

**KONVERSI NANOSELULOSA MENJADI GULA ALKOHOL  
MENGUNAKAN NANOFOTOKATALIS  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  YANG  
DIIRADIASI DENGAN SINAR ULTRAVIOLET**

**( Skripsi )**

**Oleh**

**SITI NABILLA SHOFA**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

## ABSTRACT

### CONVERSION OF NANOCELLULOSE INTO SUGAR ALCOHOL USING $\text{LaCr}_{0.97}\text{Mo}_{0.03}\text{O}_3$ NANOPHOTOCATALYST WITH IRRADIATED BY UV LIGHT

By

**Siti Nabilla Shofa**

Alcohol sugar was obtained from conversion of nanocellulose using nanocatalyst  $\text{LaCr}_{0.97}\text{Mo}_{0.03}\text{O}_3$  and irradiated by UV light with the irradiation time 30, 45 and 60 minutes. Nanocatalyst  $\text{LaCr}_{0.97}\text{Mo}_{0.03}\text{O}_3$  was prepared using sol-gel method with pectin as an emulsifying agent and calcined at the temperature 700 °C. Acidity analysis by gravimetric method revealed that the acidity of nanocatalyst is 12.901 mmol pyridine/gram, and FTIR analysis proved that Lewis acid sites are dominant on the wavenumber 1456.26  $\text{cm}^{-1}$ . The result of x-ray diffraction (XRD) analysis stated that nanocatalyst  $\text{LaCr}_{0.97}\text{Mo}_{0.03}\text{O}_3$  was composed of  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ ,  $\text{LaCrO}_3$  as a major crystal phase and  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  as a minor crystal phase. The average particle size calculated by Scherrer method is 48.8 nm. The result of catalyst morphology analysis using Transmission Electron Microscop (TEM) show that catalyst has agglomeration, and the average size particle distribution is 45-50 nm. Analysis using High Performance Liquid Chromatography (HPLC) revealed that nanocellulose was able converted into sorbitol with the highest yield of 4281.6 ppm at 30 minutes of radiation.

**Keyword:** *nanocatalyst, nanocellulose, alcohol sugar, UV light*

## ABSTRAK

### KONVERSI NANOSELULOSA MENJADI GULA ALKOHOL MENGUNAKAN NANOFOTOKATALIS $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ YANG DIIRADIASI SINAR ULTRAVIOLET

Oleh

**Siti Nabilla Shofa**

Gula alkohol dapat diperoleh dari konversi nanoselulosa menggunakan nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  dengan dibantu oleh iradiasi sinar UV pada variasi waktu penyinaran 30, 45, dan 60 menit. Nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  telah dipreparasi menggunakan metode sol-gel dan dikalsinasi pada temperatur 700 °C. Analisis keasaman katalis menggunakan metode gravimetri menunjukkan bahwa nanokatalis memiliki keasaman sebesar 12,901 mmol piridin/gram, dan pada analisis menggunakan FTIR membuktikan bahwa situs asam yang mendominasi adalah asam Lewis pada bilangan gelombang 1456,26  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil analisis difraksi sinar-X (XRD) menyatakan bahwa nanokatalis tersusun dari fasa kristalin  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ ,  $\text{LaCrO}_3$  sebagai fasa utama dan  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  sebagai fasa minor. Rata-rata ukuran partikel yang telah dihitung menggunakan persamaan Scherrer yaitu sebesar 48,8 nm. Hasil analisis morfologi katalis menggunakan TEM menunjukkan bahwa katalis mengalami aglomerasi, dan rata-rata distribusi ukuran partikelnya sebesar 45-50 nm. Pada analisis menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) menyatakan bahwa nanoselulosa mampu dikonversi menjadi sorbitol dengan rendemen tertinggi pada waktu radiasi 30 menit sebesar 4281,6 ppm.

**Kata kunci :** *nanokatalis, nanoselulosa, gula alkohol, sinar UV*

**KONVERSI NANOSELULOSA MENJADI GULA ALKOHOL  
MENGUNAKAN NANOFOTOKATALIS  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  YANG  
DIRADIASI SINAR ULTRAVIOLET**

Oleh

*Siti Nabilla Shofa*

**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  
2017

Judul Skripsi : **KONVERSI NANOSULOSA MENJADI GULA  
ALKOHOL MENGGUNAKAN  
NANOFOTOKATALIS  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  YANG  
DIRADIASI SINAR ULTRAVIOLET**

Nama Mahasiswa : **Siti Nabilla Shofa**

No. Pokok Mahasiswa : 1317011069

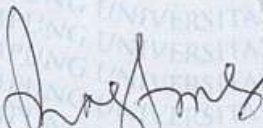
Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

  
**Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc.**  
NIP. 19600616 198811 1 001

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

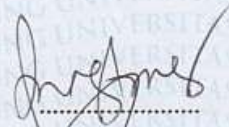
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

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

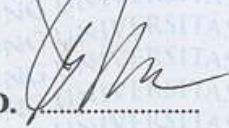
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

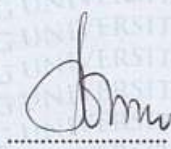
Ketua : **Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc.**



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



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S.**



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 : **05 Desember 2017**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kalianda pada tanggal 30 April 1996, anak pertama dari tiga bersaudara, yang merupakan buah hati dari pasangan Ahmad Shofyan dan Siti Sofiah. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Sidorejo 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Sidomulyo pada tahun 2010, Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Sidomulyo pada tahun 2013. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif dalam organisasi kemahasiswaan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Universitas Lampung periode 2013-2014 sebagai anggota muda, Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) periode 2013-2014 sebagai Kader Muda HIMAKI (KAMI) dan periode 2014-2015 sebagai anggota Bidang Usaha Mandiri HIMAKI. Selain itu, penulis pernah menjadi asisten dosen praktikum Kimia Fisik untuk Jurusan Kimia pada tahun 2016. Pada tahun, 2016 penulis melakukan Kerja Praktik Lapangan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Lampung.

## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah rabbil' alamin,*

*Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis untuk menyelesaikan perkuliahan dengan baik.*

*Dengan ketulusan hati kupersembahkan karya kecisku ini kepada :*

*Kedua orang tuaku yang aku sayangi, Abah dan Ibu  
Beribu terimakasih kuucapkan untuk semua kasih sayang,  
semangat, pengorbanan serta do'a yang selalu diberikan untukku.*

*Kedua adikku tersayang, Kakak-kakak sepupu, Nenek, dan seluruh  
keluarga besar Rahardjo  
Terimakasih untuk semua semangat dan do'anya*

*Serta sahabat-sahabatku, teman-teman Kimia angkatan 2013 yang  
selalu menemani dan berjuang bersamaku*

*Dan Almamater tercinta.*



## **MOTTO**

*“Kesuksesan Hanya Dapat Diraih  
Dengan Segala Upaya Dan Usaha Yang Disertai Dengan Do’a,  
Karena Sesungguhnya  
Nasib Seseorang Tidak Akan Berubah Dengan Sendirinya  
Tanpa Berusaha”*

*“Difficult Roads Often Lead To  
Beautiful Destination”*

*“Kamu tidak akan Pernah Mampu Menyebrangi lautan  
Sampai Kamu Berani Berpisah Dengan Daratan”*

*- Christopher Columbus*

## SANWACANA

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil' alamin. Puji dan syukur penulis senantiasa haturkan kehadiran Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Penyayang, karena atas ridho dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ” **Konversi Nanoselulosa Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Nanofotokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  yang Diiradiasi Sinar Ultraviolet**” dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam tak lupa penulis selalu haturkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya, yang dinanti-nantikan syafa'atnya di Yaumul Akhir kelak. Amin.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih yang tulus kepada :

1. Kedua orang tua, Abah dan ibu yang selalu memberikan do'a terbaik, semangat, dan kasih sayang yang tak terhingga, terimakasih telah memberikan banyak perhatian dan pengorbanan kepada penulis meskipun penulis banyak kekurangan

dan kesalahan, tetapi tak mengurangi sedikitpun kasih sayang dari Abah dan Ibu, sehingga penulis dapat menuntut ilmu hingga perguruan tinggi dan menyelesaikannya dengan baik.

2. Dosen pembimbing utama, bapak Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc. Terimakasih karena telah membimbing penulis dengan sabar, memberikan ilmu pengetahuan, arahan, dan nasehat kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Dosen pembimbing kedua, bapak Prof. Wainton Simanjuntak, Ph.D. Terimakasih karena telah membimbing, memberikan nasehat dan ilmunya, serta memotivasi penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Dosen pembahas, bapak Prof. Yandri A.S., M.S. Terimakasih karena telah memberikan masukan berupa kritik dan saran serta ilmunya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Warsito, D.E.A., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Noviany, M.Si., selaku pembimbing akademik yang telah memberikan nasehat dan motivasi selama penulis menjalani masa perkuliahan.
7. Laboran Kimia Anorganik-Fisik, Mba Liza Apriliani, S.Si. Terimakasih karena telah banyak membantu penulis selama menjalani penelitian di laboratorium.
8. Serta segenap staf pengajar dan karyawan Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
9. Kedua Adikku tersayang, Siti Zahrotul Ulum dan Ahmad Mufid Al-Ibad, yang telah memberikan keceriaan dan penghibur kejenuhan. Semoga dapat mengenyam

pendidikan yang lebih tinggi dan lebih banyak mendapatkan ilmu-ilmu yang bermanfaat.

10. Keluarga besar Rahardjo yang selalu memberikan nasehat, motivasi, dan kasih sayang kepada penulis, sehingga penulis selalu optimis dalam menghadapi semuanya.
11. Pakde dan Bude Tarjoyo serta keluarga, terimakasih telah memberikan kasih sayang, tempat yang nyaman, dan perhatian selama penulis menyelesaikan penelitian dan skripsi.
12. Kakak-kakak ku tercinta di “*Catalyst Squad*”, Lindawati, Dewi Rumondang Carmel Patricia Silalahi, Widya Aryani M, Renita Susanti, Mega Mawarti, dan Esti Sandra Pertiwi. Gadis-gadis strong yang selalu menemani tidur di laboratorium sampai berhari-hari, yang selalu membantu, membimbing, memberikan nasehat, memberikan keceriaan, memberikan motivasi, dan berjuang bersama penulis. Maaf atas segala hal buruk dan tidak berkenan yang telah penulis lakukan sengaja ataupun tidak sengaja, terimakasih telah memberikan kepercayaan dan memaklumi segala kekurangan penulis..
13. Sahabat-sahabatku “*Gembel*”, Deni Suryadi, Dewi Surani, Dimas Bil Adli, Florentina Nova Andriani, yang selalu memberikan semangat, perhatian, do’a dan ikut berjuang bersama meskipun menempuh jalur pendidikan yang berbeda. Terkhusus untuk Destra Sri Devi dan Novi Anggraini, yang selalu bersedia mendengar segala keluh kesah dan tangisan disaat masa-masa sulit penulis.
14. Sahabat-sahabatku “*Brambang*”, Melia Tri Anggraini, Prasetyaning Tyas Chakti, Vyna Ayu Ramadian Saputri, Widya Aryani M, Monica Dhamayanti. Yang selalu

menemani, mendukung, serta berjuang bersama dalam mendapatkan gelar S.Si. Semoga selalu diberikan kelancaran dalam penelitiannya dan segala urusan dalam menyelesaikan studi.

15. Teman terbaikku Eka Setiososari yang selalu memberikan semangat dan motivasi juga selalu menemani penulis untuk mengurus semua persyaratan wisuda dan saat masa-masa sulit penulis, makasih Eka.
16. Teman-teman Lab. Anorganik-Fisik, khususnya Fatimah, Nurhasanah, Eka Setiososari, Nova Tri Irianti yang selalu setia menemani dan berbagi keluh kesah selama penelitian, dan Febri Ardhiyansyah, Indah Tri Yulianti, Anggi Widiawati, Megafit Puspitasari, yang selalu meramaikan Lab. dan berjuang bersama untuk mendapatkan gelar S.Si.
17. Teman-teman Lab. Organik, khususnya Badiatul Niqmah, Vicka Andini, Nurul Fatimah, Inggit Borischa, Anggun Ferliasari, Nessia Kurnia, Arni Ardelita, Nita Yulian, Wahyuni Dewi, Erva Alhusna, yang memberikan canda dan tawa disaat masa-masa sulit penulis.
18. Teman-teman Lab. Biokimia, khususnya Fika Putri Aulia dan Mia Permatasari yang telah menemani penulis dalam menyelesaikan persyaratan kompre dan wisuda.
19. Teman-teman Kimia Fisik 2013, Antonius Wendy, Yudha Ari Satria, Yunitri Sianturi, Hermayana, Veronica Netty, Gesa Gustami, terima kasih telah memberikan suasana yang menyenangkan selama di perkuliahan khususnya di mata kuliah KZP dan EKT.

20. Teman-teman Chemistry 2013 (Chetir) yang paling heboh, kontroversi, selalu buat masalah, selalu menjadi target “uji coba”, dan yang paling tahan banting. Terimakasih telah menemani, mewarnai kehidupan kampus penulis, dan berjuang bersama untuk mendapatkan gelar S.Si.
21. Kakak-kakak seimbang, kak febi, mba ana, mba surtini dan mba fatma yang telah berbagi ilmu dan tips-tips dalam melakukan penelitian. Terimakasih atas motivasi dan waktu yang telah diberikan, serta arahan kepada penulis dan teman-teman agar dapat menyelesaikan penelitian dengan baik dan lancar.
22. Adik-adik seimbang 2014, semoga diberi kelancaran dalam penelitiannya.
23. Adik-adik 2015, 2016, dan 2017 tetap semangat mengikuti perkuliahan, jangan malas dan tetap peduli dengan sesama temannya.
24. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memiliki nilai guna khususnya rekan-rekan mahasiswa dan pembaca pada umumnya. Amin.

Bandar Lampung, Desember 2017  
Penulis

**Siti Nabilla Shofa**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	6
C. Manfaat Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
A. Gula Alkohol.....	7
1. Sorbitol .....	8
2. Xylitol .....	9
3. Manitol .....	10
B. Selulosa .....	11
C. Nanokatalis $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ .....	13
D. Preparasi Katalis.....	16
1. Sol-gel .....	17
2. Pengeringan beku .....	19
3. Kalsinasi .....	21
E. Pektin .....	22
F. Prinsip Reaksi Fotokatalitik .....	24
G. Karakterisasi Katalis .....	27
1. Analisis Keasaman Katalis.....	27
a. Metode Gravimetri .....	28
b. <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	29
2. Analisis Struktur Kristal.....	31
3. Analisis Distribusi Ukuran Partikel .....	33
4. Analisis Morfologi Permukaan Katalis.....	34
5. Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT).....	36

<b>III.METODELOGI PENELITIAN.....</b>	<b>42</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	42
B. Alat dan Bahan .....	42
C. Prosedur Penelitian.....	43
1. Preparasi Nanokatalis .....	43
a. Proses Sol-Gel .....	44
b. Pengeringan Beku ( <i>Freeze Drying</i> ).....	44
c. Kalsinasi .....	45
2. Karakterisasi Katalis .....	45
a. Analisis Keasaman Katalis.....	45
b. Analisis Struktur Kristal.....	46
c. Analisis Morfologi Permukaan Katalis .....	47
d. Analisis Distribusi Ukuran Partikel.....	47
3. Uji Aktivasi Fotokatalitik.....	48
a. Uji Fotokatalitik .....	48
b. Analisis Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)...	49
<b>IV.HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>52</b>
A. Preparasi Nanokatalis .....	52
B. Karakterisasi Katalis .....	55
1. Analisis Keasaman Katalis.....	55
2. Analisis Struktur Kristal.....	58
3. Analisis Distribusi Ukuran Partikel.....	62
4. Analisis Morfologi Katalis .....	63
C. Uji Katalitik.....	65
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>73</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>85</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur kimia dari sorbitol, manitol dan xylitol.....	8
2. Mekanisme reaksi hidrogenasi selulosa menjadi sorbitol.....	8
3. Reaksi konversi hemiselulosa menjadi xylitol.....	10
4. Mekanisme pembentukan manitol.....	11
5. Struktur Selulosa.....	12
6. Struktur umum <i>perovskite</i> $ABO_3$ .....	15
7. Tahapan preparasi dengan metoda sol gel.....	18
8. Mekanisme kerja <i>Freeze Drying</i> .....	20
9. Struktur -galakturonat, Stuktur metilasi -galakturonat, dan Struktur Pektin.....	23
10. Daerah energi dari semikonduktor.....	25
11. Spektrum sinar dan panjang gelombang.....	26
12. Puncak-puncak serapan senyawa organik pada spektrum FTIR.....	30
13. Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD.....	32
14. Skema hamburan sinar pada PSA.....	34
15. Skema alat <i>Transmission Electron Microscope</i> .....	36
16. Skema alat Kromatografi Cair Kinerja Tinggi.....	37
17. Proses konversi nanoselulosa dengan irradiasi sinar UV.....	49

18. Gel $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ .....	53
19. Serbuk katalis $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ setelah proses kalsinasi .....	55
20. Spektra katalis $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ .....	56
21. Difaktogram katalis $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ .....	59
22. Kurva PSA katalis $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ .....	62
23. Mikrograf TEM katalis $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ pada perbesaran 100 dan 50 nm .....	64
24. Presentase konversi nanoselulosa dengan katalis $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ yang diiradiasi sinar UV dengan variasi waktu penyinaran 30,45 dan 60 menit.....	66
25. Hasil uji Fehling dari larutan nanoselulosa yang telah dikonversi menggunakan katalis $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ dan diirradiasi dengan sinar UV pada variasi waktu 30, 45 dan 60 menit .....	67
26. Kromatogram sorbitol pada hasil konversi nanoselulosa dengan katalis $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ pada variasi waktu 30, 45 dan 60 menit serta Kromatogram standar sorbitol.....	68
27. Produk samping hasil degradasi lanjut monosakarida .....	70
28. Tahapan hidrolisis nanoselulosa menjadi glukosa dan gula alkohol .....	71

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Puncak-puncak representatif difaktogram katalis LaCr <sub>0,97</sub> Mo <sub>0,3</sub> O <sub>3</sub> .....	60
2. Puncak-puncak representatif masing-masing acuan pada katalis LaCr <sub>0,97</sub> Mo <sub>0,3</sub> O <sub>3</sub> .....	61
3. Hasil distribusi volume kumulatif ukuran partikel katalis LaCr <sub>0,97</sub> Mo <sub>0,3</sub> O <sub>3</sub> .....	61
4. Hasil dari konversi nanoselulosa dengan katalis LaCr <sub>0,97</sub> Mo <sub>0,3</sub> O <sub>3</sub> .....	69

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Gula merupakan senyawa turunan karbohidrat yang tersusun dari atom-atom karbon (C) hidrogen (H) dan oksigen (O). Tingkat konsumsi masyarakat akan gula saat ini sangat tinggi, hal ini disebabkan perkembangan penduduk dan semakin maraknya industri yang menggunakan bahan baku gula. Namun, tingginya angka penderita diabetes menyebabkan konsumsi gula sebagai bahan pemanis makanan saat ini terus dikurangi dan digantikan dengan pemanis yang lebih aman. Selain memiliki rasa manis dan tidak mengakibatkan diabetes, bahan pengganti gula harus tidak toksik, serta tidak bisa diragikan oleh bakteri plak gigi. Di samping itu harus dapat di produksi dalam skala industri. Dari semua persyaratan tersebut, maka bahan pengganti gula yang baik adalah dari golongan gula alkohol (Soesilo *et al.*, 2005).

Gula alkohol didefinisikan sebagai turunan sakarida yang gugus keton atau aldehidnya diganti dengan gugus hidroksil (Goldberg, 1994). Gula alkohol bermanfaat sebagai pengganti glukosa yang aman bagi penderita diabetes, menjaga kesehatan gigi dengan menghambat pembentukan plak pada gigi, serta mempercepat

proses pembentukan mineral pada gigi (Zumbé *et al.*, 2001). Jenis gula alkohol yang sering dimanfaatkan yaitu sorbitol, manitol dan xylitol (Souza *et al.*, 2015).

Gula alkohol dapat diperoleh dari proses penguraian selulosa dengan bantuan katalis. Selulosa umumnya terdiri atas 8000 – 12000 unit monomer glukosa serta termasuk dalam polimer alam yang berasal dari reaksi fotosintesis CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Berdasarkan manfaat yang dapat diperoleh dari gula alkohol, maka banyak peneliti telah memfokuskan peningkatan hidrolisis selulosa menjadi gula alkohol (Fukuoka and Dhepe, 2006). Proses konversi selulosa bergantung pada peran katalis, serta waktu reaksi dan temperatur reaksi yang digunakan, sedangkan aktivitas katalis yang dipakai dipreparasi dari berbagai macam metode. Katalis memiliki peranan yang sangat penting dalam dunia industri, karena dapat mempercepat suatu reaksi dan dapat menurunkan biaya produksi, selain itu produk yang dihasilkan memiliki rendemen yang tinggi.

Selulosa sebagai bahan utama dalam proses pembentukan gula alkohol, merupakan suatu makromolekul yang sulit diuraikan. Oleh karena itu, untuk mempermudah proses hidrolisis selulosa, maka ukuran selulosa tersebut perlu diperkecil menjadi ukuran nanometer. Material nano lebih unggul dibandingkan makromolekul, serta menghasilkan sifat yang tidak dimiliki oleh material yang berukuran besar. Sejumlah sifat tersebut dapat diubah-ubah melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawi, modifikasi permukaan dan pengontrolan interaksi antar partikel (Abdullah *et al.*, 2008).

Selulosa yang diubah ukurannya menjadi material nano sering disebut dengan nanoselulosa. Dengan adanya perubahan ukuran dan sifat, nanoselulosa menjadi lebih mudah diuraikan dan dapat digunakan sebagai bahan utama pembuat gula alkohol. Selain itu, katalis yang digunakan juga diubah menjadi material nano atau yang disebut dengan nanokatalis. Material nanopartikel menunjukkan potensi sebagai katalis karena material nano memiliki luas permukaan yang besar dan rasio-rasio atom yang tersebar secara merata pada permukaannya. Sifat ini menguntungkan untuk transfer massa di dalam pori-pori dan juga interaksi antar permukaan yang besar untuk reaksi-reaksi adsorpsi dan katalitik (Widegren *et al.*, 2003). Adapun contoh dari pemanfaatan nanokatalis dalam pembuatan gula alkohol yang digunakan oleh peneliti sebelumnya yaitu seperti konversi selulosa menjadi sorbitol menggunakan nanokatalis Ru/AC-SO<sub>3</sub>H dengan perolehan rendemen sebesar 71,1 % pada temperatur reaksi 165 °C (Lee and Han, 2012). Selanjutnya Fukuoka *et al.*, (2011) dengan katalis logam Pt(N)/BP2000 menghasilkan sorbitol dengan rendemen sebesar 39% dan manitol sebesar 4% dengan waktu 24 jam pada temperatur reaksi 190 °C. Palkovits *et al.*, (2011) berhasil mengubah selulosa menjadi xylitol dengan rendemen sebesar 11,3% menggunakan katalis Ru/C pada suasana asam (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) selama 3 jam pada temperatur reaksi 160 °C.

Sedangkan, Kahar (2015) dalam penelitiannya menggunakan nanokatalis LaCrO<sub>3</sub> untuk mengkonversi selulosa dengan temperatur reaksi 140 °C selama 6 jam, yang mampu menguraikan selulosa sebanyak 16,66% dan menghasilkan gula alkohol berupa sorbitol dan manitol. Pada penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh

Sari (2016) dengan menggunakan  $\text{LaCr}_{0,7}\text{Mo}_{0,3}\text{O}_3$  sebagai nanokatalis dapat mengkonversi selulosa menjadi manitol dengan hasil terbaik yang didapatkan pada temperatur reaksi  $140\text{ }^\circ\text{C}$  dengan temperatur kalsinasi  $700\text{ }^\circ\text{C}$ . Namun, dari penelitian sebelumnya masih sedikit yang menggunakan selulosa dalam ukuran nano sebagai bahan pembuat gula alkohol, melihat keunggulan yang dapat diperoleh dari perubahan ukuran selulosa menjadi nanoselulosa yang lebih mudah diuraikan, maka dalam penelitian ini akan menggunakan nanoselulosa sebagai bahan baku pembuat gula alkohol.

Pada penelitian ini nanokatalis yang akan digunakan dalam mengkonversi nanoselulosa menjadi gula alkohol yaitu  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$ , dengan alasan untuk lebih mengetahui perbedaan hasil yang akan diperoleh dalam penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Kahar (2015) dan Sari (2016) dengan menggunakan nanokatalis yang mengandung logam La dan Cr. Logam Mo ditambahkan dalam pembuatan nanokatalis karena merupakan unsur transisi yang mempunyai sifat relatif inert atau sedikit bereaksi dengan larutan asam dan alkali. Selain itu, kemampuan logam Mo dalam mengkatalisis reaksi sangat berkaitan dengan keberadaan elektron pada orbital d, sehingga timbul keadaan elektronik berenergi rendah dalam jumlah yang besar dan orbital kosong yang sangat ideal untuk reaksi katalis (Yusnani, 2008). Dalam penelitian ini, pembuatan nanokatalis akan dilakukan dengan menggunakan metode sol-gel, karena metode ini lebih sederhana dan tidak terjadi reaksi dengan senyawa sisa, memperkecil kehilangan bahan saat proses penguapan, serta mengurangi pencemaran udara (Delfinas, 2014).

Salah satu pemanfaatan dari nanokatalis yaitu dapat mempercepat proses konversi nanoselulosa menjadi senyawa yang rendah kalori (gula alkohol) (Dewanti dan Murtini, 2006).

Sedangkan, pada proses konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol dilakukan dengan bantuan sinar UV. Hal itu dilakukan karena keunggulan dari pemanfaatan sinar UV yaitu ramah lingkungan, dan ekonomis. Pemanfaatan sinar UV (ultraviolet) dalam mengkonversi biomassa sudah berlangsung cukup lama. Salah satu contohnya yaitu konversi fruktosa dan xylosa menjadi asam organik menggunakan lampu UV 400W,  $\lambda = 365 \text{ nm}$  selama 120 menit pada temperatur 30% dengan konversi sebesar 50 – 70% (Puttipat *et al.*, 2014). Dengan demikian, pada penelitian ini akan dilakukan preparasi nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  menggunakan metode sol-gel dengan pengemulsi pektin dan dikalsinasi pada temperatur 700 °C, yang selanjutnya akan digunakan untuk proses konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol dengan bantuan sinar UV dengan variasi waktu kontak 30, 45 dan 60 menit.



## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mempelajari preparasi nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  dengan metode sol-gel.
2. Mengkarakterisasi nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  yang telah di sintesis dengan metode sol-gel, menggunakan metode gravimetri, FTIR, XRD, TEM dan PSA.
3. Menganalisis potensi uji aktivitas dari nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  dalam mengkonversi nanoselulosa menjadi gula alkohol dengan bantuan irradiasi sinar UV pada variasi waktu penyinaran 30, 45 dan 60 menit.
4. Mengkarakterisasi hasil konversi nanoselulosa dengan analisis KCKT.

## **C. Manfaat Penelitian**

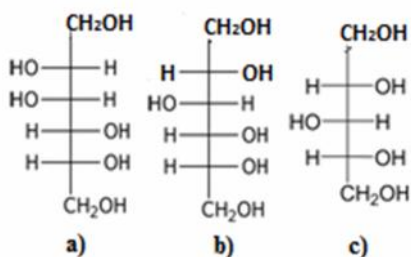
Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai penggunaan nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  serta menguji kemampuan nanokatalis tersebut pada proses konversi nanoselulosa menjadi sorbitol, manitol, dan xylitol, dengan bantuan sinar UV.

## II. TINJUAN PUSTAKA

### A. Gula Alkohol

Gula alkohol didefinisikan sebagai turunan sakarida yang gugus keton atau aldehidnya diganti dengan gugus hidroksil (Goldberg, 1994). Gula alkohol mempunyai rasa dan kemanisan hampir sama dengan gula tebu (sukrosa), bahkan beberapa jenis lebih manis. Gula jenis ini dibuat dari bahan berpati seperti tapioka, pati umbi-umbian, sagu atau pati jagung. Senyawa gula alkohol diantaranya adalah, sorbitol, manitol dan xylitol yang merupakan turunan monosakarida dari glukosa (Wolevar, 2002). Gula alkohol dapat diproduksi melalui proses konversi selulosa dengan bantuan katalis. Selulosa memiliki struktur yang mirip dengan gula alkohol yaitu terdiri dari unit D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosidik (Jie *et al.*, 2013). Pada reaksi katalitik selulosa akan diubah terlebih dahulu menjadi glukosa dan selanjutnya akan dihidrogenasi menjadi gula alkohol dengan bantuan katalis (Fukuoka *et al.*, 2011). Struktur sorbitol, manitol, dan xylitol ditunjukkan pada

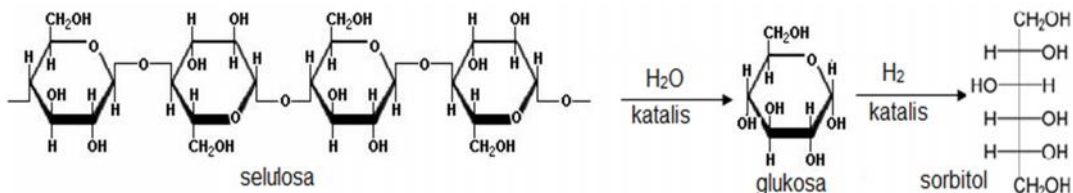
Gambar 1



**Gambar 1.** Struktur kimia dari (a) manitol, (b) sorbitol, (c) xylitol (Kahar, 2015).

## 1. Sorbitol

Sorbitol merupakan senyawa kimia yang memiliki rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$  dan banyak digunakan sebagai pengganti glukosa karena bahan dasarnya mudah diperoleh dan harganya murah. Sorbitol berupa kristal berwarna putih yang memiliki titik leleh  $89 - 101^\circ\text{C}$ , serta nilai kalori sebesar 2,6 kkal/g, sorbitol bersifat higroskopis dan tingkat kemanisannya sebesar 0,5 – 0,7 kali tingkat kemanisan sukrosa, dan kelarutan yang dimiliki sorbitol sebesar 235 g/100 g air. Produksi sorbitol dapat dilakukan melalui proses hidrogenasi glukosa menggunakan katalis nikel pada tekanan tinggi, mekanisme reaksi yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 2.



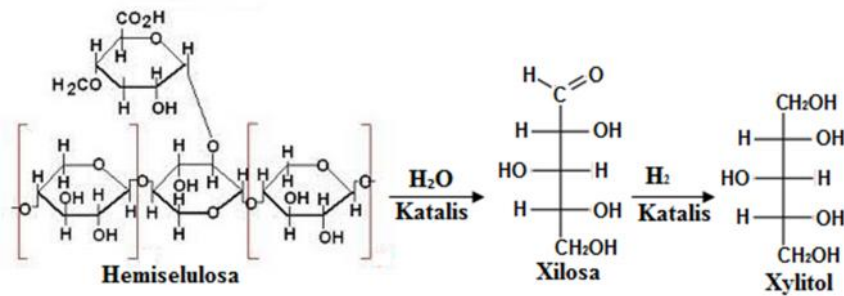
**Gambar 2.** Mekanisme reaksi hidrogenasi selulosa menjadi sorbitol (Marhusari, 2009).

Penambahan hidrogen dan katalis yang terbuat dari senyawa logam (platinum, nikel dan rhodium) akan meningkatkan suhu sehingga produk yang dihasilkan lebih banyak (Marhusari, 2009).

## 2. Xylitol

Xylitol merupakan gula alkohol tipe pentitol berantai lima karbon dan bersifat non-kariogenik dengan rumus molekul  $(\text{CHOH})_3(\text{CH}_2\text{OH})_2$ . Xylitol memiliki berat molekul sebesar 152,15 g/mol dengan kelarutan 169 g/ 100 g air pada pH 5 – 7. Xylitol juga mempunyai titik didih 126 °C, titik lebur 92 – 96 °C, nilai kalori 4,06 kal/g (endotermik), dan kemanisan relatif sama dengan sukrosa namun lebih tinggi dari manitol dan sorbitol (Bar, 1991). Oleh karena itu, xylitol sering digunakan sebagai pengganti gula dalam industri pengolahan makanan seperti pada produk industri coklat, permen, es krim, selai, jus dan juga roti. Beberapa tanaman yang mengandung xylitol contohnya plum, stroberi, kembang kol, jagung, rasberi dan bayam.

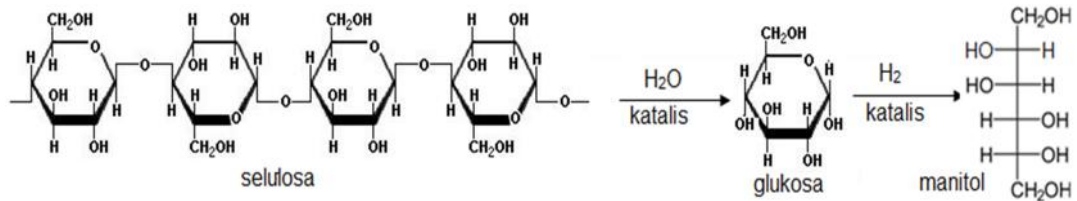
Selain itu, xylitol juga dapat dikonversi dari bahan lignoselulosa khususnya hemiselulosa atau xilan. Melalui proses hidrolisis, xilan akan membentuk xylosa dan arabinosa dan kemudian dapat dihidrogenasi menjadi xylitol. Reaksi konversi dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Reaksi konversi hemiselulosa menjadi xylitol (Fengel *et al.*, 1995).

### 3. Manitol

Manitol adalah gula alkohol non-metabolik dengan enam rantai karbon dan memiliki berat molekul 182 g/mol, serta paling banyak digunakan sebagai osmotik. Manitol memiliki rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$  yang banyak digunakan dalam industri makanan dan farmasi. Manitol dapat ditemukan pada ganggang laut, jamur segar, dan dalam eksudat dari pohon. Manitol memiliki kelarutan 22 g /100 mL air (25 °C), dan tingkat kemanisannya 0,5 – 0,7 kali tingkat kemanisan sukrosa. Sedangkan nilai kalori yang dimiliki manitol sebesar 1,6 kkal/g, titik didih 295 °C (3,5 torr) dan titik leleh 165 – 169 °C (7,6 torr). Manitol tidak bersifat pereduksi karena tidak memiliki gugus aldehyd. Manitol dihasilkan melalui proses reduksi manosa, gugus aldehyd pada atom  $\text{C}_1$  diubah menjadi gugus  $\text{CH}_2\text{OH}$ . Mekanisme pembentukan manitol ditunjukkan pada Gambar 4.

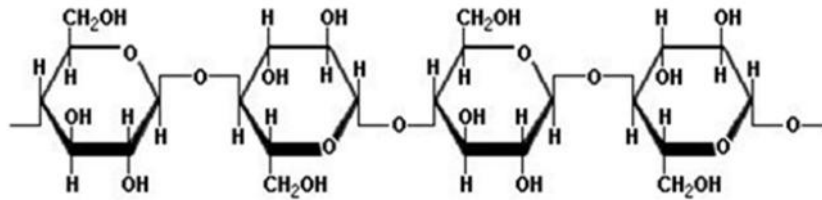


**Gambar 4.** Mekanisme pembentukan manitol (Arai *et al.*, 2004).

Dari Gambar 4 tersebut dapat dijelaskan bahwa pada tahap awal selulosa akan mengalami hidrolisis menjadi monomer-monomer glukosa yang kemudian dihidrogenasi dengan bantuan katalis asam serta diberi tekanan dan temperatur yang tinggi hingga keadaan sangat asam dibawah kondisi kritis. Sedangkan pada kondisi dan temperatur yang lebih ekstrim lagi (400 °C) dapat dihasilkan gas seperti CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub> (Arai *et al.*, 2004).

## B. Selulosa

Selulosa adalah polisakarida yang terdapat dalam tumbuhan dengan rumus empiris (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>. Selulosa juga merupakan biomassa yang paling berlimpah di alam, sekitar 40 – 50% terkandung dalam kayu atau dinding sel tanaman (Fukuoka *et al.*, 2011). Struktur kimianya terdiri dari glukosa anhidrat yang dihubungkan oleh ikatan –1,4-glikosidik yang ditunjukkan dalam Gambar 5.



**Gambar 5.** Struktur Selulosa (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Selain itu, selulosa juga banyak ditemukan pada limbah hasil pertanian seperti 58% pada sekam padi; 56% pada kulit batang sagu; 44,9% pada tongkol jagung; 40 – 45% pada kayu keras; 38 – 49% pada kayu lunak; 36 – 42% pada tandan kosong kelapa sawit; 33 – 38% pada rumput esparto; 32 – 44% pada ampas tebu; 29 – 37% pada jerami gandum; 28 – 36% pada jerami padi dan sekitar 26 – 43% pada bambu (Akgul and Kirci, 2009). Karakteristik selulosa yaitu tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan memiliki beberapa sifat yang menarik seperti, kekuatan mekanik, biokompatibilitas, hidrofilitas, stabilisasi termal, dan kapasitas penyerapan tinggi (Klemm, 1998).

Selulosa dapat dimanfaatkan untuk produksi gula alkohol seperti sorbitol, manitol, dan xylitol dengan bantuan katalis. Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya mengenai konversi selulosa menjadi gula alkohol. Pada penelitian yang dilakukan oleh Lee *et al.*, (2011) dapat menghasilkan sorbitol dengan rendemen 71,1% dari konversi selulosa menggunakan katalis yang mengandung gugus sulfonat dan nanopartikel Ru. Kemudian Fukuoka *et al.*, (2006) melakukan konversi selulosa menjadi sorbitol dengan rendemen 32% dan manitol dengan rendemen 6,6% menggunakan katalis Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

### C. Nanokatalis $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$

Nanosains dapat diartikan sebagai kajian fenomena dan manipulasi bahan pada skala atom, molekular dan makromolekul dimana sifat berbeda nyata pada skala yang lebih besar. Jenis-jenis produk yang dapat dihasilkan dari nanostruktur yaitu seperti *clusters*, *quantum dots*, nanokristal, *nanowires*, dan *nanotubes* (Rao *et al.*, 2004). Sedangkan, nanopartikel didefinisikan sebagai partikulat yang terdispersi atau partikel-partikel padatan dengan ukuran partikel berkisar 10 – 100 nm yang dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses sintesis oleh manusia (Mohanraj and Chen, 2006). Material nanopartikel menarik perhatian para peneliti karena dapat menunjukkan sifat fisika dan kimia yang spesifik dibanding dengan bulk materialnya, seperti kekuatan mekanik, elektronik, magnetik, kestabilan termal, katalitik dan optik (Deraz *et al.*, 2009).

Material nanopartikel menunjukkan potensi sebagai katalis karena material nanopartikel memiliki luas permukaan yang besar dan rasio-rasio atom yang tersebar secara merata pada permukaannya. Sifat ini menguntungkan untuk transfer massa di dalam pori-pori dan juga interaksi antar permukaan yang besar untuk reaksi-reaksi adsorpsi dan katalitik (Widegren *et al.*, 2003). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Qi dan Wang (2002), jika perbandingan ukuran atom terhadap partikel tersebut kurang dari 0,1 maka, gaya kohesi mulai menurun sehingga dapat menurunkan titik leleh. Nanda *et al.*, (2003) telah melaporkan bahwa energi dari permukaan nanopartikel lebih tinggi daripada ukuran bulk dari material tersebut.



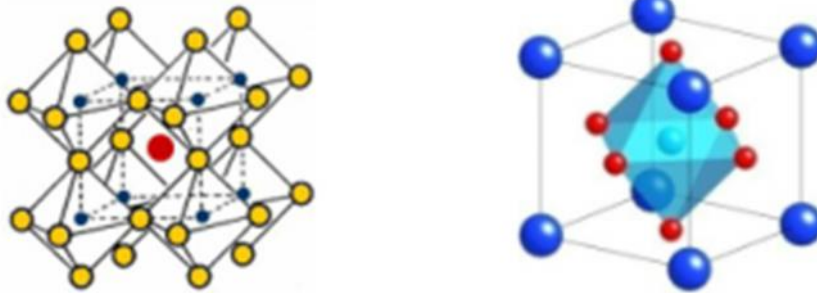
Katalis menurut Berzelius didefinisikan sebagai suatu senyawa yang dapat meningkatkan laju dari suatu reaksi kimia (Stoltze, 2000). Katalis dapat mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi. Penurunan energi aktivasi tersebut terjadi akibat interaksi antara katalis dengan reaktan. Katalis menyediakan situs-situs aktif yang berperan dalam proses reaksi yang berasal dari logam.

Logam-logam tersebut umumnya adalah logam transisi yang menyediakan orbital d kosong atau elektron tunggal yang akan disumbangkan pada molekul reaktan sehingga terbentuk ikatan baru dengan kekuatan ikatan tertentu (Campbell, 1998).

Secara umum, katalis dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Pada katalis homogen, katalis dan reaktan berada dalam fasa yang sama. Sedangkan untuk katalis heterogen, katalis dan reaktan berada pada fasa yang berbeda. Proses katalitik heterogen dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu reaksi reduksi-oksidasi (redoks), dan reaksi asam-basa. Reaksi redoks berperan dalam pemecahan ikatan secara homolitik pada molekul-molekul reaktan dan menghasilkan elektron tak berpasangan, kemudian membentuk ikatan secara homolitik dengan katalis melibatkan elektron dari katalis. Sedangkan reaksi asam-basa berperan dalam pembentukan ikatan heterolitik antara reaktan dan katalis melalui penggunaan pasangan elektron bebas dari katalis atau reaktan (Li, 2005).

Struktur fasa kristalin dari katalis dalam penelitian ini yaitu *perovskite*. *Perovskite* oksida dievaluasi dalam berbagai reaksi katalitik misalnya, oksidasi hidrokarbon senyawa oksigen atau halokomponen hidrogenasi CO atau CO<sub>2</sub>, hidrogenolisis

hidrokarbon, proses fotokatalitik dan elektrokatalitik (Pena *et al.*, 2007). Contoh struktur umum dari *perovskite* ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Struktur umum *perovskite*  $ABO_3$  (Navrotsky *et al.*, 1989).

Substitusi parsial dapat dilakukan dengan mengacu pada rumus  $A_{1-x}A'_x B_{1-y}B'_y O_3$  (Royer *et al.*, 2005). Substitusi parsial pada kation  $La^{3+}$  telah banyak dilakukan baik dengan kation yang bervalensi sama maupun berbeda, seperti  $Sr^{2+}$  (Wei *et al.*, 2008),  $Ca^{2+}$  (Merino *et al.*, 2005), dan  $Ce^{4+}$  (Bialobok *et al.*, 2007). Contoh dari pemanfaatan nanokatalis dalam pembuatan gula alkohol yang digunakan oleh peneliti-peneliti sebelumnya yaitu seperti konversi selulosa menjadi sorbitol menggunakan nanokatalis Ru/AC-SO<sub>3</sub>H dan diperoleh rendemen sebesar 71,1 % pada temperatur reaksi 165°C (Lee and Han, 2012). Selanjutnya Fukuoka *et al.*, (2011) dengan katalis logam Pt(N)/BP2000 menghasilkan sorbitol sebesar 39% dan manitol sebesar 4% dengan waktu 24 jam pada temperatur reaksi 190°C. Pada penelitian yang dilakukan oleh Palkovits *et al.*, (2011) berhasil mengubah selulosa menjadi xilytol sebesar 11,3% menggunakan katalis Ru/C pada suasana asam (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) selama 3 jam pada temperatur reaksi 160 °C.

Sedangkan, Kahar (2015) dalam penelitiannya menggunakan nanokatalis  $\text{LaCrO}_3$  untuk mengkonversi selulosa dengan temperatur reaksi  $140\text{ }^\circ\text{C}$  selama 6 jam, yang mampu menguraikan selulosa sebanyak 16,66% dan menghasilkan gula alkohol berupa sorbitol dan manitol. Pada penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Sari (2016) dengan menggunakan  $\text{LaCr}_{0.7}\text{Mo}_{0.3}\text{O}_3$  sebagai nanokatalis dapat mengkonversi selulosa menjadi manitol dengan hasil terbaik yang didapatkan pada temperatur reaksi  $140\text{ }^\circ\text{C}$  dengan temperatur kalsinasi  $700\text{ }^\circ\text{C}$ .

Logam Mo merupakan unsur transisi dari golongan VIB pada Sistem Periodik Unsur yang mempunyai sifat relatif inert atau sedikit bereaksi dengan larutan asam dan alkali. Kemampuan logam Mo dalam mengkatalisis reaksi sangat berkaitan dengan keberadaan elektron pada orbital d yang berinteraksi dengan keadaan elektronik orbital s dan p yang terdekat, sehingga timbul keadaan elektronik berenergi rendah dalam jumlah yang besar dan orbital kosong yang sangat ideal untuk reaksi katalis (Yusnani, 2008). Kestabilan katalis *perovskite* bergantung pada dua faktor yaitu kestabilan fasa aktif, sebagai fungsi kestabilan komponen oksida dan permukaan sintering mengakibatkan hilangnya situs aktif (Kirchnerova and Klavana, 1999).

#### **D. Preparasi Katalis**

Metode preparasi katalis adalah suatu metode yang dilakukan dengan mendistribusikan logam aktif katalis pada permukaan penyangga dengan cara yang efisien. Dalam hal ini diharapkan terbentuk dispersi yang tinggi untuk mendapatkan luas permukaan spesifik yang besar dan aktivitas yang maksimal. Pemilihan metode

preparasi yang tepat akan memberikan karakteristik katalis yang diinginkan seperti mempunyai aktivitas, selektivitas dan stabilitas yang tinggi. Tujuan utama dari metode preparasi katalis adalah mendapatkan struktur definit, stabil, mempunyai luas permukaan yang tinggi dan situs aktif yang lebih terbuka, sedangkan penggunaan pendukung seperti pelarut dilakukan untuk lebih memberikan peluang kepada fasa aktif dalam reaksi dan mendistribusikan secara homogen pada permukaan penyangga.

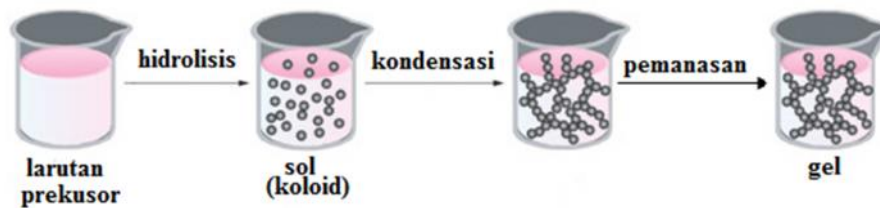
## **1. Sol-gel**

Banyak metode yang telah dikembangkan untuk preparasi material nanopartikel, salah satunya metode sol-gel. Metode sol-gel adalah proses pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah, dimana dalam proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair yang kontinu (gel). Prinsip kerja dari metode ini adalah hidrolisis garam logam menjadi sol, yang kemudian akan mengalami kondensasi membentuk gel (Paveena *et al.*, 2011). Preparasi katalis heterogen dengan proses sol-gel melibatkan tahapan pembentukan sol dan kemudian menjadi gel. Sol-gel adalah suatu suspensi koloid dari partikel yang digelkan ke bentuk padatan. Sol dapat diartikan juga sebagai suspensi cair dari partikel padat dengan ukuran 1 nm – 1 mikron, yang dapat diperoleh dari hidrolisis dan kondensasi parsial prekursor seperti sebuah garam anorganik atau logam. Proses sol-gel melibatkan transisi menggunakan prinsip pada sistem dari fasa sol menjadi fasa gel yang didasarkan pada kemudahan dalam mencampurkan satu atau dua logam aktif secara bersamaan dalam prekursor katalis.

Adapun keuntungan yang diperoleh dari proses preparasi katalis dengan menggunakan metode sol-gel adalah sebagai berikut :

- a. Daya dispersi tinggi dari spesi aktif yang tersebar secara homogen pada permukaan katalis.
- b. Tekstur pori yang dihasilkan memberikan kemudahan untuk berdifusi dari reaktan menuju ke situs aktif.
- c. Luas permukaan tinggi.
- d. Peningkatan stabilitas termal (Lambert and Gonzalez, 1998).

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada metode sol-gel ini meliputi hidrolisis, kondensasi, pematangan, dan pengeringan yang ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Tahapan preparasi dengan metoda sol gel (Ali *et al.*, 2010).

Keunggulan lainnya yang dapat diperoleh dari metode sol-gel yaitu seperti, prosesnya yang berlangsung pada temperatur rendah, bisa diaplikasikan dalam segala kondisi (*versatile*). Selain itu, pada proses sol-gel tidak terjadi reaksi dengan senyawa sisa, kehilangan bahan akibat penguapan dapat diperkecil, dan mengurangi pencemaran udara (Delfinas, 2014).

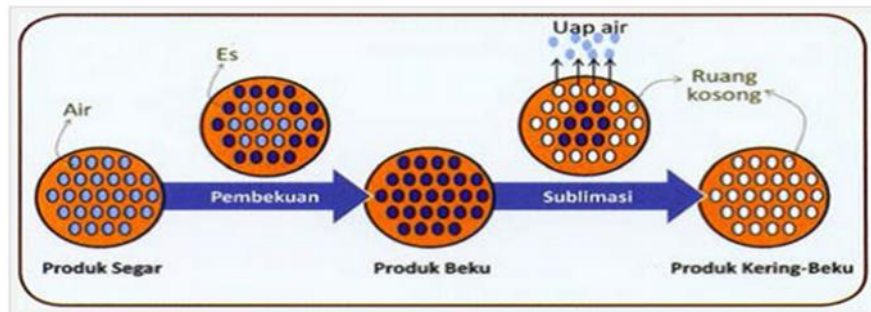
## 2. Pengeringan Beku (*Freeze Drying*)

Pengeringan beku dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut *Freeze Dryer* yaitu suatu alat pengeringan yang termasuk ke dalam pengeringan tak langsung (*conduction dryer/indirect dryer*) karena proses perpindahan terjadi secara tidak langsung antara bahan basah dan media pemanas terdapat dinding pembatas sehingga air dalam bahan basah (lembab) akan menguap tanpa terbawa bersama media pemanas. Pada proses preparasi katalis, metode pengeringan beku berperan untuk menghilangkan air hidrat dalam rongga bahan katalis tanpa merusak struktur jaringan bahan tersebut. Untuk proses pengeringan menggunakan *freeze dryer*, menurut Muchtadi (1992), sampel yang akan dikeringkan terlebih dahulu dibekukan agar air yang terperangkap diubah menjadi kristal-kristal es. Selanjutnya pengeringan dilakukan menggunakan tekanan rendah agar kandungan air yang sudah menjadi kristal kristal es akan langsung tervakum dan terbuang menjadi uap, dikenal dengan istilah sublimasi.

Dasar sublimasi ini melibatkan absorpsi panas oleh sampel beku guna menguapkan air, pemindahan dan pengumpulan uap air ke dalam suatu kondensor, menghilangkan panas sebagai akibat pembentukan es dari kondensor dengan sistem refrigerator, terjadi keseimbangan antara panas yang diabsorpsi oleh sampel untuk menguapkan air dan memindahkan panas dari kondensor untuk mengubah uap air menjadi es. Pada hakekatnya, proses pengeringan beku adalah keseimbangan antara panas yang diabsorpsi oleh sampel untuk menguapkan air dan memindahkan panas dari kondensor untuk mengubah uap air menjadi es. Efisiensi pengeringan beku

bergantung pada luas permukaan dan ketebalan sampel, temperatur kondensor dan tekanan yang diperoleh, dan konsentrasi terlarut dari sampel.

Semakin tebal sampel, maka semakin besar kemungkinan lapis kering rusak yang menyebabkan bertambahnya penurunan laju pengeringan beku. Luas permukaan dan ketebalan sampel biasanya dapat diabaikan ketika tiap sampel terdiri dari beberapa mililiter (mL). Adapun mekanisme kerja pengeringan beku (*Freeze Drying*) ini ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Mekanisme kerja *Freeze Drying* (Phariyadi, 2013).

Keunggulan pengeringan menggunakan alat *freeze dryer* dibandingkan metode lainnya, antara lain adalah :

- a. Dapat mempertahankan stabilitas produk dan struktur bahan (menghindari pengkerutan bentuk, perubahan aroma, dan warna).
- b. Dapat meningkatkan daya rehidrasi (hasil pengeringan sangat berongga sehingga daya rehidrasi sangat tinggi dan dapat kembali ke sifat fisiologis, dan bentuk fisik yang hampir sama dengan sebelum pengeringan).
- c. Hasilnya homogen, murni, dengan ukuran partikel dapat diproduksi kembali serta memiliki aktivitas yang seragam (Bermejo *et al.*, 1995).

### **3. Kalsinasi**

Proses kalsinasi merupakan pemanasan zat padat dibawah titik lelehnya untuk menghasilkan keadaan dekomposisi termal yang dilakukan secara bertahap dengan laju dan derajat kenaikan yang konstan. Kalsinasi diperlukan sebagai penyiapan serbuk untuk proses lebih lanjut dan memperoleh ukuran partikel yang optimum dengan menggunakan senyawa dalam bentuk garam atau dihidrat menjadi oksida, membentuk fase kristal.

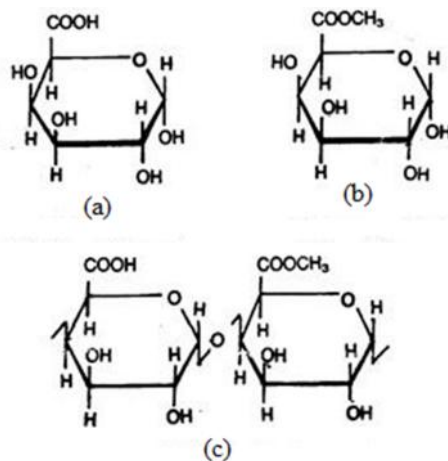


Hal-hal yang terjadi pada proses kalsinasi yang digunakan dalam preparasi katalis yaitu sebagai berikut :

- a. Dekomposisi komponen prekursor pada pembentukan spesi oksida. Proses pertama terjadi pelepasan air bebas ( $H_2O$ ) dan terikat ( $OH$ ) yang berlangsung pada suhu diantara  $100^{\circ}C$  dan  $300^{\circ}C$ .
- b. Pelepasan gas  $CO_2$  berlangsung pada suhu sekitar  $600^{\circ}C$ , akan terjadi pengurangan berat secara berarti dan terjadi reaksi antara oksida yang terbentuk dengan penyangga.
- c. Sintering komponen prekursor. Pada proses ini struktur kristal sudah terbentuk namun ikatan di antara partikel serbuk belum kuat dan mudah lepas (Pinna, 1998).

## **E. Pektin**

Pektin adalah senyawa polisakarida kompleks yang terdapat dalam dinding sel tumbuhan dan dapat ditemukan dalam berbagai jenis tanaman pangan. Sumber pektin dapat diperoleh pada buah-buahan seperti kulit jeruk (25 – 30%), kulit apel kering (15 – 18%), bunga matahari (15 – 25%) dan bit gula (10 – 25%) (Ridley *et al.*, 2001). Struktur pektin ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 9.** (a) Asam  $\alpha$ -galakturonat, (b) Metil  $\alpha$ -galakturonat, (c) Pektin (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Pektin tidak dapat larut dalam alkohol dan aseton. Sifat penting pektin adalah kemampuannya untuk membentuk gel. Kandungan metoksi pada pektin mempengaruhi sifat kelarutannya. Kadar metoksi merupakan jumlah metanol di dalam 100 mol asam galakturonat. Kadar metoksi berperan dalam menentukan sifat fungsional dan mempengaruhi struktur serta tekstur dari gel pektin (Constenla and Lozano, 2003). Pektin dengan kadar metoksi tinggi (7 – 9%) akan mudah larut di dalam air serta membentuk gel dengan gula dan asam pada konsentrasi gula 58 – 70%, sedangkan pektin dengan kadar metoksi rendah (3 – 6%) mudah larut di dalam alkali dan asam oksalat serta tidak mampu membentuk gel dengan asam dan gula tetapi dapat membentuk gel dengan adanya ion-ion kalsium. Pembentukan gel terjadi melalui ikatan hidrogen di antara gugus karboksil bebas dan di antara gugus hidroksil (Chaplin, 2006). Pektin bersifat asam dan koloidnya bermuatan negatif karena adanya gugus karboksil bebas.

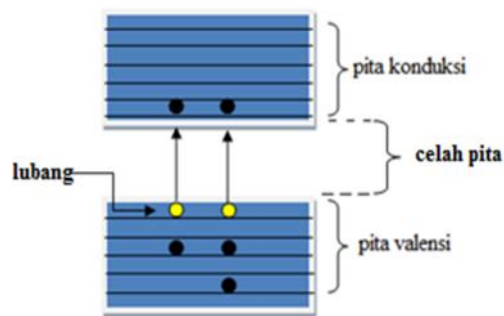
Larutan 1% pektin yang tidak ternetralkan akan memberikan pH 2,7 – 3,0. Larutan pektin stabil pada pH 2 – 4, viskositas dan kekuatan gelnnya akan berkurang karena terjadi depolimerisasi rantai pektin. Pada penelitian ini, pektin digunakan sebagai pengkhelat yang dapat mengikat ion logam pada preparasi katalis.

#### **F. Prinsip Reaksi Fotokatalitik**

Reaksi fotokatalitik adalah reaksi yang berlangsung karena pengaruh cahaya dan katalis secara bersamaan. Katalis dalam proses ini disebut sebagai fotokatalis karena memiliki kemampuan dalam menyerap energi foton. Suatu bahan dapat dijadikan fotokatalis jika memiliki daerah energi kosong yang disebut celah pita energi. Dari pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa fotokatalitik adalah suatu proses transformasi kimia yang melibatkan unsur cahaya dan katalis sekaligus dalam melangsungkan dan mempercepat proses transformasi yang terjadi. Secara umum, fotokatalitik terbagi menjadi dua jenis, yaitu fotokatalik homogen dan fotokatalik heterogen. Fotokatalitik homogen adalah reaksi fotokatalitik dengan bantuan oksidator seperti ozon dan hidrogen peroksida, sedangkan fotokatalitik heterogen merupakan teknologi yang didasarkan pada irradiasi sinar UV pada semikonduktor (Qodri, 2011).

Contoh proses fotokatalitik menggunakan semikonduktor dengan penyinaran yang sesuai yaitu seperti pada  $\text{TiO}_2$  yang disinari lampu UV pada panjang gelombang di bawah 365 nm, telah diketahui menjadi proses yang lebih maju dan menarik

perhatian luas dalam berbagai aplikasi lingkungan untuk mendekomposisi kontaminan organik menjadi spesies anorganik yang lebih sederhana (Hoffman, *et al.*, 1995). Proses fotokatalitik heterogen pada bahan semikonduktor diawali dengan fotoeksitasi akibat cahaya yang mengenai bahan semikonduktor. Cahaya tersebut memiliki energi yang lebih besar daripada energi celah pita semikonduktor, sehingga terjadi transfer elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan menghasilkan *hole* ( $h^+$ ) pada pita valensi. Jadi pada proses ini dihasilkan elektron pada pita konduksi dan *hole* pada pita valensi. Daerah energi dari semikonduktor ditunjukkan pada Gambar 10.



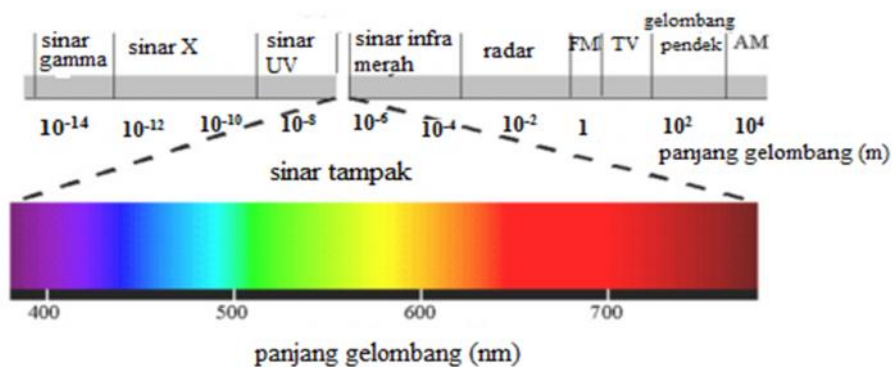
**Gambar 10.** Daerah energi dari semikonduktor (Licciulli and Lisi, 2002).

Mekanisme fotokatalitik yang terjadi yaitu pembentukan radikal  $\text{OH}^\cdot$  dan oksida anion dari oksigen. Ketika fotokatalis mengabsorpsi cahaya dengan panjang gelombang tertentu, maka fotokatalis akan memperoleh energi yang digunakan untuk eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Setelah terjadi eksitasi elektron, maka dihasilkan *hole* pada pita valensi yang dapat memecah air dan membentuk hidroksi radikal. Dimana hidroksi radikal tersebut bereaksi dengan molekul organik

yang nantinya akan terpecah menjadi senyawa intermediet dan mengalami reaksi lebih lanjut (Litter, 1999). Proses keseluruhan yang terjadi pada reaksi katalisis heterogen menurut Fogler (1999), baik yang diaktivasi secara termal (katalisis konvensional) maupun yang diaktivasi dengan cahaya (fotokatalisis) adalah sebagai berikut:

1. Transfer massa reaktan dalam fase fluida (cair atau gas) ke permukaan katalis.
2. Adsorpsi reaktan ke permukaan katalis.
3. Reaksi dalam fase teradsorpsi.
4. Desorpsi produk dari permukaan.
5. Pemindahan produk (transfer massa) dari daerah antar permukaan (interfasa).

Sinar tampak merupakan sinar yang paling banyak terdapat dalam sinar matahari (50%), sedangkan sinar UV hanya terdapat sekitar 5% dalam sinar matahari. Sinar tampak memiliki panjang gelombang berkisar antara 400 – 800 nm, sedangkan sinar UV memiliki panjang gelombang < 300 nm, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Spektrum sinar dan panjang gelombang (Licciulli and Lisi, 2002).

Semikonduktor dengan band gap yang besar ( $\sim 3$  eV) kurang berespon terhadap sinar tampak/matahari, hal itu karena semikonduktor hanya peka terhadap UV yang memiliki panjang gelombang lebih kecil daripada sinar tampak ( $< 400$  nm). Adapun pemanfaatan fotokatalis yang saat ini masih dikembangkan yaitu untuk mendegradasi zat warna, degradasi molekul organik, dan penguraian limbah. Namun, kemungkinan juga dapat dimanfaatkan untuk konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol.

## **G. Karakterisasi Katalis**

Karakterisasi katalis meliputi sifat fisik dan sifat kimia. Karakterisasi fisik antara lain adalah luas permukaan, volume pori, diameter pori, kekerasan dan distribusi logam.

Karakterisasi kimia antara lain adalah jumlah kandungan logam, keasaman, kristalinitas dan ikatan kimia. Pada penelitian ini hanya karakterisasi kimia yang ditinjau yaitu kristalinitas dan keasaman dari katalis yang dibuat. Tujuan dari karakterisasi ini adalah untuk mengontrol kualitas katalis setelah preparasi.

### **1. Analisis Keasaman Katalis**

Tujuan dilakukannya analisis keasaman adalah untuk mengetahui jumlah dan jenis situs asam yang terkandung dalam katalis. Metode gravimetri digunakan untuk menentukan jumlah situs asam dengan cara mengadsorpsi basa adsorbat dalam fasa gas pada permukaan katalis (ASTM, 2005). Sedangkan untuk menentukan jenis situs asam yang terikat pada katalis yaitu dengan analisis menggunakan spektroskopi

inframerah (FTIR) pada katalis yang telah mengadsorpsi basa adsorbat (Seddigi, 2002).

#### a. Metode Gravimetri

Metode gravimetri digunakan untuk menentukan jumlah situs asam yang terkandung dalam katalis yang didasarkan pada selisih berat katalis sebelum dan sesudah mengadsorpsi basa. Umumnya, basa piridin dan ammonia adalah basa yang sering digunakan dalam analisis gravimetri (Richardson, 1989). Penggunaan piridin sebagai basa adsorbat berfungsi untuk menentukan jumlah situs asam yang terdapat pada permukaan katalis, hal ini terjadi karena ukuran molekul piridin yang relatif besar sehingga hanya dapat teradsorpsi pada permukaan katalis (Rodiansono *et al.*, 2007).

Banyaknya mol basa yang teradsorpsi pada cuplikan dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Keasaman} = \frac{(w_3 - w_2)}{(w_2 - w_1)BM} \times 1000 \text{ mmol}$$

Keterangan :

- $w_1$  : Berat wadah kosong
- $w_2$  : Berat wadah berisi sampel
- $w_3$  : Berat wadah berisi sampel yang telah mengadsorpsi piridin
- BM : Berat molekul piridin

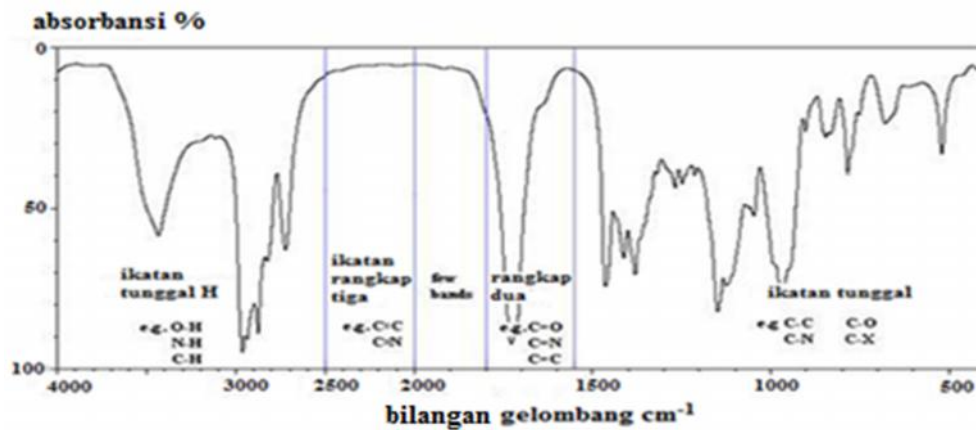
### **b. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)***

Langkah selanjutnya dalam karakterisasi katalis adalah analisis menggunakan *Fourier Transform Infra Red*. FTIR merupakan suatu metode analisis yang mengamati interaksi antar atom-atom dalam molekul berdasarkan perubahan vibrasi-vibrasi yang terbentuk pada saat sampel teradsorpsi dengan energi khusus dan dilewati oleh sinar inframerah (Ayyad, 2011). Intensitas absorpsi bergantung pada seberapa efektif energi foton inframerah dipindahkan ke molekul, yang dipengaruhi oleh perubahan momen dipol yang terjadi akibat vibrasi molekul (Tullinet *al.*, 1999). Sinar inframerah adalah sinar yang berada pada jangkauan panjang gelombang 2,5 – 25  $\mu\text{m}$  atau jangkauan frekuensi 2000 – 400  $\text{cm}^{-1}$ , yang berguna untuk mengidentifikasi gugus fungsional.

Prinsip kerja dari analisis FTIR adalah penyerapan radiasi elektromagnetik oleh gugus-gugus fungsi tertentu dengan energi vibrasi dalam bentuk spektrum. Mula-mula sinar dari sumber laser dipantulkan melewati plat pemecah sinar, sedangkan sinar dari sumber IR dipantulkan melalui cermin lalu kembali melewati plat pemecah berkas. Kemudian kedua sinar ini dipantulkan kembali melewati cermin, lalu berkas cahaya diteruskan melalui lintasan optik sebelum dipantulkan dengan cermin. Setelah itu, berkas cahaya akan melewati sampel dan dipantulkan, kemudian dilakukan pembacaan pada detektor yang mengubah energi panas menjadi energi listrik. Instrumen FTIR menggunakan sistem yang disebut dengan interferometer untuk mengumpulkan spektrum. Interferometer terdiri atas sumber



radiasi, pemisah berkas, dua buah cermin, laser dan detektor. Hasil yang diperoleh dari pembacaan detektor berupa spektrum seperti Gambar 12.



**Gambar 12.** Puncak-puncak serapan senyawa organik pada spektrum FTIR (Pavia *et al.*, 1979).

Karakterisasi sifat keasaman katalis dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman dari katalis yang telah dibuat. Pada situs asam Brønsted-Lowry, piridin akan berinteraksi dengan situs asam melalui ikatan hidrogen membentuk ion piridinium dan ditandai dengan puncak hasil serapan pada bilangan gelombang  $1485 - 1500 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1620 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $\sim 1640 \text{ cm}^{-1}$ , sedangkan pada situs asam Lewis, piridin akan berinteraksi secara koordinasi dengan situs aktif (logam transisi) yang akan bertindak sebagai spesies asam Lewis dengan menerima pasangan elektron dari piridin dan ditandai dengan puncak hasil serapan pada bilangan gelombang  $1447 - 1460 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1488 - 1503 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1580 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $1600 - 1633 \text{ cm}^{-1}$  (Tanabe, 1981).

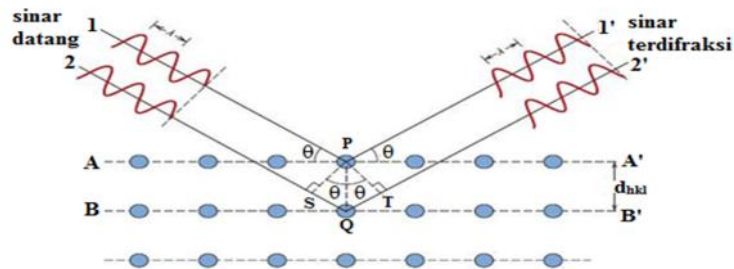
Asam menurut Brønsted-Lowry, adalah spesies yang dapat menyumbangkan proton atau lebih sering disebut donor proton dan basa adalah spesies yang dapat menerima proton (akseptor proton). Sedangkan asam menurut Lewis adalah, spesies yang dapat menerima pasangan elektron (akseptor elektron) dan basa adalah spesies yang dapat menyumbangkan pasangan elektron (donor elektron).

## 2. Analisis Struktur Katalis

Karakterisasi struktur kristal dan fasa kristalin dapat ditentukan dengan alat *X-Ray Diffraction* (XRD). Penampakan tiga dimensi suatu bahan bukan amorf diperlihatkan secara jelas dan teratur berdasarkan pengulangan lapisan permukaan atom yang membentuk kisi kristal. Ketika berkas sinar-X berinteraksi dengan lapisan permukaan kristal, maka sebagian sinar-X akan ditransmisikan, diserap, direfleksikan dan sebagian lagi dihamburkan serta didifraksikan. Pola difraksi yang dihasilkan analog dengan pola difraksi cahaya pada permukaan air yang menghasilkan sekelompok pembiasan (Cullity, 1956).

Sinar-X dihasilkan di suatu tabung sinar katode dengan pemanasan kawat pijar untuk menghasilkan elektron-elektron yang kemudian akan dipercepat terhadap target dengan memberikan suatu voltase, dan menembakkan elektron pada target. Sinar datang yang menumbuk pada titik pada bidang pertama dan dihamburkan oleh atom P. Sinar datang yang kedua menumbuk bidang berikutnya dan dihamburkan oleh atom Q, sinar ini menempuh jarak  $SQ + QT$  bila dua sinar tersebut paralel dan

satu fasa (saling menguatkan). Mekanisme terjadinya tumbukan antara elektron dan target ditunjukkan pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD (Callister and Rethwisch, 2009).

Metode yang sering digunakan untuk menganalisa struktur kristal adalah metode *Scherrer*. Metode ini bukan memprediksi ukuran partikel melainkan ukuran kristalin dalam material yang ditentukan berdasarkan pelebaran puncak difraksi sinar-X yang muncul. Untuk partikel berukuran nanometer, biasanya satu partikel hanya mengandung satu kristalites. Dengan demikian, ukuran kristalinitas yang diprediksi dengan metode *Scherrer* juga merupakan ukuran partikel. Berdasarkan metode ini, makin kecil ukuran kristalites maka makin lebar puncak difraksi yang dihasilkan. Menurut hukum *Bragg*, ketika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang yang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor, kemudian diterjemahkan sebagai puncak difraksi. Semakin banyak bidang kristal yang sama dalam sampel, semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD

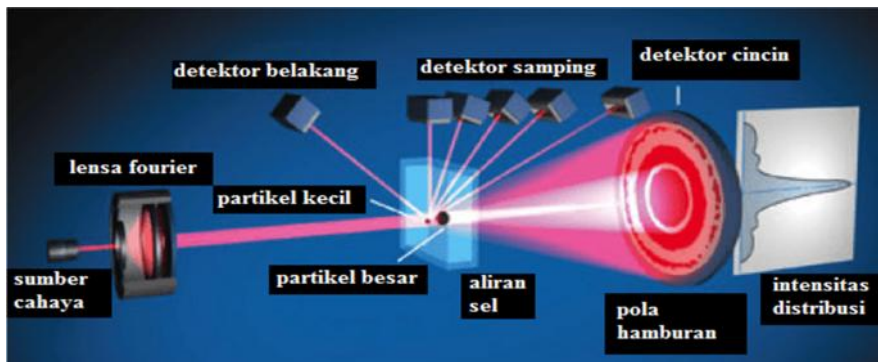
mewakili satu puncak bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi (Chorkendroff and Niemantsverdriet, 2003).

### **3. Analisis Distribusi Ukuran Partikel**

Analisis distribusi ukuran partikel dalam suatu material dalam bentuk padat ataupun cair dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Particle Size Analyzer* (PSA).

Mekanisme kerja PSA didasarkan pada metode *Dinamyc Light Scattering* (DLS), dimana pada metode ini memanfaatkan hamburan inframerah yang ditembakkan oleh alat ke sampel sehingga sampel akan merespon dengan menghasilkan gerak *Brown*. Gerak *Brown* adalah suatu gerak acak dari partikel yang sangat kecil dalam cairan yang terjadi akibat benturan dengan molekul-molekul yang ada dalam zat cair. Dalam hal ini gerak *Brown* yang akan dianalisis, karena semakin kecil ukuran partikel maka semakin cepat gerakannya.

Metode DLS cocok untuk menentukan partikel berukuran nanometer dan biomaterial, dengan kisaran ukuran partikel yang dapat dianalisis yaitu diantara 0,1 nm hingga 10  $\mu\text{m}$ . Distribusi ukuran partikel dianalisis dan diolah menggunakan statistik distribusi dengan parameter mean (ukuran rata-rata), median (nilai tengah) dan modulus (ukuran dengan frekuensi tinggi) (Rawle, 1993). Skema hamburan sinar laser dari PSA ditunjukkan pada Gambar 14.



**Gambar 14.** Skema hamburan sinar pada PSA (Etzleret *al.*, 2004).

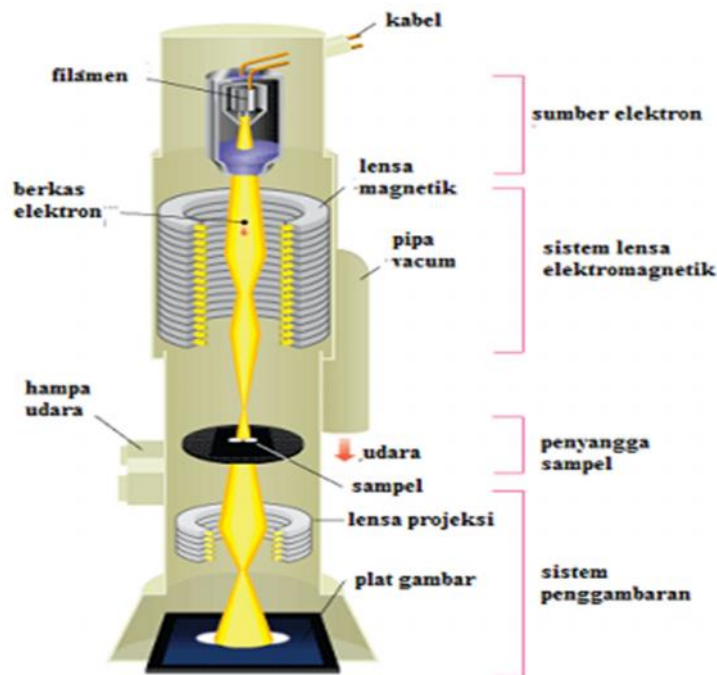
Sampel yang akan dianalisis dimasukkan kedalam suspensi yang telah diinduksi oleh penambahan molekul pelarut, sehingga menyebabkan partikel dari material akan bergerak bebas secara acak dan bersamaan dengan molekul pelarut, hal ini didasarkan pada aturan gerak *Brown*. Ketika partikel yang bergerak ditembakkan cahaya maka kecepatan gerak partikel akan berfluktuasi, karena adanya intensitas cahaya yang dihamburkan oleh partikel tersebut. Kecepatan gerak ini bergantung pada besarnya ukuran partikel. Pada prinsip pengukuran yang dilakukan menunjukkan bahwa partikel-partikel yang lebih kecil akan bergerak lebih cepat daripada partikel-partikel yang lebih besar (Skoog *et al.*, 1992).

#### 4. Analisis Morfologi Permukaan Katalis

Untuk mempelajari morfologi permukaan katalis dapat menggunakan instrumentasi *Transmission Electron Microscopy* (TEM). TEM adalah alat untuk mengamati bentuk, struktur serta distribusi pori padatan. Prinsip kerja TEM sama seperti proyektor slide dimana elektron ditransmisikan ke dalam objek pengamatan dan hasilnya diamati

melalui layar (Liu *et al.*, 2009). Mekanisme kerjanya yaitu pistol elektron berupa lampu tungsten dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi (100-300 kV) ditransmisikan pada sampel yang tipis, pistol akan memancarkan elektron secara termionik maupun emisis medan magnet ke sistem vakum. Interaksi antara elektron dengan medan magnet menyebabkan elektron bergerak sesuai aturan tangan kanan, sehingga memungkinkan elektromagnet untuk memanipulasi berkas elektron. Penggunaan medan magnet akan membentuk sebuah lensa magnetik dengan kekuatan fokus variabel yang baik.

Selain itu, medan elektrostatik dapat menyebabkan elektron didefleksikan melalui sudut yang konstan. Dua pasang defleksi yang berlawanan arah dengan intermediat gap akan membentuk arah elektron yang menuju lensa yang selanjutnya dapat diamati melalui layar (Bendersky *et al.*, 2001). Skema alat TEM pada Gambar 15.



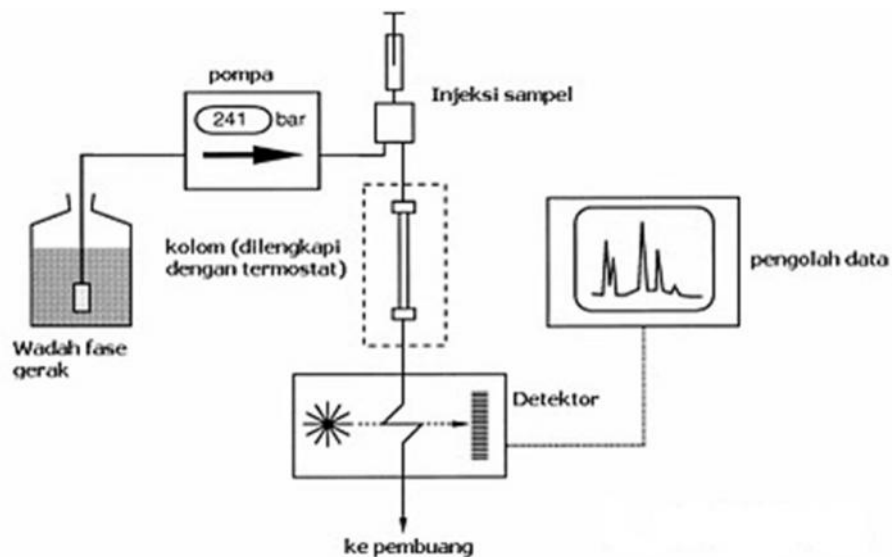
**Gambar 15.** Skema alat *Transmission Electron Microscope* (Krumeich, 2016).

Analisis TEM juga dapat melihat perbesaran dengan resolusi tinggi hingga diatas perbesaran 500000 kali. Analisis ini dapat melihat perbesaran sampai kristal ataupun kolom atom suatu molekul sehingga penglihatan perbesaran dapat dilakukan secara tembus gambar. Karakterisasi TEM dapat meningkatkan penggambaran sehingga jika terjadi penumpukan pada perbesaran sampel tetap dapat dilihat ukuran dan bentuknya (Harahap, 2012).

## 5. Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)

Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) dikembangkan pada akhir tahun 1960-an dan awal tahun 1970-an. KCKT merupakan suatu teknik kromatografi yang menggunakan fasa gerak cair untuk pemisahan sekaligus untuk analisis senyawa

berdasarkan kekuatan atau kepolaran fasa geraknya. Berdasarkan polaritas relatif fasa gerak dan fasa diamnya, KCKT dibagi menjadi dua yaitu fasa normal yang umumnya digunakan untuk identifikasi senyawa nonpolar sehingga fasa gerak yang digunakan kurang polar dibandingkan fasa diam dan fasa terbalik yang umumnya digunakan untuk identifikasi senyawa polar, menggunakan fasa gerak lebih polar dibandingkan fasa diam (Gritter *et al.*, 1991). Prinsip pemisahan senyawa menggunakan KCKT adalah perbedaan distribusi komponen diantara fasa diam dan fasa geraknya. Semakin lama terdistribusi dalam fasa diam maka semakin lama waktu retensinya. Skema alat KCKT ditunjukkan pada Gambar 16.



**Gambar 16.** Skema alat Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (Hasri, 2013).



Menurut Johnson dan Stevenson (1991) instrumentasi KCKT pada dasarnya terdiri dari :

a. Wadah fasa gerak

Wadah fasa gerak berfungsi menampung fasa gerak yang akan dialirkan ke dalam kolom. Biasanya wadah terbuat dari bahan yang inert terhadap fase gerak. Bahan yang umum digunakan adalah gelas dan baja anti karat. Fase gerak yang digunakan harus murni (tidak ada pencemar/kontaminan), dan terbebas dari udara terlarut. Menghindari hasil akhir analisis yang memiliki banyak noise yang menyebabkan data tidak dapat digunakan.

b. Pompa

Pompa berfungsi menggerakkan fasa gerak melalui kolom. Dimana, pompa harus mampu menghasilkan tekanan tinggi sampai 6000 psi (400 atm). Untuk menjamin proses penghantaran fase gerak berlangsung secara tepat, reproduibel, konstan, dan bebas dari gangguan.

c. Injektor

Injektor berfungsi memasukkan cuplikan ke dalam kolom. Pada saat penyuntikan, katup berputar sehingga fasa gerak mengalir melewati keluk sampel dan memasukkan sampel ke pangkal kolom.

d. Kolom

Kolom berfungsi memisahkan masing-masing komponen. Kolom merupakan jantung pada kromatografi. Keberhasilan atau kegagalan analisis dipengaruhi pada pemilihan kolom dan kondisi kerja yang tepat.

e. Detektor

Detektor berfungsi mendeteksi adanya komponen cuplikan dalam aliran yang keluar dari kolom. Terdapat beragam jenis detektor, penggunaannya harus selektif tergantung pada jenis komponen yang akan dipisahkan.

f. Rekorder

Rekorder berfungsi menangkap sinyal elektronik yang dihasilkan detektor, untuk selanjutnya dibaca dalam bentuk peak yang disebut kromatogram. Sample yang mengandung banyak komponen akan mempunyai kromatogram dengan banyak peak. Bahkan tak jarang antar peak saling bertumpuk (overlap).

Mekanisme kerja ringkas dari KCKT yaitu sampel yang dilarutkan dalam solvent dimasukkan ke dalam aliran fasa gerak dengan cara injeksi, di dalam kolom akan mengalami pemisahan komponen dengan adanya interaksi antara analit dengan fase diam. Analit yang interaksinya kurang kuat dengan fase diam akan keluar dari kolom terlebih dahulu. Sedangkan analit yang interaksinya kuat akan keluar lebih lama. Setiap komponen yang keluar dari kolom akan dideteksi oleh detektor kemudian direkam dalam bentuk kromatogram.

Pengukuran analisis untuk fase gerak digunakan akuabides alkohol, kolom yang digunakan SCR-101C, dengan laju alir 1 mL/menit pada suhu 80°C. Hasil yang diperoleh untuk gula alkohol seperti gliserol, xylitol, sorbitol dan manitol kromatogramnya muncul pada waktu retensi kurang dari 5 menit. Untuk monosakarida seperti glukosa dan fruktosa dihasilkan pada rentang waktu retensi antara 5 –10 menit, sedangkan untuk disakarida (sukrosa dan laktosa) dihasilkan pada rentang waktu retensi 10 –15 menit. Hal ini disebabkan karena senyawa-senyawa yang berbeda memiliki waktu retensi yang berbeda. Uji aktivitas pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Larutan baku (sorbitol, manitol, dan xylitol) serta larutan sampel diinjeksikan ke KCKT dilakukan dengan waktu analisis 15 menit.

Untuk mengidentifikasi selulosa yang terkonversi menjadi gula alkohol, akan terlihat berupa data luas area puncak yang diambil dari kromatogram hasil pengukuran tiap larutan. Dari data tersebut, dibuat plot grafik antara luas area puncak (sumbu y) larutan baku terhadap konsentrasi larutan baku (sumbu x), kemudian dibuat persamaan garis linier dari plot menggunakan metode *least square*

Nilai luas area puncak larutan sampel dibandingkan dengan persamaan *least square* yang diperoleh untuk mendapatkan nilai konsentrasi larutan sampel. Jika dilakukan pengenceran larutan sampel maka nilai konsentrasi larutan sampel dikalikan dengan faktor pengenceran. Perhitungan konsentrasi sampel :

$$C = \frac{(\text{Area} - a)}{b} \times Fp$$

Keterangan :

- C : Konsentrasi selulosa dalam sampel (ppm)  
Area : Luas area puncak untuk larutan sampel  
a : Koefisien regresi untuk variabel y (variabel terikat)  
b : Koefisien regresi untuk variabel x (variabel bebas)  
Fp : Faktor pengenceran

(Amalia, 2013).

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

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

Pada penelitian ini, preparasi katalis dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Analisis keasaman dilakukan di Laboratorium Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) Batan Serpong. Analisis struktur katalis dan analisis distribusi ukuran partikel dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian Bogor. Sedangkan untuk analisis morfologi permukaan dilakukan di Laboratorium TEM Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada, serta analisis hasil uji aktivitas katalis dilakukan di Laboratorium Politeknik AKA Bogor. Penelitian ini dilakukan dari Februari 2017 sampai Juni 2017.

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

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas, termometer, desikator, *Freezer*, *Heating Magnetic Stirrer*, selang infus, oven, neraca digital, ultrasonikasi, sentrifuga, *Freeze Dryer*, mortar *agate*, reaktor katalitik, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) merk SHIMADZU PRESTIGE 21,

*Particle Size Analyzer* (PSA) merk FRITSCH GmbH, *Transmission Electron Microscopy* (TEM) merk TEM JEOL JEM 1400, *X-ray Diffraction* (XRD) Type MIniflex 600 merk Rigaku dan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) merk SHIMADZU.

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, nanoselulosa (Widiarto *et al*, 2017), serbuk pektin, akuades, Lantanum nitrat  $\text{La}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Merck, 99%), Kromium nitrat  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  (Merck, 99%), Ammonium molibdat  $(\text{NH}_4)_6 \cdot \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  (Merck, 99%), piridin (J.T. Baker), Amoniak (Merck, 25%), dan gas hidrogen (BOC 99,99%).

### **C. Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa tahapan seperti, preparasi nanokatalis, pembuatan nanoselulosa, karakterisasi nanokatalis dan uji aktivitas nanokatalis.

#### **1. Preparasi Nanokatalis**

Proses preparasi nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  berlangsung melalui tiga tahapan yaitu proses sol-gel, pengeringan beku (*freeze drying*) dan kalsinasi.

### a. Proses Sol-Gel

Pembuatan nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  dilakukan dengan cara melarutkan 8 gram pektin dalam 400 mL akuades menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu kamar hingga diperoleh larutan yang homogen ( $\pm 6$  jam ) (Situmeang *et al.*, 2015).

Kemudian ke dalam larutan tersebut ditambahkan tetes demi tetes larutan Lantanum nitrat (3,604 gram  $\text{La}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dalam 250 mL akuades), larutan Kromium nitrat (3,230 gram  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dalam 200 mL akuades), dan larutan Ammonium molibdat (0,308 gram  $(\text{NH}_4)_6 \cdot \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  dalam 150 mL akuades) secara perlahan dan bersamaan dengan menggunakan selang infus (Sari, 2016). Campuran diaduk dengan *heating magnetic stirrer* dan ditambahkan amoniak 25% sebanyak 35 ml, kemudian campuran dipanaskan pada suhu  $70^\circ\text{C}$  hingga volume larutan menyusut dan membentuk gel berwarna hijau kebiruan (Kahar, 2015).

### b. Proses Pengeringan Beku (*Freeze Drying*)

Gel yang diperoleh dari proses sol-gel dimasukkan kedalam gelas kimia dan dilanjutkan dengan proses *freeze drying*, untuk menghilangkan molekul air sampai terbentuk serbuk kering. *Freeze dry* digunakan untuk menghilangkan uap air dalam rongga bahan nanokatalis tanpa merusak jaringan yang telah terbentuk dari bahan tersebut. Keseimbangan antara panas yang diadsorpsi oleh sampel untuk menguapkan air dan memindahkan panas dari kondensor untuk mengubah uap air menjadi es adalah inti dari proses *freezer drying* (Phariyadi, 2013).

### **c. Kalsinasi**

Serbuk kering hasil *freeze drying* tersebut dimasukkan ke dalam cawan penguap untuk kemudian dikalsinasi dari suhu awal 30 °C lalu dinaikkan suhunya 5 °C /menit menjadi 350 °C, pada suhu tersebut ditahan selama 2 jam lalu diteruskan pemanasan menjadi 700 °C pada suhu tersebut pemanasan kembali ditahan selama 3 jam. Setelah mencapai suhu maksimal pemanasan dihentikan dan didiamkan sampai kembali pada suhu kamar. Kemudian katalis digerus hingga halus menggunakan mortar *agate*, lalu ditimbang dan dilanjutkan untuk uji karakterisasi katalis.

## **2. Karakterisasi Katalis**

### **a. Analisis Keasaman Katalis**

Penentuan jumlah situs asam katalis dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan metode gravimetri (ASTM, 2005) dilakukan dengan cara, mula-mula wadah kosong ditimbang kemudian diisi dengan 0,01 gram katalis dan dimasukkan ke dalam desikator bersama basa piridin, ditutup dan dibiarkan selama 24 jam. Setelah 24 jam katalis yang telah mengadsorpsi basa piridin dikeluarkan dan dibiarkan di tempat terbuka selama 2 jam.



Selanjutnya sampel ditimbang dan jumlah situs asam dari katalis ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Keasaman} = \frac{(w_3 - w_2)}{(w_2 - w_1) \text{BM}} \times 1000 \text{ mmol}$$

Keterangan :

- $w_1$  : Berat wadah kosong
- $w_2$  : Berat wadah + cuplikan
- $w_3$  : Berat wadah + cuplikan yang telah mengadsorpsi piridin
- BM : Bobot molekul piridin

Selanjutnya, penentuan jenis situs asam katalis dilakukan secara kualitatif dengan menggunakan spektrofotometer inframerah (FTIR). Sampel katalis yang dianalisis dicampur dengan KBr, dengan perbandingan 1:50 atau 1:100. Kemudian sampel yang sudah dicampur dengan KBr dibentuk menjadi pelet, lalu dimasukkan ke dalam wadah sampel. Setelah itu sampel diukur menggunakan spektrofotometer inframerah (FTIR) pada daerah bilangan gelombang 1200 – 2100  $\text{cm}^{-1}$  (Rodiansono *et al.*, 2007).

#### **b. Analisis Struktur Katalis**

Analisis struktur katalis dilakukan menggunakan radiasi CuK $\alpha$  (1,5425 Å), tabung sinar-X dioperasikan pada 40 kV dan 200 mA. Rentang difraksi yang diukur ( $2\theta$ ) dalam rentang 15 – 80°, dengan *scan step size* 0,05°/menit. Puncak-puncak yang terdapat pada difraktogram kemudian diidentifikasi menggunakan difraktogram yang diterbitkan JCPDS dalam PCPDS win 1997 sebagai acuan (Drbohlavova *et al.*, 2009).

Ukuran partikel dihitung menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* berikut :

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta}$$

Keterangan :

- D : ukuran partikel (nm)
- K : konstanta (0,94)
- : 1,5425 Å
- : radian (FWHM)
- : lebar puncak

### c. Analisis Morfologi Permukaan Katalis

Analisis morfologi permukaan nanokatalis dilakukan menggunakan instrumentasi *Transmission Electron Microscop* (TEM). Sampel katalis sebanyak 0,1 gram yang akan dianalisis ditempatkan pada wadah sampel dengan ukuran 3 mm dan ketebalan 300 µm. Sampel ditetaskan metanol untuk mencegah aglomerasi. Kemudian sampel tersebut ditembakkan dengan ion argon sampai berlubang. Pada bagian yang tipis ini ditembakkan berkas elektron sehingga menembus sampel kemudian hasil dari tembusan elektron tersebut yang ditangkap detektor dan diolah menjadi gambar (Bendersky and Gayle, 2001).

### d. Analisis Distribusi Ukuran Partikel

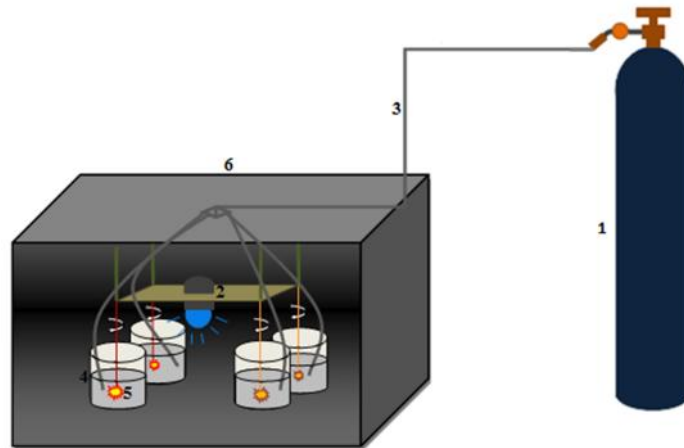
Penentuan distribusi ukuran partikel katalis dilakukan menggunakan instrumentasi PSA. Karakterisasi biasanya dilakukan dengan pengukuran *wet dispersion unit* yaitu dengan menggunakan akuades untuk melarutkan partikel katalis dan membawanya

ke *sensing zone*. Pengukuran dilakukan beberapa kali, hingga data yang diperoleh memiliki selisih kurang dari 0.0120  $\mu\text{m}$ . Kemudian dari kedua data tersebut diolah secara bertahap dalam menentukan hasil terbaik (Rawle, 1993).

### **3. Uji Aktivitas Fotokatalitik**

#### **a. Uji Fotokatalitik**

Nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  selanjutnya digunakan dalam proses uji aktivitas fotokatalitik konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol. Sebanyak 0,1 gram nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  ditambahkan ke dalam larutan nanoselulosa 0,5 gram dalam 100 mL akuades dan diaduk hingga homogen, lalu dialirkan gas hidrogen. Selanjutnya dilakukan pemanasan menggunakan lampu sinar UV 125 Watt dengan rentang jarak 10 – 15 cm ke permukaan reaktor (Manurung *et al.*, 2015). Pada penelitian ini variasi waktu yang digunakan dalam proses iradiasi sinar UV untuk mengkonversi selulosa yaitu waktu 30, 45 dan 60 menit. Setiap variabel waktu diambil 10 mL sampel yang akan dianalisis hasil konversinya menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Rangkaian alat untuk uji katalitik dengan iradiasi sinar UV ditunjukkan pada Gambar 17.



**Gambar 17.** Proses konversi nanoselulosa dengan iradiasi sinar UV.

**Keterangan:**

1. Tabung gas H<sub>2</sub>
2. Lampu UV
3. Selang penyalur gas H<sub>2</sub>
4. Pipet tetes
5. Alat pengaduk
6. Ruang gelap tempat iradiasi sinar UV

**b. Analisis Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)**

Hasil dari reaksi fotokatalitik konversi selulosa dengan nanofotokatalis

LaCr<sub>0,97</sub>Mo<sub>0,03</sub>O<sub>3</sub> selanjutnya dianalisis menggunakan Kromatografi Cair Kinerja

Tinggi (KCKT) untuk mengetahui kandungan gula alkohol dalam senyawa tersebut

seperti sorbitol, manitol, dan xylitol. Analisis Kromatografi Cair Kinerja Tinggi

(KCKT) dilakukan dengan menggunakan kolom *Carbohydrate High Performance*

(4,6 x 250 mm), detektor indeks refraksi dengan laju alir 1,4 mL/menit, dan

temperatur kolom 35 °C.

Analisis kualitatif dilakukan untuk membuktikan bahwa adanya kandungan gula alkohol dalam senyawa tersebut, sedangkan analisis kuantitatif dilakukan untuk mengetahui konsentrasi gula alkohol. Untuk uji kualitatif dilakukan dengan cara membandingkan waktu retensi (Rf) dari sampel terhadap pembanding. Apabila senyawa dalam pembanding terkandung dalam uji, maka waktu retensi puncak larutan uji sama dengan waktu retensi puncak larutan standar (Gritter *et al.*, 1991).

Analisis kuantitatif dilakukan dengan cara membuat larutan standar manitol, xylitol, dan sorbitol. Masing-masing larutan standar tersebut diencerkan dengan fase gerak hingga homogen sehingga didapatkan konsentrasi yang bervariasi. Masing-masing larutan tersebut diinjeksikan pada alat KCKT sebanyak 2 kali dan dihitung nilai rata-ratanya. Kromatogram yang diperoleh akan dihitung luas area dan waktu retensi (Rt) pada larutan yang kemudian dibuat kurva kalibrasi hingga didapat persamaan regresi linier yang ditunjukkan pada persamaan dibawah ini :

$$y = bx \pm a$$

Keterangan :

- y : Luas area puncak dari larutan baku
- x : Konsentrasi tiap larutan baku (ppm)
- a, b : Intersep dan slope dari persamaan *least square*

Dengan menstutitusikan besarnya luas area larutan uji ke dalam persamaan regresi linier, maka dapat diketahui besarnya konsentrasi larutan uji dengan perhitungan yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini :

$$C = \frac{(\text{Area} - a)}{b} \times Fp$$

Keterangan :

- C : Konsentersasi glukosa dalam sampel (ppm)
- Area : Luas area puncak untuk larutan sampel
- a : Koefisien regresi untuk variabel y (variabel terikat)
- b : Koefisien regresi untuk variabel x (variabel bebas)
- Fp : Faktor pengenceran

(Amalia,2013).

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Metode preparasi katalis dengan agen pengemulsi pektin (sol-gel) pada penelitian ini mampu menghasilkan katalis dengan ukuran partikel skala nano, ditunjukkan dari hasil perhitungan menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* diperoleh rata-rata ukuran partikel sebesar 48,89 nm.
2. Jumlah keasaman katalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  dari hasil perhitungan analisis gravimetri diperoleh sebanyak 12,901 mmol/gram dan jenis situs asam yang mendominasi dari analisis FTIR berupa situs asam Lewis.
3. Fasa kristalin yang terbentuk dari hasil analisis difraksi sinar-X (XRD) berupa  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ ,  $\text{LaCrO}_3$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
4. Hasil analisis morfologi katalis menggunakan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) menunjukkan bahwa permukaan katalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  yang heterogen.

5. Katalis  $\text{LaCr}_{0,97}\text{Mo}_{0,03}\text{O}_3$  dan irradiasi sinar UV mampu mengkonversi nanoselulosa menjadi gula alkohol berupa sorbitol pada setiap variasi waktu penyinaran (30, 45 dan 60 menit).

## **B. SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka pada penelitian selanjutnya disarankan untuk :

- 1) Melakukan analisis panjang energi yang dibutuhkan untuk mempromosikan elektron dari pita valensi ke pita konduksi (band-gap)
- 2) Melakukan preparasi katalis dengan perbandingan suhu kalsinasi 700 °C dan 800 °C, untuk membandingkan suhu kalsinasi yang lebih efektif untuk katalis logam  $\text{LaCr}_{1-x}\text{Mo}_{1-y}\text{O}_3$  dalam mengkonversi nanoselulosa menjadi gula alkohol dengan metode irradiasi sinar UV.
- 3) Melakukan konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol dengan metode irradiasi sinar UV dan bantuan nanofotokatalis pada variasi waktu penyinaran dibawah 45 menit.
- 4) Melakukan uji fehling terhadap larutan nanoselulosa sebagai kontrol atau acuan untuk uji fehling terhadap hasil konversi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Yudistira, V., Nirmin dan Khairurrijal. 2008. Review : Sintesis nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. Vol. 1, Hal 33 – 57.
- Akgul, M., and Kirci, H. 2009. An Enviromentally Frienly Organosolv (Ethanol-Water) Palping of Poplar Wood. *Journal of Environmental Biology*. Vol. 30, Pp 735 – 740.
- Ali, M., Behnajady, M.A. and Naser, M. 2010. Characterization and Photocatalytic Activity of SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> Mixed Oxide Nanoparticles Prepared by Sol-Gel Method. *Indian Journal of Chemistry*. Vol. 49, Pp 1593 – 1600.
- Amalia, R. 2013. Studi Pendahuluan Konversi Selulosa Menjadi Gula Alkohol Dengan Katalis Ni<sub>x</sub>Fe<sub>2-x</sub>O<sub>4</sub>DenganVariabel x=0,5; 0,8 dan 1. *Skripsi tidak diterbitkan*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Bandar Lampung. Hal 47– 49.
- Arai, K., Watanabe, M., Osada, M., Shirai, M., and Adschiri, T. 2004. Catalytic Gasification of Wood Biomassa in Subcritical and Supercritical Water. *Combustion Science and Technology*. Vol. 178, Pp 537 – 552.
- ASTM D4824-03. 2005. *Test Method For Determination of Catalyst Acidity by Ammonia Chemisorption*. Mannual Book of ASTM. USA. Pp 1 – 3.
- Ayyad, O.D. 2011 . Novel Strategies The Synthesis of Metal Nanoparticle and Nanostructure. *Thesis*. Facultat de Quimica. Universitat de Barcelona. Barcelona. Pp 45 – 47.
- Bendersky, L.A., and Gayle, F.W. 2001. Electron Diffraction using Transmission Electron Microscopy. *Journal of Research of The National Institute of Standards and Technology*. Vol. 106, Pp 997 – 1012.
- Bermejo, E., Dantas, T., Lacour, C., and Quarton, M. 1995. Mechanism of Formation of Nanocrystalline Hematite Prepared by Freeze-Drying. *Material Research Bulletin*. Vol. 30, Pp 645 – 652.

- Bialobok, B., Trawczynski, J., Mista W., and Zawadzki, M . 2007. Ethanol Combustion Over Strontium and Cerium-Doped  $\text{LaCoO}_3$  Catalysts. *Applied Catalysis B : Environmental*. Vol.72, Pp 395 – 403.
- Callister, W.D.Jr., and Rethwisch, D.G. 2009. *Materials Science and Engineering An Introduction 7<sup>th</sup> Edition*. John Wiley and Sons Incorporated. New York. Pp 66 – 70.
- Campbell, I.M. 1988. *Catalysis at Surfaces*. Chapman and Hall. New York. Pp 1– 3.
- Chaplin, M. 2006. *Do We Underestimate The Importance of Water in Cell Biology?*. Nature Publishing Group. London. Pp 1 – 5.
- Chiang, T.H., and Yeh, H.C. 2013. The Syntesis of  $\text{-MoO}_3$  by Ethylene Glycol Materials. *Materials*. Vol. 6, Pp 4609 – 4625.
- Chorkendroff, I. and Niemantsverdriet, J. W. 2003. *Concept of Modern Catalysis and Kinetics*. Wiley-VCH GmbH & Co. Germany. Pp 2 – 4.
- Constenla, D. and Lozano, J.E. 2003. Kinetic model of pectin demethylation. *Latin American Applied Research*. Vol. 33, Pp 91 – 96.
- Cullity, B.D. 1956. *Elements of X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company Incoparated. USA. Pp 84 – 136.
- Deng, D., and Bai, R. 2004. Removal of Trivalent and Hexavalent Chromium with Aminated Polyacrylonitrile Fibers : Performance and Mechanisms. *Water Research*. Vol. 38, Pp 2423 – 2431.
- Deraz, N.M., Selim, M.M., and Ramadan, M. 2009. Processing and Properties of Nanocrystalline Ni and NiO Catalysts. *Materials Chemistry and Physics*. Vol. 113, Pp 269 – 275.
- Dewanti, T.W., dan Murtini, E.S. 2006. *Alternatif Pengganti Formalin Pada Produk Pangan*. Trubus Agrisarana. Surabaya. Hal 30 – 64.
- Delfinas, V. 2014. Studi Pelapisan Nanokristal  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ / Kitosan pada Katun Tekstil dan Aplikasinya sebagai Senyawa Anti bakteri *Staphylococcus aureus*. *Thesis*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Andalas. Padang. Hal 30 – 33.
- Djayasinga, R., and Situmeang, R.T.M. 2015. Preparation and Characterization of nanosize spinel  $\text{Ni}_{0,9}\text{Fe}_2\text{Cu}_{0,1}\text{O}_4$  Using Pectin as Binding Agent. *Proceedings of the 2015 IConSSE, ISBN: 978-602-1047-217*. Vol. 48, Pp 48 – 55.

- Drbohlovova, J., Hrdy, R., Adam, V., Kizek, R., Schneeweiss, O., and Hubalek, J. 2009. Preparation and Properties of Various Magnetic Nanoparticles. *Sensors*. Vol. 9, Pp 2352 – 2362.
- Etzler, F.M., and Sanderson, M.S. 2004. Particle Size Analyzer Comparative Study of Various Methods. *Particle & Particle System Characterization*. Vol. 12, Pp 217 – 224.
- Fengel, D., dan Wegener, G. 1995. *KAYU : Kimia, Ultrastruktur, dan Reaksi-Reaksi*. Terjemahan oleh Sujipto A. Hadikusumo dan Soenardi Prawirohatmodjo. UGM Press. Yogyakarta. Hal 669 – 729.
- Fessenden, R.J., dan Fessenden, J.S. 1982. *Kimia Organik Dasar Edisi Ketiga Jilid 1*. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta. Hal 259 – 300.
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S. 1986. *Kimia Organik Dasar Edisi Ketiga Jilid 2*. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta. Hal 319 – 357.
- Fogler, S.H. 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering 5<sup>th</sup> Edition*. Prentice Hall International. USA. Pp 687 – 720.
- Fukuoka, A and Dhepe, P.L. 2006. Catalytic Conversion of Cellulose into Sugar Alcohols. *Angewandt Chemistry International Edition*. Vol. 45, Pp 5161 – 5163.
- Fukuoka, A., Kobayashi, Y., Ito, T., Komanoya, Y., Dhepe, P.L., Kasai, K., and Hara, K. 2011. Synthesis of Sugar Alcohols by Hydrolytic Hydrogenation of Cellulose Over Supported Metal Catalysts. *Green Chemistry*. Vol. 13, Pp 326 – 333.
- Goldberg, I. 1994. *Functional Foods : Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals*. Springer Science & Business Media. New York. Pp 37 – 219.
- Gritter, R.J., Bobbit, J.M., and Schwarting, A.E. 1991. *Pengantar Kromatografi 2<sup>nd</sup> Edition*. Terjemahan oleh Kosasih Padmawinata. ITB. Bandung. Hal 160 – 179.
- Harahap, Y. 2012. Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Kitosan dengan Variasi Asam. *Skripsi*. Fakultas Teknik Kimia. Universitas Indonesia. Jakarta. Hal 36 – 52.
- Hasri. Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC, High Performance Liquid Chromatography). Berbagi Informasi. Mutmainnah Latief (Ed). Januari 2013. <https://mutmainnahlatief.wordpress.com/2013/01/07/kromatografi-cair-kinerja-tinggi-hplc-high-performance-liqid-chromatography/>. Diakses pada tanggal 14 Desember 2016 pukul 13.15 WIB.

- Hoffman, M.R., Martin, S.T., Choi, W., and Bahnemann, D.W. 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Reviews*. Vol. 95, Pp 69 – 96.
- Irawan, D., dan Arifin, Z. 2012. Sintesa Gula Dari Sampah Organik Dengan Proses Hidrolisis Menggunakan Katalis Asam. *Reactor*. Vol. 14, Hal 118 – 122.
- Israel, E.W. 1995. Infrared Spectroscopy of Supported Metal Oxide Catalysts. *Colloids and surfaces A : Physicochemical and Engineering Aspect*. Vol. 105, Pp 143 – 149.
- Jie, X.U., Jiping, M.A., Weiqiang, Y.U., Min, W., Xiuquan, J.I.A., and Fang, L.U. 2013. Advances in Selective Catalytic Transformation of Polyols to Value Added Chemicals. *Chinese Journal of Catalysis*. Vol. 34, Pp 492 – 507.
- Johnson, E.L., dan Stevenson, R. 1991. *Dasar – Dasar Kromatografi Cair*. Terjemahan oleh Kosasih Padmawinata. ITB. Jakarta. Hal 361 – 365.
- Kahar, L.N.A. 2015. Studi Pendahuluan Konversi Selulosa Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Nanokatalis  $\text{LaCrO}_3$ . *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Bandar Lampung. Hal 57 – 61.
- Kirchnerova, J and Klavana, D. 1999. Synthesis and Characterization of Perovskite Catalyst. *Solid State Ionics*. Vol. 123, Pp 307 – 317.
- Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., and Wagenknecht, W. 1998. *Comprehensive Cellulose Chemistry Volume 1: Fundamentals and Analytical Methods*. Wiley-VCH Verlag GmbH. New York. Pp 204 – 213.
- Krumeich, F. Transmission Electron Microscopy (TEM). Material Cerdas. Chandra Purnomo (Ed). Januari 2016. <https://materialcerdas.wordpress.com/teori-dasar/transmission-electron-microscopy-tem/>. Diakses tanggal 13 Desember 2016 pukul 21.26 WIB.
- Kundu, M.L., Sengupta, A.C., Sen, B., Yurchenko, E.N., Maiti, G.C., Kusova, G.N., Gosh, S.K., and Kuznetsov, V.I. 1988. Characterization of Chromia Promoted -Iron Oxide Catalysts and Their CO Conversion Efficiency. *Journal of Catalysis*. Vol. 112, Pp 375 – 383.
- Lambert C.K., and Gonzalez, R.D. 1998. The Importance of Measuring The of Supported Metal Catalysts Prepared By The Sol Gel Method. *Applied Catalysis A : General*. Vol. 172, Pp 233 – 239.

- Lee, H., and Han, J.W. 2012. Direct Conversion of Cellulose into Sorbitol using Dual Functionalized Catalyst in Neutral Aqueous Solution. *Catalysis Communications*. Vol. 19, Pp 115 – 118.
- Lee, J.W., and Jeffries, T.W. 2011. Efficiencies of Acid Catalysts in The Hydrolysis of Lignocellulosic Biomass Over a Range of Combined Severity Factors. *Bioresource Technology*. Vol. 102, Pp 5884 – 5890.
- Li, Z. 2005. Novel Solid Basa Catalyst for Michael Additions: Synthesis, Characterization and Application. *Dissertation*. Mathematisch Narurwissenschaftlichen Fakultät I. Humboldt Universität. Berlin. Pp 81 – 84.
- Licciulli, A., and Lisi, D. 2002. *Self Cleaning Glass*. Universita Degli Studio Di Lecce. Italy. Pp 8 – 17.
- Lim, D.J., Crittenden, J., and Ravenelle, R. 2011. *The Conversion of Cellulose Into Sorbitol Over Alumina Supported Platinum Catalyst*. Georgia Tech Environmental Engineering Research Intership Program. Georgia. Pp 1 – 28.
- Litter, M.I. 1999. Heterogeneous Photocatalysis Transition Metal Ions in Photocatalytic System. *Applied Catalysis B :Enviromental*. Vol. 23, Pp 89 – 114.
- Liu, Q., Zhang, Q., Mark, J.E., and Noda, I. 2009. A Novel Biodegradable Nanocomposite Based on Poly (3-Hydroxybutyrate-co-3 Hydroxyhexanoate) and Silylated Kaolinite/Silica Core–Shell Nanoparticles. *Journal of Applied Clay Science*. Vol. 46, Pp 51 – 56.
- Manurung, P., Situmeang, R.T.M., Ginting, E., and Pardede, I. 2015. Synthesis and Characterization of Titania Rice Husk Silica Composites as Photocatalyst. *Indonesia Journal Chemistry*. Vol. 15, Pp 36 – 42.
- Marhusari, R. 2009. Bentonit Terpilar  $\text{TiO}_2$  Sebagai Katalis Pembuatan Hidrogen Dalam Pelarut Air Pada Hidrogenasi Glukosa Menjadi Sorbitol Dengan Katalis Nikel. *Skripsi Tidak Diterbitkan*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara. Medan. Hal 21 – 23.
- Merino, N.A., Barbero, B.P., Cadús, L.E., and Grange, P. 2005.  $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_3$  Perovskite Type Oxides : Preparation, Characterisation, Stability, and Catalytic Potentiality for the Total Oxidation of Propane. *Journal of Catalysis*. Vol. 231, Pp 232 – 244.
- Mohanraj, V.J., and Chen, Y. 2006. Nanoparticles – A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. Vol. 5, Pp 561 – 573.

- Muchtadi, D., Nurhaeni, S.D., dan Astawan, M. 1992. *Bahan Kuliah. Enzim Dalam Industri Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Dirjen Dikti. PAU Pangan dan Gizi. Politeknik Kesehatan Mataram. NTB. Hal 80 – 82.
- Nanda K.K., Maisel, F.E., Kruis, H.F., and Strappert, S. 2003. Higher Surface Energy of Free Nanoparticles. *Physical Review Letters*. Vol. 91, Pp 102 – 106.
- Palkovits, R., Tajvidi, K., Ruppert, A., and Procelewska, J. 2011. Heteropoly Acids as Efficient Acid Catalysts in The One Step Conversion Cellulose to Sugar Alcohols. *Chemical Communication*. Vol. 47, Pp 576 – 578.
- Palmqvist, E., and Hägerdal, H.B. 2000. Review Paper, Fermentation of Lignocellulosic Hydrolysates II : Inhibitors and Mechanisms of Inhibition. *Bioresource Technology*. Vol. 74, Pp 25 – 33.
- Patrick, D.W., and Kracht, W. R. 1984. Single-Valve, Single-Pump, High Performance Liquid Chromatography Column Switching Analysis of Hydrolyzed Wood Components. *Journal of Chromatography*. Vol. 318, Pp 269 – 278.
- Paveena, L., Vittaya, A., Supapan, S., and Santi, M. 2011. Characterization and Magnetic Propertis of Nanocrystalline  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  Powders Prepared by Aloe Vera Extract Solution. *Current Applied Physics*. Vol. 11, Pp 101 – 108.
- Pavia, D.L., Lampman, G.M., Kriz, G.S., and Vyvyan, J.R. 1979. *Introduction to Spectroscopy 5<sup>th</sup> Edition*. Cengage Learning. USA. Pp 15 – 86.
- Pena, M.J., Marrero, L.D., Perez, C.D., Ruiz, M.J.C., and Nunez, P. 2007. Performance of XSCoF (X=Ba, La and Sm) and LSCrX' (X'=Mn, Fe and Al) Perovskite Structure Materials on LSGM Electrolyte for IT-SOFC. *Electrochimica Acta*. Vol. 52, Pp 2950 – 2958.
- Phariyadi. 2013. Freeze Drying Technology for Better Quality Flavour of Dried Products. *Foodreview Indonesia*. Vol. 8, Hal 52 – 57.
- Pinna, F. 1998. Supported Metal Catalyst Preparation. *Catalysis Today*. Vol. 41, Pp 129 – 137.
- Poinern, G.E.J., Ghosh, M.K., Ng, Y.J., Issa, T.B., Anand, S., and Singh, P. 2011. Defluoridation Behaviour of Nanostructured Hydroxyapatite Synthesized Through An Ultrasonic and Microwave Combined Technique. *Journal of Hazardour Material*. Vol. 185, Pp 29 – 37.

- Puttipat, N., Payormhorm, J., Chiarakorn, S., Laosiripojana, N., and Chuangchote, S. 2014. Conversion of Sugar to Organic Acids Using TiO<sub>2</sub> Photocatalysts Synthesized by Hydrothermal Process. *3<sup>rd</sup> International Conference on Environment Energy and Biotechnology*. Vol. 70, Pp 119 – 122.
- Putz, H., Sch n, J.C., and Jansen, M. 1999. Combined Method for Ab Initio Structure Solution from Powder Diffraction Data. *Journal Applied Crystallography*. Vol. 32, Pp 864 – 870.
- Qi, W.H., and Wang, M.P. 2002. Size Effects On The Cohesive Energy of Nanoparticles. *Journal of Material Science Letters*. Vol. 21, Pp 1743 – 1745.
- Qodri, A. Patiha, A., dan Purnawarman. 2011. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dengan Fotokatalis Komposit TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>. *Journal Ekosains*. Vol. 3, Hal 17 – 24.
- Rao, C.N R., Muller, A., and Cheetham, A.K. 2004. *The Chemistry of Nanomaterials : Synthesis, Properties and Applications*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Germany. Pp 1 – 11.
- Rawle, A. 1993. *Basic Principles of Particle Size Analysis*. Malvern Instrument Limited. United Kingdom. Pp 1 – 8.
- Richardson, T.J. 1989. *Principles of Catalyst Development*. Plenum Press. New York. Pp 157 – 171.
- Ridley, B.L., O'Neill, M.A., and Mohnen, D. 2001. Pectins: Structure, Biosynthesis and Oligogalacturonide Related Signaling. *Phytochemistry*. Vol. 57, Pp 929 – 967.
- Rodiansono, W., Trisunaryanti and Triyono. 2007. Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktifitas Katalis NiMo/Z dan NiMo/Z Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik menjadi Fraksi Bensin. *Berkala MIPA*. Vol. 17, Hal 44 – 54.
- Royer, S., Alamdari, H., Duprez D., and Kaliaguine, S. 2005. Oxygen Storage Capacity of La<sub>1-x</sub>A'<sub>x</sub>BO<sub>3</sub> Perovskites (with A'=Sr, Ce; B=Co, Mn) Relation with Catalytic Activity in the CH<sub>4</sub> Oxidation Reaction. *Applied Catalysis B : Environmental*. Vol. 58, Pp 273 – 288.
- Saka, S and Ehara., K. 2005. Decomposition Behavior of Cellulose in Supercritical Water, Subcritical Water, and Their Combined Treatments. *Journal of Wood Science*. Vol. 51, Pp 148 – 153.

- Sanchez, C., Julia'n, B., Belleville, P., and Popall, M. 2005. Applications of Hybrid Organic–Inorganic Nanocomposites. *Journal of Materials Chemistry*. Vol. 15, Pp 3559 – 3592.
- Sari, S. K. 2016. Konversi Selulosa Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Nanokatalis  $\text{LaCr}_{0.7}\text{Mo}_{0.3}\text{O}_{3\pm}$ . *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Bandar Lampung. Hal 44 – 65.
- Seddiqi, Z.S. 2002. Acidic Properties of HZSM-5 using Acetylacetone, TPD Ammonia, and FTIR of Adsorbed Pyridine. *Arabian Journal for Science and Engineering*. Vol. 27, Pp 149 – 156.
- Silverstein, R.M., Webster, F.X., and Kiemle, D.J. 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compounds, 7<sup>th</sup> Edition*. John Wiley & Sons. USA. Pp 82 – 108.
- Skoog, D.A and Leary, J.J. 1992. *Principle of Instrument Analysis 4th Edition*. Houghton Mifflin Harcourt. USA. Pp 495 – 700.
- Soesilo, D., Santoso, R., dan Indeswati, D. 2005. Peranan Sorbitol Dalam Mempertahankan Kestabilan pH Saliva Pada Proses Pencegahan Karies. *Journal of Dentistry*. Vol. 38, Hal 25 – 28.
- Souza, M.M.V.M., Gomes, F.N.D.C., Pereira, L.R., and Ribeiro, N.F.P. 2015. Production of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) Via Fructose Dehydration : Effect of Solvent and Salting-out. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. Vol. 32, Pp 119 – 126.
- Stoltze, P. 2000. *Introduction to Heterogeneous Catalysis*. Department of Chemistry and Applied Engineering Science. Aalborg University. Pp 6 – 7.
- Suprayitno, dan Messmer, M. 1996. *Perusakan Lapisan Ozon*. PPPGT/VEDC. Malang. Hal 65 – 80.
- Tanabe, K. 1981. Solid Acid and Base Catalyst in Catalysis Science and Technology. John R. Anderson and Michael Boudart. *Springer-Link*. Vol. 2, Pp 231 – 273.
- Taherzadeh, M.J. and Karimi, K. 2007. A Review : Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocelulosic Materials. *Bioresources*. Vol. 2, Pp. 472 – 499.
- Tullin, C.J. and Mand, L.A. 1999. *The Theory Behind FTIR Analysis : Application Examples from Measurement at The 12 MW Circulating Fluidized Bed Boiler at Chalmers*. Department of Energy Conversion Chalmers University of Technology. Sweden. Pp 1 – 15.



- Trisunaryanti, W., Triyono, Wijaya, K., Majid, A.B., Priastomo, Y., Febriyanti, E., Syafitri, Hasyati, dan Nugroho, A. 2012. Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis Mordenit dan Zeolit-Y Pada Hidrorengkah Ban Bekas menjadi Fraksi Bahan Bakar. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa 2012*. Vol. 12, Hal 102 – 113.
- Wei, H.J., Cao, Y., Ji, W.J., and Au, C.T. 2008. Lattice Oxygen of  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MO}_3$  (M=Mn, Ni) and  $\text{LaMnO}_3$ -F Perovskite Oxides for the Partial Oxidation of Methane to Synthesis Gas. *Catalysis Communications*. Vol. 9, Pp 2509–2514 .
- Wang, Y., Deng, W., Wang, B., Zhang, Q., Wan, X., Tang, Z., Wang, Y., Zhu, C., Cao, Z., Wang, G., and Wan, H. 2013. Chemical Synthesis of Lactic Acid from Cellulose Catalysed by Lead (II) Ions in Water. *Nature Communications* . Vol. 21, Pp 1 – 5.
- Widegren, J.A., Finke, R.G., and Mol, J. 2003. Preparation of a Multifunctional Core Shell Nanocatalyst and its Characterization by HRTEM. *Journal of Catalysis*. Vol. 191, Pp 187 – 195.
- Widodo, S. 2010. Teknik Sol-gel Untuk Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida Untuk Aplikasi Sensor Gas. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. Vol. 20, Pp 1 – 8.
- Wolevar, T.M.S., Piekarz, A., Hollands, M., and Younker, K. 2002. Sugar Alcohols and Diabetes; a review. *Canadian Journal of Diabetes*. Vol. 26, Pp 356 – 362.
- Xiang, Q., Lee, Y.Y., Pettersson, P.O., and Torget, R.W. 2003. Heterogeneous Aspects of Acid Hydrolysis of  $\alpha$ -Cellulose. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. Vol. 89, Pp 105 – 108.
- Yadav, S.K., and Kumar, V. 2009. Plant Mediated Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles and Their Applications. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. Vol. 84, Pp 151 – 157.
- Yusnani, A. 2008. Rasio optimum Konsentrasi Prekursor Pada Sintesis Katalis Ni-Mo/zeolit Y. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Pp 51 – 53.
- Zhao, F., Zhang, C., Liang, G., Cheng, H., He, L., Li, W., Li, X., and Yu, Y. 2014. The Hydrogenation/Dehydrogenation Activity of Supported Ni Catalysts and Their Effect on Hexitols Selectivity in Hydrolytic Hydrogenation of Cellulose. *Journal of Catalysis*. Vol. 309, Pp 468 – 476.

Zumbé, A., Lee, A., and Storey, D. 2001. Polyols in Confectionery: The Route to Sugar Free, Reduced Sugar and Reduced Calorie Confectionery. *British Journal of Nutrition*. Vol. 56, Pp 31– 45.