

**PENGOLAHAN CAMPURAN BAGAS TEBU DAN MINYAK BIJI KARET  
MENJADI *LIQUID FUEL* DENGAN METODE PIROLISIS  
MENGUNAKAN ZEOLIT-Y BERBASIS SILIKA SEKAM PADI  
SEBAGAI KATALIS**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Yunitri Sianturi**

**1317011082**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2017**

## ABSTRAK

### PENGOLAHAN CAMPURAN BAGAS TEBU DAN MINYAK BIJI KARET MENJADI *LIQUID FUEL* DENGAN METODE PIROLISIS MENGUNAKAN ZEOLIT-Y BERBASIS SILIKA SEKAM PADI SEBAGAI KATALIS

Oleh

YUNITRI SIANTURI

Dalam penelitian ini telah dilakukan pirolisis campuran bagas tebu dan minyak biji karet dengan katalis zeolit-Y berbasis silika sekam padi dan logam aluminium. Sebelum digunakan, zeolit dikalsinasi pada suhu yang berbeda-beda yaitu dari 600, 700, 800, dan 900°C. Zeolit dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM, PSA, dan FTIR, serta *liquid fuel* yang dihasilkan dianalisis dengan GC-MS menggunakan bantuan dari sistem kepustakaan dari Wiley<sup>299</sup> dan NIST.2 untuk mengidentifikasi komponen *liquid fuel*. Karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa zeolit-Y yang disintesis didominasi oleh fasa amorf. Karakterisasi dengan SEM menunjukkan bahwa pori-pori dipermukaan zeolit berkurang ketika suhu kalsinasi meningkat karena ukuran butir atau partikel dari zeolit-Y bertambah pada permukaan katalis. Hasil karakterisasi PSA menunjukkan selisih rentang ukuran partikel meningkat yaitu 92,1 nm, 294 nm, dan 336 nm saat suhu kalsinasi meningkat dari 600 sampai 800°C. Karakterisasi dengan FTIR menunjukkan bahwa zeolit memiliki situs asam Brønsted-Lowry. Hasil dari pirolisis menunjukkan bahwa rendemen produk cair terbesar (47,33%) dari pirolisis campuran bagas tebu menggunakan zeolit-Y 700°C. Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa bahan bakar cair yang diperoleh terdiri dari tiga sampai lima kategori senyawa, dan *liquid fuel* dari campuran bagas tebu dan minyak biji karet dengan katalis zeolit-Y 700°C memiliki kandungan hidrokarbon terbesar yaitu 85%.

**Kata Kunci** : zeolit-Y, reaksi perengkahan, *liquid fuel*, bagas tebu, minyak biji karet

## **ABSTRACT**

### **CO-PYROLYSIS OF SUGARCANE BAGASSE AND RUBBER SEED OIL FOR LIQUID FUEL PRODUCTION USING RICE HUSK SILICA BASED ZEOLITE-Y AS CATALYST**

**By**

**YUNITRI SIANTURI**

In this research, co-pyrolysis of sugarcane bagasse and rubber seed oil was carried out using zeolite-Y prepared from rice husk silica and aluminum metal as catalyst. Before use, the zeolite was calcined at different temperatures of 600, 700, 800, and 900°C. The zeolite was characterized using the techniques of XRD, SEM, PSA, and FTIR, and the liquid fuels produced were analyzed using GC-MS technique with the aid of Wiley299 and NIST.2 library system for identification of the components. Characterization with XRD indicates that the zeolite-Y synthesized is dominated by the amorphous phase. Characterization with SEM shows that the pores on the surface of zeolites decrease as the calcination temperature increases, due to increased grain sizes or particles on the surface. The results of PSA characterization show the range of particle sizes increase from 92.1 nm, 294 nm, and 336 nm as calcination temperature increases from 600 to 800°C. Characterization with FTIR shows that the zeolites contain Brønsted-Lowry acid sites. The results of pyrolysis showed that the largest liquid yield (47.33%) was produced from co-pyrolysis of sugarcane bagasse and rubber seed oil using the zeolite-Y 700°C. The GC-MS analysis results show that liquid fuels obtained composed of three to five chemical categories, and the liquid fuel from co-pyrolysis of sugarcane bagasse and rubber seed oil using the zeolite-Y 700°C was found to contain the highest hydrocarbon content of 85%.

**Keywords :** zeolite-Y, cracking reaction, liquid fuel, bagasse, rubber seed oil

**PENGOLAHAN CAMPURAN BAGAS TEBU DAN MINYAK BIJI KARET  
MENJADI *LIQUID FUEL* DENGAN METODE PIROLISIS  
MENGUNAKAN ZEOLIT-Y BERBASIS SILIKA SEKAM PADI  
SEBAGAI KATALIS**

**Oleh  
Yunitri Sianturi**

**Skripsi  
Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
SARJANA SAINS**

**pada  
Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2017**

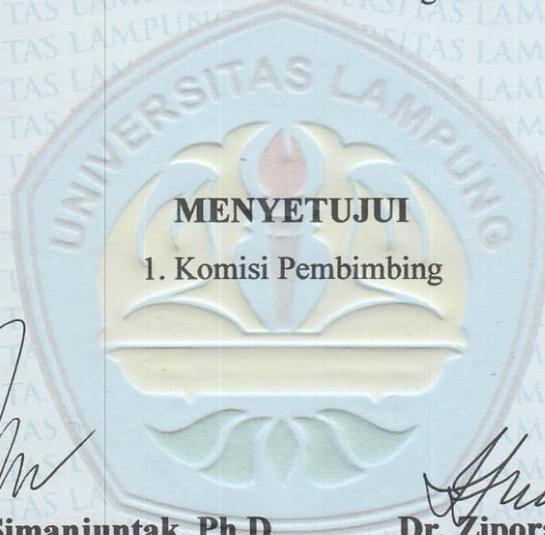
Judul Skripsi : **PENGOLAHAN CAMPURAN BAGAS TEBU DAN MINYAK BIJI KARET MENJADI *LIQUID FUEL* DENGAN METODE PIROLISIS MENGGUNAKAN ZEOLIT-Y BERBASIS SILIKA SEKAM PADI SEBAGAI KATALIS**

Nama Mahasiswa : **Yunitri Sianturi**

No. Pokok Mahasiswa : 1317011082

Jurusan : Kimia

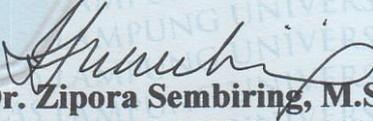
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

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

  
**Dr. Zipora Sembiring, M.S.**  
NIP 19590106 198603 2 001

**2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA**

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

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

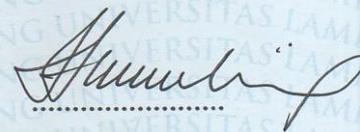
Ketua

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



Sekretaris

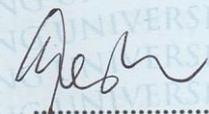
: **Dr. Zipora Sembiring, M.S.** .....



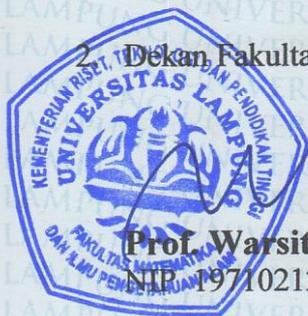
Penguji

Bukan Pembimbing

: **Drs. R. Supriyanto, M.S.** .....

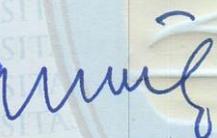


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.**

NIP. 19710212 199512 1 001



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 04 Oktober 2017**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kelapa Tinggi, Sumatera Utara pada tanggal 06 Juni 1995, yang merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dari Bapak J. Sianturi dan Ibu J.Simanjuntak. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 102030 Sei Bamban, pada tahun 2007, pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Negeri 2

Kelapa Tinggi, pada tahun 2010. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 2 Tebing Tinggi dan menyelesaikannya pada tahun 2013. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa jurusan kimia FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Aktivitas organisasi penulis dimulai sejak menjadi Kader Muda HIMAKI (Himpunan Mahasiswa Kimia) tahun 2013-2014. Penulis juga pernah menjadi anggota Biro Usaha Mandiri (BUM) HIMAKI FMIPA UNILA tahun 2014-2015 dan anggota Biro Penerbitan (BP) pada tahun 2015-2016. Selain itu penulis juga aktif dalam Persekutuan Oikumene Mahasiswa MIPA (POMMIPA) sebagai Sekretaris dan Bendahara pada tahun 2015-2016. Kemudian penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Kimia Fisika jurusan Kimia FMIPA UNILA pada tahun 2016 dan asisten praktikum kimia dasar jurusan Agroekoteknologi Fakultas

Pertanian UNILA pada tahun 2016. Penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan pada tahun 2016 yang berjudul “ Transesterifikasi Minyak Biji Karet Menjadi Biodiesel Menggunakan Zeolit Sintetik Sebagai Katalis” di Laboratorium Kimia Fisik/Anorganik FMIPA Universitas Lampung.

Puji dan Syukur ku ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang selalu memberikan anugerah, kekuatan, dan kemampuan selama perkuliahan, penelitian dan bahkan sampai karya ini selesai.

Kupersembahkan karya ini sebagai wujud bakti, tanggung jawab serta bentuk pelayananku

Kepada :

**KEDUA ORANGTUAKU**, yang selalu menjadi sumber semangat dan motivasi utama selama ini dalam pelaksanaan karya ini, yang juga selalu memberikan doa serta bantuannya selama ini.

**ABANG, KAKAK, DAN ADIKKU**, yang selalu mendukung dan mendoakanku selama ini hingga karya ini dapat terselesaikan.

**SAHABAT, KERABAT, DAN TEMAN-TEMAN**, yang selalu membantu dan sama-sama berjuang selama ini.

**DAN ALMAMATER TERCINTA**

"Call to Me and I will answer you and tell you great and unsearchable things you do not know".  
(NIV Jeremiah 33:3).

"Janganlah takut, sebab Aku menyertai engkau,  
janganlah bimbang sebab Aku ini Allahmu, Aku akan meneguhkan, bahkan memegang engkau dengan tangan kanan-Ku yang membawa kemenangan."  
(Yesaya 41:10).

"Percayalah kepada Tuhan dengan Segenap hatimu, dan janganlah bersandar kepada pengertianmu sendiri. Akuilah Dia dalam segala lakumu, maka Ia akan meluruskan jalanmu." (Amsal 3:5-6).

"I can do all things through him who gives me strength"  
(NIV Philippians 4:13).

"Karena itu, saudara-saudaraku yang kekasih, berdirilah teguh, jangan goyah, dan giatlah selalu dalam pekerjaan Tuhan! Sebab kamu tahu, bahwa dalam persekutuan dengan Tuhan jerih payahmu tidak sia-sia."  
(1 Korintus 15:58).

“Tuhan akan mengangkat engkau menjadi kepala dan bukan menjadi ekor, engkau akan tetap naik dan bukan turun, apabila engkau mendengarkan perintah Tuhan Allahmu yang kusampaikan pada hari ini kau lakukan dengan setia” (Ulangang 28:13).

“Keadaan boleh menyakitkan tapi Tuhan Yesus tidak akan pernah mengecewakan dan selalu menyertai”.

*Yunitri Sianturi*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala kasih karunia, kekuatan, pertolongan, dan kemampuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul :

**“ Pengolahan Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Menjadi *Liquid Fuel* Dengan Metode Pirolisis Menggunakan Zeolit-Y Berbasis Silika Sekam Padi Sebagai Katalis ”**

Pada penulisan skripsi ini, tidak sedikit kendala yang dihadapi oleh penulis dan telah banyak bantuan, dukungan, serta bimbingan dari banyak pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tuaku J. Sianturi dan J. Simanjuntak untuk setiap nasihat, dukungan, semangat, dan doa yang tak pernah putus yang diberikan kepada penulis. Kakak Martha, abang Jois, dan adikku Putri untuk setiap semangat dan dukungan doa selama penyelesaian studi penulis.
2. Prof. Wasinton Simanjuntak, Ph.D. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, pengetahuan, wawasan, dan arahan selama penulisan skripsi ini.

3. Dr. Zipora Sembiring, M.S. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan masukan, saran, kritik, serta petunjuk selama penyelesaian skripsi ini.
4. Drs. R. Supriyanto, M.S. selaku Pembahas yang telah memberikan saran, kritik, dan arahan demi terselesainya skripsi ini.
5. Dra. Aspita Laila, M.S. selaku Pembimbing Akademik atas bimbingannya selama ini kepada penulis.
6. Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung
7. Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Segenap staf pengajar dan karyawan jurusan Kimia, Pak Man, Pak Gani, Mas Nomo, Mba Nora, dan Uni Kidas.
9. Keluarga Tante Anggi dan keluarga Namboru Adel. Terima kasih untuk setiap dukungan dan doa selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
10. Dongan kesayangan 2B, Hermayana R F S dan Veronika Netty K M untuk setiap kebersamaan selama 4 tahun yang kita lalui, mauiate untuk setiap hal yang kita lalui bersama dan setiap saran, kritik, dukungan, kebersamaan yang telah kita jalani selama perkuliahan dan penelitian ini. Semoga kita sukses bersama dikemudian hari. Tuhan Yesus Memberkati.
11. Mba Gege, Kak Ruli, Anton, Gesa, Nora, Yudha, Kak Duma, Kak Hanif, Mba Dila, untuk setiap bantuan, dukungan, kritik, saran serta kebersamaan yang selama ini telah terjalin di Laboratorium Polimer tercinta.

12. Adik-adikku di KK Sunshine, Debo, Lelvi, Hana, dan Rani untuk setiap kebersamaan, dukungan, semangat, canda, dan tawa selama ini. Tetap semangat buat perkuliahan dan pelayanan kalian. Tetap berdoa dan andalkan Tuhan dalam setiap hal yang dilalui biar kalian bersinar selalu. Tuhan Yesus Memberkati.
13. KK ku yang terkasih Butterfly, Fera, Carmel, Vero, kak Tata, dan kak Melani untuk setiap pelajaran dan kebersamaan yang selama ini telah terjalin yang membuat kita semakin mengasihi di dalam Kristus dan selalu semangat untuk pelayanan kalian.
14. Gajelicious yang terkasih, Kak Ol Manullang, Kak Del Simamora, dan Febriyanti Siagian untuk setiap canda, tawa, suka, duka, dan ketidakjelasan yang telah kita lalui bersama biar Tuhan Yesus yang selalu memberkati setiap rencana kegiatan yang dilakukan. Tuhan Memberkati kalian sist.
15. Fera Manalu, terimakasih untuk setiap kebersamaan yang telah kita lalui selama dua tahun sekamar hingga bisa bertumbuh bersama dalam Tuhan dan maaf untuk setiap sikap ku yang mengecewakan. GBU.
16. Abang-abang dan kakak-kakak POM MIPA Kak Aknes, Bang Ventus, Bang Abe Loupatty, Bang Togu, dan Kak Widamay, Kak Debo, Kak Shella, Ko Yefta, dan Bang Ferdinan untuk setiap dukungan, semangat, saran, kebersamaan, canda, dan tawa yang telah diberikan kepada penulis selama penyelesaian studi ini.

17. Teman-teman sepelayanan dalam kepengurusan di POMMIPA 2015/2016 Joshua Zeke, Rere, Meli Mancung, Carmel, Romario Bobang, Roy Marulitua, Ade Benn, Warni, Tulang Daniel, dan Davina, terima kasih sudah menjadi keluarga dan bersama-sama melayani Tuhan.
18. Teman-teman di POMMIPA, Alda Cabe, Mas Hot Asih, Geby, Hizkia, Romario Sitepu, Nita, Lut, dan adik-adik POMMIPA yang tidak bisa disebutkan satu persatu terima kasih sudah menjadi keluarga selama berada di Bandar Lampung dan telah menjadi wadah untuk belajar melayani Tuhan.
19. Teman-teman KF 2013, Esti, Dewi R, Renita, Widya, Linda, Mawar, dan Nabillah. Terima kasih untuk kebersamaan, dukungan, dan semangatnya.
20. Teman-teman Kimia 2013, yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terima kasih untuk persaudaraan dan kebersamaan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
21. Seluruh Keluarga Besar Jurusan Kimia Angkatan 2010, 2012, 2014, 2015, dan 2016.
22. Teman Teman KKN desa Endang Rejo, Kabupaten Lampung Tengah, Kak Adam, Sudesti Tiwi, Buyan Diah, Rini, Riki Jawa, Heru, terima kasih untuk kebersamaan selama 40 hari dengan 55 macam yang sudah terjadi.
23. Keluarga Wisma Dewi, Kak Nindy, Kak Ruli, Warni, Ani Paul, Helen, Devi, dan Eka. Terima kasih untuk setiap canda tawa, semangat, dukungan, dan kekeluargaan yang terjalin.
24. Dan semua pihak lain yang telah membantu penulis selama perkuliahan, penelitian, hingga penulisan skripsi ini.

Semoga Tuhan selalu memberikan yang terbaik dan membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan, namun penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi bagi rekan-rekan khususnya mahasiswa kimia dan pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, 06 Oktober 2017

Penulis

Yunitri Sianturi

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	4
C. Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Perengkahan Biomassa .....	5
B. Karakterisasi <i>Liquid Fuel</i> .....	11
1. Analisis Komposisi Dengan <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i> (GC-MS) .....	11
2. Karakteristik Fisik .....	12
a. Densitas .....	12
b. Viskositas .....	13
c. Titik Nyala ( <i>Flash Point</i> ) .....	13
C. Katalis Untuk Perengkahan Biomassa .....	14
D. Zeolit Sintetik .....	18
E. Karakterisasi Zeolit .....	23
1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	23
2. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	24
3. <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA) .....	25
4. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	26

### III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
B. Alat dan Bahan .....	28
1. Alat-alat yang digunakan .....	28
2. Bahan-bahan yang digunakan .....	29
C. Prosedur Penelitian .....	29
1. Preparasi Minyak Biji Karet .....	29
2. Preparasi Bagas Tebu .....	29
3. Pembuatan Larutan NaOH 1,5% dan HNO <sub>3</sub> 10% .....	29
a. Pembuatan Larutan NaOH 1,5% .....	29
b. Pembuatan Larutan HNO <sub>3</sub> 10% .....	30
4. Preparasi Sekam Padi .....	30
5. Ekstraksi Silika dari Sekam Padi .....	30
6. Pembuatan Katalis Zeolit .....	31
7. Kalsinasi Zeolit-Y .....	31
8. Karakterisasi Zeolit-Y .....	31
9. Uji Reaksi Perengkahan .....	32
10. Karakterisasi <i>Liquid Fuel</i> .....	32
a. Analisis Titik Nyala ( <i>Flash Point</i> ) .....	32
b. Analisis Viskositas .....	33
c. Analisis Densitas .....	34

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Biji Karet Dan Bagas Tebu .....	35
1. Preparasi Biji Karet .....	35
2. Preparasi Bagas Tebu .....	36
B. Ekstraksi Silika dari Sekam Padi .....	37
C. Pembuatan Katalis .....	38
D. Karakterisasi Katalis .....	40
1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	40
2. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	46
3. <i>Partical Size Analyzer</i> (PSA) .....	48
4. <i>Fourier Transformed Infra Red</i> (FT-IR) .....	50
E. Uji Reaksi Perengkahan .....	55
1. Perengkahan Bagas Tebu Tanpa Katalis .....	55
2. Perengkahan Minyak Biji Karet Tanpa Katalis .....	56
3. Perengkahan Campuran Bagas Tebu Tanpa Katalis Dan Minyak Biji Karet Tanpa Katalis .....	57

4. Perengkahan Campuran Bagas Tebu Tanpa Katalis Dan Minyak Biji Karet Dengan Katalis .....	58
5. Perengkahan Bagas Tebu Zeolit-Y 700°C .....	59
F. Karakterisasi <i>Liquid Fuel</i> .....	60
1. Gas <i>Chromatography-Mass Spectrometry</i> (GC-MS) .....	60
2. Karakterisasi Fisik <i>Liquid Fuel</i> .....	73
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	
A. Kesimpulan .....	74
B. Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	76
<b>LAMPIRAN</b> .....	81

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Karet .....	10
2. Contoh Zeolit Alam .....	17
3. Contoh Zeolit Sintetik Yang Sudah Diproduksi .....	18
4. Komponen Sekam Padi .....	19
5. Kandungan Senyawa Pada Sekam Padi .....	21
6. Persentase Massa Fasa Katalis Dalam Perangkat Lunak <i>Match</i> .....	45
7. Perbandingan Puncak Karakteristik Zeolit-Y .....	46
8. Distribusi Ukuran Partikel Zeolit-Y Suhu Kalsinasi 600, 700 dan 800°C .....	49
9. Nilai Keasaman Zeolit-Y .....	50
10. Interpretasi Spektra Zeolit-Y 600, 700,800, dan 900°C .....	54
11. Hasil Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Menggunakan Katalis Zeolit-Y 600, 700, 800, dan 900°C .....	58
12. Rendemen Produk Cair Hasil Pirolisis .....	60
13. Komposisi <i>Liquid Fuel</i> Dari Pirolisis Bagas Tebu Tanpa Katalis .....	61
14. Komposisi <i>Liquid Fuel</i> Dari Pirolisis Minyak Biji Karet Tanpa Katalis .....	63

15. Komposisi *Liquid Fuel* Dari Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Tanpa Katalis .....64
16. Komposisi *Liquid Fuel* Dari Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Menggunakan Katalis Zeolit-Y 600°C .....66
17. Komposisi *Liquid Fuel* Dari Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Menggunakan Katalis Zeolit-Y 700°C .....67
18. Komposisi *Liquid Fuel* Dari Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Menggunakan Katalis Zeolit-Y 800°C .....69
19. Komposisi *Liquid Fuel* Dari Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Menggunakan Katalis Zeolit-Y 900°C .....70
20. Komposisi *Liquid Fuel* Dari Pirolisis Bagas Tebu Menggunakan Katalis Zeolit-Y 700°C .....72
21. Rangkuman Kompisisi *Liquid Fuel* .....72
22. Karakterisasi Fisik *Liquid Fuel* Hasil Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Dengan Katalis .....73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alat Pirolisis .....	6
2. Bagas Tebu .....	9
3. Struktur Kimia Zeolit .....	14
4. Sekam Padi .....	21
5. Struktur Kristal Mineral Korondum Alumina .....	22
6. Difraksi Dari Bidang Kristal .....	24
7. Skema Alat PSA .....	25
8. Tahapan Preparasi Biji Karet .....	36
9. Tahapan Preparasi Bagas Tebu .....	36
10. Proses Ekstraksi Sampai Diperoleh Silika Dari Sekam Padi .....	37
11. Tahapan Proses Untuk Memperoleh Serbuk Silika .....	38
12. Proses Pembuatan Zeolit-Y .....	39
13. Proses Kalsinasi .....	40
14. Difraktogram XRD Zeolit-Y 600°C .....	41
15. Difraktogram XRD Zeolit-Y 700°C .....	41
16. Difraktogram XRD Zeolit-Y 800°C .....	42

17. Difraktogram XRD Zeolit-Y 900°C .....	43
18. Hasil Perbandingan Difraktogram Zeolit-Y 600, 700, 800, Dan 900°C .....	44
19. Difraktogram XRD Zeolit-Y Standar .....	45
20. Mikrograf Katalis Dengan Perbesaran 10.000x.....	47
21. Hasil Pengukuran PSA.....	48
22. Spektrum FTIR Katalis Zeolit Sintetik Tanpa Menyerap Piridin....	51
23. Spektra FTIR Zeolit-Y 600°C Dengan Menyerap Piridini.....	52
24. Spektra FTIR Zeolit-Y 700°C Dengan Menyerap Piridini .....	52
25. Spektra FTIR Zeolit-Y 800°C Dengan Menyerap Piridini.....	53
26. Spektra FTIR Zeolit-Y 900°C Dengan Menyerap Piridini.....	53
27. Rangkaian Alat Pirolisis .....	55
28. Distilat Hasil Pirolisis Bagas Tebu Tanpa Katalis.....	56
29. Distilat Hasil Pirolisis Minyak Biji Karet Tanpa Katalis .....	57
30. Distilat Hasil Pirolisis Campuran Bagas Tebu dan Minyak Biji Karet Tanpa Katalis .....	57
31. Distilat Hasil Pirolisis Campuran Bagas Tebu dan Minyak Biji Karet Dengan Katalis .....	59
32. Distilat Hasil Pirolisis Bagas Tebu dan Zeolit-Y 700°C .....	59
33. Kromatogram GC <i>Liquid Fuel</i> Dari Pirolisis Bagas Tebu Tanpa Katalis.....	61
34. Kromatogram GC <i>Liquid Fuel</i> Dari Pirolisis Minyak Biji Karet Tanpa Katalis .....	62
35. Kromatogram GC <i>Liquid Fuel</i> Dari Pirolisis Campuran Bagas Tebu dan Minyak Biji Karet Tanpa Katalis .....	64

36. Kromatogram GC <i>Liquid Fuel</i> Dari Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Dengan Zeolit-Y 600°C .....	65
37. Kromatogram GC <i>Liquid Fuel</i> Dari Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Dengan Zeolit-Y 700°C.....	67
38. Kromatogram GC <i>Liquid Fuel</i> Dari Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Dengan Zeolit-Y 800°C.....	68
39. Kromatogram GC <i>Liquid Fuel</i> Dari Pirolisis Campuran Bagas Tebu Dan Minyak Biji Karet Dengan Zeolit-Y 900°C.....	70
40. Kromatogram GC <i>Liquid Fuel</i> Dari Pirolisis Bagas Tebu Dengan Zeolit-Y 700°C .....	71
41. XRD Zeolit-Y 600°C .....	86
42. XRD Zeolit-Y 700°C .....	86
43. XRD Zeolit-Y 800°C .....	87
44. XRD Zeolit-Y 900°C .....	87
45. Hasil PSA Zeolit-Y 600°C .....	88
46. Hasil PSA Zeolit-Y 700°C .....	89
47. Hasil PSA Zeolit-Y 800°C .....	90
48. Hasil SEM Zeolit-Y 600°C .....	91
49. Hasil SEM Zeolit-Y 700°C .....	91
50. Hasil SEM Zeolit-Y 800°C .....	92
51. Hasil SEM Zeolit-Y 900°C .....	92

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Salah satu tantangan global yang sedang dihadapi dewasa ini adalah krisis energi, karena semakin menipisnya cadangan energi fosil sementara kebutuhan akan energi semakin terus meningkat. Berbagai upaya terus dilakukan untuk pengembangan sumber energi alternatif dan terbarukan, salah satunya adalah *liquid fuel* atau bahan bakar cair yang dapat diperoleh dari berbagai bahan baku, baik berupa bahan baku padat seperti tandan kosong kelapa sawit, tongkol jagung, dan ampas tebu (Erawati dkk, 2013) dan bahan baku cair diantaranya minyak kelapa, minyak kelapa sawit, dan minyak biji karet (Lufina dkk, 2013).

Bagas atau ampas tebu merupakan limbah padat dengan jumlah yang melimpah dan memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *liquid fuel*. Bagas tebu memiliki kandungan air 48-52%, gula rata-rata 3,3%, dan serat rata-rata 47,7% (Idris *et al.*, 1994). Bahan baku lain yang potensial adalah minyak biji karet. Indonesia merupakan salah satu negara dengan perkebunan karet terbesar di dunia dengan luas areal karet mencapai 3,4 juta hektar dan 2.9 juta hektar di antaranya adalah lahan perkebunan rakyat atau sekitar 80 persen dari total perkebunan karet Indonesia (Dirjenbun, 2013).

Biji karet terdiri dari 45,63% minyak; 2,71% abu; 3,71% air; 22,17% protein; dan 24,21% karbohidrat (Rachimoellah dan Susila, 2008). Pirolisis dengan menggunakan bahan baku padatan seperti ampas tebu (Erawati dkk, 2013) menghasilkan produk cair yang tidak optimum karena pembentukan gas dan padatan sehingga pada penelitian ini digunakan bahan baku cair yaitu minyak biji karet yang diharapkan dapat meningkatkan produk cair. Hal ini mengindikasikan bahwa campuran bagas tebu dan minyak biji karet berpotensi untuk dijadikan *liquid fuel* dengan menggunakan metode pirolisis.

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi material organik dengan panas. 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 dari hasil pirolisis dipengaruhi oleh sejumlah faktor seperti jenis bahan baku yang digunakan, suhu pirolisis, waktu pirolisis, dan kondisi proses pirolisis. Pirolisis dikenal juga dengan perlakuan metode termal menggunakan suhu yang sangat tinggi. Salah satu yang sedang dikembangkan dalam metode pirolisis adalah dengan menggunakan katalis. Katalis yang paling umum digunakan adalah zeolit sintetik dengan komposisi yang berbeda yaitu nisbah dari Si/Al (Twaiq *et al.*, 2004).

Zeolit merupakan senyawa alumino-silikat hidrat terhidrasi dengan rumus umum  $(LaAlbSicO_2 \cdot nH_2O)$  dimana L adalah logam. Sifat umum dari zeolit adalah kristal yang agak lunak dengan warna putih coklat atau kebiru-biruan (Weitkamp, 1999). Struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral  $AlO_4$  dan  $SiO_4$  yang saling berhubungan melalui atom O.

Dalam penelitian ini digunakan zeolit sintetik dengan menggunakan silika dari sekam padi dan logam alumina sebagai bahan baku pembuatan zeolit sintetik. Dari beberapa penelitian sebelumnya, sekam padi mengandung silika dengan kadar yang tinggi yaitu berkisar 95% (Siriluk and Yuttapong, 2005). Silika memiliki stabilitas kimia yang baik dan tidak larut dalam air.

Komponen lain dari zeolit sintetik adalah alumina. Pemanfaatan Alumina sangat luas diantaranya sebagai bahan insulator suhu tinggi, karena memiliki kapasitas panas yang besar, sebagai absorben (Filho and Carmo, 2004), bahan pengisi (Bang and Liu, 1994), katalis dan reagen (Siddique and Kurny, 2009). Alumina memiliki titik lebur yang tinggi, yakni mencapai 2053-2072°C (Budavari, 2001). Umumnya senyawa alumina yang digunakan untuk pembuatan zeolit sintetik adalah alumunium nitrat, alumunium klorida dan alumunium silikat (Wang *et al*, 2010).

Pada penelitian ini, metode pembuatan zeolit sintetik yang akan digunakan adalah metode sol-gel dimana zeolit yang akan disintesis yaitu zeolit-Y yang memiliki rumus oksida  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,8\text{SiO}_2 \cdot 8,9\text{H}_2\text{O}$  (Georgiev *et al.*, 2009). Masalah utama yang dipelajari dalam penelitian ini adalah pembuatan bahan bakar cair dari campuran bagas tebu dan minyak biji karet dengan metode pirolisis menggunakan zeolit-Y sebagai katalis.

## **B. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mendapatkan bahan bakar cair dengan metode pirolisis dari campuran bagas tebu dan minyak biji karet menggunakan katalis zeolit-Y
2. Mendapatkan zeolit-Y dengan metode sol-gel menggunakan bahan baku silika sekam padi dan alumunium.
3. Menentukan karakteristik dari katalis zeolit-Y.

## **C. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memanfaatkan sekam padi sebagai sumber silika untuk mendapatkan katalis yaitu zeolit-Y.
2. Memberikan informasi ilmiah tentang zeolit-Y sebagai katalis untuk reaksi perengkahan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Perengkahan Biomassa

Perengkahan pada dasarnya merupakan proses untuk memecah molekul besar menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Teknik ini sudah digunakan sejak lama dalam pengolahan minyak bumi untuk mendapatkan fraksi minyak bumi dengan rentang titik didih yang lebih rendah dari induknya. Salah satu caranya adalah dengan perlakuan termal, yang dikenal juga dengan pirolisis dan berasal dari kata *Pyro* (*fire/api*) dan *Lyo* (*loosening/pelepasan*) (Masuda *et al.*, 2001).

Pirolisis disebut juga dengan termolisis yaitu proses dekomposisi kimia melalui pemanasan sehingga material akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas (Dody, 2015). Pirolisis adalah proses konversi dari suatu bahan organik pada suhu tinggi dan terurai menjadi ikatan molekul yang lebih kecil (Nindita, 2012). Bila oksigen ada pada suatu reaktor pirolisis maka akan bereaksi dengan material sehingga biasanya dibentuk oleh aliran gas inner sebagai fungsi untuk mengikat oksigen dari reaktor. Produk pirolisis berupa gas, fluida cair dan padat berupa karbon dan abu (Ayatullah, 2009).

Pirolisis terbagi menjadi 2, yaitu :

### 1. Pirolisis primer

Pirolisis primer adalah proses pirolisis yang pada suhu di bawah  $600^{\circ}\text{C}$ . Produk penguraian yang diperoleh adalah karbon (arang). Proses pembentukan arang ini terjadi karena adanya energi panas sehingga molekul karbon kompleks terurai sebagian besar menjadi karbon atau arang.

### 2. Pirolisis sekunder

Pirolisis sekunder adalah pirolisis yang terjadi pada partikel dan gas atau uap hasil pirolisis primer. Pirolisis sekunder terjadi pada suhu lebih dari  $600^{\circ}\text{C}$ , berlangsung cepat dan produk penguraian yang dihasilkan adalah gas karbon monoksida (CO), hidrogen ( $\text{H}_2$ ), dan senyawa- senyawa hidrokarbon berbentuk gas. Pirolisis sekunder ini merupakan dasar proses yang digunakan pada sistem gasifikasi dimana biomassa diuraikan untuk memperoleh gas bahan bakar karbon monoksida (CO).



**Gambar 1.** Alat Pirolisis

Dalam proses pirolisis dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

- Suhu pirolisis, berpengaruh terhadap hasil pirolisis karena dengan bertambahnya suhu maka proses peruraian semakin sempurna.
- Waktu pirolisis, waktu yang lama akan meningkatkan hasil cair dan gas sedangkan hasil padatnya akan menurun. Waktu yang dibutuhkan tergantung pada jumlah dan jenis bahan yang diproses.
- Kadar air bahan, kadar air yang tinggi akan menyebabkan timbulnya uap air dalam proses pirolisis yang mengakibatkan tar tidak bisa mengembun didalam pendingin sehingga waktu yang digunakan untuk pemanasan semakin banyak.
- Berat partikel, semakin banyak bahan yang dimasukkan ke dalam tungku pirolisis menyebabkan hasil dari produk tar dan arang semakin meningkat.

Bahan bakar cair merupakan sumber energi yang paling banyak digunakan dewasa ini untuk mendukung aktivitas yang memerlukan energi. Dibanding bahan bakar gas maupun padat, bahan bakar cair memiliki sejumlah kelebihan yaitu mudah dalam penyimpanan dan nilai kalor pembakarannya cenderung konstan.

Dewasa ini, bahan bakar cair terbarukan yang sudah dikenal dan terus dikembangkan adalah bioetanol, biodiesel, dan bahan bakar cair hasil perengkahan (pirolisis) biomassa. Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar cair kendaraan bensin yang dihasilkan dari gula reduksi dengan metode fermentasi. Bahan baku yang digunakan adalah gula reduksi yang dihasilkan langsung dari tanaman seperti jagung (Tri, 2011) dan ubi kayu (Arnata dkk, 2013). Biodiesel adalah bahan bakar cair kendaraan diesel

dengan menggunakan bahan baku minyak nabati seperti minyak kelapa (Putri dkk, 2012) dan minyak kelapa sawit (Anshary dkk, 2012). Bahan bakar cair yang diperoleh dengan cara pirolisis dapat dihasilkan dari bahan organik berukuran besar atau biomassa. Pada proses pirolisis dapat dihasilkan tiga jenis produk yakni gas, cair, dan padatan. Produk cair merupakan target utama yang dikenal sebagai *liquid fuel*. Dalam praktiknya, proses pirolisis diawali dengan pembentukan gas yang terdiri dari senyawa-senyawa berukuran kecil misalnya CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> (Oladeji, 2012). Pembentukan gas tergantung pada biomassa yang diolah dan berlangsung pada suhu 200-300°C. Tahap selanjutnya akan dihasilkan produk cair yang umumnya terjadi pada suhu 200-700°C. Produk akhir adalah padatan dan umumnya terdiri dari karbon yang dikenal juga sebagai *biochar* (Sukumar *et al.*, 2015).

Bahan baku yang umum digunakan untuk mendapatkan bahan bakar cair yaitu minyak sawit (Nurjanah dkk, 2010), tempurung kelapa (Joardder *et al.*, 2011), tongkol jagung (Syahri dkk, 2015), ampas tebu (Erawati dkk, 2013), sekam padi (Xiujuan *et al.*, 2011), dan biji jarak (Sing and Shadangi, 2011). Dari berbagai bahan baku yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan *liquid fuel*, bagas tebu atau ampas tebu merupakan bahan baku yang memiliki potensi sangat besar karena ampas tebu merupakan limbah padat produksi gula yang berkisar sekitar 35- 40%. Bagas tebu mengandung air 48-52%, gula rata-rata 3,3%, dan serat rata-rata 47,7%. Pada industri gula dari tebu, tidak semua tebu dapat dikonversikan menjadi gula, tetapi

masih terdapat residu padat yang memiliki kandungan karbohidrat cukup tinggi khususnya selulosa dan hemiselulosa yang kurang dimanfaatkan dengan optimal.



**Gambar 2.** Bagas Tebu

Bahan baku lain yang potensial adalah minyak biji karet. Biji karet merupakan salah satu biomassa yang banyak tersedia di Indonesia dan pemanfaatannya oleh masyarakat hanya digunakan sebagai pembibitan dan pakan ternak, sedangkan kandungan minyak dalam biji karet sangat memungkinkan untuk diolah menjadi sumber energi terbarukan. Biji karet terdiri dari kulit yang keras berwarna coklat (40-50% berat) dan kernel atau inti biji karet yang berwarna putih kekuningan (50-60% berat). Buah biji karet terdiri dari 45,63% minyak, 2,71% abu, 3,71% air, 22,17% protein dan 24,21% karbohidrat (Rachimoellah dan Susila, 2008). Kandungan minyak biji karet atau inti biji karet yaitu sebesar 45-50% dengan komposisi 18,9% asam lemak jenuh yang terdiri atas asam palmitat dan stearat serta asam lemak tidak jenuh sebesar 80,9% yang terdiri atas asam oleat, linoleat, dan linolenat seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi asam lemak minyak biji karet (Mittelbach dan Renschmidt, 2006).

<b>Asam lemak</b>	<b>Komposisi berat(%)</b>
Asam palmitat	7-8
Asam stearat	9-10
Asam oleat	28-30
Asam linoleat	33-35
Asam linolenat	20-21
Asam arakhidat	0-0,5

Minyak biji karet merupakan minyak nabati dengan metode pengambilan minyak yaitu pengepresan mekanis (*mechanical expression*) dan ekstraksi.

a. Pengepresan Mekanis (*Mechanical Expression*)

Pengepresan mekanis merupakan salah satu cara pengambilan minyak atau lemak untuk bahan yang berasal dari biji-bijian. Cara ini dilakukan untuk memisahkan minyak dari bahan yang memiliki kadar minyak tinggi (30-70%).

b. Ekstraksi Pelarut (*Solvent extraction*)

Pengambilan minyak dengan ekstraksi pelarut cocok untuk pengambilan minyak nabati dari biji-bijian. Proses ekstraksi dari biji-bijian dengan pelarut terjadi perpindahan massa minyak dari padatan ke pelarut (Sediawan dan Prasetya, 1997).

Pelarut sangat mempengaruhi proses ekstraksi. Pemilihan pelarut pada umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu selektivitas, pelarut memiliki titik didih yang cukup rendah agar pelarut mudah diuapkan, pelarut tidak larut dalam air, pelarut bersifat inert sehingga tidak bereaksi dengan komponen lain, dan pelarut tidak mudah terbakar (Guenther, 1987).

Pelarut yang biasa digunakan dalam proses ekstraksi (Guenther, 1987) :

1. Petroleum eter

Pelarut ini memiliki titik didih antara 30 -70°C dan 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. n-Heksan

Merupakan pelarut yang paling ringan dalam proses ekstraksi minyak yang terkandung dalam biji-bijian dan mudah menguap sehingga memudahkan untuk *refluks*. Pelarut ini sangat mudah dididihkan karena memiliki titik didihnya 65-70°C.

## **B. Karakterisasi *Liquid Fuel***

1. ***Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)***

GC-MS merupakan suatu metode gabungan dari kromatografi gas dan spektrometri massa. Kromatografi gas berfungsi untuk memisahkan komponen-komponen sampel dan spektrometri massa sebagai detektor yang akan memberi informasi tentang bobot molekul dan fragmen molekul sesuai dengan struktur komponen yang terdeteksi.

Prinsip kerja dari GC-MS yaitu molekul-molekul gas bermuatan akan diseleksi berdasarkan massa dan beratnya, spektrum yang didapat dari perubahan sampel menjadi ion-ion yang bergerak kemudian dipisahkan berdasarkan perbandingan massa terhadap muatan ( $m/e$ ). Ionisasi menghasilkan fragmen-fragmen yang akan menghasilkan spektrum. Spektrum massa merupakan gambar antara limpahan relatif

dengan perbandingan massa per muatan ( $m/e$ ) (McLafferty, 1988). Sistem kepustakaan senyawa telah tersedia berdasarkan analisis GC-MS dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi komponen dalam sebuah sampel dengan cara membandingkan spektrum massa sampel dengan spektrum massa standar yang ada dalam sistem kepustakaan. Sejumlah besar senyawa sudah dirangkum dalam suatu sistem kepustakaan yang sudah tersedia dalam bentuk perangkat lunak komputer, diantaranya sistem kepustakaan Willey229 LIB, dan Nist12 LIB. Dengan bantuan sistem kepustakaan ini, identifikasi senyawa dalam suatu sampel dapat dilakukan dengan membandingkan spektrum MS dari sampel dengan spektrum MS senyawa yang sudah ada dalam sistem kepustakaan.

## **2. Karakterisasi Fisik**

Selain komponen kimia, *liquid fuel* juga dianalisis berdasarkan beberapa parameter fisik. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7431:2008, beberapa parameter fisik sebagai acuan kelayakan *liquid fuel* untuk digunakan yaitu densitas, viskositas, dan titik nyala.

### **a) Densitas**

Densitas adalah perbandingan antara berat per satuan volume minyak. Densitas berhubungan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin per satuan bahan bakar yang digunakan. Pengukuran densitas dapat dilakukan dengan menggunakan piknometer. Berdasarkan SNI 7431:2008 densitas yang disarankan untuk *liquid fuel* yaitu  $900-920 \text{ kg/m}^3$ .

**b) Viskositas**

Viskositas adalah nilai yang menyatakan besarnya hambatan aliran suatu bahan cair. Pengukuran viskositas suatu cairan dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu metode bola jatuh, silinder konsentrik, metode *plate and cone*, piringan sejajar, dan metode kapilaritas (Hananto, 2011). Semakin tinggi viskositas maka semakin sukar bahan cair untuk mengalir (Wardan dan Zainal, 2003). Viskositas merupakan parameter penting dalam menentukan baku mutu suatu bahan bakar. Bahan bakar harus memiliki viskositas yang relatif rendah agar mudah mengalir. Jika nilai viskositas tinggi maka akan menyebabkan gesekan semakin besar di dalam pipa sehingga kerja pompa akan berat (Dyah, 2011). Viskositas yang disarankan untuk *liquid fuel* berdasarkan SNI 7431:2008 yaitu maksimum  $36 \text{ mm}^2/\text{s}$  (cSt).

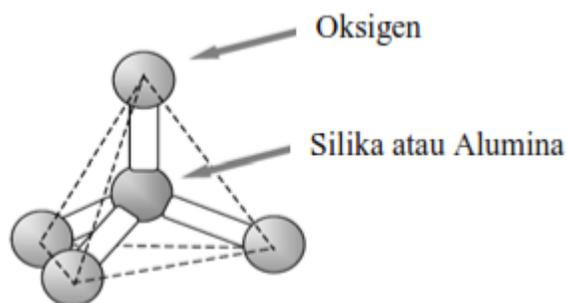
**c) Titik Nyala (*Flash Point*)**

Titik nyala merupakan suhu terendah dari bahan bakar dimana akan timbul penyalaaan api sesaat ketika pada permukaan minyak didekatkan pada nyala api. Titik nyala ini diperlukan sebagai pertimbangan mengenai keamanan dari penimbunan bahan bakar dan pengangkutan bahan bakar terhadap bahaya kebakaran. Titik nyala yang disarankan untuk *liquid fuel* berdasarkan SNI 7431:2008 yaitu minimal  $100^\circ\text{C}$ .

### C. Katalis Untuk Perengkahan Biomassa

Pirolisis dikenal juga dengan perlakuan metode termal dengan menggunakan suhu tinggi dan salah satu yang sedang dikembangkan adalah dengan menggunakan katalis. Berbagai jenis katalis telah dikembangkan antara lain alumunium silikat (Twaiq *et al.*, 2003), zeolit HZSM-5 (Vitolo *et al.*, 2001), dan katalis  $\alpha$ -alumina (Wijanarko dkk, 2006).

Dari berbagai katalis yang telah dikembangkan, zeolit merupakan jenis katalis yang paling banyak dimanfaatkan. Zeolit berasal dari kata “*zeinlithos*” yang berarti batuan berbuih. Zeolit merupakan suatu mineral aluminosilikat terhidrasi dengan struktur kristal berongga yang mengandung ion-ion logam dan molekul air. Ion logam dan molekul air tersebut dapat bergerak bebas sehingga dapat terjadi pertukaran ion dan dehidrasi yang reversibel tanpa perubahan bentuk (Cooney and Xi, 1994). Zeolit terdiri dari  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  tetrahedra yang saling berhubungan melalui 4 anion oksigen dan menyebar mengelilingi ion Si dan ion Al. Zeolit memiliki struktur tiga dimensi dengan ukuran molekul 3-4Å dan bersifat mikroporus (Pandiangan, 2006).



**Gambar 3.** Struktur kimia zeolit (Haag, 1984)

Zeolit memiliki beberapa sifat dan karakteristik sebagai berikut :

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi ini akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan. 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 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. Adsorpsi

Bila zeolit dipanaskan pada suhu 200- 400°C, maka kandungan air akan menguap sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa jenis mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30% dari beratnya dalam keadaan kering. Zeolit dapat memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya.

d. Katalisator

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

Zeolit perlu diaktifkan terlebih dahulu sebelum digunakan, untuk mempertinggi daya kerjanya. Pengaktifan zeolit dapat dilakukan melalui beberapa cara antara lain :

#### 1. Pengaktifan dengan pemanasan

Pengaktifan zeolit dengan pemanasan bertujuan untuk menghilangkan air atau garam pengotor dari dalam rongga-rongga kristal zeolit. Menurut Barrer (1982) aktivasi pemanasan yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya dehidroksilasi gugus OH pada struktur zeolit. Kestabilan zeolit terhadap temperatur tergantung pada jenis kandungan mineral zeolitnya (perbandingan Si dengan Al dan kation yang terdapat dalam zeolit). Umumnya zeolit dengan silika mempunyai kestabilan yang lebih besar (Saputra, 2006).

#### 2. Pengaktifan dengan pengasaman

Aktivasi zeolit secara kimia bertujuan untuk membersihkan permukaan pori dan membuang senyawa pengotor. Proses aktivasi dengan asam dapat meningkatkan kristalinitas, keasaman, dan luas permukaan. Secara umum konsentrasi larutan asam serta jenis asam yang dipergunakan di dalam aktivasi akan mempengaruhi sifat pertukaran dan struktur kristal dari mineral zeolit (Sarno, 1983).

Zeolit memiliki ciri paling khusus yaitu adanya ruang kosong yang di dalamnya membentuk saluran. Jika zeolit digunakan dalam proses katalisis maka akan menyebabkan difusi molekul ke dalam ruang bebas antar kristal dan reaksi kimia

pada permukaan saluran. Menurut proses pembentukannya, zeolit dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetik.

- Zeolit Alam

Zeolit alam merupakan zeolit yang terbentuk secara alami seperti adanya proses perubahan alam dari bebatuan vulkanik dan banyak dijumpai dalam lubang-lubang batuan lava serta dalam batuan sedimen dengan komposisi yang berbeda. Zeolit alam biasanya ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas dan masih tercampur dengan mineral lain seperti kalsit, gipsum, feldspar, dan kuarsa. Contoh zeolit alam disajikan dalam Tabel 2.

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

No	Zeolit Alam	Komposisi
1	Kabasit	$(\text{Na}_2, \text{Ca})_6(\text{Al}_{12}\text{Si}_{24}\text{O}_{72}) \cdot 40\text{H}_2\text{O}$
2	Klipnotilolit	$(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
3	Analsim	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
4	Heulandit	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
5	Erionit	$(\text{Na}, \text{Ca}_5\text{K})(\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$
6	Ferrierit	$(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
7	Natrolit	$\text{Na}_4(\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
8	Laumonit	$\text{Ca}(\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
9	Mordenit	$\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
10	Filipsit	$(\text{Na}, \text{K})_{10}(\text{Al}_{10}\text{Si}_{22}\text{O}_{64}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
11	Wairali	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

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 zeolit alam sebagai katalis, absorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu (Mockovciakova *et al.*, 2007).

- Zeolit Sintetik

Zeolit sintetik merupakan modifikasi dari susunan atom atau komposisi zeolit agar sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini pertama kali dilakukan oleh R.M. Milton dan rekannya dari Union Carbide pada tahun 1948 yang berhasil mensintesis zeolit sehingga memiliki sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Zeolit sintetik memiliki sifat yang lebih baik dibanding dengan zeolit alam (Saputra, 2006).

#### D. Zeolit Sintetik

Pada umumnya zeolit sintetik terbentuk berdasarkan proses termal dari senyawa-senyawa alumina, silika, dan logam alkali. Bahan baku yang umumnya digunakan dalam pembuatan zeolit sintetik yaitu sekam padi dan alumina.

**Tabel 3.** Contoh zeolit sintetik yang sudah diproduksi (Georgiev *et al.*, 2009).

<b>Nama Zeolit</b>	<b>Komposisi</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-4	$0,85\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,15(\text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3,3\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Sekam padi merupakan limbah penggilingan padi yang mengandung silika dengan kadar yang tinggi yaitu berkisar 95% (Siriluk and Yuttapong, 2005). Tanaman padi merupakan kebutuhan bahan pokok terbesar bagi masyarakat. Pada penggilingan padi dihasilkan sekam sebanyak 20-30%, dedak 8-12% dan beras 52% dari bobot awal (Hsu dan Luh, 1980). Sekam akan terpisah dari butiran beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Komposisi sekam padi disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Komponen sekam padi

No	Komponen	Berat (%)
1.	Air	2,4-11,35
2.	Crude protein	1,7-7,26
3.	Crude karbohidrat	3,042-45,92
4.	Ekstrak nitrogen berat	24,7-38,79
5.	<i>Crude fiber</i>	31,37-49,92
6.	Abu	13,16-29,01
7.	Selulosa	34,34-43,80
8.	Lignin	21,40-46,97

Pada bidang industri, sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai berikut :

a. Sumber Silika

Sekam padi merupakan salah satu sumber silika yang cukup tinggi yaitu sekitar 20%.

Sumber silika lain yaitu pasir, bentonit, dan tanah. Silika dari sekam padi

mempunyai keuntungan yaitu jumlah elemen pengotor yang tidak diinginkan sangat sedikit dibandingkan jumlah silika yang diperoleh.

### b. Pemurnian Air

Sekam padi dapat dimanfaatkan untuk menjernihkan air melalui proses filtrasi atau penyaringan partikel, koagulasi, dan adsorpsi. Karbon yang terkandung dalam sekam padi berfungsi sebagai koagulan pembantu dengan menyerap atau menurunkan logam-logam pada air yang tercemar.

### c. Bahan Bakar

Salah satu metode yang umum dan sering digunakan pada proses akhir pengolahan sekam padi yaitu pembakaran. Sekam padi yang dibakar secara langsung dapat meneruskan aliran uapnya dan digunakan di dalam generator untuk menghasilkan tenaga penguat dengan minyak yang memiliki nilai bahan bakar.

### d. Bahan Bangunan

Dalam bidang bangunan sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai pengerasan balok, batu bata, dan ubin (Widowati, 2001).

Hasil penelitian Sharma (1984) menunjukkan bahwa dalam sekam padi mengandung silika dengan kadar sekitar 22%, dan komponen lain seperti disajikan dalam Tabel 5.

**Tabel 5.** Kandungan senyawa pada sekam padi (Sharma, 1984).

<b>Komposisi</b>	<b>Kandungan (% Berat)</b>
Senyawa-senyawa organik	73,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,28
CaO	1,24
MgO	0,21
SiO <sub>2</sub>	22,12
MnO <sub>2</sub>	0,074

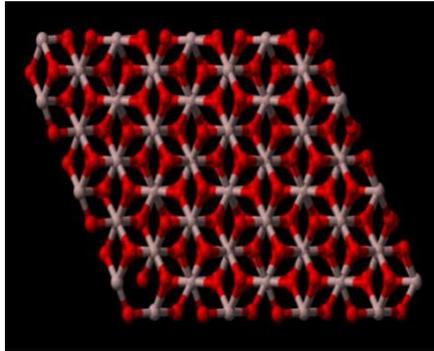
Sekam padi merupakan salah satu sumber silika yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan zeolit sintetis. Potensi ini juga didasarkan pada pemanfaatannya yang luas sebagai bahan baku pembuatan material silika dalam industri. Silika telah dimanfaatkan untuk material komposit (Suka, 2009), dan zeolit sintetis (Prasetyoko, 2007).

Suka (2008) telah berhasil mengkarakterisasi sekam padi dari provinsi Lampung dengan metode ekstraksi. Karakterisasi dengan FTIR, muncul puncak Si-OH, dan Si-O-Si yang menunjukkan adanya gugus fungsi siloksan, yang mengindikasikan bahwa silika sekam padi mengandung silika. Sifat silika ini juga didukung hasil karakterisasi menggunakan XRD, yang menunjukkan bahwa silika adalah amorf dengan fase kristobalit. Sekam padi yang diekstraksi memiliki kadar silika 40,8% dengan kemurnian sekitar 95,53%.



**Gambar 4.** Sekam padi

Bahan baku lain yaitu alumina merupakan senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Alumina terdiri dari mineral korondum, dan memiliki bentuk kristal seperti disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Struktur kristal mineral korondum alumina (Hudson *et al.*, 2002).

Alumina merupakan insulator listrik yang karena memiliki kapasitas panas yang besar (Xu *et al.*, 1994). Sifat lain dari alumina yang sangat mendukung aplikasinya adalah daya tahan terhadap korosi (Mirjalili *et al.*, 2011). Aluminium adalah logam yang ringan pada sistem periodik unsur kimia golongan IIIA dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram/mol (sma). 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  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain : ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik.

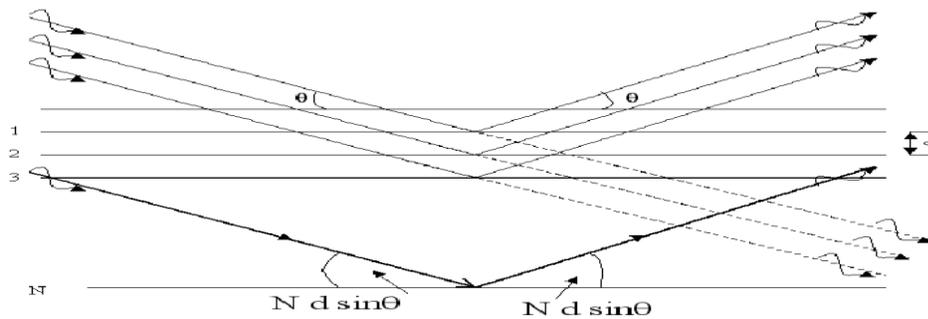
## E. Karakterisasi Zeolit

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

Difraksi sinar-X merupakan salah satu karakterisasi material untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Analisis XRD didasarkan pada pola difraksi dari paduan atau senyawa yang dihasilkan oleh proses difraksi, ukuran panjang gelombang sinar-X tidak berbeda jauh dengan jarak antar atom di dalam kristal. Sinar-X yang didifraksikan oleh setiap kristal mineral bersifat spesifik dan bergantung bagaimana atom menyusun kisi kristal mineral tersebut serta bagaimana atom sejenis tersusun. Ketika sinar-X menumbuk sampel dan terdifraksi, maka jarak antar atom pada lapisan permukaan kristal dapat ditentukan berdasarkan hukum Bragg, yaitu :

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

$n$  yakni bilangan bulat dan merupakan tingkat difraksi sinar-X,  $\lambda$  yaitu panjang gelombang yang dihasilkan oleh katoda yang digunakan, seperti Cu  $K\alpha = 1,5414 \text{ \AA}$ , sedangkan  $d$  merupakan jarak antara batas lapisan permukaan, dan  $\theta$  merupakan sudut difraksi sinar-X terhadap permukaan kristal. Untuk mengetahui keadaan sinar datang dan sinar refleksi dari difraksi suatu bidang kristal pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Difraksi dari bidang kristal (Callister Jr, 2009).

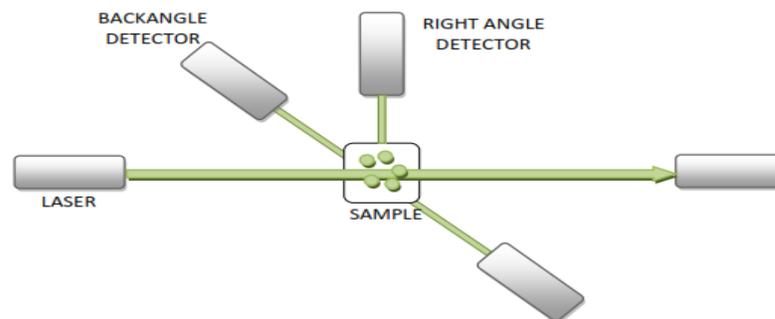
## 2. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

*Scanning Elektron Microscope (SEM)* merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan dalam ilmu pengetahuan material. Elektron didefisiaskan atau diemisikan menghasilkan gambar pada tabung sinar katoda. Pembesaran 20.000-50.000 kali dilakukan dengan resolusi sebesar 5 nm. SEM merupakan alat yang baik digunakan untuk mempelajari topografi secara keseluruhan. Keterbatasan resolusi membuat teknik terbatas bagi kristal yang lebih besar daripada 5 nm. Untuk mengetahui morfologi senyawa padatan dapat digunakan alat SEM. SEM adalah suatu tipe mikroskop elektron yang menggambarkan permukaan sampel melalui proses *scan* dengan menggunakan pancaran energi yang tinggi dari elektron dalam suatu pola *scan*. Elektron berinteraksi dengan atom-atom yang membuat sampel menghasilkan sinyal yang memberikan informasi mengenai permukaan topografi sampel. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1- 0,2 nm (Nasikin dan Susanto, 2010).

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

Karakterisasi menggunakan PSA digunakan untuk mengetahui ukuran dan distribusi partikel dari suatu sampel. Keunggulan penggunaan *Particle Size Analyzer (PSA)* untuk mengetahui ukuran partikel :

1. Pengukuran partikel dengan menggunakan PSA lebih akurat jika dibandingkan dengan pengukuran partikel dengan alat lain seperti XRD ataupun SEM. Hal ini dikarenakan partikel didispersikan ke dalam media sehingga ukuran partikel yang terukur adalah ukuran dari *single* partikel
2. Hasil pengukuran dalam bentuk distribusi, sehingga dapat menggambarkan keseluruhan kondisi sampel
3. Rentang pengukuran dari 0,6 nm- 7  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 7.** Skema Alat PSA

Dalam skema di atas, berkas cahaya (laser) dilewatkan melalui sel berisi sampel. Sampel dengan ukuran besar ketika terkena cahaya dari laser akan membentuk berkas cahaya yang dapat dilakukan dengan mendispersikan sampel dengan dua cara. Berdasarkan cara ini metode PSA dibedakan menjadi metode basah dan metode

kering. Dalam praktiknya, analisis PSA metode basah dilakukan pelarut sebagai media pendispersi. Apabila digunakan sampel yang larut air maka digunakan pelarut organik, sedangkan untuk sampel yang larut pada pelarut organik maka bisa digunakan air sebagai media pendispersinya. Hal ini bertujuan agar partikel tidak saling menyatu hingga menggumpal. Dalam metode kering memanfaatkan aliran udara untuk mendispersikan partikel. Metode ini baik digunakan untuk partikel yang bobotnya tidak terlalu ringan. Pengukuran partikel dengan menggunakan PSA biasanya menggunakan metode basah. 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 submikron yang biasanya memiliki kecenderungan aglomerasi yang tinggi. Hal ini dikarenakan partikel didispersikan ke dalam media sehingga partikel tidak saling beraglomerasi (menggumpal). Dengan demikian ukuran partikel yang terukur adalah ukuran dari single partikel. Selain itu hasil pengukuran dalam bentuk distribusi, sehingga hasil pengukuran dapat diasumsikan sudah menggambarkan keseluruhan kondisi sampel (Rawle, 2010).

#### **4. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)***

FTIR merupakan suatu teknik analisis yang digunakan untuk melihat atom-atom dalam sebuah molekul melalui vibrasi-vibrasi yang ditimbulkan oleh atom tersebut. Untuk dapat melihat atom-atom tersebut diperlukan suatu spektrum IR yang diperoleh dengan cara menembakkan radiasi sinar infra merah ke sampel menentukan

fraksi apa yang terjadi saat melewati radiasi yang terabsorpsi dengan energi khusus. Energi yang terdapat pada beberapa puncak dalam sebuah spektrum absorpsi menunjukkan kecocokan terhadap frekuensi pada vibrasi dari sebagian molekul sampel (Ayyad, 2011). Prinsip kerja FTIR adalah energi inframerah diemisikan dari sumber dan berjalan melalui bagian optik dari spektrometer. Gelombang sinar kemudian berjalan melewati interferometer dimana sinar tersebut dipisahkan dan digabungkan lagi untuk menghasilkan suatu pola interferensi. Setelah itu gelombang sinar ditransmisikan dan diukur oleh detektor. Detektor kemudian menghasilkan suatu interferogram yaitu suatu daerah yang menggambarkan pola interferensi *Analog Digital Converter* (ADC) kemudian mengubah pengukuran tersebut menjadi suatu format digital yang digunakan oleh komputer. Suatu *Fast Fourier Transform* (FFT) mengubah interferogram menjadi suatu pita spektrum tunggal (*single-beam spectrum*) (Cahyadi, 2010).

### **III. METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini telah dilakukan selama 4 bulan yaitu pada bulan Maret 2017 hingga Juli 2017, bertempat di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Analisis FTIR dilakukan di Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta. Analisis XRD dilakukan di Laboratorium Pusat Teknologi Bagan Industri Nuklir (PTBIN). Analisis PSA dilakukan di laboratorium Pascapanen Bogor. Analisis SEM dilakukan di laboratorium PPGL Bandung. Analisis GC-MS dilakukan di laboratorium Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

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

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

Peralatan yang digunakan antara lain, alat *press* minyak, alat penggiling, perangkat pirolisis, penangas, *magnetic stirrer*, oven, gerinda, *thermometer*, peralatan gelas, piknometer, *blender*, *Scanning Electron Microscope* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Particle Size Analyzer* (PSA), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), dan *Gas Chromathography-Mass Spectrometry* (GC-MS).

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

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: bagas tebu, buah karet, sekam padi, batangan aluminium, larutan NaOH 1,5 %, larutan HNO<sub>3</sub> 1M, akuades, indikator pH, dan kertas saring.

## **C. Prosedur Penelitian**

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

Preparasi biji karet dimulai dengan pemisahan biji karet dari cangkangnya dan kulit arinya. Kemudian biji karet dicacah menggunakan pisau dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C hingga kering, setelah kering didinginkan pada suhu kamar. Biji karet diekstraksi dengan menggunakan mesin *press*, hasil *press* kemudian disaring untuk memisahkan minyak dengan padatan dari daging buah karet.

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

Bagas atau ampas tebu dijemur dibawah sinar matahari hingga kering. Bagas tebu yang sudah kering dicacah dan digiling hingga halus.

### **3. Pembuatan Larutan NaOH 1,5% dan HNO<sub>3</sub> 10%**

#### **a. Larutan NaOH 1,5%**

Untuk mendapatkan larutan NaOH 1,5%, ditimbang NaOH 18 gram dan dilarutkan dalam 1200 mL akuades.

#### **b. Larutan HNO<sub>3</sub> 10%**

Untuk mendapatkan 1000 mL larutan HNO<sub>3</sub> 10%, yakni 147 mL HNO<sub>3</sub> pekat dilarutkan dalam 853 mL akuades.

#### **4. Preparasi Sekam Padi**

Preparasi sekam padi dilakukan dengan merendam sekam padi dalam air panas selama 2 jam untuk menghilangkan pengotor. Selanjutnya sekam padi dibilas dengan menggunakan air panas beberapa kali untuk menghilangkan bahan organik larut air yang terkandung pada sekam. Sekam padi yang telah bersih direndam dalam 500 mL HNO<sub>3</sub> 1M kemudian didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya sekam padi dicuci dengan air bersih hingga sekam padi tidak berbau asam dan warna air yang sudah bening. Kemudian sekam padi dikeringkan kembali untuk digunakan dalam proses ekstraksi.

#### **5. Ekstraksi Silika dari Sekam Padi**

Proses ekstraksi silika dari sekam padi menggunakan metode yang digunakan sebelumnya oleh Daifullah et al (2002) dan Pandingan dkk (2009) yaitu sebanyak 50 gram sekam padi direndam dengan 500 mL NaOH 1,5% dan dipanaskan hingga mendidih selama 30 menit. Kemudian sampel disaring dan filtrat yang mengandung silika terlarut ditampung. Silika dalam filtrat diendapkan dengan ditambahkan larutan HNO<sub>3</sub> 10% secara bertahap hingga diperoleh pH = 7 dan didiamkan selama 24 jam pada suhu kamar. Gel yang terbentuk dicuci dengan

akuades panas hingga gel berwarna putih. Silika yang diperoleh dikeringkan pada *oven* dengan suhu  $70^{\circ}\text{C}$  dan dihaluskan hingga menjadi bubuk silika.

## **6. Pembuatan Katalis Zeolit-Y**

Pembuatan katalis yaitu zeolit-Y ini akan dilakukan dengan melarutkan 40 gram NaOH kedalam 100 mL akuades dan larutan dibagi menjadi dua. Sebanyak 144 gram silika yang telah dibuat ditambahkan secara bertahap kedalam 50 mL NaOH 10M kemudian diaduk hingga silika larut. Selanjutnya 27 gram alumunium ditambahkan secara bertahap kedalam larutan 50 mL NaOH 10M dan diaduk hingga alumunium larut. Kedua larutan dicampurkan dengan menggunakan *blender* dan dikeringkan menggunakan *oven* dengan suhu  $90^{\circ}\text{C}$ . Zeolit yang sudah kering kemudian dihaluskan sehingga diperoleh bubuk zeolit-Y.

## **7. Kalsinasi Zeolit-Y**

Kalsinasi katalis dilakukan dengan menggunakan tungku pemanas (*furnace*). Tungku pemanas dihidupkan dan diatur suhu kalsinasi pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$  selama 6 jam. Setelah proses selesai, tungku pemanas dimatikan dan dibiarkan hingga mencapai suhu kamar. Sampel dikeluarkan dari tungku pemanas. Selanjutnya kalsinasi diulang untuk suhu  $700$ ,  $800$ , dan  $900^{\circ}\text{C}$ .

## **8. Karakterisasi Zeolit-Y**

Karakterisasi zeolit-Y dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur dan fasa dari katalis berdasarkan letak  $2\theta$  pada katalis.

Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mendapatkan informasi mengenai morfologi permukaan dan bentuk partikel pada katalis. Analisis *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui distribusi ukuran partikel dari katalis dan analisis *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi dari katalis.

## 9. Uji Reaksi Perengkahan

Sebanyak 50 gram bagas tebu dicampur dengan 10 gram katalis zeolit-Y 600°C. Kemudian pada campuran ditambahkan 100 mL minyak biji karet. Campuran tersebut dimasukkan kedalam reaktor pirolisis dan dilakukan proses pirolisis dengan memanaskan reaktor menggunakan *furnace* elektrik sampai suhu 450°C selama  $\pm 2$  jam. Uap yang terbentuk dialirkan dari reaktor ke kondensor. Destilat yang dihasilkan ditampung dalam botol. Selanjutnya pirolisis diulang untuk katalis zeolit-Y 700, 800, dan 900°C.

## 10. Karakterisasi *Liquid Fuel*

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

### a. Analisis Titik Nyala (*Flash Point*)

Langkah-langkah analisis titik nyala adalah sebagai berikut :

1. Sampel dimasukkan ke dalam mangkok uji hingga garis batas pengujian
2. Suhu sampel dan mangkok uji diatur sekitar 18°C di bawah kisaran perkiraan suhu titik nyala sampel
3. Mangkok uji ditutup
4. Cahaya nyala dihidupkan dan diatur intensitasnya (kenaikan suhu diatur sebesar 5-6°C/menit dan sampel diaduk dengan menggunakan alat pengaduk pada kecepatan 90-120 rpm)
5. Pengadukan dihentikan dan gas pembakar ditambahkan dengan mengoperasikan penutup mangkok uji.

#### **b. Analisis Viskositas**

Viskositas diukur menggunakan viskometer Oswald. Langkah-langkah untuk analisis viskositas adalah sebagai berikut :

1. Viskometer diisi dengan sampel yaitu *liquid fuel*.
2. Ketinggian sampel dengan kapiler disesuaikan dengan menggunakan pompa hisap hingga melebihi sedikit garis batas (m)
3. Sampel dibiarkan turun dan dihitung waktu sampai tanda batas (n) serta waktu yang diukur merupakan waktu miniskus untuk melewati waktu dari sasaran pertama (m) menuju waktu sasaran kedua (n).

Nilai viskositas kemudian dihitung dengan rumus:

$$\mu = C \times t$$

Keterangan :

$\mu$  : viskositas kinematik ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

C : konstanta kalibrasi viskometer ( $\text{mm}^2/\text{s}^2$ )

t : waktu alir sampel dari batas atas ke batas bawah (s)

### c. Analisis Densitas

Langkah-langkah analisis densitas adalah sebagai berikut :

1. Piknometer dikeringkan di dalam *oven*
2. Piknometer kemudian diangkat, dikeringkan, dan ditimbang
3. Pada tahap selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam piknometer yang telah bersih hingga meluap dan tidak terbentuk gelembung udara
5. Bagian luar piknometer dikeringkan dan piknometer ditempatkan di dalam *water bath* pada suhu konstan  $25^\circ\text{C}$  selama 30 menit
6. Piknometer diangkat dari *water bath* lalu dikeringkan, dan ditimbang (berat sampel diperoleh dengan menghitung selisih berat piknometer berisi sampel dan berat piknometer kosong).

Densitas dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Densitas} = \frac{W_1}{W_2} \times \rho_{\text{air}}$$

Keterangan :

W1 = berat sampel (g)

W2 = berat akuades (g)

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. *Liquid fuel* dari pirolisis campuran bagas tebu dan minyak biji karet menggunakan katalis zeolit-Y 600, 700, 800, dan 900°C memiliki nilai rendemen produk cair lebih besar yaitu berturut-turut sebesar 43,86%, 47,33%, 40,11%, dan 39,27% dibandingkan dengan rendemen produk cair dari pirolisis campuran bagas tebu dan minyak biji karet tanpa katalis yaitu 38,38%.
2. *Liquid fuel* dari pirolisis campuran bagas tebu dan minyak biji karet menggunakan katalis memiliki kondisi optimum dalam reaksi perengkahan pada zeolit-Y 700°C dengan rendemen produk cair 47,33%.
3. Hasil GC-MS *liquid fuel* dari pirolisis campuran bagas tebu dan minyak biji karet menggunakan zeolit-Y menunjukkan bahwa zeolit-Y 700°C memiliki kategori senyawa hidrokarbon terbesar yaitu 85%.

4. Hasil karakterisasi katalis menggunakan XRD, menunjukkan bahwa zeolit-Y 600, 700, 800 dan 900°C masih didominasi oleh fasa amorf namun sudah terbentuk fasa nepheline, kristobalit, maupun jadeite dan semakin tinggi suhu kalsinasi semakin meningkat kristalinitas katalis.
5. Hasil SEM menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi maka semakin berkurang pori permukaan katalis karena ukuran butir atau partikel dari zeolit-Y bertambah.
6. Distribusi ukuran partikel pada zeolit-Y 600, 700, dan 800°C semakin besar ketika suhu kalsinasi dari zeolit-Y meningkat, dimana distribusi ukuran partikel berturut-turut sebesar 92,1 nm, 294 nm, dan 336 nm.
7. Hasil FTIR menunjukkan bahwa zeolit-Y 600, 700, 800, dan 900°C merupakan situs asam Brønsted-Lowry.

## **B. Saran**

Berdasarkan unjuk kerja katalis dalam reaksi perengkahan campuran bagas tebu dan minyak biji karet, maka untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk meneliti lebih lanjut mengenai pengaruh aktivitas dan reaktivitas katalis, serta meningkatkan mutu dari *liquid fuel*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arribart, H and Bernadette, B. V. 2001. *The Dibner Institute History of Science and Technology*.
- Arnata, I dan Anggraeni, D. 2013. *Rekayasa Bioproses Produksi Bioetanol dari Ubi Kayu Dengan Teknik Ko-Kultur Ragi Tape dan Saccaromycess Cerevisiae*. Agointek, Vol. 7 (1), hal. 21-28.
- Ayatullah, Muhammad. 2009. *Sistem Pertanian Transisi. Jurnal Agro Ekonomi*. Vol. 25, hal. 16.
- Ayyad, O. D. 2011. *Novel Strategies The Synthesis of Metal Nanoparticle and Nanostructure*. Thesis. University de Barcelona. Barcelona.
- Barrer, R. M. 1982. *Hydrothermal Chemistry Of Zeolites*. Academic Press.
- Daifullah, A., Girgis, B. S., dan Gad, H. 2003. *Utilization of Agro-Residues (Rice Husk) in Small Waste Water Treatment Plans* Material Letters. Vol. 57, pp. 1723-1731.
- Dody, C. K., Widya Wijayanti., dan Denny Widhiyanuriyawan. 2015. *Pengaruh Penggunaan Katalis (Zeolit) Terhadap Kinetic Rate Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahai (Switenia Macrophylla)*. Teknik Mesin Universitas Brawijaya. Malang.
- Dyah, P. S. 2011. *Produksi Biodiesel dari Mikroalga Chlorella sp dengan Metode Esterifikasi In-Situ (Tesis)*. Universitas Diponegoro. Jawa Tengah.
- Erawati, E., W.B. Sediawan., dan P. Mulyono. 2013. *Modifikasi Mekanisme Koufopanos Pada Kinetika Reaksi Pirolisis Ampas Tebu (Bagasse)*. Jurnal Rekayasa Proses. Vol. 7 (1), pp. 14-19.

- Georgiev, D., Bogdanov, B., Angelova, K., Markovska, I., Hristov, Y. 2009. *Syntetic Zeolit-Structure Classification, Currebt Trends in Zeolit Synthetis*. International Science Conference. Vol 7, hal. 1.
- Guenther. 1987. *Minyak Atsiri*. Diterjemahkan oleh R. S. Keteren dan R. Mulyono. UI Press. Jakarta.
- Haag, W. O., R. M. Lago., and P. B. Weisz. 1984. *The Active Site Of Acidic Aluminosilicate Catalysts*. Nature. Vol. 309, pp. 589-591.
- Hananto, F.S., D.R. Santoso., and Julius. 2011. *Application of Piezoelectric Material Film PVDF (Polyvenylidene Flouride) as Liquid Viscosity Sensor*. Journal of Neutrino. Vol. 3 (2), pp. 129-142.
- Handoyo, K. 1996. *Kimia Anorganik*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hsu, H. W dan Luh, B. S. (1980). *Rice Hull. Dalam Rice Product And Utilization*. Editor: Bor Shiun Luh. New York.
- Hudson, L. K., Misra, C., Perrotta, A. J., Wefers, K., and Williams, F. S. 2002. *Aluminum Oxide*. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH. Weinheim. Vol. 10, pp. 557.
- 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.
- Lufina, I., Susilo, B., Rini Yulianingsih. 2013. *Studi Pemanfaatan Minyak Karet (Hevea brasiliensis) sebagai Bahan Bakar pada Kompor Rumah Tangga*. Universitas Brawijaya. Malang.
- McLafferty, F. W. 1988. *Interpretasi Spektra Massa. Edisi ketiga*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mediasari, Rina. 2015. *Pengembangan Zeolit Sintetik Berbasis Silika Sekam Padi Dengan Metode Elektrokimia Dan Aplikasinya Sebagai Katalis Untuk Perengkahan Minyak Nabati Secara Pirolisis*. Tesis. Universitas Lampung. Lampung.
- Mittelbach, M dan Remschmidt, C. 2004. *Biodiesel The Comrehensive Handbook*. Institute of Chemistry of the University of Graz. Germany.
- Mirjalili, F., Hasmaliza, M., dan 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.

- Murni, D dan Helmawati. 2006. *Studi Pemanfaatan Abu Sabut Sawit Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis Zeolit 4A*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Nasikin, M dan A. Makhdianti. 2003. *Sintesis Metil Ester Sebagai Aditif Bahan Bakar Solar dari Minyak Sawit*. Jurnal Teknologi. Vol. 1, pp. 45-50.
- Oladeji, J. T. 2012. *Pyrolytic Conversion of Poultry Litter into Medium-Grade Biomass Fuel*. New York Science Journal. Vol. 5 (8), pp. 18-21.
- Pandiangan, K. D., G. S. Irawan., R. Mita., Sony., A. Dian., A. Syukri., dan J. Novesar. 2008. *Karakteristik Keasaman Katalis Berbasis Silika Sekam Padi yang Diperoleh dengan Teknik Sol-Gel*. Prosiding Seminar Sains dan Teknologi Universitas Lampung. hal. 342-353.
- Pahlepi, R., S. Sembiring., dan K.D. Pandiangan. 2013. *Pengaruh Penambahan MgO pada SiO<sub>2</sub> Berbasis Silika Sekam Padi Terhadap Karakteristik Komposit MgO>SiO<sub>2</sub> dan Kesesuaiannya Sebagai Bahan Pendukung Katalis. Teori dan Aplikasi Fisika*.
- Prasetyoko, D dan A. L. Putro. 2007. *Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis Zeolit ZSM-5 Tanpa Menggunakan Templat Organik*. Akta Kimindo. Vol. 3 (1), pp. 33–36.
- 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.
- Rachimoellah, M dan I. Wayan, S. 2008. *Pembuatan Biodiesel Dari Biji Karet*. ITS. Surabaya.
- Rawle, A. 2010. *Basic Principles of Particle Size Analysis-Technical Paper of Malvern Instruments*. Worcesstershire, United Kingdom.
- Saputra, R. 2006. *Pemanfaatan Zeolit Sintesis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah*. Industri Jurnal Hibah Bersaing. Jakarta.
- Sarno. 1983. *Endapan Zeolit Penggunaan dan sebarannya di Indonesia*. Direktorat Sumber daya Mineral Departemen Pertambangan dan Energi. Bandung.
- Sharma, N. K., W. S.Williams., and Zangvil, A. 1984. *Formation and structure of silicon carbide whiskers from rice hulls*. J. Am. Ceram. Vol. 67, pp.715-720.
- Sheth, P. N and Babu, B.V. 2006. *Kinetic Modelling of the Pyrolysis of Biomass*. Proceedings of National Conference on Environmental Conservation.

- Sing, *et al.* 1985. *Reporting Physisorption Data for Gas/Solid Systems with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity*. Pure Applied Chemistry. Vol 57, pp. 603-619.
- Siriluk, C and Yuttapong, S. 2005. *Structure of Mesoporous MCM-41 Prepared from Rice Husk*. The 8th Asian Symposium on Visualization. Chiangmai. Thailand.
- Socrates, G. 1994. *Infrared Spectroscopy*. Chicester. John Willey & Son Ltd.
- Subagio. 1993. *Zeolit: Struktur dan Sifat-sifatnya*. Vol 7 (3), hal. 17-23.
- Suka, O. M. G., A. Riyanto., dan S. Sembiring. 2009. *Karakteristik Fungsionalitas Borosilikat Berbasis Sekam Padi Akibat Pengaruh Kalsinasi*. Prosiding SN SMAP 09.
- Suka, I. G., W. Simanjuntak., S. Sembiring., dan E. Trisnawati. 2008. *Karakteristik Silika Sekam Padi dari Provinsi Lampung yang diperoleh dengan Metode Ekstraksi*. MIPA. Vol. 37 (1), pp. 47-52.
- Sukumar, V., V. Manieniyani., and S. Sivaprakasam. 2015. *Bio Oil Production from Biomass using Pyrolysis and Upgrading*. International Journal of ChemTech Research. Vol. 8 (1), pp. 196-206.
- Szostak, R. 1989. *Molecular Sieves Principles Of Synthesis And Identification*. Van Nostrand Reinhold Catalysis Series. Elsevier Ltd.
- Tanabe, K. 1981. *Solid Acid and Base Catalyst in Catalysis Science and Technology*. Springer-Link. Berlin, pp. 231-273.
- Tri, A. 2011. *Pemanfaatan Jagung Sebagai Bioetanol dengan Proses Fermentasi dan Hidrolisa H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Twaiq, F. A., Mohamed, A, R., dan Bhatia, S. 2003. *Liquid Hydrocarbon Fuel From Palm Oil by Catalyct Cracking Over Aluminosilicate Mesoporous Catalysts With Various Si/Al Ration*. Vol. 64, pp. 95-107.
- 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.
- 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 Performance of Copper-Based Catalysts for Methanol Synthesis from Syngas*. J. Nat. Gas Chem. Vol. 19 (5), pp. 487- 492.

Wardan, S dan A. Zainal. 2003. *Bahan Bakar dan Pelumas*. Fakultas Teknik UNY. Yogyakarta.

Weitkamp, J. 1999. *Zeolite and Catalysis*. Solid State ionic. Vol. 131, pp. 175-180.

Widowati, S. 2001. *Pemafaatan Hasil Samping Penggilingan Padi Dalam Menunjang Sistem Agroindustri di Pedesaan*. Bulletin AgroBio.

Wijanarko, A., Mawardi D. A., dan Nasikin, M. 2006. *Produksi Biogasoline Dari Minyak Sawit Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik Dengan Katalis Alumina*, *Makara Teknologi*. Vol. 10 (2), hal. 51- 60.

Xiujuan, G., Shurong, W., Qi, W., Zuagang, G., and Zhogyang, L. 2011. *Properties of Bio-oil from Fast Pyrolysis of Rice Husk*. Chinese. Vol. 19 (1), pp. 116.