

**PENGOLAHAN CAMPURAN BAGAS TEBU DAN MINYAK  
BIJI KARET MENJADI BAHAN BAKAR CAIR (*Liquid Fuel*)  
DENGAN METODE PIROLISIS MENGGUNAKAN ZEOLIT-A  
BERBASIS SILIKA SEKAM PADI SEBAGAI KATALIS**

(Skripsi)

Oleh

**RULIANA JUNI ANITA**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

## ABSTRAK

### PENGOLAHAN CAMPURAN BAGAS TEBU DAN MINYAK BIJI KARET MENJADI BAHAN AKAR CAIR (*Liquid Fuel*) DENGAN METODE PIROLISIS MENGUNAKAN ZEOLIT-A BERBASIS SILIKA SEKAM PADI SEBAGAI KATALIS

Oleh

**RULIANA JUNI ANITA**

Dalam penelitian ini telah dilakukan pembuatan prekursor zeolit-A dari silika sekam padi dan logam aluminium dengan metode sol gel untuk proses pirolisis pengolahan campuran bagas tebu dan minyak biji karet menjadi bahan bakar cair. Katalis diuji aktivitasnya setelah dikalsinasi dengan suhu 600, 700, 800, dan 900°C, untuk mempelajari pengaruh suhu terhadap komposisi bahan bakar cair yang dihasilkan. Pada percobaan ini hasil pirolisis menunjukkan bahwa produksi cairan dicapai pada kisaran suhu 400-490°C, selanjutnya hasil pirolisis diuji dengan menggunakan teknik kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS) untuk mengidentifikasi komponen dalam *liquid fuel*. Untuk memudahkan perbandingan, komponen dalam masing-masing *liquid fuel* dikelompokkan ke dalam hidrokarbon, alkohol, keton, aldehida, ester dan asam. *Liquid fuel* dengan kadar hidrokarbon tertinggi (60,85%) dihasilkan dengan katalis yang dikalsinasi pada suhu 700°C. Karakterisasi katalis menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) dengan hasil identifikasi puncak menunjukkan fasa kristalin nepheline, jadeite, albite dan cristobalite. Katalis kemudian dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan bahwa katalis memiliki morfologi permukaan yang heterogen dalam bentuk, ukuran, dan penyebaran pada permukaan. Identifikasi *Particle Size Analyzer* (PSA) menunjukkan distribusi partikel kerangka berada pada rentang 32.67-58.77 nm. Analisis menggunakan spektrofotometer infra merah (IR) menunjukkan adanya situs asam Lewis pada katalis kalsinasi 600 dan 800°C, sedangkan pada katalis 700 dan 900°C menunjukkan situs asam Bronsted-Lowry.

**Kata kunci** : *liquid fuel*, pirolisis, zeolit-A, silika sekam padi, bagas tebu, minyak biji karet.

## ABSTRACT

### PREPARATION OF SUGARCANE BAGASSE AND RUBBER SEEDS OIL FOR LIQUID FUEL PRODUCTION WITH PYROLYSIS METHOD USING ZEOLIT-A BASED RICE HUSK SILICA AS CATALYST

BY

RULIANA JUNI ANITA

In this research, the precursor of zeolite-A was prepared from rice husk silica and aluminum metal through sol gel route, and subsequently tested as catalyst for co-pyrolysis of sugarcane bagasse and rubber seed oil for liquid fuel production. Before use, the catalyst was subjected to calcination temperatures of 600, 700, 800, and 900°C. Pyrolysis experiments revealed that optimal production of liquid took place at temperature range of 400-490°C. The analysis of liquid fuel using gas-chromatography mass-spectrometry (GC-MS) to identify the components. The components were then grouped into hydrocarbons, alcohols, ketones, aldehydes, esters and acids. Liquid fuel with the highest hydrocarbon content (60.85%) was produced using the catalyst calcined at 700°C. Catalyst characterization using X-ray Diffraction (XRD) demonstrated the presence of crystalline phases of nepheline, jadeite, albite and cristobalite. Scanning Electron Microscope (SEM) showed that the catalysts have heterogeneous surface morphology in terms of shape, size, and distribution on the surface. Particle Size Analyzer (PSA) indicated the particles size in the range of 32.67-58.77 nm. The Fourier transform infrared (FTIR) spectrophotometer indicate the presence of Lewis acid sites on catalysts calcined at 600 and 800°C, where as the catalysts calcined at 700 and 900°C showed Bronsted-Lowry acid sites.

**Keywords:** *liquid fuel, pyrolysis, zeolite-A, rice husk silica, bagasse, rubber seed oil.*

**PENGOLAHAN CAMPURAN BAGAS TEBU DAN MINYAK  
BIJI KARET MENJADI BAHAN BAKAR CAIR (*Liquid Fuel*)  
DENGAN METODE PIROLISIS MENGGUNAKAN ZEOLIT-A  
BERBASIS SILIKA SEKAM PADI SEBAGAI KATALIS**

**Oleh**

**RULIANA JUNI ANITA**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

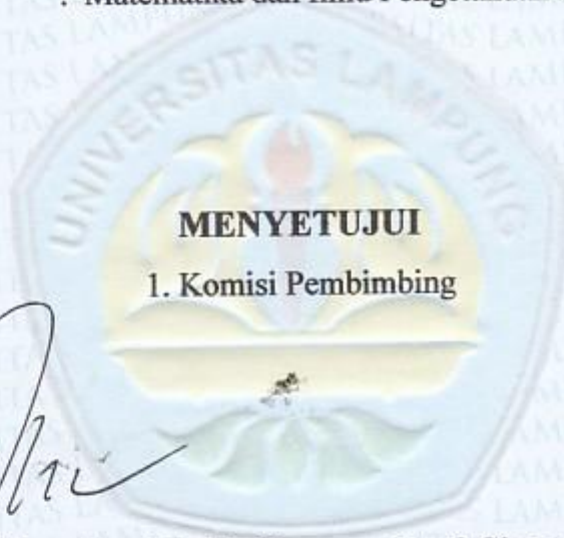
Judul Skripsi : **PENGOLAHAN CAMPURAN BAGAS TEBU DAN MINYAK BIJI KARET MENJADI BAHAN BAKAR CAIR (*Liquid Fuel*) DENGAN METODE PIROLISIS MENGGUNAKAN ZEOLIT-A BERBASIS SILIKA SEKAM PADI SEBAGAI KATALIS**

Nama Mahasiswa : **Rufiana Juni Anita**

No. Pokok Mahasiswa : 1217011051

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

**Prof. Wasinton Simanjuntak, Ph.D.**  
NIP 19590706 198811 1 001

**Prof. Simon Sembiring, Ph.D.**  
NIP 19611003 199103 1 002

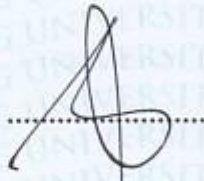
**2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA**

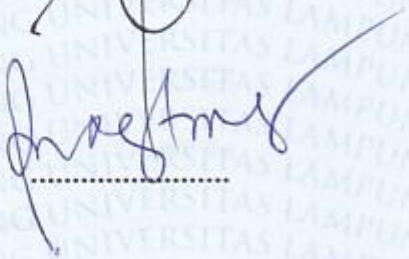
**Dr. Eng. Supto Dwi Yuwono, M.T.**  
NIP 19740705 200003 1 001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji


Ketua : **Prof. Wasinton Simanjuntak, Ph.D.** 

Sekretaris : **Prof. Simon Sembiring, Ph.D.** 

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc.** 

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



  
**Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.**  
NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 Januari 2018**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Medan, pada tanggal 27 Juni 1994 sebagai anak ketiga dari empat bersaudara, dari Bapak Ludin Damanik dan Ibu Nurma Sinaga. Penulis menyelesaikan pendidikan mulai dari Taman Kanak-Kanak Makarti Tama DWT Jaya, pendidikan dasar di SDN 01 DWT Jaya dan menyelesaikannya tahun 2006, pendidikan tingkat menengah hingga tahun 2009 di SMP Swasta Lentera Harapan Banjar Agung. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA Swasta Lentera Harapan Banjar Agung dan menyelesaikan tahun 2012. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan di kampus aktivitas organisasi penulis dimulai sejak menjadi Kader Muda Himaki tahun 2012-2013 menjadi Anggota Biro Penerbitan dan pada tahun 2013-2014 penulis menjadi Anggota Bidang Sosial Masyarakat. Penulis pernah aktif sebagai anggota dalam organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa Kristen (UKMK) Universitas Lampung periode 2012-2013, koordinator sie Kelompok Kecil (KK) periode 2013-2014 dalam Persekutuan Mahasiswa MIPA (POMMIPA). Pada tahun 2013-2014 Penulis mendapatkan beasiswa Prestasi dari Pemerintah Kabupaten Tulang Bawang. Penulis juga pernah menjadi asisten Praktikum Sains Dasar untuk mahasiswa S1 Agribisnis dan mahasiswa Ilmu Komputer Universitas Lampung pada tahun 2014-2015.

*Segala Hormat, Puji dan Syukur ku ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang selalu menjadi pengharapan dan kekuatanku di dalam segala sesuatunya, kupersembahkan karya ini sebagai wujud bakti dan tanggung jawab kepada :*

*Kedua orang tuaku,  
Bapak Ludin Damanik dan Ibu Nurma Sinaga yang telah memberikan cinta kasih, dukungan, motivasi, dan doa untukku.*

*Abang, Kakak dan Adikku  
Roy Amanson Damanik, Rani Wati Damanik dan Ranto Jaya Damanik*

*Pembimbing penelitianku, Bapak Prof. Wasinton Simanjuntak, Ph.D.*

*Orang terkasih, sahabat, kerabat dan teman*

*Almamater Tercinta*



*MOTTO*

**SEGALA PERKARA DAPAT KU TANGGUNG DI DALAM DIA YANG  
MEMBERIKAN KEKUATAN KEPADAKU**

**(FILIPPI 4:13)**

**KASIH ITU SABAR; KASIH ITU MURAH HATI; IA TIDAK CEMBURU. IA  
TIDAK MEMEGAHKAN DIRI DAN TIDAK SOMBONG.**

**IA TIDAK MELAKUKAN YANG TIDAK SOPAN DAN TIDAK Mencari  
KEUNTUNGAN DIRI SENDIRI. IA TIDAK PEMARAH DAN TIDAK  
MENYIMPAN KESALAHAN ORANG LAIN.**

**IA TIDAK BERSUKA KARENA KETIDAKADILAN, TETAPI IA  
BERSUKACITA KARENA KEBENARAN.**

**IA MENUTUPI SEGALA SESUATU, PERCAYA SEGALA SESUATU,  
MENGHARAPKAN SEGALA SESUATU, SABAR MENANGGUNG  
SEGALA SESUATU**

**(1 KORINTUS 13:4-7)**

**SEBAB AKU INI MENGETAHUI RANCANGAN-RANCANGAN APA  
YANG ADA PADA-KU MENGENAI KAMU, DEMIKIANLAH FIRMAN  
TUHAN, YAITU RANCANGAN DAMAI SEJAHTERA DAN BUKAN  
RANCANGAN KECELAKAAN, UNTUK MEMBERIKAN KEPADAMU  
HARI DEPAN YANG PENUH HARAPAN (YEREMIA 29:11)**

## SANWACANA

Segala Hormat, Puji dan Syukur ku ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas KasihNya dan AnugerahNya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul : **Pengolahan Campuran Bagas Tebu dan Minyak Biji Karet menjadi Bahan Bakar Cair (*Liquid fuel*) dengan Metode Pirolisis menggunakan Zeolit-A Berbasis Silika Sekam Padi Sebagai Katalis** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, izinkan penulis dengan penuh kerendahan hati mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Wasinton Simanjuntak, Ph. D. sebagai Pembimbing I atas bimbingan, bantuan, nasihat, saran, ilmu, motivasi dan perhatiannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Prof. Simon Sembiring, Ph. D. sebagai Pembimbing II atas bimbingan, kritik, saran, arahan, ilmu dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc. sebagai Penguji atas segala kritik, saran dan arahan yang diberikan kepada penulis.

4. Diky Hidayat, M. Si., Pembimbing Akademik penulis yang selalu membimbing, memberi nasihat, motivasi, dan kesabaran.
5. Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph. D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
6. Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M. T. selaku Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
8. Keluarga Besarku yang setia memberikan kasihnya, dukungan, motivasi dan doa kepada penulis.
9. Sahabat tercinta dan tersayang Winda Susanti Purba dan Lenny Metrics yang tidak pernah lelah mengingatkan, mendukung, dan memberikan semangat serta doa kepada penulis.
10. Keluarga KIMIA 2012 untuk persaudaraan, keceriaan, dan kenangan selama menempuh pendidikan.
11. Rekan-rekan Laboratorium Polimer Mba Gegek, Kak Hanif, Fenti, Debo, Ferdinand, Anton, Yudha, Gesa, Nora, Yunitri, Vero, dan Herma atas bantuan, motivasi, semangat dan dukungannya.
12. Uni Kidas, Mba Liza, Mba Nora, Pak Gani, Pak Man, dan Mas Nomo atas seluruh bantuan yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Kimia.

13. Keluarga Besar POM MIPA, UKMK, dan PERKANTAS Lampung atas kebersamaan dan sukacita selama penulis menempuh pendidikan.
14. Kelompok Kecil Ozora (Kak Nova/Kak Evi, Tiurma Debora Simatupang, S.Si, Eva Monica Sinaga, S.Si, Jenifer Mentari Togatorop, Jenni Jessica Sidabalok, dan Deborah Jovita Simangunsong), Hanesa (Meliana, Erika, Lilian, Novi, dan Sola).
15. Kakak dan adik tingkat penulis Angkatan 2009, 2010, 2013, 2014, 2015, dan 2016.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan penelitian di masa datang. Semoga bermanfaat.

Bandar Lampung, Januari 2018

Penulis

**Ruliana Juni Anita**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	6
C. Manfaat Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Bahan Bakar Cair Berbasis Biomassa.....	7
B. Pembuatan Bahan Bakar Cair .....	8
1. Pirolisis.....	8
2. Karakterisasi Bahan Bakar Cair Hasil Pirolisis .....	11
C. Zeolit .....	13
1. Karakteristik Zeolit .....	13
2. Zeolit Alam .....	15
3. Zeolit Sintetik.....	18
4. Zeolit-A.....	22
D. Minyak Biji Karet .....	23

E.	Silika Sekam Padi .....	31
F.	Alumina.....	32
G.	Analisis Zeolit .....	36
	1. X-Ray Diffraction (XRD) .....	36
	2. Particle Size Analyzer (PSA).....	40
	3. Scanning Elektron Microscopy (SEM) .....	41
	4. <i>Fourier Transform</i> Inframerah (FT-IR).....	45
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>		
A.	Waktu dan Tempat Penelitian .....	46
B.	Alat dan Bahan .....	46
	1. Alat-alat yang digunakan .....	46
	2. Bahan-bahan yang digunakan .....	47
C.	Prosedur Penelitian .....	47
	1. Preparasi Minyak Biji Karet .....	47
	2. Preparasi Bagas Tebu .....	47
	3. Ekstraksi Silika Sekam Padi.....	47
	4. Pembuatan Sol Silika Sekam Padi .....	48
	5. Pembuatan Zeolit .....	48
	6. Kalsinasi Katalis .....	49
	7. Karakterisasi Katalis .....	50
	1. XRD .....	50
	2. SEM-EDX.....	51
	3. PSA .....	51
	4. FTIR .....	52

8. Uji Reaksi Perengkahan .....	53
9. Karakterisasi <i>Liquid Fuel</i> .....	53
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Pengantar.....	54
B. Preparasi Silika Sekam Padi .....	54
C. Ekstraksi Silika Sekam Padi .....	55
D. Pembuatan Prekursor Zeolit-A .....	57
E. Preparasi Minyak Biji Karet .....	59
F. Preparasi Bagas Tebu.....	60
G. Karakterisasi Katalis .....	60
1. Analisis Struktur menggunakan XRD.....	61
2. SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	64
3. <i>Particle Size Analyzer</i> ( PSA ) .....	66
4. <i>Fourier Transform</i> Inframerah (FT-IR) .....	68
H. Uji Aktivitas.....	71
I. Uji Parameter Fisik Bahan Bakar Cair.....	77
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Simpulan .....	81
B. Saran .....	82

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. a) Pohon tanaman Karet b) Biji tanaman karet.....	26
2. Struktur Kristal Mineral Korondum Alumina.....	32
3. Skema dasar XRD .....	37
4. Pola difraksi sinar-x (XRD) silika sekam padi .....	39
5. Mekanisme SEM.....	41
6. Skema alat <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	43
7. Hasil SEM sintesis nanosilika dari sekam padi .....	44
8. Hamburan elektron yang jatuh pada lembaran tipis.....	45
9. Reaktor pirolisis .....	54
10. Preparasi silika padi .....	55
11. Ekstraksi silika sekam padi .....	56
12. Proses pencucian silika gel.....	57
13. Pembuatan prekursor zeolit-A.....	58
14. Preparasi minyak biji karet.....	59
15. Preparasi bagas tebu .....	60
16. Difraktogram sinar-X prekursor zeolit-A.....	62
17. Mikrograf prekursor zeolit-A 600-900°C .....	65
18. Hasil pengukuran PSA prekursor zeolit-A.....	66



19.	Gambar spektrum silika dan prekursor zeolit-A .....	69
20.	Contoh Hasil <i>liquid fuel</i> pirolisis prekursor zeolit-A.....	73
21.	Kromatogram GC hasil pirolisis prekursor zeolit-A.....	75
22.	Uji nyala <i>liquid fuel</i> .....	78

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Analisis Lengkap Biomass .....	8
2. Contoh zeolit alam yang umum ditemukan .....	16
3. Rumus oksida beberapa jenis zeolit sintetik .....	23
4. Komposisi asam lemak biji karet dan kacang tanah .....	24
5. Komposisi kimia biji karet (bungkil) tiap 100 g bydd .....	24
6. Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Biji Karet .....	26
7. Sifat-sifat fisik Aluminium .....	35
8. Sifat-sifat mekanik Aluminium .....	35
9. Perbandingan nilai $2\theta$ zeolit-A standar dan percobaan .....	63
10. Distribusi partikel prekursor zeolit A .....	66
11. Hasil pirolisis prekursor zeolit-A .....	71
12. Persen konversi hasil pirolisis .....	73
13. Komponen <i>liquid fuel</i> hasil pirolisis prekursor zeolit-A 700°C .....	76
14. Nilai densitas dan viskositas <i>liquid fuel</i> .....	78
15. Nilai keasaman katalis prekursor zeolit-A .....	79

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Bahan bakar cair merupakan jenis bahan bakar yang paling banyak digunakan untuk berbagai keperluan yang berkaitan dengan energi. Hingga sekarang bahan bakar cair fosil masih menjadi andalan utama sebagai sumber energi, sementara cadangan penggunaan bahan bakar cair fosil semakin menipis seiring dengan meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk, selain itu juga berdampak bagi lingkungan yakni pemanasan global. Untuk mengatasi permasalahan tersebut beberapa upaya telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan ketersediaan bahan bakar fosil yaitu pengembangan bahan bakar cair alternatif dan terbarukan. Salah satu upaya alternatif dan terbarukan adalah bahan bakar cair yang dihasilkan dengan metode pirolisis biomassa (Ridhuan dan Suranto, 2016). Biomassa adalah material yang tersisa dari suatu tanaman atau hewan seperti serbuk kayu dari hutan, sekam padi, bagas tebu, jerami padi dari pertanian serta limbah organik manusia dan hewan (Wijaya, 2015). Salah satu contoh biomassa yang sedang dikembangkan saat ini adalah bagas tebu. Berdasarkan data Badan Statistik Provinsi Lampung tahun 1993, luas total perkebunan tebu di Lampung seluas 210.043 ha. Luasan tersebut meliputi 50% luasan lahan perkebunan tebu nasional. Produksi tebu oleh perkebunan swasta di Lampung sekitar 6,18 ton gula per

hektar. Berdasarkan data tersebut Provinsi Lampung berpotensi menghasilkan biomassa berupa bagas tebu. Bagas tebu selain dimanfaatkan sendiri oleh pabrik sebagai bahan bakar pemasakan nira, juga dimanfaatkan oleh pabrik kertas sebagai *pulp* campuran pembuat kertas. Limbah ini banyak mengandung serat dan gabus. Berdasarkan bahan kering, bagas tebu terdiri dari unsur C (*Carbon*) 47%, H (*Hydrogen*) 6,5%, O (*Oxygen*) 44% dan abu (*Ash*) 2,5%. Menurut rumus Pritzelwitz (Hugot, 1986) tiap kilogram ampas dengan kandungan gula sekitar 2,5% akan memiliki kalor sebesar 1825 kkal. Pengolahan bagas tebu sebagai biomassa terbarukan dapat mengoptimalkan pemanfaatan bagas tebu sebagai bahan bakar pengganti energi fosil. Agar biomassa ini dapat digunakan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversi biomassa menjadi sumber bahan bakar cair. Salah satu teknik penguraiannya adalah perengkahan. Perengkahan adalah suatu proses pemecahan rantai senyawa berukuran besar menjadi senyawa yang lebih kecil dengan bantuan panas (Mediasari, 2015). Teknik ini sudah digunakan sejak lama dalam pengolahan minyak bumi untuk mendapatkan fraksi minyak bumi dengan rentang titik didih yang lebih rendah dari induknya. Perengkahan pada dasarnya merupakan proses untuk memecah molekul besar menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Salah satu caranya adalah dengan perlakuan termal, yang dikenal juga dengan pirolisis.

Berdasarkan *Encyclopedia of Energy Technology and the Environment*, pirolisis di defenisi kan sebagai proses dekomposisi panas untuk memproduksi panas, cairan organik (*tar*), dan padatan sisa (*char*) pada tempetatur tinggi. Bahan-bahan yang cocok sebagai umpan proses pirolisis antara lain batubara, biomassa, plastik, karet, dan fraksi selulosa (50%) dari sampah perkotaan. Prinsip dasar dari pirolisis

adalah suatu proses dengan suhu tinggi dan laju pemanasan yang cepat tanpa atau sedikitnya oksigen atau reagen lainnya, maka akan terjadi degradasi ikatan kimia pada sampel, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas, cair dan padat. Dalam perkembangannya, aplikasi teknik ini menghasilkan *liquid fuel* dari berbagai bahan baku, misalnya perengkahan minyak sawit (Masuda *et al.*, 2001), perengkahan minyak sawit (Wijanarko dkk, 2006), perengkahan minyak jelantah (Kadarwati dkk, 2010), perengkahan *Palm fatty Acid Destilate* (Yelmida dkk, 2012). Pada dasarnya pirolisis dengan perlakuan termal menggunakan suhu tinggi, hal ini juga menunjukkan bahwa proses ini membutuhkan biaya produksi yang cukup tinggi. Salah satu upaya untuk menekan biaya produksi ini adalah dengan menggunakan katalis. Salah satu sifat dasar katalis adalah menurunkan energi aktivasi suatu reaksi. Dari berbagai penelitian diatas katalis yang paling umum digunakan dalam proses pirolisis adalah zeolit.

Zeolit merupakan kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali maupun alkali tanah dan memiliki struktur kerangka tiga dimensi dengan rongga didalamnya. Struktur kerangka zeolit tersusun atas unit-unit tetrahedral  $(AlO_4)^{-5}$  dan  $(SiO_4)^{-4}$  yang saling berikatan melalui atom oksigen membentuk pori-pori zeolit. Zeolit dapat ditemukan secara alami (zeolit alam) dan dapat pula dibuat dengan teknik tertentu (zeolit sintetis) (Auerbach *et al.*, 2003). Zeolit alam adalah zeolit yang ditambang langsung dari alam, dengan demikian harganya jauh lebih murah daripada zeolit sintetis, namun zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, di antaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit, untuk memperbaiki karakter zeolit tersebut

biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu yang kemudian dapat digunakan sebagai katalis, absorben, atau aplikasi lainnya (Yuanita, 2009).

Karena kelemahan tersebut, dewasa ini yang banyak diaplikasikan adalah zeolit sintetis sebagai pengganti zeolit alam. Zeolit sintetis dapat disintesis dari komponen utama yakni silika dan alumina dengan komponen minor berupa kation, terutama alkali misalnya Na dan K (Donahoe *and* Liou, 1984), dan alkali tanah misalnya Mg dan Ca (Paradhan *et al.*, 2004). Berdasarkan komposisi ini, sifat zeolit sintetis pada dasarnya ditentukan oleh nisbah Si/Al sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk membuat zeolit dengan sifat yang berbeda-beda (Amrulloh, 2014).

Dalam pengembangan zeolit sintetis salah satu sumber silika yang potensial adalah sekam padi karena ketersediaan sekam padi yang melimpah dan dapat diperbaharui. Produksi padi selama ini menghasilkan beras dan limbah kulit padi yang disebut dengan sekam. Sekam padi diketahui mengandung silika dalam bentuk oksida ( $\text{SiO}_2$ ) sekitar 22% (Prasad *and* Pandey, 2012). Sementara sekam padi adalah limbah pertanian yang sulit diurai oleh mikroba karena mengandung serat kasar. Pada umumnya penggilingan padi menghasilkan 72% beras, 5-8% dedak, dan 20-22% sekam. Sekam padi merupakan produk sampingan yang melimpah dari hasil penggilingan padi. Menurut Press Release Badan Pusat Statistik 1 November 2005, produksi Gabah Kering Giling (GKG) sekitar 54 juta ton, maka jumlah sekam yang dihasilkan lebih dari 10,8 juta ton.

Silika sekam padi diketahui larut dalam larutan alkali, sehingga dapat diperoleh dengan mudah menggunakan metode ekstraksi misalnya dengan NaOH dan KOH

(Kalaphathy *et al.*, 2000; Daifullah *et al.*, 2003; Pandiangan dkk., 2008; Suka dkk., 2008). Sol silika dapat diubah menjadi gel dengan cara menetralkan sol dengan suatu asam, kemudian gel yang dihasilkan dapat diolah menjadi padatan silika (bubuk) dengan kemurnian mencapai 95% (Sembiring dan Karo-karo, 2007).

Komponen lain dari zeolit sintetis adalah alumina. Alumina merupakan salah satu material aplikasi yang sangat penting, karena senyawa ini memiliki beragam peruntukan, misalnya insulator listrik yang baik, sehingga digunakan secara luas sebagai bahan insulator suhu tinggi, karena memiliki kapasitas panas yang besar (Xu *et al.*, 1994), sebagai absorben (Filho and Carmo, 2004), agen pengisi (Bang, 2007 and Liu, 2013), katalis dan reagen (Siddique and Kurny, 2009). Sifat lain dari alumina yang sangat mendukung aplikasinya adalah daya tahan terhadap korosi (Mirjalili *et al.*, 2011), dan titik lebur yang tinggi, yakni mencapai 2053-2072°C (Budavari, 2001). Umumnya alumina yang digunakan untuk pembuatan zeolit sintetis adalah senyawa alumina antara lain, aluminium nitrat (Wang *et al.*, 2010), aluminium klorida (Dirdianti, 2011), aluminium silikat (Dirdianti, 2011).

Dikaitkan dengan potensi dan sifat silika sekam padi di atas, penelitian ini digagas untuk pengolahan campuran bagas tebu dan minyak biji karet menjadi bahan bakar cair dengan metode pirolisis menggunakan prekursor zeolit-A berbasis silika sekam padi sebagai katalis. Zeolit-A adalah zeolit sintetis dengan komposisi zeolit silika rendah dengan perbandingan Si/Al 1-1,5 memiliki konsentrasi kation paling tinggi, dan mempunyai sifat adsorpsi yang optimum dengan rumus oksida  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$  (Georgiev *et al.*, 2009). Masalah utama yang dipelajari

dalam penelitian ini adalah karakterisasi zeolit sintetis menggunakan aluminium dan silika sekam padi sebagai katalis untuk pengolahan campuran bagas tebu dan minyak biji karet menjadi bahan bakar cair (*liquid fuel*) dengan metode pirolisis.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mensintesis zeolit-A menggunakan bahan baku aluminium dan silika sekam padi.
2. Mengetahui karakteristik struktur fasa, mikrostruktur, ukuran partikel dan gugus fungsi zeolit-A dari silika sekam padi dan aluminium.
3. Menguji aktivitas katalitik zeolit-A untuk pengolahan bagas tebu menjadi bahan bakar cair dengan metode pirolisis.

## **C. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut :

1. Memanfaatkan limbah sekam padi di lingkungan masyarakat.
2. Memanfaatkan limbah bagas tebu dan meningkatkan nilai fungsinya.
3. Mengoptimalkan pengolahan bagas tebu menjadi bahan bakar cair yang alternatif dan terbarukan.



## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Bahan Bakar Cair Berbasis Biomassa**

Bahan bakar cair adalah salah satu bentuk final penting energi berbasis biomassa. Biomassa diperoleh dari bahan-bahan organik berumur relatif muda dan berasal dari tumbuhan atau hewan, produk dan limbah industri budidaya, antara lain budidaya pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, perikanan. Hasil perkembangan bahan bakar cair saat ini adalah bioetanol dan biodiesel serta perkembangannya semakin pesat dalam skala industri. Bioetanol adalah bahan bakar cair kendaraan bensin atau otomotif, biodiesel adalah bahan bakar cair kendaraan diesel (Hutama dkk, 2011), akan tetapi dari kedua bahan bakar ini memiliki keterbatasan dalam produksinya yakni memerlukan substrat yang spesifik.

Dalam pembuatan bioetanol hanya dapat dihasilkan dari gula reduksi dengan cara fermentasi sehingga bahan baku terbatas pada karbohidrat yang dapat diubah menjadi gula reduksi. Bahan baku paling banyak digunakan adalah pati dari beberapa tanaman, misalnya jagung (Tri, 2011) dan ubi kayu (Arnata dkk, 2013). Berkaitan dengan dua bahan baku di atas, yang harus dipertimbangkan adalah bahan pangan dan digunakan juga sebagai bahan baku industri lain, sehingga tidak mungkin digunakan sepenuhnya untuk industri bioetanol. Seperti halnya

pembuatan biodiesel, minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku, terutama minyak kelapa (Putri dkk, 2012; Padil dkk, 2012) dan minyak kelapa sawit (Prastyo dkk, 2011; Anshary dkk, 2012) juga merupakan bahan pangan yang sangat penting dan digunakan juga sebagai bahan baku untuk industri lain.

Masalah utama ini para ahli mengembangkan lebih lanjut perolehan bahan bakar cair dengan cara pirolisis yang pada prinsipnya tidak terkendala oleh bahan baku, karena dapat dihasilkan dari semua bahan organik berukuran besar atau biomassa serta prosesnya berlangsung sangat cepat. Di Indonesia banyak ditemukan bahan baku biomassa, misalnya sisa pemotongan kayu, ranting kayu, bonggol jagung, bagas tebu, sekam padi dan lain-lain. Rumus kimia dari biomassa umumnya diwakili oleh  $C_xH_yO_z$  nilai koefisien dari x,y dan z ditentukan oleh masing-masing biomassa. Nilai x, y, dan z ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

**Table 1.** Analisis lengkap biomassa (Raveendran *et.al*, 1995)

No	Biomassa	Ultimate Analysis (wt %)			X	Y	Z	Conversion of carbon (%)
		C	H	O				
1	Ampas tebu	43.8	5.8	47.1	3.65	5.8	2.94	81
2	Sabut kelapa	47.6	5.7	45.6	3.97	5.7	2.85	72
3	Batok kelapa	50.2	5.7	43.4	4.18	5.7	2.71	65
4	Sabut empulur	44.0	4.7	43.4	3.67	4.7	2.71	74
5	Bonggol jagung	47.6	5.0	44.6	3.97	5.0	2.79	70
6	Tangkai jagung	41.9	5.3	46.0	3.49	5.3	2.88	82.3
7	Limbah kapas	42.7	6.0	49.5	3.56	6.0	3.10	87
8	Kulit kacang	48.3	5.7	39.4	4.03	5.7	2.46	61.2
9	Jerami padi	42.7	6.0	33.0	3.56	6.0	2.063	58
10	Sekam padi	38.9	5.1	32.0	3.24	5.1	2.0	62
11	Tangkai padi	36.9	5.0	37.9	3.08	5.0	2.37	82.4
12	Serbuk kayu	48.2	5.9	45.1	4.02	5.9	2.82	70.2
13	Jerami gandum	47.5	5.4	35.8	3.96	5.4	2.24	56.5
	Average	44.6	5.5	41.8	3.72	5.49	2.61	70.8

Untuk menentukan sistem energi biomassa, kandungan energi setiap jenisnya harus ditentukan terlebih dahulu. Nilai kalor seringkali digunakan sebagai indikator kandungan energi yang dimiliki setiap jenis biomassa. Nilai kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan saat bahan menjalani pembakaran sempurna atau dikenal sebagai kalor pembakaran. Nilai kalor ditentukan melalui rasio komponen dan jenisnya serta rasio unsur di dalam biomassa itu sendiri (terutama kadar karbon). Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa salah satu biomassa yang memiliki nilai persen kalor cukup tinggi dan berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan bahan bakar cair adalah ampas tebu.

## **B. Pembuatan Bahan Bakar Cair**

### **1. Pirolisis**

Pirolisis dapat didefinisikan sebagai dekomposisi material organik dengan bantuan panas (termal) pada suasana *inert* (tanpa oksigen), menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pirolisis pada umumnya dilakukan pada suhu 200-500°C (Sheth *and* Babu, 2006), dan menghasilkan tiga macam produk, yakni gas, cair, dan padat (*char*). Komposisi produk pirolisis dipengaruhi sejumlah faktor, antara lain, jenis bahan baku, suhu pirolisis, waktu pirolisis dan kondisi proses pirolisis. Dalam prakteknya, pirolisis telah dilakukan tanpa dan dengan bantuan katalis, dengan hasil yang beragam tergantung pada jenis bahan baku seperti minyak sawit (Masuda *et al.*, 2001; Twaiq *et al.*, 2003; Nasikin dkk, 2009; Wijanarko dkk, 2006; Nurjanah dkk, 2010), *Palm Fatty Acid Distillate* (Yelmida dkk, 2012), minyak jelantah (Kadarwati dkk, 2010), serbuk kayu (Danarto dkk, 2010), tempurung kelapa (Joardder *et al.*, 2011), cangkang sawit (Abnisa *et al.*, 2011)

sekam padi (Xiujuan *et al.*, 2011), biji jarak (Sing *and* Shadangi, 2011), biji polanga (Shadangi *and* Sing, 2012), kondisi proses seperti reaktor fluida (*Fluidized bed reactor*) (Jung *et al.*, 2008), reaktor berpengaduk (*Stirrer bed reactor*) (Manasomboonphan *and* Junyapoon, 2012) dan jenis katalis yang digunakan seperti zeolit HZSM-5 (Vitolo *et al.*, 2001; Lima *et al.*, 2004; Nurjanah dkk, 2010), zeolit NiMo/ tipe klipnotilolit (Nasikin dkk, 2009) Pd/C (Duan *and* Savage, 2009), zeolit (Danarto dkk, 2010), katalis  $\alpha$ -alumina (Wijanarko dkk, 2006).

Produksi bahan bakar cair hasil pirolisis terus diteliti secara ekstensif, baik tanpa katalis maupun dengan bantuan katalis. Dengan metode pirolisis tanpa katalis (Jung *et al.*, 2008) meneliti pengolahan jerami padi menjadi bahan bakar cair. Dalam penelitian tersebut jerami padi diolah menggunakan reaktor fluida (*fluidized bed reactor*) dengan suhu pirolisis 415-540°C. Pirolisis jerami padi dihasilkan produk yang optimal pada suhu 440-500°C. Peneliti yang sama juga mengolah serbuk bambu menjadi bahan bakar cair dengan reaktor yang sama tetapi dengan suhu yang berbeda yakni 350-510°C sedangkan produk optimal dihasilkan pada suhu 405-450°C dan pada serbuk bambu menghasilkan bahan bakar cair tertinggi 70%. Senyawa utama yang dihasilkan adalah *fenolat*, *furfural*, asam asetat, *levoglucosan*, *guaiacol*, dan *alkyl guaiacol*. Bahan bakar cair yang dihasilkan memiliki kandungan logam alkali dan alkali tanah yang rendah, sehingga memiliki kinerja yang baik sebagai bahan bakar.

## 2. Karakterisasi Bahan Bakar Cair Hasil Pirolisis

Pada penelitian Xiujuan *et al.*, (2011) meneliti pengolahan sekam padi menjadi bahan bakar cair dengan metode pirolisis, dan hasilnya difraksinasi menjadi tiga, yakni fraksi ringan, fraksi menengah, dan fraksi berat. Komposisi kimia dianalisa dengan kromatografi gas dan spektrometer massa (GC-MS), dan ditemukan bahwa bahan fraksi ringan dari bakar cair yang dihasilkan mengandung asam, aldehida, keton, alkohol, fenol, gula, sementara fraksi menengah dan fraksi berat terdiri dari fenol dan *levoglucosan*. Karakteristik termal produk, yakni penguapan dan dekomposisi diteliti menggunakan *termogravimetri analyzer* digabungkan dengan spektrometer inframerah (TG-FTIR). Distribusi produk diketahui sangat tergantung pada kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Hasil pirolisis terdiri dari zat cair sebesar 46,36% dan gas sebesar 27%, sisanya adalah tar. Metode pirolisis langsung juga telah dilakukan peneliti lain (Manasomboonphan *and* Junyapoon, 2012) untuk mengolah oli bekas menjadi bahan bakar cair, menggunakan reaktor berpengaduk. Percobaan dilakukan pada suhu 200-500°C pada kondisi vakum. Hasil percobaan menunjukkan bahwa bahan bakar cair mulai dihasilkan pada suhu 350°C, dengan rendemen 50%, dan mengandung hidrokarbon sebagai komponen utama. Selain pirolisis langsung, pirolisis dengan bantuan katalis juga terus dikembangkan, dapat diketahui bahwa berbagai jenis katalis telah digunakan untuk mengolah berbagai jenis bahan baku. Vitolo *et al.*, (2001) menggunakan zeolit HZSM-5 sebagai katalis dalam pirolisis kayu pada rentang suhu 450-500°C dengan perbandingan Si/Al 50 (HZSM-5/50) dan 80 (HZSM-5/80) dan optimal pada suhu 500°C. Pada zeolit HZSM-5 aktifitas katalitik dilakukan situs asamnya melalui mekanisme ion karbonium,

deoksigenasi, dan dekarboksilasi bahan bakar cair terjadi, retakan, oligomerisasi, alkilasi, isomerisasi, siklisasi dan aromatisasi. Lima *et al.*, (2004) melakukan pengolahan beberapa jenis minyak nabati (minyak kedelai, minyak batang sawit, dan minyak jarak kaliki) secara pirolisis juga menggunakan zeolit HZSM-5 sebagai katalis, pada rentang suhu 350-400°C. Bahan bakar cair yang dihasilkan selanjutnya difraksinasi dengan metode destilasi fraksinasi ke dalam empat komponen berdasarkan rentang titik didih, yakni < 80°C, 80-140°C, 140-200°C dan > 200°C dan dihasilkan bahan bakar tertinggi 60% pada rentang titik didih > 200°C. Komposisi kimia dianalisa dengan GC-MS dan ditemukan bahwa mengandung hidrokarbon, alkana, alkena, alkadiena dan asam karboksilat.

Nurjanah dkk, (2010) melaporkan menggunakan katalis yang sama untuk pirolisis minyak sawit. Pirolisis dilakukan dengan mikroreaktor *fixed bed* pada temperatur 350-500°C dan laju alir gas N<sub>2</sub> 100-160 mL/menit selama 120 menit. Hasil pirolisis dianalisa dengan metode gas kromatografi. Hasil yang diperoleh untuk katalis HZSM-5 fraksi gasoline dengan bahan bakar tertinggi 28,87%, kerosin 16,70% dan diesel 12,20% pada suhu reaktor 450°C dan laju gas N<sub>2</sub>. Wijanarko dkk, (2006) menggunakan katalis asam yaitu  $\alpha$ -alumina untuk pirolisis minyak sawit dengan menggunakan *stirrer bed reactor* dengan perbandingan minyak/katalis 100:1, 75:1 dan 50:1 pada rentang suhu 260-340°C dalam variasi 1-2 jam. Hasil reaksi pirolisis diperoleh produk *biogasoline*. Dari hasil uji densitas, viskositas, *Fourier Transform Infra Red Spektrofotometer* (FTIR) dan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS) produk ini menunjukkan hasil yang mendekati sifat bensin komersial. Berdasarkan hasil uji tersebut produksi *biogasoline* pada penelitian ini 11,8% (v/v) dan konversi 28,0% (v/v) terhadap

umpan minyak sawit dengan bilangan oktan produknya sebesar 61,0. Dari informasi literatur yang dipaparkan di atas, terlihat bahwa salah satu jenis katalis yang baik digunakan untuk metode pirolisis adalah zeolit.

## C. Zeolit

### 1. Karakteristik Zeolit

Penemuan zeolit di dunia dimulai dengan ditemukannya *Stilbite* pada tahun 1756 oleh seorang ilmuwan bernama A. F. Constedt. Constedt menggambarkan kekhasan mineral ini ketika berada dalam pemanasan terlihat seperti mendidih karena molekulnya kehilangan air dengan sangat cepat. Nama zeolit ini berasal dari bahasa Yunani yaitu “Zeni” dan “Lithos” yang berarti batu yang mendidih, karena apabila dipanaskan membuih dan mengeluarkan air (Breck, 1974). Zeolit berkembang menjadi material utama dalam industri kimia untuk skala yang besar dalam aplikasinya dari perubahan ion sampai katalisis pada proses petrokimia, salah satu diantaranya yaitu zeolit NaA yang digunakan untuk industri detergen. Pada tahun 1987, sebanyak 375,000 ton kubik zeolit NaA diproduksi secara besar-besaran hanya untuk industri detergen dengan total penggunaan 2,5 juta ton kubik pada tahun 2000 (Roland, 1989). Zeolit adalah mineral kristal alumina silikat berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$ . Kedua tetrahedral di atas dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang didalamnya diisi oleh atom-atom logam yang biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Breck, 1974; Chetam,

1992; Scot *et al.*, 2003). Zeolit memiliki beberapa sifat dan karakteristik sebagai berikut :

a) Dehidrasi

Sifat dehidrasi ini akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif berinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan.

b) Penukar Ion

Kenetralan zeolit dapat dijaga oleh ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga penukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat zeolit sebagai penukar ion tergantung dari sifat kation, suhu dan jenis anion.

c) Katalis

Bila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalistis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas diantara kristal. Dengan demikian dimensi serta lokasi batuan sangat penting.

d) Pemisah atau Penyaring Molekul

Oleh karena zeolit mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan ruang hampa yang bermacam-macam, maka zeolit dapat digunakan untuk memisahkan gas atau zat lain dari suatu campuran. Kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul tergantung dari volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dari kristal-kristal ini.



e) Adsorpsi

Bila zeolit kristal dipanaskan pada suhu 200°C-400°C, maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa jenis mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30% dari beratnya dalam keadaan kering. Selain itu zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya. Selektivitas adsorpsi zeolit terhadap ukuran molekul tertentu dapat disesuaikan dengan jalan penukaran kation, dekationisasi, dealuminasi secara hidrotermal dan perubahan perbandingan kadar Si.

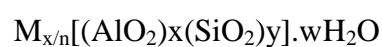
f) Katalisator

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang luas dan juga memiliki sisi aktif dengan adanya rongga intrakristalin zeolit dapat digunakan sebagai katalis. Reaksi katalitik dipengaruhi oleh ukuran mulut rongga dan sistem alir, karena reaksi ini tergantung pada difusi pereaksi dan hasil reaksi.

Dewasa ini dikenal dua jenis zeolit, yakni zeolit alam dan zeolit sintetik, namun yang paling banyak digunakan adalah zeolit sintetik.

## 2. Zeolit Alam

Zeolit alam ditemukan dalam bentuk mineral dengan komposisi yang berbeda, terutama dalam nisbah Si/Al dan jenis logam yang menjadi komponen minor, seperti disajikan pada Tabel 2. Secara umum zeolit dinyatakan dengan rumus :



Dengan M adalah kation alkali atau kation alkali tanah seperti Natrium (Na<sup>+</sup>)

atau Kalium ( $K^+$ ), Kalsium ( $Ca^{2+}$ ) atau Magnesium ( $Mg^{2+}$ ), n adalah valensi kation, w adalah jumlah molekul air per satuan unit sel, x dan y adalah jumlah tetrahedral per unit sel, dan nisbah y/x biasanya memiliki nilai 1 hingga 5, meskipun nisbah juga dikenal dalam rentang 10 hingga 100 (Georgieva, *et.al*, 2009).

**Tabel 2.** Contoh zeolit alam yang umum ditemukan (Subagio, 1993)

No	Zeolit alam	Komposisi
1	Analsim	$Na_{16}(Al_{16}Si_{32}O_{96}).16H_2O$
2	Kabazit	$(Na_2,Ca)_6(Al_{12}Si_{24}O_{72}).40H_2O$
3	Klinoptilotit	$(Na_4K_4)(Al_8Si_{40}O_{96}).24H_2O$
4	Erionit	$(Na,Ca_5K)(Al_9Si_{27}O_{72}).27H_2O$
5	Ferrierit	$(Na_2Mg_2)(Al_6Si_{30}O_{72}).18H_2O$
6	Heulandit	$Ca_4(Al_8Si_{28}O_{72}).24H_2O$
7	Laumonit	$Ca(Al_8Si_{16}O_{48}).16H_2O$
8	Mordenit	$Na_8(Al_8Si_{40}O_{96}).24H_2O$
9	Filipsit	$(Na,K)_{10}(Al_{10}Si_{22}O_{64}).20H_2O$
10	Natrolit	$Na_4(Al_4Si_6O_{20}).4H_2O$
11	Wairakit	$Ca(Al_2Si_4O_{12}).12H_2O$

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen, dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin (Lestari, 2010). Sebagai produk alam, zeolit alam diketahui memiliki komposisi yang sangat bervariasi, namun komponen utamanya adalah silika dan alumina. Pada umumnya komposisi zeolit alam mengandung klinoptilotit, mordenit, chabazit, dan erionit. Kristal-kristalnya terbentuk dari

proses *hydrothermal* yang melibatkan reaksi antara larutan garam atau dengan aliran lava. Disamping komponen utama ini zeolit juga mengandung berbagai unsur minor, antara lain Na, K, Ca (Bogdanov *et al.*, 2009), Mg, dan Fe (Akimkhan, 2012).

Terlepas dari aplikasinya yang luas, zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg, dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, absorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu (Mockovciakova *et al.*, 2007). Banyak kristal zeolit baru telah disintesis dan memenuhi beberapa fungsi penting dalam industri kimia dan minyak bumi dan juga dipakai sebagai produk seperti detergen. Telah diketahui lebih dari 150 tipe zeolit sintetik dan 40 mineral zeolit. Secara umum karakteristik struktur zeolit antara lain :

1. Sangat berpori, karena kristal zeolit merupakan kerangka yang terbentuk dari jaring tetrahedral  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$
2. Pori-porinya berukuran molekul, karena pori-pori zeolit terbentuk dari tumpukan *n-ring* beranggotakan 6, 8, 10, atau 12 tetrahedral.
3. Dapat menukarkan kation, karena perbedaan muatan  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Si}^{4+}$  menjadikan atom Al dalam kerangka kristal menjadi bermuatan negatif dan membutuhkan kation penetral. Kation penetral yang bukan menjadi bagian dari kerangka ini mudah diganti dengan kation lainnya.
4. Dapat dijadikan padatan yang bersifat asam, karena penggantian kation penetral dengan proton-proton menjadikan zeolit padatan asam Bronsted.

5. Mudah dimodifikasi karena setiap tetrahedral dapat dihubungkan dengan bahan-bahan pemodifikasi.

### 3. Zeolit Sintetik

Zeolit disintesis di bawah kondisi hidrotermal, dari larutan silika dan alumina yang mengandung alkali hidroksida untuk mencapai pH yang tinggi. Struktur zeolit sejauh ini diketahui bermacam-macam, tetapi secara garis besar strukturnya terbentuk dari unit bangun primer, berupa tetrahedral yang kemudian menjadi unit bangun sekunder polihedral dan membentuk polihendra dan akhirnya unit struktur zeolit (Auerbach dkk, 2003). Kebanyakan zeolit dibuat melalui sintesis *hydrothermal*. Kondisi sintesis tergantung pada komposisi material yang diinginkan, ukuran partikel, morfologi dan sebagainya (Schubert and Housing, 2000). Proses sintesis adalah sensitif terhadap sejumlah variabel seperti impuritas (pengotor), waktu pencampuran dan pencucian, temperatur, pH, sumber silika dan alumina, jenis kation alkali dan waktu reaksi maupun surfaktan. Teknik lain yang mulai diperkenalkan adalah penggunaan *microwave*. Meskipun belum sepenuhnya berhasil, teknik ini memberikan prospek yang baik dalam perbaikan teknik sintesis zeolit dimana dengan teknik ini zeolit dapat dibuat dalam waktu yang sangat singkat. Beberapa peneliti melaporkan bahwa dengan teknik ini, zeolit dapat disintesis dalam waktu 20 menit, setelah proses pencampuran larutan. Namun teknik ini juga masih dipertanyakan mengenai keamanan dan efek kesehatan bagi pengguna karena tingginya frekuensi yang digunakan oleh *microwave* (Ma., 2005; Conner, 2004). Prinsip dari aplikasi *microwave* adalah memanfaatkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 300 MHz-300 GHz

untuk mencampur larutan aluminat dan silikat sampai terbentuk campuran yang homogen. Sejauh ini, teknik ini relatif lebih baik jika dibandingkan dengan teknik *hydrothermal*, karena lebih cepat dalam sintesis dan tidak banyak bahan kimia yang terbuang (Conner and Xu, 2006). Metode *hydrothermal* untuk sintesis zeolit aluminosilika melibatkan beberapa langkah dasar dengan beberapa campuran seperti Si dan Al, kation logam, molekul organik, dan air, yang akan dikonversi melalui larutan basa jenuh menjadi kristal aluminosilikat mikroporous. Proses kimia yang kompleks terlibat dalam transformasi dapat dinotasikan sebagai *zeolitization*. Kemampuan zeolit sintesis sebagai penyaring molekuler, katalis, dan penukar ion sangat tergantung dari perbandingan Al dan Si, sehingga dikelompokkan menjadi tiga jenis zeolit, yaitu:

a) Zeolit dengan kadar Si rendah

Zeolit jenis ini banyak mengandung Al, berpori, mempunyai nilai ekonomi tinggi karena efektif untuk pemisahan atau pemurnian dengan kapasitas besar. Volume porinya dapat mencapai 0,5 dari volume zeolit. Kadar maksimum Al dicapai jika perbandingan Si/Al mendekati 1 dan keadaan ini mengakibatkan daya penukaran ion maksimum.

b) Zeolit dengan kadar Si sedang

Zeolit ini mempunyai perbandingan kadar Si/Al 2 sampai 5. Kerangka tetrahedral Al dari zeolit jenis ini tidak stabil terhadap asam dan panas, namun ada pula zeolit yang mempunyai perbandingan Si/Al 5 yang sangat stabil yaitu zeolit mordenit.

c) Zeolit dengan kadar Si tinggi

Zeolit ini mempunyai perbandingan Si/Al  $> 5$ . Sangat higroskopis dan menyerap

molekul non-polar sehingga baik digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon.

Selain sintesis zeolit juga telah dilakukan banyak penelitian tentang modifikasi struktur zeolit dengan melakukan penambahan surfaktan. Salah satunya dilakukan oleh Sri Warsito dkk yang melakukan penelitian terhadap Pengaruh penambahan surfaktan *Cetyltrimethylammonium bromide* (n-CTMABr) pada sintesis zeolit-Y. Parameter yang mempengaruhi proses sintesis zeolit adalah sebagai berikut :

a) Komposisi kimia

Komposisi kimia dalam proses sintesis pada umumnya dalam bentuk formula oksida,  $\text{SiO}_2$  ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{bM}_x\text{O}$ ,  $\text{cNyO}$ ,  $\text{dR}$ , dan  $\text{eH}_2\text{O}$ , di mana M dan N merupakan ion logam (alkali) dan R merupakan bahan organik. Banyaknya Si, P, Al, M, N, dan R, merupakan salah satu faktor kunci menentukan hasil kristalisasi. Zeolit sintesis dengan kandungan silika yang tinggi membutuhkan penambahan molekul organik kedalam campuran reaksi, selain itu juga membutuhkan suhu yang lebih tinggi (lebih dari  $100^\circ\text{C}$ ) untuk proses kristalisasinya. Suhu ini lebih tinggi daripada suhu yang biasa digunakan untuk proses kristalisasi zeolit yang kaya kandungan aluminium (mendekati  $100^\circ\text{C}$ ). Zeolit yang kaya aluminium, misalnya, ZA, X, P, sodalite, *chabazite* (CHA), dan *edingtonite* (EDI), memiliki volume pori dalam kisaran  $0,4\text{-}0,5 \text{ cm}^3/\text{void}$ .

b) Keberadaan Air dalam Sintesis Zeolit

Seperti disebutkan sebelumnya, zeolit dapat disintesis hanya dengan metode *hydrothermal*. Fleksibilitas dari sifat kimia *hydrothermal* banyak disebabkan

keberadaan air. Faktor-faktor yang meningkatkan reaktivitas air dalam reaksi *hydrothermal*.

1. Menstabilisasikan kisi berpori seperti zeolit dengan bertindak sebagai pengisi ruang yang kosong.
2. Air dapat dimasukkan kedalam larutan dengan reaksi *hydrothermal* pada tekanan tinggi. Melalui *chemisorption*, bahan yang mengandung silika, Si-O-Si, dan Al-O-Si, akan menghidrolisis ikatan dan membentuk susunan ulang. Reaktivitas kimia ditingkatkan dan viskositas larutan diturunkan.
3. Tekanan air yang tinggi dapat mengubah suhu fase keseimbangan.
4. Air adalah pelarut yang baik, sebuah media yang dapat membantu pemecahan komponen padat dari campuran dan mempermudah pencampuran dan penyusunannya. Pada sistem *hydrothermal*, air sebagai pelarut harus mampu memfasilitasi pengintian dan pertumbuhan kristal. Air menstabilkan struktur zeolit dengan mengisi rongga dan membentuk jenis larutan padat. Efek stabilisasi adalah sedemikian rupa sehingga aluminosilikat berpori tidak akan terbentuk tanpa adanya molekul yang ditambahkan, yang mungkin menjadi molekul garam serta air. Namun, konsentrasi air atau tingkat pengenceran kurang penting untuk sintesis ZSM-5, yang dapat mengkristal keluar dari gel dengan jangkauan rasio  $H_2O/SiO_2$  yang sangat luas.
5. Suhu dan Waktu Penahanan. Suhu dan waktu memiliki pengaruh positif pada proses pembentukan zeolit yang terjadi pada rentang atau perbedaan suhu yang cukup besar. Kenaikan suhu akan meningkatkan tingkat

pengintian dan laju pertumbuhan linier. Pada prinsipnya, memungkinkan sintesis terbuka dengan suhu yang tinggi pada struktur berpori (zeolit) karena pada saat terjadi pemanasan, penguapan pada pori akan diisi oleh kation.

Aspek lain terkait dengan zeolit sintetis adalah bahan baku dan metode pembuatannya. Beberapa peneliti telah melaporkan pembuatan zeolit sintetis dari bahan baku dan metode yang berbeda, antara lain pembuatan zeolit sintetis Y dari abu sekam padi (Anggoro dkk, 2007), pembuatan zeolit A berbahan dasar limbah geotermal dengan metoda hidrotermal (Fitriyana dkk, 2012), pembuatan zeolit dari abu terbang batubara (Zakaria dkk, 2012), pemanfaatan batu apung dalam pembuatan zeolit sintetis (Mahadilla dkk, 2013).

#### **4. Zeolit A**

Beberapa jenis zeolit berdasarkan rasio Si/Al antara lain, zeolit silika rendah dengan perbandingan Si/Al 1-1,5 memiliki konsentrasi kation paling tinggi, dan mempunyai sifat adsorpsi yang optimum, contoh zeolit silika rendah adalah zeolit A dan X; zeolit silika sedang, yang mempunyai perbandingan Si/Al adalah 2-5, contoh zeolit jenis ini adalah mordenit, erionit, klinoptilolit, zeolit Y; zeolit silika tinggi, dengan perbandingan kadar Si/Al antara 10-100, bahkan lebih, contohnya adalah ZSM-5 (Flanigen, 1991). Proses pembuatan zeolit secara komersial terbagi menjadi tiga kelompok yaitu pembuatan zeolit dari gel reaktif aluminosilika atau hidrogel, konversi dari mineral tanah liat menjadi zeolit, dan proses berdasarkan pada penggunaan material mentah zeolit yang sudah ada di alam (Ulfah, 2006).



Dengan perkembangan penelitian, dewasa ini telah dikenal beragam zeolit sintetik, dan beberapa diantaranya disajikan dalam Tabel 3 berikut ini :

**Tabel 3.** Rumus Oksida Beberapa Jenis Zeolit Sintetik (Georgiev *et al.*, 2009)

<b>Zeolit</b>	<b>Rumus Oksida</b>
Zeolit A	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$
Zeolit N-A	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,8\text{SiO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ TMA- $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
Zeolit H	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Zeolit L	$(\text{K}_2\text{Na}_2)\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Zeolit X	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,5\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Zeolit Y	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,8\text{SiO}_2 \cdot 8,9\text{H}_2\text{O}$
Zeolit P	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2-5\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Zeolit O	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ TMA- $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
Zeolit $\Omega$	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ TMA- $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
Zeolit ZK-40,85	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,15(\text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3,3\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Zeolit ZK-5	$(\text{R}, \text{Na}_2)\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4-6\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

#### **D. Minyak Biji Karet**

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet terbesar di dunia dengan total produksi pada tahun 2007 mencapai 2,55 juta ton/tahun. Luas seluruh area perkebunan karet di Indonesia mencapai 3,4 juta hektar yang merupakan luas area perkebunan karet terbesar di dunia. Dalam industri karet, hasil utama yang diambil dari tanaman karet adalah latex. Berdasarkan sistematika tumbuhan, karet dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Setiawan dan Angsono, 2005) :

Divisi : Spermatophyta

Sub divisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledonae

Keluarga : Euphorbiaceae

Genus : *Havea*

Spesies : *Havea Brasiliensis*

Karet merupakan *kormofita* berbiji yakni tumbuhan yang menggunakan biji sebagai pembiakan *generatif*. Biji karet tertutup, tidak dapat dilihat dari luar, biji karet tersebut terbungkus oleh buah karet. Tiap buah karet terdapat tiga biji karet. Biji karet berwarna putih pada waktu muda dan berwarna kecoklatan diselingi putih setelah tua. Bagian dalam biji berwarna putih dan berbelah dua (Yusuf dan Sulaiman, 1982). Biji karet dan kacang tanah mengandung asam-asam lemak yang bermanfaat bagi kesehatan. Kandungan asam lemak dalam biji karet dan kacang tanah disajikan dalam Tabel 4 dan Tabel 5 berikut :

**Tabel 4.** Komposisi asam lemak biji karet dan kacang tanah (Swern, 1964)

Jenis asam	Komposisi (%)	
	Biji Karet	Kacang Tanah
Palmitat (CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH)	9-12	6-9
Stearat (CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH)	5-12	3-6
Arachidat (CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> COOH)	1	2-4
Oleat (cis-9-octadecenoic acid)	17-21	23-71
Linoleat (omega 6)	35-38	13-27
Linolenat (omega 3)	21-24	-

**Tabel 5.** Komposisi Kimia Biji Karet (bungkil) tiap 100 g bydd (Nio, 1992)

Keterangan	Komposisi
Bydd	100 %
Energi	374 kalori / 1474 Kj
Air	12 g
Protein	29,3 g
Lemak	3,3 g
Karbohidrat	50 g
Mineral	5,4 g
Kalsium	102 mg
Fosfor	660 mg
Besi	12 mg
Aktivasi Retinol	0 mg

Lanjutan Tabel 5. Komposisi Kimia Biji Karet (bungkil) tiap 100 g bydd (Nio, 1992)

Thiamine	0,1 mg
Asam askorbat	0 mg

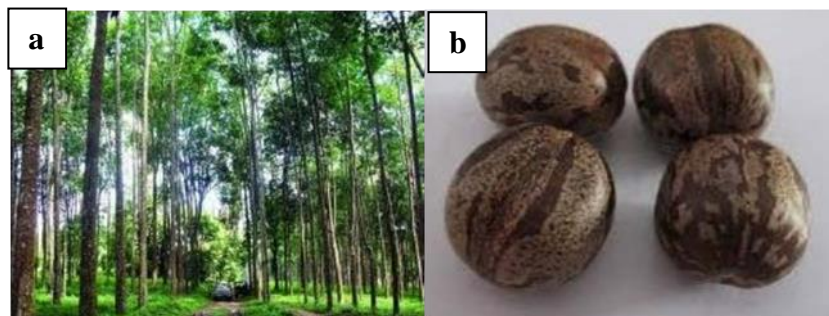
Keterangan :

Bydd : bagian yang dapat dimakan

Aktivasi Retinol : *preformed* vitamin

Sementara itu biji karet masih belum dimanfaatkan dan dibuang sebagai limbah. Tanaman karet dapat menghasilkan 800 biji karet untuk setiap pohonnya per tahun. Pada lahan seluas 1 hektar, dapat ditanami sebanyak 400 pohon karet. Maka untuk lahan seluas 1 hektar diperkirakan dapat menghasilkan 5.050 kg biji karet per tahunnya (Siahaan *et al.*, 2011).

Minyak biji karet (*Rubber Seed Oil*) dapat digolongkan sebagai *semidrying oil* yang dapat digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan dalam industri. Minyak biji karet dapat digunakan dalam industri cat, faktis, alkid resin dan bahan bantu dalam pembuatan genteng, industri baja, cor beton, keramik dan lain-lain. Selain itu pengolahan biji karet juga memungkinkan untuk menghasilkan produk samping yaitu bungkil biji karet sebagai pakan ternak dan tempurung biji untuk bahan baku arang aktif. Gambar pohon dan biji karet dapat dilihat pada Gambar 1 berikut :



**Gambar 1.** Pohon tanaman karet (a), biji tanaman karet (b).

Biji karet mengandung sekitar 40-50% minyak nabati dengan komposisi asam lemak yang dominan adalah asam oleat dan asam linoleat, sementara sisanya berupa asam palmitat, asam stearat, asam arachidat dan asam lemak lainnya. Tabel berikut merangkumkan komposisi asam lemak dalam minyak biji karet (Setyawardhani *et al.*, 2010).

**Tabel 6.** Komposisi asam lemak dalam minyak biji karet

<b>Komposisi</b>	<b>Persentase (%-b)</b>
Asam Palmitat	13,11
Asam Stearat	12,66
Asam Arachidat	0,54
Asam Oleat	39,45
Asam Linoleat	33,12
Asam lemak lainnya	1,12

Kandungan asam-asam lemak biji karet hampir sama dengan kandungan asam-asam lemak kacang tanah. Asam-asam tersebut bermanfaat bagi kesehatan manusia, misalnya asam linoleat (omega 6) berperan penting dalam pertumbuhan jaringan otak. Melihat begitu bermanfaatnya minyak biji karet, maka diperlukan usaha pemungutan minyak dari biji karet. Berdasarkan sifat minyak nabati yang larut dalam senyawa non polar, proses pemungutan minyak dari biji-bijian dapat

dilakukan dengan cara ekstraksi. Demikian pula dalam pengambilan minyak dari biji karet yaitu dapat dilakukan dengan cara ekstraksi pelarut.

Minyak biji karet termasuk minyak nabati. Ada dua cara pengambilan minyak nabati dari suatu bahan yang diduga mengandung minyak yaitu ekstraksi dan *mechanical expression*. Adapun cara ekstraksi ada dua cara yaitu *rendering* dan ekstraksi pelarut (Ketaren, 1986).

### 1. *Rendering*

*Rendering* merupakan suatu cara ekstraksi minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak atau lemak dengan kadar air yang tinggi. Pada semua cara *rendering*, penggunaan panas adalah suatu hal yang spesifik yang bertujuan untuk menggumpalkan protein pada dinding sel bahan dan untuk memecahkan dinding sel tersebut sehingga mudah ditembus oleh minyak atau lemak yang terkandung di dalamnya. Menurut pengerjaannya, *rendering* dibagi menjadi dua cara, yaitu :

#### 1.1 *Dry rendering*

*Dry rendering* adalah cara tanpa penambahan air selama proses berlangsung. Cara ini dilakukan dalam ketel yang terbuka dan dilengkapi dengan *steam jacket* serta alat pengaduk (*agitator*). Bahan yang diperkirakan mengandung minyak atau lemak dimasukkan ke dalam ketel tanpa penambahan air. Bahan dipanasi sambil diaduk. Pemanasan dilakukan pada suhu 220°F sampai 230°F (105-110°C). Ampas bahan yang telah diambil minyaknya akan diendapkan pada dasar ketel. Minyak atau lemak dipisahkan dari ampas yang telah mengendap dan pengambilan minyak dari bagian atas ketel.

### 1.2 *Wet rendering*

*Wet rendering* adalah proses dengan penambahan sejumlah air selama berlangsungnya proses tersebut. Cara ini dilakukan pada ketel yang terbuka atau tertutup dengan menggunakan temperatur yang tinggi serta tekanan uap 40-60 psi bahan yang akan diekstraksi ditempatkan pada ketel yang dilengkapi alat pengaduk, kemudian air ditambahkan dan campuran dipanaskan perlahan-lahan sampai suhu 50°C sambil diaduk. Minyak yang terekstraksi akan naik ke atas dan kemudian dipisahkan. Proses ini yang menggunakan temperatur tinggi dan tekanan uap digunakan untuk untuk menghasilkan minyak atau lemak dalam jumlah yang besar. Air dan bahan yang akan diekstraksi dimasukkan ke dalam *digester* selama 4 sampai 6 jam.

### 2. Ekstraksi pelarut

Prinsip dari proses ini adalah ekstraksi dengan melarutkan minyak dalam pelarut minyak atau lemak. Pada cara ini dihasilkan bungkil/ampas dengan kadar minyak yang rendah yaitu sekitar 1% atau lebih rendah dan mutu minyak kasar yang dihasilkan cenderung menyerupai hasil cara pengepresan mekanis karena sebagian fraksi bukan minyak akan ikut terekstraksi.

### 3. Pengepresan Mekanis

Pengepresan mekanis merupakan suatu cara pengambilan minyak atau lemak terutama untuk bahan yang berasal dari biji-bijian. Cara ini dilakukan untuk memisahkan minyak dari bahan yang berkadar minyak tinggi (30-70%). Pada cara ini diperlukan perlakuan pendahuluan sebelum minyak atau lemak dipisahkan dari bijinya yang mencakup pembuatan serpihan, perajangan, dan penggilingan atau pemasakan. Pengambilan minyak dengan cara ekstraksi pelarut cocok untuk

pengambilan minyak nabati dari biji-bijian. Pada proses ekstraksi minyak dari biji-bijian dengan pelarut, perpindahan massa zat terlarut (minyak) dari dalam padatan ke pelarut (n-Heksan) melalui (Sediawan dan Prasetya, 1997) :

1. Difusi dari dalam padatan (biji) ke permukaan padatan (biji).
2. Perpindahan massa minyak dari permukaan padatan (biji) ke cairan.

Pelarut sangat mempengaruhi proses ekstraksi. Pemilihan pelarut pada umumnya dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain (Guenther, 1987):

1. Selektivitas yakni pelarut harus dapat melarutkan semua zat yang akan diekstrak dengan cepat dan sempurna.
2. Pelarut harus mempunyai titik didih yang cukup rendah agar pelarut mudah diuapkan tanpa menggunakan suhu tinggi.
3. Pelarut tidak boleh larut dalam air.
4. Pelarut harus bersifat inert sehingga tidak bereaksi dengan komponen lain.
5. Pelarut harus mempunyai titik didih yang seragam, dan jika diuapkan tidak tertinggal dalam minyak.
6. Harga pelarut harus semurah mungkin.
7. Pelarut harus tidak mudah terbakar.

Pelarut minyak atau lemak yang biasa digunakan dalam proses ekstraksi adalah pelarut yang mudah menguap antara lain (Guenther, 1987) :

1. Petroleum eter

Diperoleh dari hasil penyulingan bertingkat terdiri dari beberapa fraksi hidrokarbon dengan titik didih berbeda. Pelarut ini mempunyai kisaran titik didih antara 30-70°C, bersifat selektif dalam melarutkan zat, mudah menguap, dan

sangat baik digunakan dalam proses ekstraksi khususnya untuk ekstraksi bunga. Kelemahan pelarut ini adalah selama proses ekstraksi, kehilangan pelarut cukup besar karena titik didihnya yang rendah.

## 2. Benzene

Merupakan hasil pengolahan terbatu bara (bahan cat dari batu bara) yaitu dengan pemisahan naftalen dari terbatu bara dengan menggunakan asam sulfat dan selanjutnya dengan natrium hidroksida. Pelarut ini mempunyai titik didih  $80,1^{\circ}\text{C}$  sehingga sisa pelarut sukar diuapkan. Minyak hasil ekstraksi akan berwarna lebih gelap, lebih kental, dan sulit dimurnikan sehingga perlu proses yang khusus.

## 3. Alkohol

Tidak dapat digunakan untuk mengekstraksi bahan segar karena dapat melarutkan air yang terdapat dalam bahan. Alkohol yang berkadar tinggi biasanya digunakan untuk mengekstraksi bahan kering, daun-daunan, batang, akar, dan terutama ekstraksi gum.

## 4. Etanol

Sering digunakan sebagai pelarut dalam praktikum karena mempunyai kelarutan yang relatif tinggi dan bersifat inert sehingga tidak bereaksi dengan komponen lainnya. Etanol memiliki titik didih yang rendah sehingga memudahkan pemisahan minyak dari pelarutnya dalam proses destilasi.

## 5. Air

Merupakan pelarut yang paling mudah didapat dan murah. Pelarut ini bersifat netral dan tidak berbahaya.

## 6. n-Heksan

Merupakan pelarut yang paling ringan dalam mengangkat minyak yang



terkandung dalam biji-bijian dan mudah menguap sehingga memudahkan untuk *refluk*. Pelarut ini sangat mudah dididihkankarena memiliki titik didih antara 65-70°C.

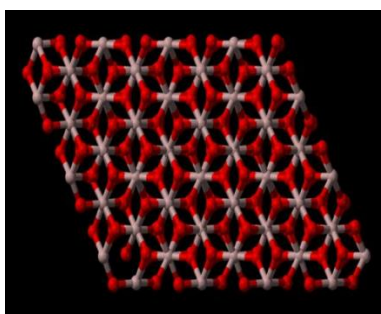
### **E. Silika Sekam Padi**

Padi merupakan bahan makanan pokok bangsa Indonesia, kebutuhannya semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini mengakibatkan meningkatnya limbah sekam atau kulit padi yang dihasilkan. Sekam merupakan bagian terbesar kedua setelah beras. Padi terdiri dari beras (65%), sekam (20%), bekatul (8%) dan bagian lainnya (7%). Sekam tersusun dari bahan-bahan seperti selulosa (40%), lignin (30%) dan abu (20%) yang mengandung silika yang terdapat pada jaringan selulosa (Sumaatmadja, 1985). Pemanfaatan sekam padi masih sangat terbatas sebagai pakan ternak, bahan pembakar bata merah, campuran pembuatan batu bata, bahan baku dalam pembuatan keramik atau dibuang begitu saja. Sekam padi sebenarnya bisa digunakan sebagai penyerap (adsorben), pulp, selulosa, pupuk, media tanaman hidroponik, dan silika. Dalam industri batu bata atau genteng yang menggunakan sekam padi sebagai bahan bakar akan dihasilkan abu dari sekam padi sebagai limbah kedua. Kadar abu sekitar 13,16%-35% berat dari sekam yang dibakar (Soenardjo dkk, 1991). Pemanfaatan limbah abu ini masih sangat kecil, hanya digunakan sebagai abu gosok, padahal dengan kandungan silika mencapai 86,9%-97,8% dalam keadaan kering, abu tersebut mempunyai potensi menjadi material baru yang lebih bermanfaat, misalnya zeolit sintesis (Soenardjo dkk, 1991). Berdasarkan komposisi tersebut, abu sekam padi merupakan sumber  $\text{SiO}_2$  yang dapat digunakan dalam pembuatan zeolit baik melalui proses alkali

hidrotermal maupun sintesis pada temperatur kamar. Di Indonesia, silika yang digunakan untuk tujuan tersebut relatif sedikit dan harganya pun masih sangat mahal. Sekam padi merupakan sumber silika alternatif sebagai pengganti bahan kimia murni, karena harganya yang murah, selektivitasnya rendah dan tinggi aktivitas (Ramli, 1995).

## F. Alumina

Aluminium oksida (alumina) adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Secara alami, alumina terdiri dari mineral korondum, dan memiliki bentuk kristal seperti ditunjukkan pada Gambar 2 berikut :



**Gambar 2.** Struktur kristal mineral korondum alumina (Hudson *et al.*, 2002).

Senyawa ini termasuk dalam kelompok material aplikasi karena memiliki sifat-sifat yang sangat mendukung pemanfaatannya dalam beragam peruntukan.

Senyawa ini diketahui merupakan insulator listrik yang baik, sehingga digunakan secara luas sebagai bahan isolator suhu tinggi, karena memiliki kapasitas panas yang besar (Xu *et al.*, 1994). Alumina juga dikenal sebagai senyawa berpori sehingga dimanfaatkan sebagai adsorben (Ghababazade *et al.*, 2007). Sifat lain dari alumina yang sangat mendukung aplikasinya adalah daya tahan terhadap korosi (Mirjalili *et al.*, 2011) dan titik lebur yang tinggi, yakni mencapai 2053-

2072 °C (Budavari, 2001). Secara umum alumina ditemukan dalam tiga fasa, yang dikenal sebagai  $\gamma$ ,  $\beta$ , dan  $\alpha$  alumina. Ketiga fasa di atas diketahui memiliki sifat-sifat yang berbeda, sehingga memiliki aplikasi yang khas (unik). Beta alumina ( $\beta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) memiliki sifat tahan api yang sangat baik sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi keramik seperti pembuatan tungku *furnace* (Arribart and Vincent, 2001). Gamma alumina ( $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) banyak digunakan sebagai material katalis, contohnya dalam penyulingan minyak bumi (Knozinger and Ratnasamy, 1978) dan digunakan dalam bidang otomotif (Satterfield, 1980; Gates, 1995). Alfa alumina ( $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mempunyai struktur kristal heksagonal dengan parameter kisi  $a = 4,7588$  dan  $c = 12,9910$  nm. Alfa alumina banyak digunakan sebagai salah satu bahan refraktori dari kelompok oksida, karena bahan tersebut mempunyai sifat fisik, mekanik dan termal yang sangat baik (Mirjalili *et al.*, 2011). Fasa paling stabil dari alumina adalah fasa Alfa alumina ( $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dalam proses perlakuan termal  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  diperoleh melalui transformasi fasa yang diawali dari Boehmite  $\text{AlO}(\text{OH})$  yaitu:

Boehmite  $\rightarrow \gamma$ -alumina  $\rightarrow$  alumina  $\rightarrow \theta$ -alumina  $\rightarrow \beta$ -alumina  $\rightarrow \alpha$ -alumina (Beitollahi *et al.*, 2010).

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted, tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisis dari garam yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan

aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam *non ferro*. Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb. Secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi.

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodik unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol (sma). Struktur kristal aluminium adalah struktur kristal FCC, sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Keuletan yang tinggi dari aluminium menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk atau mempunyai sifat mampu bentuk yang baik. Aluminium memiliki beberapa kekurangan yaitu kekuatan dan kekerasan yang rendah bila dibanding dengan logam lain seperti besi dan baja. Aluminium memiliki karakteristik sebagai logam ringan dengan densitas  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Selain sifat-sifat tersebut aluminium mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dan bila dipadu dengan logam lain bisa mendapatkan sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain: ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida

aluminium pada permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta sangat stabil (tidak bereaksi dengan lingkungannya) sehingga melindungi bagian yang lebih dalam. Adanya lapisan oksida ini disatu pihak menyebabkan tahan korosi tetapi di lain pihak menyebabkan aluminium menjadi sukar dilas dan disolder (titik leburnya lebih dari 2000°C). Sifat mekanik dan fisik aluminium dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

**Tabel 7.** Sifat-sifat fisik Aluminium

Sifat-Sifat	Kemurnian Aluminium (%)	Kemurnian Aluminium (%)
	99,996	>99,0
Massa jenis (20°C)	2,6968	2,71
Titik cair	660,2	653-657
Panas jenis (cal/g.°C)(100°C)	0,2226	0,229
Tahanan listrik (%)	64,94	59
Hantaran listrik koefisien temperature (/C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100° C)	23,86x10 <sup>-6</sup>	23,5x10 <sup>-6</sup>
Jenis Kristal, konstanta kisi	<i>fcc</i> ,a=4,013 kX	<i>fcc</i> ,a=4,04 Kx

**Tabel 8.** Sifat-sifat mekanik Aluminium

Sifat-sifat	Dianil 99,996	75% dirol dingin	Dianil >99,0	H18
Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekutan mulur (0,2%) (kg/mm <sup>2</sup> )	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

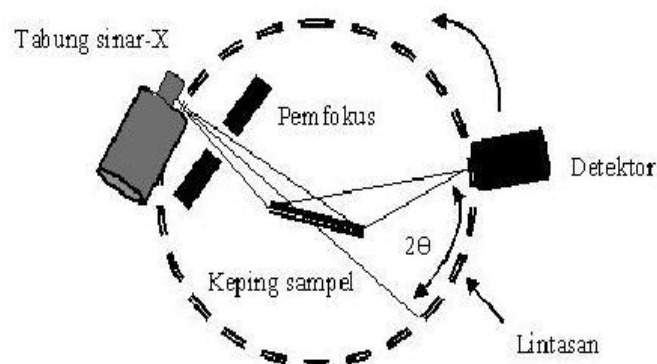
Tabel diatas menunjukkan sifat-sifat fisik Al menunjukkan sifat- sifat mekaniknya. Ketahan korosi berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0 % atau diatasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam bertahun-tahun. Hantaran listrik Al, kira-kira 65 % dari hantaran listrik tembaga,

tetapi masa jenisnya kira-kira sepertiganya sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangnya. Oleh karena itu dapat dipergunakan untuk kabel tenaga dan dalam berbagai bentuk umpamanya sebagai lembaran tipis (*foil*). Dalam hal ini dipergunakan Al dengan kemurnian 99,0%. Untuk reflektor yang memerlukan reflektifitas yang tinggi juga untuk kondensor elektronik dipergunakan aluminium dengan kemurnian 99,99%.

## **G. Analisis Zeolit**

### **1. X-Ray Diffraction (XRD)**

Teknik X-Ray Diffraction (XRD) berperan penting dalam proses analisis padatan kristalin. XRD adalah metode karakterisasi yang digunakan untuk mengetahui ciri utama kristal, seperti parameter kisi dan tipe struktur. Selain itu, juga dimanfaatkan untuk mengetahui rincian lain seperti susunan berbagai jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat kristal (Smallman, 2000). Sinar-X dihasilkan apabila elektron-elektron dengan laju tinggi menumbuk suatu bahan. Teknik difraksi sinar-X dapat digunakan untuk analisis struktur kristal, karena setiap unsur atau senyawa mempunyai pola yang sudah tertentu. Apabila dalam analisis ini pola difraksi unsur diketahui maka unsur tersebut dapat ditentukan. Rancangan skematik spektrometer sinar-X yang didasarkan atas analisis Bragg seberkas sinar-X terarah jatuh pada kristal dengan sudut  $\theta$  dan sebuah detektor diletakkan untuk mencatat sinar yang sudut hamburannya sebesar  $\theta$ . Ketika  $\theta$  diubah, detektor akan mencatat puncak intensitas yang bersesuaian dengan orde  $n$  yang divisualisasikan dalam difraktogram. Gambar 3 berikut merupakan skema dari instrumen XRD.



**Gambar 3.** Skema dasar XRD.

Berkas difraksi diperoleh dari berkas sinar-X yang saling menguatkan karena mempunyai fase yang sama. Untuk berkas sinar-X yang mempunyai fase berlawanan maka akan saling menghilangkan. Syarat yang harus dipenuhi agar berkas sinar-X yang dihamburkan merupakan berkas difraksi maka dapat dilakukan perhitungan secara matematis sesuai dengan hukum Bragg. Hukum Bragg menyatakan bahwa interferensi konstruktif terjadi jika beda jalan sinar adalah kelipatan bulat panjang gelombang ( $\lambda$ ), sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$n \lambda = 2d \sin \theta$$

Keterangan :  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan.

**d** adalah jarak antara dua bidang kisi.

$\theta$  adalah sudut antara sinar datang dengan bidang normal.

**n** adalah bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan.

Pemantulan Bragg dapat terjadi jika  $\lambda \leq 2d$ , karena itu tidak dapat menggunakan cahaya kasat mata, dengan n adalah bilangan bulat = 1,2,3,... (Beiser, 1992).

Pada d menyatakan jarak antar lapisan atom atau ion yang berdekatan,  $\lambda$  yang

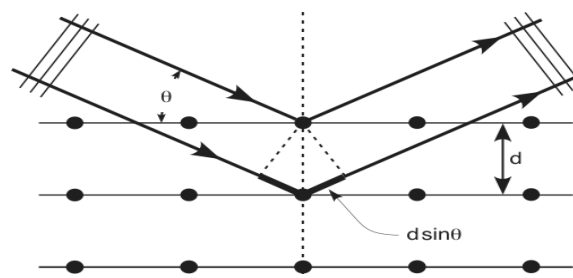
menyatakan panjang gelombang radiasi sinar-X, dan  $n$  adalah urutan pantulan. Kristalinitas dapat juga ditentukan dengan XRD melalui perbandingan intensitas atau luasan *peak* sampel dengan intensitas atau luasan *peak* standar yang ditunjukkan pada persamaan:

$$\text{Kristalinitas} = \frac{\text{Intensitas peak hkl sampel}}{\text{intensitas peak hkl standar}} \times 100\%$$

Lebar peak XRD adalah merupakan fungsi dari ukuran partikel, maka ukuran kristal (*crystallite size*) dinyatakan dalam persamaan Sherrer berikut (Sijabat, 2013):

$$\text{Crystallite size} = \frac{K \lambda}{(B^2 - b^2)^{1/2} \cos(2\theta/2)}$$

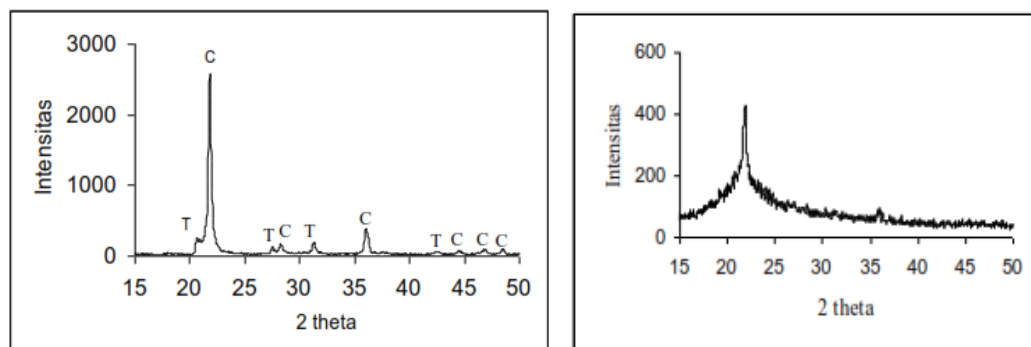
Pada  $K = 1.000$ ,  $B$  adalah lebar peak untuk jalur difraksi pada sudut  $2\theta$ ,  $b$  adalah *instrument peak broadening* ( $0.1^\circ$ ), dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang pada  $0.154$  nm (Wolfovich *et al.*, 2004). Suku  $(B^2 - b^2)^{1/2}$  adalah lebar *peak* untuk *corrected instrumental broadening*. Oleh karena itu, jika sinar-X menumbuk sampel kristalin, sinar itu akan didifraksikan ke segala arah yang sesuai dengan persamaan Bragg, yang mengakibatkan jarak kisi dalam kristal akan terlihat seperti puncak difraksi yang prosesnya dianggap sebagai pemantulan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Difraksi sinar-X pada kisi kristal.



Metode XRD banyak digunakan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi material yang digunakan sebagai katalis, karena banyak material katalis yang berwujud kristal. Gambar 5 dibawah merupakan contoh difraktogram dari XRD .



**Gambar 5.** Pola difraksi sinar-x (XRD) silika sekam padi (Sembiring, 2007).

Cara kerja alat ini adalah dengan meletakkan material uji pada sampel *holder difraktometer* sinar X. Proses difraksi sinar X dimulai dengan menyalakan difraktometer sehingga diperoleh hasil difraksi berupa difraktogram yang menyatakan hubungan antara sudut difraksi  $2\theta$  dengan intensitas sinar X yang dipantulkan. Jika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD 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 hampir semua jenis material. Standar ini disebut JCPDS. Dalam sintesis zeolite perlu dilakukan karakterisasi dengan XRD dengan tujuan untuk mengetahui struktur kristal. Teknik difraksi sinar x juga digunakan untuk menentukan ukuran kristal, regangan kisi, komposisi kimia dan keadaan lain yang memiliki orde yang sama.

## **2. *Particle Size Analyzer (PSA)***

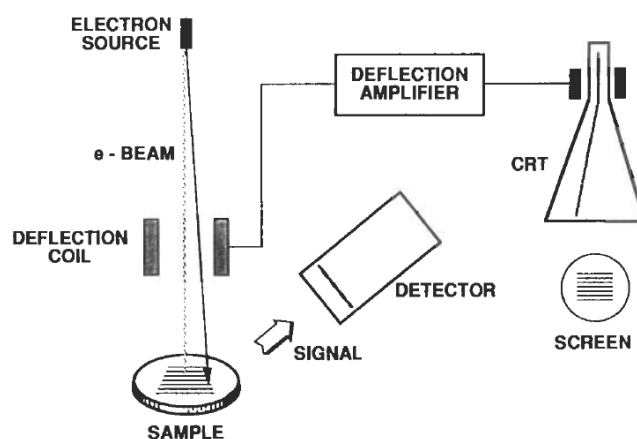
Untuk mengetahui ukuran partikel suatu material dan distribusinya, dengan seiring berkembangnya ilmu pengetahuan yang lebih mengarah ke era nanoteknologi, para peneliti mulai menggunakan *Laser Ablation Spectroscopy* (LAS). Metode ini dinilai lebih akurat bila dibandingkan dengan metode analisa gambar maupun metode ayakan, terutama untuk sampel-sampel dalam orde nanometer (Lusi, 2011).

Contoh alat yang menggunakan metode LAS adalah *Particle Size Analyzer* (PSA). Pengukuran partikel dengan menggunakan PSA biasanya menggunakan PSA biasanya dipakai metode basah. Metode basah menggunakan media pendispersi untuk mendispersikan material uji. Metode ini dinilai lebih akurat jika dibandingkan dengan metode kering ataupun pengukuran partikel dengan metode ayakan dan analisa gambar, terutama untuk sampel-sampel dalam orde nanometer dan *submicron* yang biasanya memiliki kecenderungan aglomerasi yang tinggi. Hal ini dikarenakan partikel yang didispersikan kedalam media sehingga partikel tidak saling beraglomerasi (menggumpal). Dengan demikian ukuran partikel yang terukur adalah ukuran dari *single particle*. Selain itu hasil pengukuran dalam

bentuk distribusi, sehingga hasil pengukuran dapat diasumsikan sudah menggambarkan keseluruhan kondisi sampel.

### 3. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

*Scanning Elektron Microscopy* digunakan untuk analisis mikrostruktur dan untuk melakukan investigasi yang berhubungan dengan proses, sifat, dan karakteristik material yang berhubungan dengan struktur mikronya. SEM menyediakan informasi yang berhubungan dengan topografi, morfologi, distribusi fasa, perbedaan komposisi, struktur kristal, orientasi kristal, adanya cacat pada struktur mikro dan lokasi cacat pada struktur mikro. Kelebihan SEM terletak pada fleksibilitas dari pengujian dengan metode ini karena pembangkit menggunakan sinyal ganda, proses pembentukan gambar yang mudah, rentang pembesaran yang lebar, dan bidang kedalaman yang sangat besar. Suatu skema umum dari alat SEM dapat dilihat pada Gambar 6 berikut:



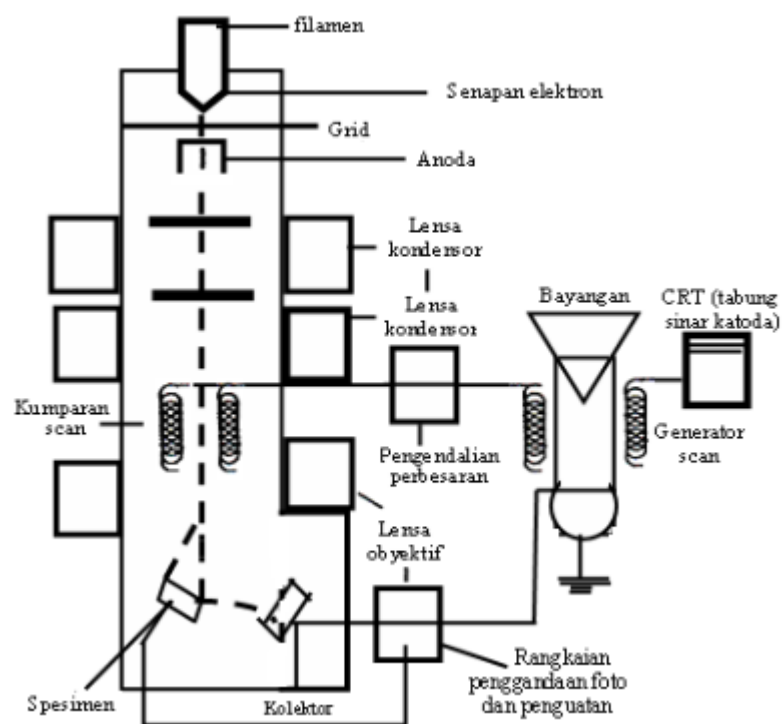
**Gambar 6.** Mekanisme SEM.

Dalam sistematika SEM seperti pada Gambar 6, sumber elektron difokuskan ke dalam *fine probe* yang bergaris pada permukaan spesimen. Elektron menembus

permukaan, sejumlah interaksi yang terjadi dapat menghasilkan emisi elektron atau foton dari permukaan. Sebuah fraksi yang wajar dari emisi elektron dapat dikumpulkan oleh detektor yang tepat dan hasilnya dapat digunakan untuk modulasi kecerahan pada CRT (*cathode ray tube*) yang memiliki input x dan y dikendalikan dalam sinkronisasi dengan tegangan x-y. Dalam hal ini gambar diproduksi pada CRT, tiap titik yang sinar menabrak sampel dipetakan secara langsung dalam titik yang sesuai pada layar.

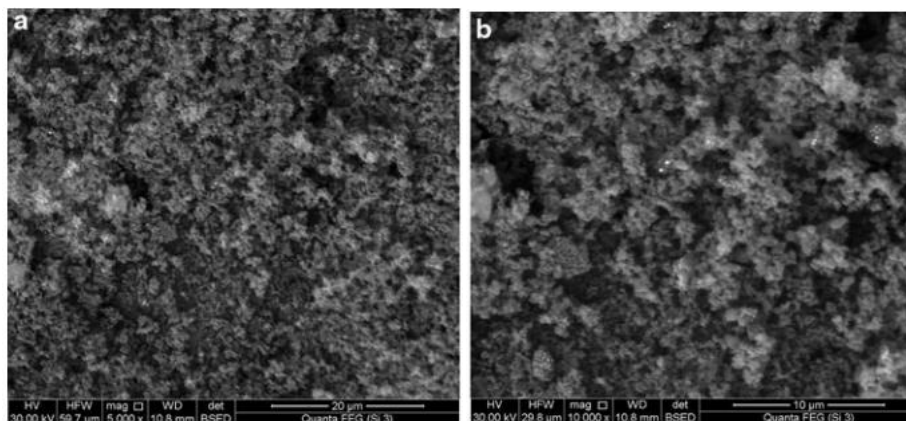
Komponen utama SEM terdiri dari dua unit, *electron column* dan *display console*. *Electron column* merupakan model *electron beam scanning*. Sedangkan *display console* merupakan elektron sekunder yang didalamnya terdapat CRT. Pancaran elektron energi tinggi dihasilkan oleh *electron gun* yang kedua tipenya berdasar pada pemanfaatan arus. Yang pertama pistol termionik dimana pancaran elektron tercapai dengan pemanasan tungsten atau *filament* pada suhu 1500K sampai 3000K.

Prinsip kerja alat ini adalah sumber elektron dari *filament* yang terbuat dari tungsten memancarkan berkas elektron. Jika elektron tersebut berinteraksi dengan bahan (*specimen*) maka akan menghasilkan elektron sekunder dan sinar-X karakteristik. *Scanning* pada permukaan bahan yang dikehendaki dapat dilakukan dengan mengatur *scanning generator* dan *scanning coils*. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan *specimen* ditangkap oleh detektor SE (*Secondary Electron*) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh *amplifier* dan kemudian divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (CRT) (Smallman, 2000). Skema dasar SEM disajikan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Skema alat *Scanning Electron Microscope* (Smallman, 2000).

Setiap jumlah sinar yang dihasilkan dari CRT dihubungkan dengan jumlah target, jika terkena berkas elektron berenergi tinggi dan menembus permukaan target, karena terjadi ionisasi atom dari cuplikan padatan. Elektron bebas ini tersebar keluar dari aliran sinar utama, sehingga tercipta lebih banyak elektron bebas, dengan demikian energinya habis lalu melepaskan diri dari target. Elektron ini kemudian dialirkan ke unit demagnifikasi dan dideteksi oleh detektor dan selanjutnya dicatat sebagai suatu foto (Wagiyo, 1997). Contoh hasil analisis SEM ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Contoh hasil SEM sintesis nanosilika dari sekam padi (Hassan, 2013).

Prinsip kerja dari teknik ini adalah menangkap dan mengolah sinyal fluoresensi sinar-X yang keluar apabila berkas elektron mengenai daerah tertentu pada bahan (*specimen*). Sinar-X tersebut dapat dideteksi dengan detektor zat padat, yang dapat menghasilkan pulsa intensitas sebanding dengan panjang gelombang sinar-X.

Struktur suatu material dapat diketahui dengan cara melihat interaksi yang terjadi jika suatu *specimen* padat dikenai berkas elektron. Berkas elektron yang jatuh tersebut sebagian akan dihamburkan sedang sebagian lagi akan diserap dan menembus *specimen*. Bila *specimen* cukup tipis, sebagian besar ditransmisikan dan beberapa elektron dihamburkan secara tidak elastis. Interaksi dengan atom dalam *specimen* menghasilkan pelepasan elektron energi rendah, foton sinar-X dan elektron auger. Interaksi antara elektron dengan atom pada sampel akan menghasilkan pelepasan elektron energi rendah, foton sinar-X, dan elektron auger, yang seluruhnya dapat digunakan untuk mengkarakterisasi material. Elektron sekunder adalah elektron yang dipancarkan dari permukaan kulit atom terluar yang dihasilkan dari interaksi berkas elektron jatuh dengan padatan sehingga

mengakibatkan terjadinya loncatan elektron yang terikat lemah dari pita konduksi. Elektron auger adalah elektron dari kulit orbit terluar yang dikeluarkan dari atom ketika elektron tersebut menyerap energi yang dilepaskan oleh elektron lain yang jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah (Smallman, 2000).

#### **4. *Fourier Transform Inframerah***

*Fourier Transform Inframerah* merupakan variasi instrumental dari spektroskopi Inframerah (IR). *Fourier Transform Inframerah* menggunakan prinsip interferometri. Kelebihan-kelebihan dari FT-IR mencakup persyaratan ukuran sampel yang kecil, perkembangan spektrum yang cepat dan dikarenakan instrumen ini memiliki komputer yang terdedikasi maka instrumen ini memiliki kemampuan untuk menyimpan dan memanipulasi spektrum. *Fourier Transform Inframerah* (FT-IR) memiliki kemampuan menscan spektrum-spektrum, menyimpan dan mentransformasikan dalam hitungan detik. *Fourier Transform Inframerah* (FT-IR) memudahkan proses karakterisasi suatu senyawa. Persyaratan-persyaratan ukuran sampel yang sangat kecil mempermudah kopling instrumen *Fourier Transform Inframerah* (FT-IR) dengan suatu mikroskop untuk analisis bagian-bagian sampel yang terlokalisasi.

Kemampuan untuk substraksi digital memungkinkan seseorang untuk mendapatkan spektrum-spektrum yang tersembunyi. *Fourier Transform Inframerah* (FT-IR) digunakan juga pada karakterisasi zeolit dengan tujuan untuk mengetahui jenis ikatan dari zeolit tersebut dan karakterisasi zeolit dengan *Fourier Transform Inframerah* (FT-IR) memiliki keunggulan yaitu dapat membaca spektra dengan jelas.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, selama 3 bulan dari November 2016 hingga Februari 2017. Karakterisasi *liquid fuel* menggunakan GC-MS dilakukan di Laboratorium Kimia Organik FMIPA Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. Karakterisasi zeolit menggunakan XRD dilakukan di Institut Teknologi Bandung, Bandung; menggunakan SEM dilakukan di Universitas Negeri Malang, Malang; menggunakan PSA dilakukan di Institut Pertanian Bogor, Bogor; dan menggunakan FT-IR dilakukan di Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Analisis parameter fisik bahan bakar cair dilakukan di Sekolah Menengah Teknologi Industri Bandar Lampung, Lampung; dan Laboratorium Kimia Polimer Universitas Lampung, Lampung.

#### **B. Alat dan Bahan**

##### **1. Alat-alat yang digunakan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Particle Size Analyzer* (PSA), *Fourier Transform Infrared*



(FT-IR), alat pirolisis, oven, mesin *press* biji karet, alat penggiling bagas tebu, gerinda, *blender*, dan peralatan gelas.

## **2. Bahan-Bahan yang digunakan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: sekam padi, batangan alumunium, biji karet, bagas tebu, larutan NaOH 1,5%, akuades, larutan HNO<sub>3</sub> 10%, pH universal, kertas saring.

## **C. Prosedur Penelitian**

### **1. Preparasi Minyak Biji Karet**

Biji karet dipisahkan kulit luarnya, kemudian dijemur hingga kering. Diekstraksi dengan mesin *press*, hasil *press* kemudian disaring untuk memisahkan minyak dengan padatan daging biji. Minyak biji karet siap untuk proses pirolisis.

### **2. Preparasi Bagas Tebu**

Ampas tebu atau bagas tebu dijemur hingga kering. Bagas tebu kering di potong kecil-kecil dan kemudian digiling hingga halus. Bagas tebu bubuk siap untuk proses pirolisis.

### **3. Ekstraksi Silika Sekam Padi**

Metode ekstraksi silika dalam penelitian ini mengadopsi metode ekstraksi yang telah digunakan sebelumnya oleh Daifullah dkk (2003) dan Pandiangan dkk (2008). Sebanyak 100 gram sekam padi yang telah dicuci dengan air panas secara bertahap dan berulang untuk menghilangkan bahan pengotor dan zat organik lain.

Bahan organik yang larut dalam air antara lain adalah lignin, karbohidrat rantai pendek, lemak, dan protein, kemudian sekam padi dikeringkan dalam oven 90°C.

#### **4. Pembuatan Sol Silika Sekam Padi**

Selanjutnya sekam padi direndam dalam 750 mL larutan NaOH 1,5% lalu dipanaskan, dan dibiarkan mendidih selama 30 menit. Campuran kemudian didinginkan hingga suhu kamar lalu didiamkan selama satu malam untuk mengoptimalkan ekstraksi silikanya. Langkah selanjutnya sekam padi yang telah di ekstrak disaring dan filtrat yang mengandung silika terlarut (sol silika) ditampung. Untuk mengendapkan silika, ke dalam filtrat kemudian ditambahkan HNO<sub>3</sub> 10% secara bertahap hingga sol silika berubah menjadi gel, yang dicapai pada pH netral yaitu 6,8-7,2. Pengasaman ini akan mengubah sol menjadi gel silika. Gel silika kemudian didiamkan selama 24 jam pada suhu kamar untuk proses penuaan. Selanjutnya gel silika dicuci dengan akuades panas dan disaring. Silika yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam dan dihaluskan menjadi bubuk silika.

#### **5. Pembuatan Zeolit**

Pembuatan prekursor zeolit-A, sebanyak 60 gram silika yang telah dibuat kemudian dicampurkan dengan NaOH 10 M sebanyak 50 mL kemudian ditambahkan akuades secara bertahap diaduk hingga silika terlarut, kemudian sebanyak 27 gram batangan alumunium yang telah dipotong kecil-kecil dengan alat gerinda dilarutkan kedalam NaOH 10 M sebanyak 50 mL, kemudian ditambahkan akuades secara bertahap dan diaduk hingga alumunium terlarut.

Selanjutnya kedua larutan yaitu larutan silika dan larutan aluminium dicampurkan dengan menggunakan *blender* hingga homogen. Larutan tersebut dikeringkan menggunakan oven  $90^{\circ}\text{C}$ , prekursor yang sudah kering kemudian dihaluskan menjadi bubuk prekursor zeolit-A.

## 6. Kalsinasi Katalis

Kalsinasi katalis prekursor zeolit yang berbentuk bubuk dilakukan dengan suhu  $600, 700, 800, 900^{\circ}\text{C}$  dan suhu ditahan selama 6 jam untuk dapat memastikan apakah silika masih dalam fasa amorf dan katalis bersifat kristalin. Berikut ini adalah langkah-langkah penggunaan *furnace* :

1. Sampel disiapkan.
2. Sampel dimasukkan ke dalam tungku pemanas (*furnace*).
3. Alat tungku dihubungkan dengan sumber tegangan, kemudian *setting* alat dalam keadaan hidup atau "ON".
4. Tungku diatur (*setting*) sesuai dengan perlakuan pada sampel.
5. Tungku pemanas dimatikan ketika proses telah selesai.
6. Sampel dikeluarkan dari tungku pemanas.

Sampel dipanaskan dari suhu  $25^{\circ}\text{C}$  hingga mencapai suhu  $600, 700, 800, 900^{\circ}\text{C}$ . Setelah mencapai suhu yang diinginkan suhu ditahan selama 6 jam (360 menit). Selanjutnya alat *furnace* akan menghentikan pemicu kenaikan dan penahanan suhu, kemudian secara otomatis suhu di dalam *furnace* akan turun kembali secara perlahan hingga mencapai suhu kamar.

## 7. Karakterisasi Katalis

### 1. Karakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*)

Karakterisasi dengan XRD dilakukan untuk menganalisis pengaruh suhu kalsinasi terhadap struktur kristalografi sampel aluminosilikat, apakah sampel bersifat amorf atau kristalin. Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis menggunakan XRD adalah sebagai berikut:

1. Sampel disiapkan dan direkatkan pada kaca, kemudian dipasang pada tempatnya yang berupa lempeng tipis berbentuk persegi panjang (sampel *holder*) dengan bantuan lilin perekat.
2. Sampel yang disimpan dipasang pada sampel *holder* kemudian dilekatkan pada sampel *stand* di bagian goniometer.
3. Parameter pengukuran dimasukkan pada *software* melalui computer pengontrol meliputi penentuan *scan mode*, penentuan rentang sudut, kecepatan *scan* cuplikan, member nama cuplikan dan memberi nomor urut file data.
4. Alat difraktometer dioperasikan dengan perintah “*Start*” pada menu komputer, di mana sinar-X akan meradiasi sampel yang terpancar dari target Cu dengan panjang gelombang  $1,5406\text{\AA}$ .
5. Hasil difraksi dapat dilihat pada komputer dan intensitas difraksi pada sudut  $2\theta$  tertentu dan dapat dicetak oleh mesin printer.
6. Sampel dari *sample holder* diambil setelah pengukuran cuplikan selesai.

## 2. Karakteristik dengan SEM-EDX

Analisis menggunakan SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan, ukuran partikel, dan unsur-unsur yang terkandung dalam sampel.

Analisis menggunakan SEM-EDX ini dilakukan pada semua sampel katalis dan silika yang dihasilkan. Adapun langkah-langkah dalam uji SEM-EDX ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang akan dianalisis disiapkan dan direkatkan pada *specimen holder* (*Dolite, double sticy tape*).
2. Sampel yang telah dipasang pada *holder* kemudian dibersihkan dengan *Hand Blower*.
3. Sampel dimasukkan dalam mesin *couting* untuk diberi lapisan tipis yang berupa *gold-poladium* selama 4 menit sehingga menghasilkan lapisan dengan ketebalan 200-400 Å.
4. Sampel dimasukkan ke dalam *Specimen Chamber*.
5. Pengamatan dan pengambilan gambar pada *layer* SEM-EDX dengan mengatur pembesaran yang diinginkan.
6. Penentuan spot untuk analisis pada layer SEM-EDX.
7. Pemotretan gambar SEM-EDX.

## 3. Karakterisasi dengan *Particle Size Analyzer* (PSA)

Karakterisasi untuk mengetahui ukuran dan distribusi partikel pada katalis yang diperoleh juga sangat penting untuk dilakukan. Analisis ini dilakukan dengan

menggunakan instrumen *Particle Size Analyzer* (PSA). PSA merupakan salah satu instrumen nanoteknologi yang menggunakan metode *Laser Diffraction* (LAS) dalam aplikasinya. Alat ini menggunakan prinsip *dynamic light scattering* (DLS). Metode ini juga dikenal sebagai *quasi-elastic light scattering* (QEELS). Alat ini berbasis *Photon Correlation Spectroscopy* (PCS). PSA yang menggunakan metode LAS dibagi lagi menjadi 2 metode aplikasi sebagai berikut:

1. Metode basah. Metode ini menggunakan media pendispersi untuk mendispersikan material uji.
2. Metode kering. Metode ini memanfaatkan udara atau aliran udara untuk melarutkan partikel dan membawanya ke *sensing zone*. Metode ini baik digunakan untuk ukuran yang kasar, dimana hubungan antarpartikel lemah dan kemungkinan untuk beraglomerasi kecil.

#### **4. Karakterisasi dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared*)**

Karakterisasi dengan FTIR dilakukan untuk menganalisis gugus fungsi silika-katalis. Karakterisasi ini dilakukan di Universitas Gajah Mada. Tahapan analisis FTIR katalis logam-silika adalah sebagai berikut:

1. Beberapa gram sampel dan KBr padat dihaluskan bersama-sama (perbandingan g katalis dan g KBr adalah 1:100)
2. Sampel yang telah digerus dengan KBr kemudian dibentuk *pellet*.
3. *Pellet* sampel dalam KBr selanjutnya dimasukkan dalam wadah sampel dan dianalisis.

## 8. Uji Reaksi Perengkahan

Uji perengkahan dilakukan dalam reaktor pirolisis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Sebanyak 50 gram bagas tebu bubuk dicampur dengan 10 gram katalis. Kemudian pada campuran ditambahkan 100 mL minyak biji karet dan diaduk rata. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis dan dilakukan proses pirolisis dengan memanaskan reaktor menggunakan *furnace* elektrik, sampai suhu yang ditentukan. Uap yang terbentuk dialirkan dari reaktor ke kondensor. Destilat yang dihasilkan ditampung dalam botol. Percobaan dianggap berakhir jika tidak ada lagi destilat yang menetes dari kondensor.



**Gambar 9.** Reaktor pirolisis.

## 9. Karakterisasi *Liquid Fuel*

Karakterisasi *liquid fuel* menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) dilakukan untuk mengidentifikasi komponen-komponen penyusun sampel dan uji fisik sebagai acuan kelayakan *liquid fuel* adalah densitas, viskositas, dan titik nyala (*flash point*).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Katalis prekursor zeolit-A yang dibuat dari silika sekam padi dengan variasi suhu kalsinasi yaitu 600, 700, 800, dan 900°C mempunyai kondisi optimum dalam reaksi pirolisis pada campuran bagas tebu dan minyak biji karet pada suhu kalsinasi <500°C.
2. Bahan bakar cair yang dianalisis dengan GC-MS, menunjukkan produk memiliki kandungan senyawa hidrokarbon tertinggi pada katalis 700°C yaitu sebesar 60,85% dan kandungan asam terendah 30,4%.
3. Hasil karakterisasi katalis menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), menunjukkan bahwa katalis sebagian dalam keadaan amorf namun sudah terbentuk fasa kristalin yakni nepheline, jadeite, albite dan cristobalite.
4. Hasil karakterisasi katalis menggunakan SEM menunjukkan bahwa sampel dengan morfologi permukaan yang heterogen dalam bentuk, ukuran, dan penyebaran pada permukaan.
5. Hasil karakterisasi katalis menggunakan PSA ukuran distribusi kerangka partikel berada pada rentang 32.67-58.77 nm. Sedangkan hasil FTIR menunjukkan bahwa katalis merupakan situs asam Bronsted-Lowry pada suhu



kalsinasi 700°C dan 900°C. Dan situs asam Lewis pada suhu kalsinasi 600°C dan 800°C.

6. Karakterisasi fisik *liquid fuel* berdasarkan SNI 7431:2008 menunjukkan hasil pirolisis belum memenuhi semua persyaratan yang diukur dalam penelitian ini.

## **B. Saran**

Beberapa hal yang disarankan pada penelitian selanjutnya adalah mengoptimalkan hasil *liquid fuel* diperlukan kajian tentang pengaruh suhu kalsinasi katalis, jumlah katalis, peningkatan mutu khususnya untuk menghilangkan asam yang terkandung dalam *liquid fuel*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abnisa, F., Arash, A., Mohammad, S.S., Wan, D., Jaya, N. S. 2011. Optimization and Characterization Studies on Bio-oil Production from Palm Shell by Pyrolysis Using Response Surface Methodology. *Biomass and Bioenergy*. Vol 35, Pp. 3604-3616.
- Akimkhan, A. M. 2012. Structural and Ion-Exchange Properties of Natural Zeolite. *Lisence in tech*. Pp, 261-282.
- Anggoro, D. D., A. M. Fauzan, N. Dharmapaparayana. 2007. *Pengaruh Kandungan Silikat dan Aluminat dalam Pembuatan Zeolit Y dari Abu Sekam Padi*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia.
- Anshary, M. I., O. Damayanti. 2012. *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Dengan Katalis Padat Berpromotor Ganda Dalam Reaktor Fixed Bed*. ITS. Paper 23021120001349.
- Amrulloh, H. 2014. *Sintesis Zeolit Berbasis Silika Sekam Padi dengan Metode Elektrokimia Sebagai Adsorben Rhodamin B*. Skripsi. Departemen Kimia FMIPA Universitas Lampung. hal.13-52.
- Arnata, I. W. M. A. A., dan D. Anggraeni. 2013. Rekayasa Bioproses Produksi Bioetanol dari Ubi Kayu Dengan Teknik Ko-Kultur Ragi Tape dan *Saccaromyces Cerevisiae*. *Agrointek*, Vol 7 (1), hal. 21-28.
- Arribart, H., and B.V. Bernadette. 2001. *The Dibner Institute History of Science and Technology*.
- Auerbach, S., K. Carrado, and P. Dutta. 2003. *Hand book of zeolite science and technology*. Marcel Dekker, Inc. New York. Pp. 8-9.
- Bang, J. H. and K. S. Suslick. 2007. Sonochemical Synthesis of Nanosized Hollow Hematite, *J. Am. Chem. Soc.* Vol 129, Pp. 2242-2243.
- Beiser, A. 1992. *Konsep Fisika Modern, edisi keempat*. Erlangga. Jakarta
- Beitollahi, A., H. Hosseini, and H. Saporlaki. 2010. Synthesis and characterization of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> nanocomposite powder by sucrose process. *Journal of Material Science*. Material in Electronics. Vol 21, Pp. 130-136.

- Bekkum H. V., E. M. Flanigen, J. C. Jansen. 1991. Introduction to Zeolite Science and Practice. *Elsevier*. Vol 137, Pp. 1078.
- Bogdanov, B., K. Georgiev, Angelova., and Hristov, Y. 2009. Natural zeolites: clinoptilolite review. *Natural and Mathematics Science*. Vol IV, Pp. 6.
- Breck, D. W. 1974. *Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use*. Pp.771.
- Budavari, S. 2001. The Merck Index. Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Thirteenth Edition. *Whitehouse: Merck & Co., Inc*. Pp. 1170.
- Chetam, D. A. 1992. *Solid State Compound*. Vol 2, Pp. 234-237.
- Conner, W., G. Tompsett, Lee, K., and Yngvesson, K. 2004. *Journal of physical chemistry B*. Vol 108, Pp. 13913-13920.
- Daifullah, A. A. M., B. S. Girgis, H. M. H. Gad. 2003. *Utilization of Agro-Residues (Rice Husk) in Small Waste Water Treatment Plans Material Letters*. Vol 57, Pp. 1723-1731.
- Danarto, C.Y., P. B. Utomo, F. Sasmita. 2010. *Pirolisis Limbah Kayu dengan Katalisator Zeolit*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan".
- Dirdianti. 2011. *Aluminium Element*. 18 Oktober 2016. <http://www.google.com>.
- Donahoe, R. J., S. Guldman, and J. G. Liou. 1984. Synthesis and characterization of zeolites in the system  $\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ . *Clays and Clay Minerals*. Vol 32 (6), Pp. 433-443.
- Duan, P., and P. E. Savage. 2011. Catalytic Hydrotreatment of Crude Alga Bio-Oil in Supercritical Water. *Applied Catalysis B: Environmental*. Vol 104, Pp. 136-143.
- Filho, N. L. D., and D. R. do Carmo. 2004. Adsorption at Silica, Alumina, and Related Surfaces. Encyclopedia of Surface and Colloidal Science. *Marcel Dekker, Inc*.
- Fitriyana, D. F., Sulardjaka. 2012. *Sintesis Zeolit A Berbahan Dasar Limbah Geotermal dengan Metode Hidrotermal*. Simposium Nasional RAPI XI, M42-47.
- Gates, B. C. 1995. Supported Metal Clusters: Synthesis, structure, and catalysis. *Journal of Chemical*. Vol 95, Pp. 511.

- Ghababazade, R., A. Mirhabibi, J. Pourasad, A. Brown, A. Brydson, M. J. Amiri. 2007. Study of the phase composition and stability of explosive synthesis nanosized  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . *Journal Surface Science*. Vol 601, Pp. 2864.
- Guenther. 1987. *Minyak Atsiri*. Diterjemahkan oleh R.S. Ketaren dan R. Mulyono. UI Press. Jakarta.
- Hassan, A. F., A. M. Abdelghny, H. Elhadidy, and A. M. Youssef. 2013. Synthesis and Characterization of High Surface Area Nanosilica from Rice Husk Ash by Surfactant-free Sol-Gel Method. *Jurnal of Sol-Gel Science Technology*. Vol 2 (3), Pp. 234-242.
- Hudson, L. K., C. Misra, Perrotta, J. Anthony, K. Wefers, and F. S. Williams. 2002. Aluminum Oxide. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Vol 10, Pp. 557.
- Hugot. E. 1986. Hand Book of cane Sugar Engineering. *Elsevier*. Vol 7, Pp. 1186.
- Hutama, A., S. Nugraha, H. N. Arifin, Dini, G. A. 2010. *Bahan Bakar Nabati*. Tugas Akhir. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Jiang, Z., Zhong-hui, X., Qin, S., Ping, L., and Yang-hong, X. 2017. Thermal Stability of Geopolymer-Sr Contaminated Zeolite-A Blens. *Trans Tech Publications*. Vol 727, Pp. 727-1089.
- Joarddder, M. U. H., M. R. Islam, and M. R. A. Beg. 2011. *Pyrolysis of Coconut Shell for Bio Oil*. Proceedings of the International Conference on Mechanical Engineering (ICME2011).
- Jung, S., Kang, B and Kim, J. 2008. Production of Bio-Oil from Rice Straw and Bamboo Sawdust Under Various Reaction Condition in a Fast Pyrolysis Plant Equipped with a Fluidized Bed and a Char separation System. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Vol 82, Pp. 240-247.
- Kadarwati, S., Susantyo, B. E., Ekowati, D. 2010. *Aktivitas Katalis Cr/Zeorit Alam Pada Reaksi Konversi Minyak Jelantah Menjadi Bahan Bakar Cair*. Vol 8, hal. 9-16.
- Kalapathy, U., Proctor, A and Schultz. J. 2000. A Simple Method for Production of Pure Silika from Rice Hull Ash. *Bioresource Technology*. Vol 73, Pp. 257.
- Ketaren, S. 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Knozinger, H., Ratnasamy, and Catal, P. 1978. Pulse Electric Current Sintering and Strength of Sintered Alu-mina Using  $\gamma$ -Alumina Powders Prepared by

the Sol-Gel Method. *Journal of Science Enggenering*. Vol 17, Pp. 31.

- Kriswarini R., D. Anggraini, dan Noviarthy. 2010. *Validasi metoda pengukuran isotop  $^{137}\text{Cs}$  menggunakan spektrometer gamma*. Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir. hal. 328-333.
- Lestari, D. Y. 2010. *Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai Negara*. Prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia.
- Lima, D, G. Soares C. D Valerio, Ribeiro E, B., Carvalho, D, A., Cardoso E, C, V., Rassi, F.C., Mundim K,C., Rubim J.C., and Suarez, P. A. Z. 2004. Diesel- Like Fuel Obtained by Pyrolysis of Vegetables oil. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Vol 71, Pp. 987-996.
- Liu, W., Yin, P., Liu, X., Dong, X., Zhang, J., and Xu, Q. 2013. Thermo Dynamics, Kinetics, and Isotherms Studies For gold(III) Adsorption Using Silica Functionalized by Diethylenetriamine Methylene Phosphonic Acid. *Chem. Eng. Res. Des.* Vol 91, hal. 2748–2758.
- Lusi. 2011. Cara Mengetahui Ukuran Suatu Partikel. 29 September 2016. <https://www.academia.edu/17587816/Cara-mengetahui-ukuran-suatu-partikel>.
- Ma, J., Hai-Yan, W., Dan, D., and Wan-Yen, T. 2005. The Microwave-Synthesized  $\beta$ -Zeolite and the Use in Etherization. *Petroleum science and technology*. Vol 23, Pp. 1283-1289.
- Mahaddilla, F.M. dan Putra A. 2013. Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Sumber Silika Dalam Pembuatan Zeolit Sintetis. *Jurnal Fisika Unand*. Vol 2 (4), hal. 262-268.
- Majid, A. B., Wega, T., Yoga, P., Erna, F., Syafitri, H., Again, H. 2012. Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Indonesia Pada Hidrorengkah Ban Bekas dengan Preparasi Sederhana. Prosiding Seminar Nasional Kimia UNESA 2012.
- Manasomboonphan, W. and Junyapoon, S. 2012. *Production of Liquid Fuels from Waste Lube Oils Used by Pyrolysis Process*. Proceedings, 2nd International Conference on Biomedical Engineering and Technology. Vol 34, Pp. 130-133.
- Masuda, T., Kondo, Y., Miwa, M., Shimotori, T., Mukai, S, R., Hasimoto, K., Takono, M., Kawasaki, S and Yoshida, S. 2001. Recovery of useful Hydrocarbons from Oil Palm Waste using ZrO Supporting FeOOH catalyst. *Chemical Engineering Science*. Vol 56, hal. 897-904.

- Mediasari, R. 2015. Pengembangan Zeolit Sintetik Berbasis Silika Sekam Padi dengan Metode Elektrokimia dan Aplikasinya sebagai Katalis untuk Perengkahan Minyak Nabati secara Pirolisis. Tesis. Universitas Lampung. Bandar Lampung. hal 102.
- Mirjalili, F., Hasmaliza, M., Luqman, C. 2011. *Preparation of Nano Scale  $\alpha$ - $Al_2O_3$  Powder by the Sol Gel Method. Ceramics Silikaty.* Vol 55 (4), Pp. 378-383.
- Mockovčiakova', A., M. Matik., Z. Oroh'nova', P. Hudec., and E. Kmecova. 2007. Structural characteristics of modified natural zeolite. *J. Porous Mater.* Vol 15, Pp. 559-564.
- Nasikin, M. Susanto B, H. Hirsaman M.A and Wijanarko A. 2009. Biogasoline from Palm Oil by Simultaneous Cracking and Hydrogenation Reaction over Nimo/zeolite Catalyst. *World Applied Sciences Journal.* Vol 5, Pp. 74-79.
- Nevin, K.P., Hensley, A.S., Frank, A. E., Summers, Z. M., Ou, J., Woodard, T. L., West, O. L. S, ang Lovly, D. R. 2011. Electrosynthesis of Organic Compound from Carbon Dioxide Is Catalyzed by a Diversity. *Applied and Environmental Microbiology.* Vol 77 (9), Pp. 2882-2886.
- Nio, O. K. 1992. *Daftar Analisis Bahan Makanan.* Fakultas Kedokteran. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Nurjannah., Roesyadi, A., dan Prajitno D. H, 2010. Konversi Katalitik Minyak Sawit Untuk Menghasilkan Biofuel Menggunakan Silika Alumina dan HZSM-5 Sintetis. *Reaktor.* Vol 13 (1), hal. 37-43.
- Padil, S. dan Amir, A. 2010. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Melalui Reaksi Metanolisis Menggunakan Katalis  $CaCO_3$  yang dipijarkan. *Natur Indonesia.* Vol 13 (1), hal. 27-32.
- Pandiangan, K. D., Irwan, G. S., Mita, R., Sony, W., Dian, A., Syukri, A., dan Novesar. J. 2008. *Karakteristik Keasaman Katalis Berbasis Silika Sekam Padi yang Diperoleh dengan Teknik Sol-Gel.* Prosiding Seminar Sains dan Teknologi (SATEK II) Universitas Lampung. hal. 342-353.
- Paradhan, A., J. N. Das, A. N. Mishra and P. C. Lenka. 2004. Effect of N and K on growth and yield of gladiolus. *Orissa Journal Horticulture Orissa Horticulture Sococial.* Vol 32, Pp. 74-77.
- Prasad, Ram dan M. Pandey. 2012. Rice Husk Ash as a Renewable Source for the Production of Value Added Silica Gel and its Application: An Overview, Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis. *An International Journal.* Vol 7, hal. 1-25.

- Prastyo, S. H., Margaretha, Y. Y., Ayucitra, A., Ismadji S. 2011. *Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Katalis Padat Dari Cangkang Keong Emas (pomacea sp.)*. Seminar Nasional Fundamental Dan Aplikasi Teknik Kimia.
- Putri S. K, Supranto dan Sudiyo R. 2012. Studi Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa (Coconut Oil) dengan Bantuan Gel. Ultrasonik. *Rekayasa Proses*. Vol 6 (1), hal. 20-25.
- Ramli, Z. 1995. *Rhenium-Impregnated Zeolites: Synthesis, Characterization And Modification as Catalysts In The Metathesis Of Alkanes*. Ph.D. Thesis. Universiti Teknologi Malaysia. Malaysia.
- Raveendran K, Ganesh A, Khilart KC. 1995. Influence of mineral matter on biomass pyrolysis characteristics. *Elsevier Science*. Vol 74, hal. 1812-1822
- Rayalu, S.S., J. S. Undhoji, S. U. Meshram, R. R. Naidu, and S. Devota. 2005. Estimation of Crystallinity in Flyash-based Zeolite-A Using XRD and IR Spectroscopy. *Current Science*. Vol 89, Pp. 2146-2151.
- Ridhuan, K dan Suranto, J. 2016. *Perbandingan Pembakaran Pirolisis dan Karbonisasi pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori*. Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro. Vol 5 (1), hal. 50-55.
- Roland, E. 1989. Industrial Production Of Zeolites, In *Zeolites as Catalysts, Sorbents And Detergent Builders*. Elsevier. Pp. 464-470.
- Satterfield, C. N. 1980. *Heterogeneous Catalysis in Practice*. McGraw-Hill. Vol 4.5 (4).
- Schubert, U., dan Housing, E. 2000. *Synthesis of Inorganic Materials*. Wiley-VCH. Federal Republic of German.
- Scott, M. A., A. C. Kathleen., and K. D. Prabir. 2003. *Hand book of Zeolite Science and Technology*. Marcel Dekker, Inc.
- Sediawan, W. B. dan Prasetyo. 1997. *Pemodelan Matematis dan Penyelesaian Numeris Dalam Teknik Kimia*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta. hal. 62-66, 185-195.
- Sembiring, S., P. Karo-karo. 2007. Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Karakteristik Termal Mikrostruktur Silika Sekam Padi. *Jurnal Sains MIPA*. Vol 13 (3), hal. 233-239.
- Setiawan, D. H. dan Angsono, A. 2005. *Petunjuk Lengkap Budidaya Karet*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta
- Setyawardhani DA, S. Distantina, H.Henfiana & AS. Dewi. 2010. *Pembuatan Biodisel dari Asam Lemak Jenuh Minyak Biji Karet*. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses.

- Sheth, P.N., and Babu, B.V. 2006. *Kinetic Modelling of the Pyrolysis of Biomass*. Proceedings of National Conference on Environmental Conservation. Pp. 453-458.
- Siahaan S. 2009. *Potensi Pemanfaatan Limbah Biji Karet (Hevea brasiliensis) Sebagai Sumber Energi Alternatif Biokerosin untuk Keperluan Rumah Tangga (Studi Kasus di Desa Nanga Jetak Kecamatan Dedai Kabupaten Sintang Kalimantan Barat)*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sijabat. E. R. 2013. *Transesterifikasi Minyak Sawit dengan Metanol dan Katalis Heterogen Berbasis Silika Sekam Padi (MgO-SiO<sub>2</sub>)*. Skripsi. Departemen Kimia FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung. hal. 43.
- Sing, K. S. W., D. H. Everett., R. A. W. Haul., L. Moscou., R. A. Pierotti., J. Rouquerol, and Siemieniewska. 1985. Reporting Physisorption Data for Gas/Solid Systems with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity. *Pure Applied Chemistry*. Vol 57, hal. 603-619.
- Smallman R. E. 2000. *Metalurgi Fisik Modern, Edisi Keempat*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. hal. 137-140.
- Soenardjo, Edi dkk. 1991. *Padi Buku 3*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Subagio. 1993. Zeolit: Struktur dan Sifat-sifanya. *Warta Insinyur Kimia*. Vol 7 (3), hal. 17-23.
- Suka, I. G., Simanjuntak, W., Sembiring, S., Trisnawati, E. 2008. Karakteristik Silika Sekam Padi Dari Provinsi Lampung yang Diperoleh Dengan Metode Ekstraksi. *Jurnal Sains MIPA*. Vol 37 (1), hal. 47-52.
- Sumaatmadja, Dardjo. 1985. *Sekam Gabah Sebagai Bahan Industri*. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Banjar Baru. Makasar.
- Swaboda, A. R., and G. W. Kunze. 2006. Infrared Study of Pyridine Adsorbed on Montmorillonite Surface. *Texas Agricultural Experiment Station*. Pp. 277-288.
- Swern, D., 1964. *Bailey's Industrial Oil And Fat Products 3rd ed*. John Wiley & Sons. New York.
- Tanabe, K., 1981. *Solid Acid and Base Catalyst in Catalysis Science and Thenconology*. John R. Anderson and Michael Boudar. Vol 2. Springer-Link. Berlin.



- Tri, A, A, M. 2011. *Pemanfaatan Jagung Sebagai Bioetanol dengan Proses Fermentasi dan Hidrolisa H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*. Skripsi. Universitas Diponegoro Semarang. hal. 9-10.
- Twaiq AF, Asmawati N, Zabidi M, Abdul Rahman M, & Subhash B. 2003. Catalytic Conversion of Palm Oil Over Meso Porous Aluminosilicate MCM 41 for The Production of Liquid Hydrocarbon Fuel. *Fuel Processing Technology*. Vol 84 (1-3), Pp. 105 – 120.
- Ulfah, E.M. 2006. Optimasi Pembuatan Katalis Zeolit X dari Tawas, NaOH dan Water Glass Dengan Response Surface Methodology. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. Universitas Diponegoro Semarang. Semarang. Vol 1(3), hal. 26-32.
- Vitolo, S., Bresci, B., Seggiani M and Gallo G.M. 2001. Catalytic upgrading of Pyrolysis Oils Over HZSM-5 Zeolite: Behaviour of the Catalyst when used in Repeated Upgrading-Regenerating Cycles. *Fuel*. Vol 80, Pp. 17-26.
- Wagiyo dan Handayani A. 1997. *Petunjuk Praktikum Scanning Electron Microscope, SEM dan Energy Dispersive Spectrometer, EDS*. Badan Tenaga Atom Nasional. Tangerang. hal. 12.
- Wang, L. L., W. Ding, Y.W. Liu, W. P. Fang, and Y.Q. Yang. 2010. Effect of preparation methods of aluminum emulsions on catalytic on catalytic performance of copper-based catalysts for methanol synthesis from syngas. *J. Nat. Gas Chem*. Vol 19 (5), Pp. 487–492.
- Wijanarko, A., Mawardi D. A dan Nasikin, M. 2006. Produksi Biogasoline Dari Minyak Sawit Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik Dengan Katalis  $\gamma$ -Alumina, *Makara Teknologi*. Vol 10 (2), hal. 51-60.
- Wijaya, I. K. 2016. *Pengaruh Komposisi Biomassa Serbuk Kayu dan Batu Bara Terhadap Performansi Pada CO-Gasifikasi Sirkulasi Fluidized Bed*. Skripsi. Universitas Udayana. Denpasar.
- Wolfovich, M.A., Landau, M.V., Brenner, A. and Herskowitz, M. 2004. *Ind. Eng. Chemistry Resource*. Vol 43, Pp. 5089-5097.
- Xu, Z., Xiao, F.S., Purnell, S.K., Alexeev, O., Kawi, S., Deutsch, S.E., and Gates, B. C. 1994. Sol-gel synthesis of transparent alumina gel and pure gamma alumina by urea hydrolysis of alumina nitrate. *Journal Matteria Science*. Vol 372, Pp. 346.
- Xiujuan, G., Shurong, W., Qi, W., Zuagang, G., and Zhogyang, L. 2011. Properties of Bio-oil from Fast Pyrolysis of Rice Husk. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. Vol 19 (1), Pp. 116-121.

- Yelmida, I. Z., dan Akbar, F. 2012. Perengkahan PFAD (Palm Fatty Acid Distillate) Dengan Katalis Zeolit Sintetis Untuk Menghasilkan Biofuel. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol 9 (1), hal. 45-50.
- Yuanita, D. 2009. *Hidrogenasi Katalitik Metil Oleat Menjadi Stearil Alkohol Menggunakan Katalis Ni/Zeolit Alam*. Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY. hal. 4-5.
- Yusuf dan Sulaiman, Y. 1982. *Penyulingan Lembaran Karet Menjadi Bahan Bakar Minyak Karet (BBMK)*. CV Genep Jaya Baru. Jakarta.
- Zakaria, A., Rohaeti, E., Batubara, I., Sutisna, dan Purwamargapratala, Y. 2012. *Adsorpsi Cu (II) Menggunakan Zeolit Sintetis Dari Abu Terbang Batubara*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. hal. 190-194.