit telur pada bagian luar penyangganya (Santen, 2000).

Setelah dilakukan impregnasi, katalis tersebut dikeringkan. Pengeringan dilakukan untuk menguapkan air dan membentuk kristal garam pada permukaan pori. Pembentukan kristal garam dipengaruhi oleh laju pengeringan. Jika laju pengeringan terlalu rendah, maka kristal garam yang terbentuk berada pada dasar pori atau pada pusat partikel penyangga. Laju pengeringan yang cukup akan menyebabkan gradient temperatur meningkat dan kristal garam terbawa keluar pori.

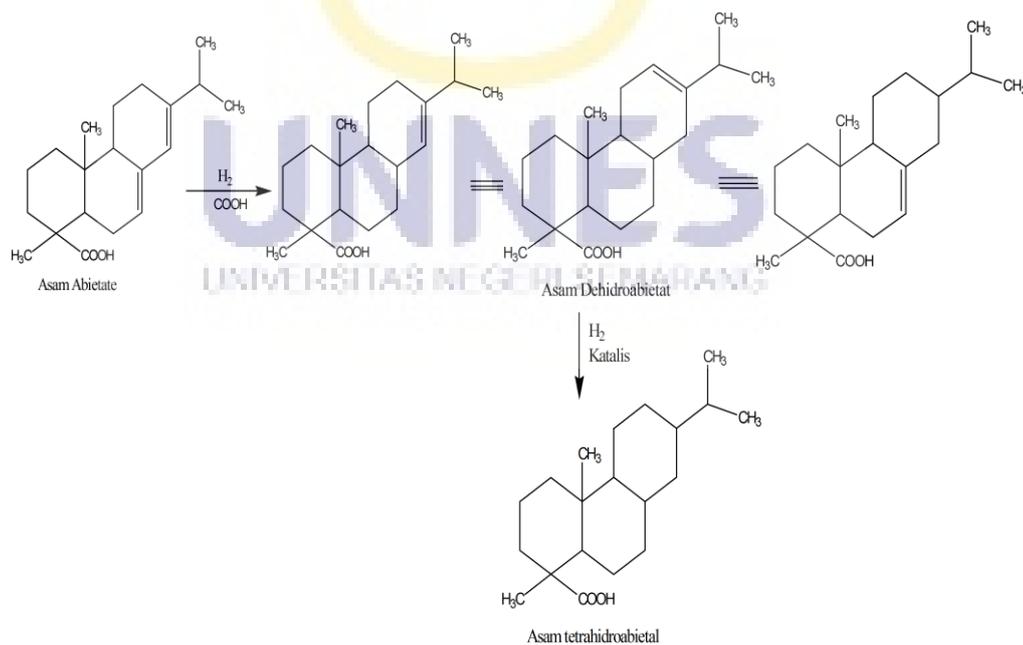
Proses selanjutnya adalah kalsinasi. Kalsinasi dilakukan setiap tahap pengeringan. Selama proses kalsinasi, kristal garam dikeringkan sampai kondisi optimum dan garam tersebut dikonversi menjadi oksidanya supaya beku.

## 2.8 Proses Perengkahan dan Hidrogenasi

Perengkahan (*cracking*) adalah penguraian atau pemecahan molekul-molekul senyawa hidrokarbon yang besar menjadi molekul-molekul senyawa yang lebih kecil. Hidrogenasi adalah proses pengolahan minyak dengan cara menambahkan *hydrogen* murni.

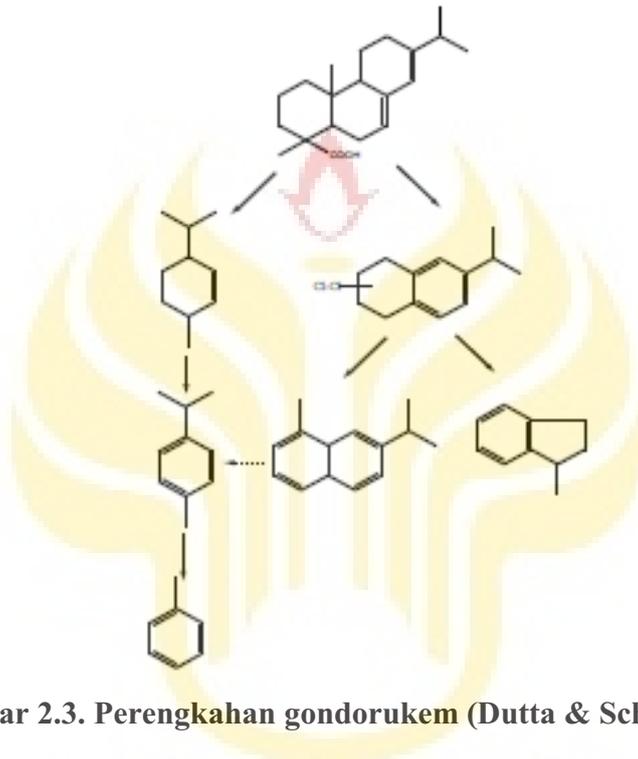
Hidrogenasi merupakan reaksi adisi hidrogen ( $H_2$ ) pada ikatan rangkap. Hidrogenasi bertujuan untuk menjenuhkan ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal pada rantai karbon. Reaksi hidrogenasi dilakukan dengan menggunakan gas hidrogen dan katalis heterogen. Reaksi hidrogenasi asam abietat pada komponen gondorukem dengan menggunakan katalis dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Katalis yang digunakan dalam *catalytic cracking* adalah katalis yang bersifat asam. Hal ini dikarenakan semakin tinggi keasaman suatu katalis maka semakin banyak pula ikatan yang akan terengkah (Wijaya, 2012).



**Gambar 2.2. Hidrogenasi asam abietat (Huang *et al.*, 2015)**

Pelaksanaan perengkahan tergantung pada alat, bahan dan cara pemanasan. Hidrorengkah dengan reaktor secara *batch* sering digunakan untuk mengolah bahan dalam jumlah kecil atau untuk proses katalitik. Gas yang sering digunakan dalam proses perengkahan ini yaitu hidrogen (Gates, 1992).



**Gambar 2.3. Perengkahan gondorukem (Dutta & Schobert, 1993)**

Gondorukem (*Rosin Oil*) dapat direngkah menjadi senyawa yang lebih sederhana. Asam abietat yang terkandung dalam gondorukem dapat diubah menjadi senyawa turunan benzene seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.

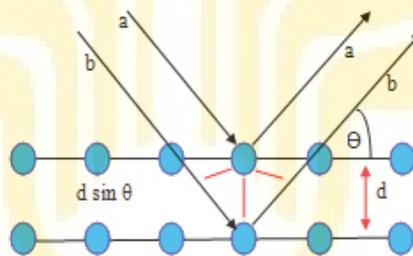
## 2.9 Analisis dan Karakterisasi

### 2.9.1 Analisis Difraksi Sinar-X (XRD)

Difraksi sinar-X merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dan menentukan struktur kristal dari suatu padatan, dengan cara hamburan sinar-X. Sinar-X merupakan radiasi

elektromagnetik berenergi tinggi, dengan kisaran energi antara 200 eV sampai 1 MeV. Alat yang digunakan disebut *X-Ray Diffractometer* (XRD) (Nelson, 2010).

Proses difraksi sinar-X seperti disajikan pada Gambar 2.4. Sinar-X dibiaskan dan ditangkap oleh detector kemudian diterjemahkan sebagai puncak difraksi. Semakin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Tiap puncak yang muncul pada pola difraktogram mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk semua jenis material (Nelson, 2010).



**Gambar 2.4. Difraksi Sinar-X pada kisi Kristal**

Agar berkas sinar yang dihamburkan atom-atom kristal secara konstruktif maka beda lintasan antara kedua berkas harus sama dengan kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombangnya, yaitu  $\lambda$ ,  $2\lambda$ ,  $3\lambda$  dan seterusnya. Selisih jarak antara dua berkas sinar adalah  $2 d \sin \theta$ , maka persamaan matematis untuk terjadinya interferensi konstruktif adalah sebagai berikut:

$$2d \sin \theta = \lambda \dots\dots\dots (1)$$

Dengan  $d$  = jarak antar bidang,  $\theta$  = sudut difraksi, panjang gelombang sinar-X. rumus diatas dikenal dengan Hukum Bragg. Keuntungan utama penggunaan sinar-X dalam karaktersasi material adalah kemampuan penetrasinya,

sebab sinar-X memiliki energi yang sangat tinggi akibat panjang gelombangnya pendek (Nelson, 2010).

### **2.9.2 XRF**

Spektroskopi XRF adalah teknik analisis unsur yang membentuk suatu material dengan dasar interaksi sinar-X dengan material analit. Teknik ini dapat digunakan untuk mengukur unsur-unsur yang terutama banyak terdapat dalam batuan atau material. Sampel yang digunakan biasanya berupa serbuk halus hasil penggilingan atau pengepresan (Iswani, 1983). Instrumen yang digunakan untuk melakukan pengukuran tersebut dinamakan *X-Ray Fluorescence* Spektrometer.

Prinsip analisis menggunakan XRF adalah apabila elektron dari suatu kulit atom bagian dalam dilepaskan, maka elektron yang terdapat pada bagian kulit luar akan berpindah pada kulit yang ditinggalkan tadi menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang sesuai karakteristik unsur tersebut. Pada teknik difraksi sinar-X suatu berkas elektron yang digunakan, dihasilkan dari tembakan berkas elektron terhadap suatu unsur di anoda untuk menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang yang diketahui (Iswani, 1983).

### **2.9.3 Surface Area Analyzer (SAA)**

Surface Area Analyzer (SAA) merupakan salah satu alat utama dalam karakterisasi material. Alat ini khususnya berfungsi untuk menentukan luas permukaan material, distribusi pori dari material dan isotherm adsorpsi suatu gas pada suatu bahan. Alat ini prinsip kerjanya menggunakan mekanisme adsorpsi gas, umumnya nitrogen, argon dan helium, pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu konstan biasanya suhu didih

dari gas tersebut. Alat tersebut pada dasarnya hanya mengukur jumlah gas yang dapat dijerap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu. Secara sederhana, jika kita mengetahui berapa volume gas spesifik yang dapat dijerap oleh suatu permukaan padatan pada suhu dan tekanan tertentu dan kita mengetahui secara teoritis luas permukaan dari satu molekul gas yang diserap, maka luas permukaan total padatan tersebut dapat dihitung.

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengukur luas permukaan zat padat, adalah metode BET. Prinsip dasarnya adalah mengukur luas permukaan padatan yang dilakukan dengan cara adsorpsi fisik (*physisorption*) gas yaitu menentukan jumlah molekul gas yang dibutuhkan untuk menutupi permukaan padatan dengan satu lapisan zat (*monolayer*) yang diserap. Pengukuran isotherm adsorpsi gas banyak digunakan untuk menentukan luas permukaan dan distribusi ukuran pori dari padatan. Penggunaan nitrogen sebagai gas adsorptif dianjurkan jika area permukaan lebih tinggi dari 5 m<sup>2</sup>/g. Jika luas permukaan yang ditempati oleh satu molekul adsorbat diketahui maka luas permukaan padatan dapat dihitung dari jumlah molekul adsorbat. Penyerapan gas ini biasanya dilakukan pada kondisi isothermis (Fransisca, 2012).

Persamaan BET :

$$\frac{V}{V_m} = \frac{cp}{P_0 - P + c - 1 P - P_0} \dots\dots\dots (2)$$

Dalam hubungan ini, VM adalah volume lapis tunggal, dan c adalah panas adsorpsi dan pencairan (liquefaction) yang konstant untuk beberapa bahan dengan nilai kurang dari 100. Persamaan (1) adalah valid hanya untuk  $P/P_0 \leq 0,3$ . Diatas harga tersebut kondensasi cairan terjadi di mikropori hingga mesopori hingga

$P/P_0$  mendekati satu. Dalam pengukurannya biasanya menggunakan gas nitrogen sebagai adsorbatnya. Persamaan (1) diubah sedemikian rupa sehingga dapat dibuat plot antara  $P/P_0$  vs  $P/[V(P/P_0)]$ , yang pada akhirnya  $V_m$  dan luas permukaan ( $S_g$ ) bisa ditentukan (Istadi, 2011).

#### 2.9.4 Temperatur Program Desorption (TPD)

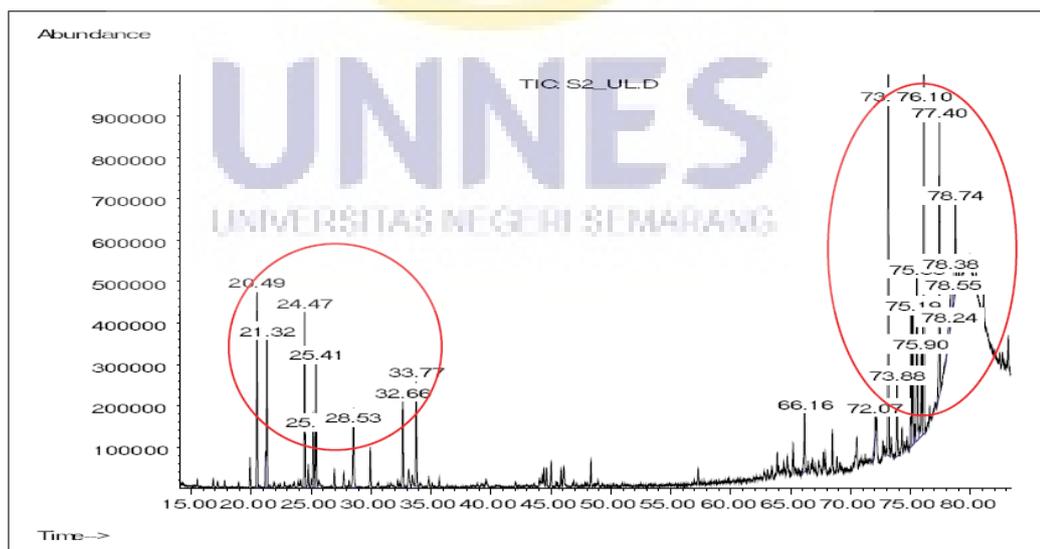
Di dalam teknik ini, kemampuan kemisorpsi untuk senyawa-senyawa diuji untuk mendapatkan sifat-sifat katalis tertentu, seperti: kekuatan keasaman dan kebasaan katalis, menentukan jumlah situs asam atau basa di dalam katalis (Istadi, 2011).

Kaitannya dengan CO<sub>2</sub> TPD, jika CO<sub>2</sub> terdesorpsi pada suhu tinggi maka tingkat kebasaan katalis juga tinggi, karena CO<sub>2</sub> sebagai senyawa yang bersifat asam, sebaliknya jika CO<sub>2</sub> terdesorpsi pada suhu rendah, maka tingkat kebasaan katalis juga rendah. Pengukuran dalam pengujian CO<sub>2</sub>-TPD dapat dilakukan di dalam sebuah reaktor kuarsa menggunakan gas helium sebagai gas carrier. Karakterisasi CO<sub>2</sub>-TPD ini biasanya dilakukan di dalam sebuah unit TPD/TPR, biasanya merknya Micromeritics 2900 TPD/TPR yang dilengkapi dengan TCD (*Thermal Conductivity Detector*). (Istadi, 2011).

Prinsip yang hampir sama dengan CO<sub>2</sub>-TPD, maka metode TPD ini dapat juga digunakan untuk karakterisasi tingkat keasaman dan jumlah situs asam dari katalis dengan menggunakan gas NH<sub>3</sub> (ammonia) sebagai adsorbatnya. Jumlah situs asam dapat ditentukan dari jumlah molekul ammonia yang teradsorpsi di situs asam.

### 2.9.5 Cromatografi Gas-spektroskopi Massa (GC-MS)

Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa merupakan metode yang menggabungkan kromatografi gas dan spektroskopi massa untuk mengidentifikasi zat dalam sampel. Prinsip kerja GC-MS yaitu, senyawa sampel ditembak oleh arus electron sehingga menyebabkan senyawa terpisah menjadi fragmen yang merupakan muatan ion dengan massa tertentu. Massa fragmen jika dibagi muatan disebut perbandingan massa per muatan ( $M/Z$ ), yang mewakili berat molekul fragmen. Fragmen tertentu difokuskan melewati celah menuju detector oleh empat elektromagnet (*quadropole*) yang diprogram oleh komputer. Siklus *quadropole* disebut scan, yang berlangsung berkali-kali perdetik. Komputer merekam grafik pada setiap scan, dan grafik ini disebut spektrum massa. Komputer GC-MS memiliki literatur spektrum untuk mengidentifikasi senyawa kimia yang tidak diketahui dengan membandingkan spektrum massa dari komponen sampel dengan literatur.



Gambar 2.5 GC-MS dari *Rosin Oil* (Savitri *et al.*, 2013)

## BAB 5

### PENUTUP

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses impregnasi Mg pada  $\text{Al}_2\text{O}_3$  berhasil dilakukan, yang ditandai dengan dispersi tinggi, luas permukaan spesifik, namun sisi kebasaaan yang lebih kecil dibanding katalis  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Adanya penambahan logam CoMo pada *support* MgO- $\text{Al}_2\text{O}_3$  maka memiliki karakter kebasaaan yang tinggi, namun luas permukaannya menurun dan dispersinya rendah.
2. Katalis  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan MgO- $\text{Al}_2\text{O}_3$  kurang aktif jika digunakan untuk uji aktivitas perengkahan dan hidrogenasi *Rosin Oil*. Katalis CoMo/MgO- $\text{Al}_2\text{O}_3$  lebih banyak menghasilkan fraksi sedang ( $\text{C}_{12}$ - $\text{C}_{15}$ ) dari pada katalis CoMo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Hal ini bisa disimpulkan bahwa dengan luas permukaan spesifik yang besar tidak berarti menghasilkan fraksi sedang ( $\text{C}_{12}$ - $\text{C}_{15}$ ) yang tinggi, namun adanya fasa basa aktif pada katalis CoMo/MgO- $\text{Al}_2\text{O}_3$  maka lebih aktif untuk mendapatkan fraksi sedang ( $\text{C}_{12}$ - $\text{C}_{15}$ ) pada *Rosin Oil* meskipun konsentrasinya masih rendah.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penulis dapat memberikan saran sebagai berikut: perlu dilakukan variasi temperature dan tekanan pada

proses perengkahan dan hidrogenasi *Rosin Oil* supaya jumlah produk yang dihasilkan lebih banyak. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui suhu dan tekanan optimum katalis dalam proses perengkahan dan hidrogenasi *Rosin Oil*.



## DAFTAR PUSTAKA

- A.Guevara-Lara, A.E., Cruz-Perez. dan Z. Contreras-Valdez. 2010. Effect of Ni promoter in the oxide precursors of MoS<sub>2</sub>/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts tested in dibenzothiophene hydrodesulphurization. *Catal today* 149: 288-294.
- Albuquerque, M. C.G., Azevedo, D.C.S, Cavalcante Jr., C.L. Gonzalez J.S., Merida-Robles, J.M., Moreno-Tost, R., Rodriguez-Castellon, E., Jimenez-Lopez, A. Maireles-Torres, P. 2009. Transesterification of Ethyl Butyrate with Methanol Using MgO/CaO Catalysts. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 300, hal 19-24.
- Angela B. S., Brenda G., Andrea M., Andreina Y., Yraida D., Franklin J. M., Ligia L., Edgar C., Joaquin. 2014. Preparation of functionalized porous nano- $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powders employing colophony extract. *Biotechnology Reports*, 4: 21-29.
- A. Moestika. 2004. Perengkahan Biogasoline dari Minyak Kelapa Sawit Melalui Reaksi Perengkahan dengan menggunakan Katalis Alumina. *Skripsi S1*. Program Studi Teknik Kimia-Universitas Indonesia.
- Astri, K. 2009. *Efektivitas Katalis TiO<sub>2</sub> dengan Pengemban MgCO<sub>3</sub> Pada Fotodegradasi Zat Warna Turquoise Blue*. Surakarta, Universitas Sebelas Maret.
- Breyse, M., J. L. Portefaix, M. Vrinat. 1991. Support Effect On Hydrotreating Catalysts. *Catal Today*, 10: 489-505.
- Baharudin dan Taskirawati, I. 2009. *Hasil Hutan Bukan Kayu*. Buku ajar. Fakultas Kehutanan. Universitas Hasanudin. Makasar.
- Caloch, B. M. S. Rana, J. Ancheyta. 2004. Improved Hydrogenolysis (C-S, C-M) Function with Basic Supported Hydrodesulfurization Catalysts. *Catal Today*, 98: 91-98.
- Chen, Wenbin., H. Nie, Dadong Li, Xiangyun Long, Jacob v G., Franscoise M. 2016. Effect of Mg Addition On The Structure and Performance of Sulfide Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in HDS and HDN Reaction. *Journal of Catalysis* 344: 420-433.
- Coll, R., S. Udas dan W.A. Jacoby. 2001. Conversion of the Rosin Acid Fraction of Crude Tall Oil into Fuels and Chemicals. *Energy & Fuels*, 15. 1166-1172.
- C. Morterra, G. Magnacca. 1996. A case study: surface chemistry and surface structure of catalytic aluminas, as studied by vibrational spectroscopy of adsorbed species. *Catal Today* 27: 497-532.

- Dewi, Tri K., Meta Mediana, dan Nopektaria Hidayati. 2014. Pengaruh Suhu Pada Hydrocracking Oli Bekas Menggunakan Katalis Cr/ZAA. *Teknik Kimia* No. 2, Vol. 20.
- Dutta, R. P. dan Schobert, H. H. 1993. Hydrogenation/Dehydrogenation Reaction of Rosin. *Symposium Fall (CHICAGO)*, 38(3): 1140-1146.
- Gates, B.C. 1992. *Catalytic Chemistry*. Wiley Series In Chemical Engineering. John Wiley and Son, Inc.
- Hegedus, L. L., Aris. R, Bell. A.T., and Wei. 1987. *Catalyst Design Progress and Prospective*. John Willey and Sons, New York.
- Huang, Y., Chen, X., Zhou, D. dan Wang, L. 2015. A Novel Nickel Catalyst Derived from Layered Double Hydroxides (LDHs) Supported on Fluid Catalytic Cracking Catalyst Residue (FC3R) for Rosin Hydrogenation. *Chemical Engineering Journal*, 15(2): 145-156.
- Hudayana, T. dan Wiratama, I. G. P. 2014. *Kajian Hidrodeoksigenasi Minyak Biji Kapok dengan Katalis Ni-Mo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk Sintesa Biohidrokarbon*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Houshmand, D., Roosbehani, B., & Badakhshan, A. 2013. Thermal and Catalytic Degradation of Polystyrene with a Novel Catalyst. *International Journal of Science & Emerging Technologies*, 5(1): 234-238.
- Ishmukhametov, A. Z., Valentine P. S., Vitaliy M. N., dan Sergey L. N. 2011. Method For Cracking, Unification and Refining of Hydrocarbons and Device for Its Implementation. *United States Patent*, 7,931,785 B2.
- Istadi. 2011. *Teknologi Katalis untuk Konversi energi Fundamental dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Iswani. 1983. *Instrumentasi Kimia 1*. Yogyakarta: BATAN.
- J. A. Lercher, C. Grundling dan G. Eder-Mirth. 1996. Infrared studies of the surface acidity of oxide and zeolite using adsorbed probe molecules. *Catal Today*, 27: 353-376.
- J. C. Mogica-Betancourt, A. Lopez-Benitez, dan J. R. Montiel-Lopez. 2014. Interaction effect of nickel polyoxotungstate with the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO support for application in dibenzothiophene hydrodesulfurization. *J. Catal*, 313: 9-23.

- Jiang, M., Wang, B. M., Yao, Y., Li, Z., Ma, X., Qin, S., Su, Q. 2013. Effect of Sulfidation Temperature on CoO-MoO<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts for Sulfur Resistant Methanation. *Catalysis Science and Technology*, 3: 2793-2800.
- Jiratova, K., dan M. Kraus. 1986. Effect of Support Properties on The Catalytic Activity of HDS Catalysts. *Appl Catal*, 27: 21-29.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. *Kajian Supply Demand Energy*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Klicpera, T., dan M. Zdrzil. 2002. Preparation of High-Activity MgO-Supported Co-Mo and Ni-Mo Sulfide Hydrodesulfurization Catalysts. *J. Catal*, 206: 314-320.
- Lestari, H.D. 2006. Sintesis Katalis Ni/Mo Untuk Hydrotreating Coker Nafta, *Tesis S2*, Institut Teknologi Bandung.
- M. Adly Rahandi Lubis. 2011. Pengaruh dan Tekanan Terhadap Sifat Fisika-Kimia Gondorukem Terhidrogenasi (Hydrogenated Rosin). *Skripsi S1*. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Nelson, S. A. 2010. X-ray Crystallography. [www.tulane.edu](http://www.tulane.edu). (Diakses pada tanggal 19 Agustus 2016).
- Nugrahaningtyas, K. D., Trisunaryanti W., Triyono, dan Nuryono. 2012. Preliminary Study of Catalytic Activity of The Non Sulfide Catalyst CoMo/USY to HDS Reaction of Thiophen 2<sup>nd</sup>. *ITB Catalysis Symposium*, Bandung, ITB.
- Okamoto Y., Arima Y., Nakai K., Umeno S., Katada N., Uchijima T. 1998. A study on the preparation of supported metal oxide catalysts using jrc-reference catalysts I. Preparation of a molybdena alumina catalysts, part 1. Surface area of alumina. *Applied Catalysis A: General*, 170:315-328.
- Okamoto, Y., S. Ishihara, M. Kawano, M. Satoh, and T. Kubota. 2003. Preparation of CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> model silphide catalysts for hydrodesulphurization and their application to the study of the effects of catalysts preparation. *Journal of Catalysis*, 217:12-22.
- Phaik Yee Looi, Abdul Rahman Mohamed, Ching Thian Tye. 2012. Hydrocracking of residual oil using molybdenum supported over mesoporous alumina as a catalyst. *Chemical Engineering Journal*, 181-182: 717-724.

- Rahayu, P. E., Priatmoko, S. dan Kadarwati, S. 2013. Konversi Minyak Sawit menjadi Biogasolin menggunakan Katalis Ni/Zeolit Alam. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2): 102-107.
- Rasyid, R., Ricco Aditya S. W., Devita D. L., Mahfud, dan Achmad R. 2015. Efektifitas Katalis Co/Mo Pada Hydrocracking Minyak Nyamplung. *Reaktor*. Vol. 15 No.4. hal 268-273.
- Rinaldi, N., Subagjo, IGBN Makertihartha, dan Haerudin, H. 2008. Preparasi Katalis Nafta Hidrotreating dengan Fasa Aktif Ni-Mo pada Penyangga Lempung Terpillar. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 7(2): 761-773.
- Rinaldi, N., Savitri dan Ierma Yunita. 2013. Reaksi Perengkahan Katalitik Rosin-Oil Dengan Menggunakan Katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Ni/HZSM-5. *Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia (SNKTI)*, Vol. 4 hal 157-162.
- Rodiansono, Trisunaryanti, W., Triyono. 2007. Pengaruh Pengembangan logam Ni dan Nb pada Karakter Katalis Ni/Zeolit dan Ni/Zeolit-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. *Sains dan Terapan Kimia*, 1(1): 20-28.
- Santen, 2000. *Catalyst: An Integrated Approach*. Elsevier.
- Santi, D. dan Lisna Efiyanti. 2013. Hidrorengkah Minyak Laka Menggunakan Katalis NiO/Zeolit Alam Aktif dan NiOMoO/Zeolit Alam Aktif Menjadi Fraksi Berpotensi Energi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol. 32. No. 2: 93-102.
- Savitri, Effendi, R., Primahana, G. & Tursiloadi, S. 2015. Cracking Callophyllum innophyllum L. Oil to Bio-gasoline by Microporous based Zeolite and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts. *Procedia Chemistry*, Vol. 16: 555-562.
- Savitri, Mohammad N., Nino R., dan Dani R. 2013. Synthesis of Cumene (Isopropyl Benzene) From Rosin Oil Through Cracking And Dehydrogenation. *Jurnal Teknologi Indonesia*. 36 (3): 154-160.
- Siswodiharjo, D. 2006. Reaksi Hidrorengkah Katalis Ni/Zeolit, Mo/Zeolit, Ni-Mo/Zeolit terhadap Parafin. *Tesis*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Tao Y. S., Wochou, dan Q. Zhang. 2005. *Studies on Hydrogenation of Rosin over Pd/C in Supercritical CO<sub>2</sub>*. The Proceedings of The 3rd International Conference on Functional Molecules. [Http://finechem.dlut.edu.cn/05icfm/meetingarticle.html](http://finechem.dlut.edu.cn/05icfm/meetingarticle.html) [diakses pada tanggal 15 April 2017].

- Tong, D. S., Zheng, Y. M., Yu, W. H., Wu, L. M., & Zhou, C. H. 2014. Catalytic cracking of rosin over acid-activated montmorillonite catalysts. *Applied Clay Science*, Volume 100: 123-128.
- Trisunaryanti, W., Triyono, and Anjarsari, S. 2005. *Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis Mordenit dan Zeolit-Y Pada Hidrorengkah Ban Bekas menjadi Fraksi Bahan Bakar*. Jurusan Kimia Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Triyono. 2002. “Modifikasi Zeolit Alam Aktif dan Karakterisasinya untuk Katalis pada Proses Perengkahan Katalitik Fraksi Sampah Plastik Menjadi Fraksi Bensin”. Laporan Penelitian QUE Project Grant Jurusan Kimia, FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- Tsani, F. 2011. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk sintesis bahan bakar bio dari minyak jarak melalui pirolisis berkatalis. *Skripsi*. Jakarta : UI.
- Ulfah, M. dan Subagjo. 2012. Pengaruh Perbedaan Sifat penyangga Alumina terhadap Sifat Katalis Hydrotreating Berbasis Nikel-Molibdenum. *Reaktor*, 14(2):151-157.
- Upare, D. P., S. Park, M. S. Kim, J. Kim, D. Lee, J. Lee, H. Chang. 2015. Cobalt promoted Mo/beta zeolite for selective hydrocracking of tetralin and pyrolysis fuel oil into monocyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 305: 333-356.
- Wang, H., Wang, C., Xiao, B., Zhao, L., Zhang, J., Zhu, Y. 2016. The hydroxyapatite nanotube as a promoter to optimize the HDS reaction of NiMo/TiO<sub>2</sub> catalyst. *Catalyst Today*, 239, 340- 346.
- Wiyono, B. 2009. *Chemical Treatment on Indonesian Pine Oleoresin and Rosin in Making Fortified Rosin Used For Sizing Agent in Paper Making Process*. Ehime University, Japan, in Press.
- Wijanarko, A., D. A. Mawardi dan M. Nasikin. 2006. Produksi *Biogasoline* Dari Minyak Sawit Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik Dengan Katalis  $\gamma$ -Alumina. *Makara teknologi*, 10(2): 51-60.
- Wijaya, R. 2012. Pembuatan Aditif Bensin Melalui Perengkahan Katalitik Metil Ester Minyak Sawit Dan Penambahan Gugus Nitro. *Skripsi S1*. Universitas Indonesia. Depok.

- Yanru Z., Wei H., Xiangyun L., Hong N. 2016. Redispersed effect of citric acid on CoMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hydrodesulfurization catalysts. *Catalysis Communications*, 82: 20-23.
- Y. Sun, J. P. Zhuang, L. Lin dan P. K. Ouyang. 2009. Clean Conversion of Cellulose Into Fermentable Glucose. *Biotechnol. Adv*, 27(5): 625-632.
- Zhang, D., Duan, A., Zhao,Z., Xu, C. 2010. Synthesis, characterization, and catalytic performance of NiMo catalysts supported on hierarchically porous Beta-KIT-6 material in the hydrodesulfurization of dibenzothiophene. *Journal of Catalysis*, 264: 273-286.
- Zhang, X., Zhang, Q., Wang, T., Li, B., Xu, Y., dan Ma, L. 2016. Efficient Upgrading Process for Production of Low Quality Fuel from Bio-Oil. *Fuel*, 253:125-144.
- Zhao, Y., Lin, X. & Li, D. 2015. Catalytic Hydrocracking of a Bitumen-Derived Asphaltene over NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> at Various Temperatures. *Chemical Engineering Technology*, 38(2): 297-303.

