

**UJI AKTIVITAS NANOKATALIS 3%V/LaCrO<sub>3</sub> PADA KONVERSI  
NANOSELULOSA DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca L.*)  
MENJADI GULA ALKOHOL DI BAWAH IRRADIASI SINAR UV**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Elsina 'Azmi**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

## **ABSTRACT**

### **ACTIVITY TEST OF NANOCATALYST 3%V/LaCrO<sub>3</sub> AT NANOCELLULOSE KEPOK BANANA PEELS (*Musa paradisiaca L.*) CONVERTION INTO ALCOHOL SUGAR UNDER UV RAYS IRRADIATION**

**By**

**Elsina 'Azmi**

Productions of alcohol sugar an increasingly being developed until now. This is because alcohol sugar can be used as an alternative sweetener for diabetics. Alcohol sugar is produced from cellulose through catalytic conversion. In this research, alcohol sugar was produced from cellulose that extracted from banana peels. This production was carried out using 3% V/LaCrO<sub>3</sub> nanocatalyst under UV irradiation. Nanocatalyst was characterized through XRD, TEM, SEM-EDX, FTIR and DRS UV-Vis. XRD analysis showed that crystallite size of nanocatalyst is around 80.48 nm. TEM analysis showed that particles size of nanocatalyst is 75 nm. SEM analysis showed that nanocatalyst agglomeration occurs and the particle size is not homogeneous, while EDX analysis showed that nanocatalyst has a ratio of La, Cr, and V elements that is accordance with the LaCr<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> formula. Then, FTIR analysis showed that the wavenumber of 600-900 cm<sup>-1</sup> indicated that the La-O-Cr bond was formed. In addition, UV-Vis Diffuse-reflectance Spectroscopy analysis showed that the band gap energy of the nanocatalyst is 2,6 eV. The result of nanocellulose conversion was then analyzed through Fehling test, DNS, and HPLC. Both Fehling and DNS tests showed that reducing sugar was formed. However, HPLC analysis showed the result of alcohol sugar were not completely identified.

Keywords : Nanocatalyst, Nanocellulose, Alcohol sugar.

## ABSTRAK

### UJI AKTIVITAS NANOKATALIS 3%V/LaCrO<sub>3</sub> PADA KONVERSI NANOSULOSA DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca L.*) MENJADI GULA ALKOHOL DI BAWAH IRRADIASI SINAR UV

Oleh

Elsina 'Azmi

Produksi gula alkohol semakin terus dikembangkan sampai saat ini. Hal ini dikarenakan gula alkohol dapat digunakan sebagai pemanis alternative bagi penderita diabetes. Gula alkohol diperoleh dari selulosa melalui konversi katalitik. Dalam penelitian ini, produksi gula alkohol berasal dari selulosa yang diekstrak dari kulit pisang. Produksi ini dilakukan menggunakan nanokatalis 3%V/LaCrO<sub>3</sub> dibawah irradiasi sinar UV. Nanokatalis dikarakterisasi menggunakan XRD, TEM, SEM-EDX, FTIR, dan DRS UV-Vis. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa ukuran kristalin nanokatalis sekitar 80,48 nm. Analisis TEM menunjukkan bahwa ukuran partikel nanokatalis adalah 75 nm. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa terjadi aglomerasi dan ukuran partikel nanokatalis yang tidak homogen, sedangkan hasil analisis EDX menunjukkan bahwa pada nanokatalis terdapat unsur La, Cr, dan V, hal itu merupakan perbedaan formula dari LaCr<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub>. Kemudian, hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa pada bilangan gelombang 600-900 cm<sup>-1</sup> menandakan bahwa terbentuknya ikatan La-O-Cr. Tambahan hasil dari analisis DRS UV-Vis menunjukkan bahwa energi celah pita dari nanokatalis adalah 2,6 eV. Nanoselulosa yang telah dikonversi dengan nanokatalis selanjutnya dikarakterisasi dengan Uji Fehling, DNS dan HPLC. Kedua uji fehling dan DNS menunjukkan bahwa telah terbentuknya gula pereduksi. Namun demikian, pada hasil analisis HPLC menunjukkan terbentuknya gula alkohol yang tidak teridentifikasi secara sempurna.

Kata Kunci : Nanokatalis, Nanoselulosa, Gula alkohol.

**UJI AKTIVITAS NANOKATALIS 3%V/LaCrO<sub>3</sub> PADA KONVERSI  
NANOSELULOSA DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca L.*)  
MENJADI GULA ALKOHOL DI BAWAH IRRADIASI SINAR UV**

**Oleh**

**Elsina 'Azmi**

**Skripsi**

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

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENEGTAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

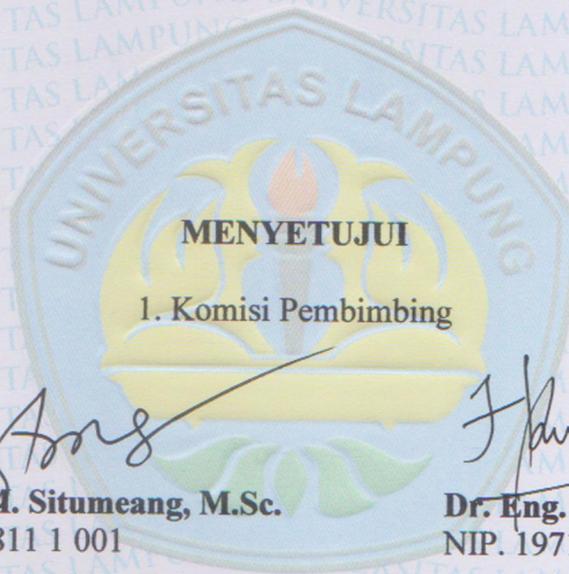
Judul Skripsi : **UJI AKTIVITAS NANOKATALIS 3%V/LaCrO<sub>3</sub>  
PADA KONVERSI NANOSELULOSA DARI  
KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca L.*)  
MENJADI GULA ALKOHOL DI BAWAH  
IRRADIASI SINAR UV**

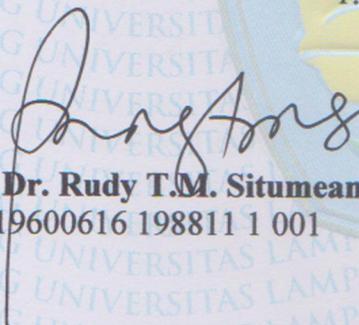
Nama Mahasiswa : **Elsina 'Azmi**

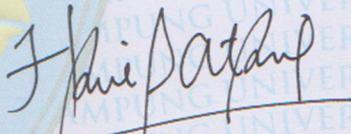
No. Pokok Mahasiswa : **1517011093**

Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



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

  
**Dr. Eng. Heri Satria, M.Si.**  
NIP. 19711001 200501 1 002

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

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

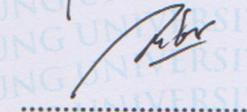
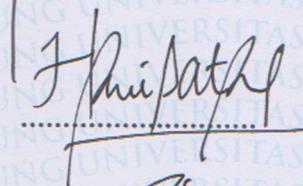
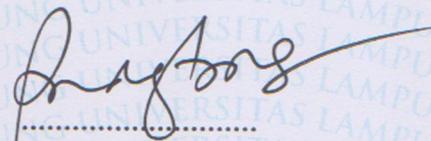
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

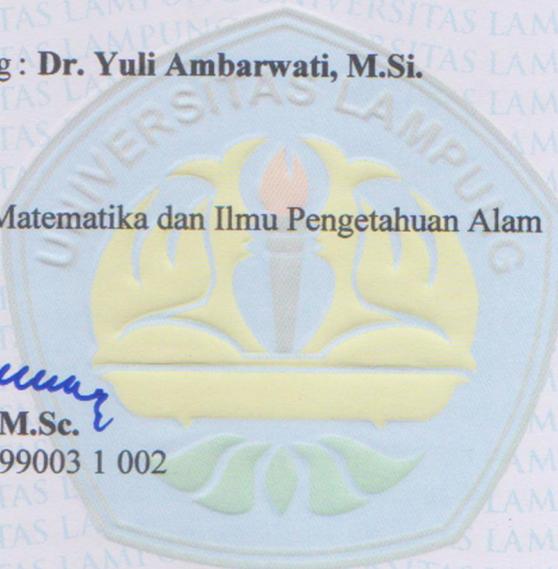
Sekretaris : Dr. Eng. Heri Satria, M.Si.

Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Yuli Ambarwati, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Suratman, M.Sc.  
NIP. 19640604 199003 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 Desember 2019

SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Elsina 'Azmi  
Nomor Pokok Mahasiswa : 1517011093  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul **“Uji Aktivitas Nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> Pada Konversi Nanoselulosa Dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca L.*) Menjadi Gula Alkohol Di Bawah Irradiasi Sinar UV”** adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, hasil, dan analisisnya. Selanjutnya saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenarnya untuk digunakan sebagaimana semestinya.

Bandar Lampung, 16 Desember 2019

Yang menyatakan,



Elsina 'Azmi  
Npm. 1517011093

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Elsinaz ‘Azmi dilahirkan di Terbanggi Besar, Lampung Tengah pada tanggal 09 November 1996, sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis merupakan anak dari bapak Asep Saepurohman dan ibu Sri Kundaryati. Penulis saat ini bertempat tinggal di Desa Bandar Harapan, Terbanggi Besar, Lampung Tengah.

Jenjang pendidikan penulis diawali dari Taman Kanak-Kanak (TK) Tunas Harapan lulus pada tahun 2002. Sekolah Dasar (SD) di SD Proklamasi 45 lulus pada tahun 2008. Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Terbanggi Besar lulus pada tahun 2011. Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Terbanggi Besar lulus pada tahun 2014. Tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP) Universitas Lampung, serta berhasil menyelesaikan S1 pada tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten dosen praktikum Kimia Fisika untuk Jurusan Kimia FMIPA tahun ajaran 2018/2019, Universitas

Lampung. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 32 hari di Desa Giriklopomulyo Kecamatan Sekampung, Kabupaten Lampung Timur pada bulan Juli-Agustus tahun 2018. Pada bulan November 2018 penulis telah menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik, Jurusan Kimia FMIPA Unila. Penulis Juga telah menyelesaikan penelitian dari bulan Maret-September 2019 di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik Jurusan Kimia FMIPA Unila dengan Judul **“Uji Aktivitas Nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> Pada Konversi Nanoselulosa Dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca L.*) Menjadi Gula Alkohol Di Bawah Irradiasi Sinar UV”**.

## **MOTTO**

Syukuri dan jalani seperti air yang mengalir dengan dibarengi oleh do'a serta usaha yang sungguh-sungguh.

(Mamah)

Ketika kamu dihadapkan pada sesuatu yang berat serta membuat jatuh dan ingin menyerah, berdo'alah dan percayalah bahwa pertolongan Allah itu pasti dan tepat pada waktunya.

(Penulis)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada tuhanmulah engkau berharap.”

(QS. Al-Insyirah 6-8)

# **PERSEMBAHAN**

Karya kecil ini kupersembahkan sebagai wujud sayang, bukti, dan tanggung jawabku kepada:

Kedua orang tuaku, Mamah dan Bapak yang selalu mendukung dan mendo'akan untuk keberhasilanku di dunia maupun di akhirat,

Serta adikku, Luthfi Mubarak (teman berantem di rumah) tapi yang selalu memberiku semangat dan dukungan untuk keberhasilanku.

**Almamater Tercinta Universitas Lampung**

## SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatu,

Alhamdulillahillobbil;alamin. Segala puji dan syukur hanya milik Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, serta Dzat yang senantiasa atas kehendak dan izin-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Uji Aktivitas Nanokatalis 3%V/LaCrO<sub>3</sub> Pada Konversi Nanoselulosa Dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca L.*) Menjadi Gula Alkohol Di Bawah Irradiasi Sinar UV”**. Sholawat teriring salam semoga Allah SWT sampaikan kepada baginda Nabi Muhammad SAW dan semoga kita mendapatkan syafa'at dari-Nya di yaumul akhir kelak, Aamiin.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada program studi Kimia FMIPA Universitas Lampung . Dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan. Namun itu semua dapat penulis lalui berkat dukungan, bantuan, dan dorongan semangat dari berbagai pihak. *.Jazakumullahu Khairan Katsiran Wa Jazakumullah Ahsanal Jaza.* Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tuaku tercinta Bapak Asep Saepurohman dan Ibu Sri Kundaryati, yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, do'a serta segala pengorbanan, kekuatan, kesabaran yang telah diberikan kepada penulis. Tanpa kalian penulis tidak akan bisa menjadi apa yang telah dicapai sekarang. Semoga kita semua selalu bersama sampai Jannah ya mah, pak.  
Aamiin
2. Adikku "Luthfi Mubarak" yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, semangat, dan do'a, kepada penulis.
3. Seluruh keluarga besarku yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan do'a yang telah diberikan kepada penulis.
4. Bapak Prof. Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc. selaku pembimbing I serta sekaligus pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, ilmu, saran, motivasi, perhatian, nasihat, dan seluruh kebaikannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, ilmu, saran, serta nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Ibu Dr. Yuli Ambarwati, M.Si. selaku pembahas dalam penelitian yang telah memberikan nasehat, kritik, saran, dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.

8. Bapak dan ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung, terimakasih atas seluruh ilmu, pengalaman, dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
9. Bapak Drs. Suratman, M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
10. Segenap staff administrasi dan karyawan Jurusan Kimia dan FMIPA Universitas Lampung atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
11. Grup “2019 lulus aamiin eea”, Ahmad ammar saputra dan Yarti Andayani terimakasih atas kerjasamanya selama ini, kalian semangat terus sampai akhir. Serta Harist oktavian, dan Lia Purnia sari, terimakasih atas kerjasama, bantuan, saran, do’a, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis. Dari penulis yang belum paham apa-apa sampai penulis bisa menyelesaikan penelitian dan sampai skripsi ini tercetak.
12. Donny Farhan yang telah memberikan motivasi, semangat, bantuan, do’a dan kesabaran yang telah kamu berikan selama aku menulis skripsi dan sampai akhirnya aku bisa menyelesaikan serta melewati tantangan semua yang aku hadapi. InsyaAllah kita until Jannah, jika didampingi oleh do’a dari kita untuk kita berdua. Aamiin
13. Sahabatku “Somplak”, Widya Kusuma, Fatry Sinjia, Dira Avista, Meynisa Zunaidar, Yesi Oktara Kasih, Meitri Ayu Ningrum, Hani Chintia Ramadani, Nur Wulandari, dan Zuwita wulandari. Terimakasih selalu menemaniku dimasa tersulit dalam menulis skripsi dan memberi aku semangat untuk menghadapi semua kesulitanku selama menyusun skripsi sampai akhirnya

skripsi ini tercetak. Setiap pertemuan pasti akan ada perpisahan, meskipun jarak dan waktu akan membuat kita tidak saling bertemu, tapi percayalah Allah pasti menyusun rencana terindah untuk kita berkumpul kembali.

Aamiin

14. Sahabatku satu ini yang alhamdulillah dipertemukan dari zaman maba hingga saat ini yaitu Santi Primadona. Terimakasih Ma Sist sudah menemaniku sampai saat ini, semoga kita akan selalu bersama dan saling mendo'akan until Jannah. Aamiin
15. Sahabatku satu lagi, selaku teman belajar disaat ada ujian, teman diskusi disaat ada tugas, teman makan disaat aku lapar, dan teman pendengar setia disaat aku sedih. Terimakasih banyak buat Ani Nurhayati atas kebaikanmu selama ini kepadaku, semoga kita bisa menjadi anak yang selalu membahagiakan orang tua kita ya, aamiin. Satu lagi terimakasih karena kosannya sudah menjadi tempat persinggahan disaat aku lelah.
16. Kakak dan adik seperbimbingan "*Rudy's Research Group*", terimakasih atas bantuan dan kebaikan yang diberikan kepada penulis.
17. Teman, kakak dan adik seperjuangan di Laboratorium Anorganik/Fisik, terimakasih atas kerjasama dan bantuan yang diberikan kepada penulis.
18. Keluarga tercinta Kimia 2015 "*Chem15try*", terimakasih atas kebersamaan dan suka duka yang telah dilewati selama ini. Semoga Allah memberi kesuksesan untuk kita semua, Aamiin.
19. Teman-teman KKN Nadia, Rafika, Em, Fahry, Taufiq dan Wayan yang telah memberikan dukungan dan do'a kepada penulis..

20. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara tulus dan ikhlas memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis.
21. Almamater tercinta, Universitas Lampung.

Atas segala kebaikan yang telah diberikan, semoga Allah SWT membalasnya dengan pahala yang berlipat ganda, Aamiin. Seperti pribahasa “*Tak Ada Gading Yang Tak Retak*”, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan, namun penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi rekan-rekan khususnya mahasiswa kimia dan pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, Desember 2019

Penulis

**Elsina ‘Azmi**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	3
C. Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
A. Gula Alkohol.....	5
1. Sorbitol.....	6
2. Manitol.....	6
3. Xylitol .....	7
B. Nanoselulosa .....	7
C. Katalis .....	9
D. Preparasi Katalis .....	12
1. Sol-gel.....	13
2. Pengeringan Beku ( <i>Freeze Drying</i> ) .....	14
3. Kalsinasi.....	15
E. Pektin .....	16
F. Kulit Pisang Kepok .....	18
G. Karakterisasi Nanoselulosa dan Nanokatalis .....	19
1. Analisis Struktur Kristal Nanoselulosa dan Nanokatalis Menggunakan XRD .....	19
2. Analisis Gugus Fungsi Nanokatalis Menggunakan FTIR .....	21
3. Analisis Struktural dan Ukuran Partikel Nanokatalis Menggunakan TEM .....	24
4. Analisis Morfologi Permukaan dan Komposisi Unsur Nanokatalis Menggunakan SEM-EDX.....	25
5. Analisis Energi Celah Pita Nanokatalis Menggunakan DRS UV-Vis.....	28
H. Konversi Katalitik Selulosa .....	30
I. Reaksi Fotokatalitik .....	32

<b>III. METODE PERCOBAAN</b> .....	35
A. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	35
B. Alat dan Bahan .....	36
C. Prosedur Kerja .....	36
1. Preparasi Nanoselulosa dari Limbah Kulit Pisang .....	36
2. Preparasi Nanokatalis 3% V/LaCrO <sub>3</sub> dan Karakterisasinya.....	38
3. Uji Aktivitas Katalitik Katalis .....	41
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	44
A. Preparasi Nanoselulosa dari Limbah Kulit Pisang .....	44
B. Preparasi Nanokatalis 3% V/LaCrO <sub>3</sub> .....	48
C. Karakterisasi Nanokatalis 3% V/LaCrO <sub>3</sub> .....	51
1. Analisis Struktur Kristalin Menggunakan XRD.....	51
2. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR .....	54
3. Analisis Struktural dan Ukuran Partikel Menggunakan TEM .....	56
4. Analisis Morfologi Permukaan dan Komposisi Unsur Menggunakan SEM-EDX .....	58
5. Analisis Energi Celah Pita Menggunakan DRS UV-Vis .....	60
D. Uji Aktivitas Katalitik Katalis .....	63
1. Konversi Nanoselulosa .....	63
2. Analisis Kualitatif Hasil Konversi.....	64
3. Analisis Kuantitatif Hasil Konversi.....	65
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	70
A. Simpulan.....	70
B. Saran .....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	72
<b>LAMPIRAN</b> .....	78

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur gula alkohol: (a) Manitol, (b) Sorbitol, dan (c) Xylitol. ....	6
2. Tahapan preparasi dengan metoda sol gel. ....	13
3. Mekanisme kerja Freeze Drying. ....	15
4. Difraktogram XRD nanokatalis $\text{Ni}_{(1-x)}\text{Cu}_{(x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ .....	20
5. Difraktogram XRD untuk nanoselulosa.....	21
6. Infra merah Spectra dari $\text{LaCrO}_3$ (a). dikalsinasi pada 600 °C, (b). dikalsinasi pada 700 °C, dan (c) dikalsinasi pada 800 °C.....	23
7. (a) Skema alat TEM dan (b) hasil TEM nanokatalis $\text{Ni}_{0,4}\text{Cu}_{0,6}\text{Fe}_2\text{O}_4$ .....	25
8. Diagram SEM .....	26
9. Konversi selulosa menjadi manitol .....	30
10. Konversi selulosa menjadi sorbitol .....	31
11. Konversi selulosa menjadi xylitol.....	31
12. Mekanisme fotokatalitik.....	34
13. Rangkaian alat konversi nanoselulosa dengan irradiasi sinar UV. ....	42
14. Preparasi nanoselulosa kulit pisang a) Serbuk kulit pisang dengan proses delignifikasi, b) Selulosa hasil proses delignifikasi setelah pencucian, c) Selulosa hasil bleaching, d) Suspensi nanoselulosa hasil hidrolisis, e) Nanoselulosa hasil <i>freeze drying</i> .....	45
15. Difraktogram XRD nanoselulosa (a) Selulosa Standar dan (b) Selulosa kulit pisang kepek. ....	46

16. Preparasi Nanokatalis $\text{LaCrO}_3$ , (a) Penambahan larutan logam-logam nitrat, (b) Larutan homogen setelah penambahan larutan logam-logam nitrat, (c) Gel setelah pemanasan, (d) nanokatalis setelah kalsinasi, (e) nanokatalis setelah digerus.....	49
17. Difraktogram XRD nanokatalis $\text{LaCrO}_3$ .....	49
18. Preparasi Nanokatalis 3% V/ $\text{LaCrO}_3$ , (a) Larutan homogen setelah penambahan larutan logam nitrat dan nanokatalis $\text{LaCrO}_3$ , (b) Gel setelah pemanasan, (c) nanokatalis setelah kalsinasi, (d) nanokatalis setelah digerus. ....	51
19. Difraktogram XRD nanokatalis 3% V/ $\text{LaCrO}_3$ .....	52
20. Difraktogram hasil pencocokan pola difraksi katalis dengan panjang gelombang sinar X $\text{Cu-K}\alpha$ : $1.54187\text{\AA}$ . ....	52
21. (a) Spektrum Inframerah dari Nanokatalis 3% V/ $\text{LaCrO}_3$ dan (b) Spektrum setelah proses fotokatalitik.....	55
22. Mikrograf hasil analisis TEM katalis 3% V/ $\text{LaCrO}_3$ pada skala (a) 200 nm, dan (b) 50 nm. ....	57
23. Struktur Mikro nanokatalis 3% V/ $\text{LaCrO}_3$ dengan perbesaran 20Kx.....	59
24. Spektrum EDX dan komposisi nanokatalis 3% V/ $\text{LaCrO}_3$ .....	59
25. Spektrum hasil UV-Vis DRS (a) absorbansi-panjang gelombang dan (b) %R-panjang gelombang. ....	61
26. Hasil analisis UV-Vis DRS pada nanokatalis 3% V/ $\text{LaCrO}_3$ $n = 2$ . ....	62
27. Uji Fehling dengan variasi waktu 30, 60, 90, dan 120 menit.....	65
28. Uji DNS dengan variasi waktu 30, 60, 90, dan 120 menit.....	66
29. Kurva standar glukosa.....	67
30. Kromatogram Larutan Hasil Konversi 30 Menit. ....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Ukuran partikel nanoselulosa kulit pisang kepok kuning. ....	47
2. Puncak-puncak representatif difraktogram nanokatalis 3% V/LaCrO <sub>3</sub> . ....	53
3. Puncak-puncak representative masing-masing difraktogram acuan pada nanokatalis 3% V/LaCrO <sub>3</sub> . ....	54
4. Persentase nanoselulosa terkonversi. ....	64
5. Konsentrasi glukosa pada sampel hasil konversi. ....	67

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Salah satu sumber energi alternatif yang berasal dari bahan baku yang bersifat kontinyu dan dapat diperbaharui adalah energi biomassa. Biomassa dapat dihasilkan dari bahan organik atau hasil pembuangan limbah yang telah diambil produk primernya dan umumnya memiliki nilai ekonomi rendah. Keberadaan biomassa di Indonesia sangatlah berlimpah, salah satu bahan biomassa yang sering dimanfaatkan adalah selulosa. Salah satu sumber selulosa yang banyak ditemukan adalah pada limbah kulit pisang.

Menurut Badan Pusat Statistik (2014), persentase produksi buah pisang di Indonesia mencapai 34,65%, sedangkan provinsi Lampung sebagai penghasil budidaya buah pisang sebesar 21,59%. Provinsi Lampung khususnya, merupakan kawasan sentra industri keripik pisang berbahan baku pisang kepok. Biasanya hanya bagian buah pisang yang dimanfaatkan dan bagian kulit pisang ini sering dibiarkan menjadi limbah organik. Kulit pisang yang merupakan sisa produk industri keripik pisang ini masih memiliki banyak kandungan yang bermanfaat, salah satunya kandungan selulosa. Menurut data Balai Besar Litbang Industri selulosa, limbah kulit pisang mengandung serat yang sangat halus dengan

kandungan selulosa yang tinggi (18-20%), hemiselulosa (6-9%), dan lignin (5-10%) dan asam galakturonat.

Selulosa dapat diolah menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi seperti gula alkohol melalui proses konversi. Konversi selulosa dari sisa produk pertanian yang melimpah menjadi glukosa dan gula alkohol adalah suatu hal yang menarik dan menantang. Selulosa dapat dikonversi menjadi gula alkohol memerlukan sebuah fotokatalis yang merupakan katalis berbahan dasar logam transisi dengan menggunakan metode irradiasi sinar UV. Semakin berkembangnya teknologi, penelitian mengenai material berukuran nano banyak dikembangkan karena memiliki keuntungan. Perubahan ukuran selulosa menjadi skala nano atau yang dikenal sebagai nanoselulosa dapat dijadikan suatu cara untuk mengubah sifat selulosa. Kristal selulosa dirusak fasa kristalinnya menjadi selulosa amorf sehingga diharapkan menjadi mudah untuk mengalami konversi. Demikian juga halnya katalis, menurut (Widegren *et al.*, 2003) dalam skala nano, nanokatalis memiliki luas permukaan cukup besar dengan rasio atom-atom yang menyebar merata pada permukaan sehingga memudahkan transfer massa reaktan untuk dapat berdifusi ke dalam situs aktif di dalam pori-pori.

Berdasarkan tinjauan literatur, nano-fotokatalis menawarkan metode ramah lingkungan, proses biaya rendah, dan operasi penanganan mudah. Bahan yang dapat digunakan sebagai fotokatalis yang memiliki sifat semikonduktor adalah salah satunya bahan perovskite. Senyawa perovskite banyak digunakan dalam bidang katalis karena memiliki sifat yang unik seperti konduktivitas listrik, suhu tinggi resistor dan sifat semikonduktor. Metode fotokatalik ini, telah memberikan

hasil yang cukup baik meskipun belum mendapatkan hasil yang optimal.

Konversi selulosa dari biomassa batang pisang menjadi asam levulinat melalui reaksi fotokatalitik dengan katalis kromium klorida menghasilkan luas area asam levulinat sebesar 3,52% (Ummiyil, 2012), Pertiwi (2017) dalam penelitiannya menggunakan nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,99}\text{Mo}_{0,01}\text{O}_3$  untuk mengkonversi nanoselulosa menjadi gula alkohol berupa sorbitol dengan konsentrasi tertinggi sebesar 19,07% yang dihasilkan dari lama penyinaran 45 menit, dan pada penelitian Lindawati (2017) dengan nanokatalis  $\text{LaCr}_{0,98}\text{Mo}_{0,02}\text{O}_3$  menghasilkan sorbitol sebesar 7,53% dari lama penyinaran 60 menit.

Pada penelitian ini, digunakan nanokatalis menggunakan bahan baku berbasis logam Lantanum dan Kromium dengan penambahan logam transisi berupa Vanadium karena sifatnya inert terhadap larutan dengan suasana asam ataupun basa (Yusnani, 2008) dengan menggunakan metode sol-gel dan diiradiasi sinar UV dalam konversi nanoselulosa dari kulit pisang kepok menjadi gula alkohol dengan nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> yang dianalisis menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dengan bantuan sinar UV dengan variasi waktu 30, 60, 90, dan 120 menit.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Mendapatkan nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> dengan metode sol-gel.

2. Mengkarakterisasi nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> yang telah disintesis dengan metode sol-gel menggunakan XRD, FTIR, SEM-EDX, TEM, dan DRS UV-Vis.
3. Menganalisis uji aktivitas dari nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> dalam mengkonversi nanoselulosa menjadi gula alkohol di bawah sinar UV.

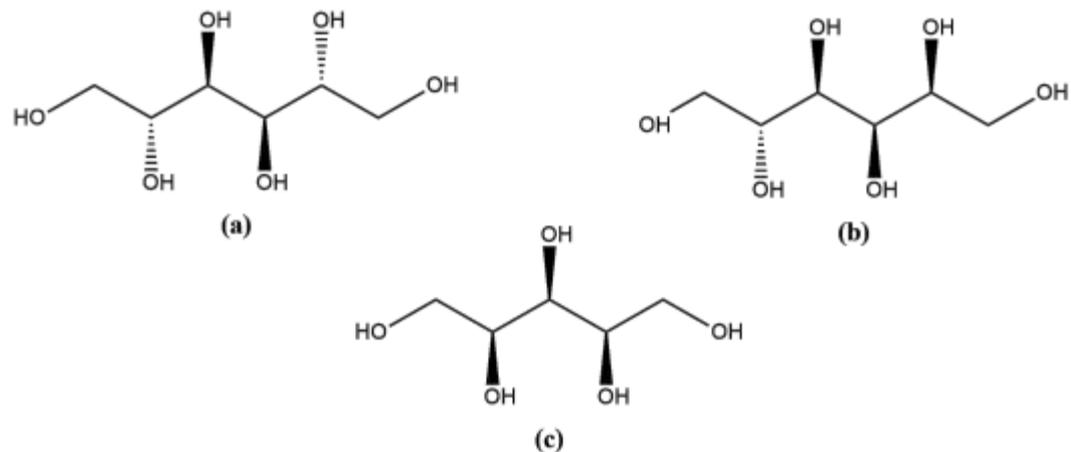
### **C. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai kemampuan nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> pada proses konversi nanoselulosa dari kulit pisang kepok menjadi gula alkohol dengan bantuan sinar UV.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Gula Alkohol

Gula alkohol merupakan monosakarida atau disakarida yang memiliki banyak gugus hidroksil. Gula alkohol memiliki struktur yang mirip dengan alkohol dan rasanya menyerupai gula tebu (sukrosa). Gula alkohol memiliki manfaat yang beragam, antara lain rasa manis yang dimiliki menjadikan gula alkohol sebagai pemanis yang rendah kalori, sehingga sering digunakan sebagai pemanis untuk penderita diabetes karena tidak menaikkan kadar glukosa darah, sebagai stabilizer pada suplemen dan makanan, menjaga kesehatan gigi dengan cara menghambat pembentukan karies dan plak pada gigi. Gula alkohol tidak menyebabkan terjadinya kerusakan pada gigi karena gula alkohol tidak mengakibatkan perubahan pH pada mulut setelah dikonsumsi (Zumbe *et al.*, 2001). 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 *et al.*, 2002).



**Gambar 1.** Struktur gula alkohol: (a) Manitol, (b) Sorbitol, dan (c) Xylitol.

## 1. Sorbitol

Sorbitol adalah salah satu gula alkohol yang terdiri dari enam karbon dengan rumus kimia  $C_6H_{14}O_6$ . Sorbitol banyak digunakan sebagai pengganti gula karena bahan dasarnya mudah diperoleh dan murah. Selain itu karena sifatnya yang tidak reaktif dan tidak hidroskopis, sorbitol digunakan untuk eksipien pada produksi tablet kunyah dan granulasi serbuk. Di Indonesia sorbitol diproduksi dari umbi tanaman singkong (*Manihot utilissima pohl*). Sorbitol juga terdapat pada alga merah sekitar 13,6 %, pada tanaman beri dari spesies *Sorbus amiricana* sebanyak 10 % dan terdapat juga pada famili *Rosaceae* seperti buah pir, apel, ceri, *prune*, *peach*, dan aprikot. Sorbitol digunakan sebagai bahan baku industri dan makanan, seperti pasta gigi, permen, kosmetik, farmasi, vitamin C, dan termasuk untuk industri tekstil.

## 2. Manitol

Manitol adalah gula alkohol seperti sorbitol yang memiliki enam karbon dengan rumus kimia  $C_6H_{14}O_6$ , berat molekulnya 182,17 g/mol dan memiliki kelarutan

lebih kecil dibandingkan dengan sorbitol yaitu 22 g manitol didalam 100 ml air (25 °C). Manitol memiliki tingkat kemanisan 0,5 sampai dengan 0,7 kali tingkat kemanisan sukrosa. Manitol tidak bersifat sebagai pereduksi sebab tidak memiliki gugus aldehid bebas. Manitol digunakan dalam industri makanan, produk perawatan gigi, farmasi, dan industri lainnya.

### 3. Xylitol

Xylitol adalah gula alkohol yang memiliki rumus kimia  $C_5H_{12}O_5$  dengan berat molekul 152,15 g/mol dan kelarutan xylitol 169 g didalam 100 ml air (20 °C), serta memiliki pH 5-7 di dalam air. Tingkat kemanisan xylitol relatif sama dengan sukrosa, tetapi lebih tinggi daripada sorbitol. Karena tingkat kemanisannya sama dengan sukrosa sehingga xylitol banyak digunakan dalam industri makanan seperti industri coklat, permen, es krim, selai, jus juga pada produksi roti dan minuman. Xylitol banyak terdapat dalam sayuran dan buah-buahan juga diproduksi oleh mikroorganisme dan bakteri serta dapat diproduksi di dalam tubuh manusia dewasa (Bar, 1991).

### **B. Nanoselulosa**

Partikel nanoselulosa merupakan material jenis baru dari selulosa yang ditandai dengan adanya peningkatan kristalinitas, aspek rasio, luas permukaan, dan peningkatan kemampuan dispersi serta biodegradasi. Adanya kemampuan ini, partikel nanoselulosa dapat digunakan sebagai *filler* penguat polimer, aditif untuk produk-produk *biodegradable*, penguat membran, pengental untuk dispersi, dan

media pembawa obat serta implan (Ioelovich, 2012). Nanoselulosa telah banyak digunakan dalam bidang industri maupun kehidupan sehari-hari. Beberapa aplikasi nanoselulosa diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Modifikasi permukaan hidrofobik nanoselulosa dengan garam ammonium.  
Dilakukan modifikasi pada permukaan hidrofobik dari nanoselulosa.  
Metode yang digunakan untuk memodifikasi permukaan nanoselulosa ini adalah penggabungan adsorpsi dari garam ammonium dengan kation.  
Rantai alkil panjang, phenyl, glycidyl, dan kelompok diallyl melalui proses pertukaran ion dalam larutan yang mengandung air (Salajková *et al.*, 2012).
- b. Nanokomposit selulosa dengan asam polilaktik (PLA)  
Nanokomposit dibuat dari gabungan antara nanoselulosa dengan asam polilaktik (PLA). Namun, pada penelitian kali ini tidak adanya perbaikan sifat mekanik apabila dibandingkan dengan PLA murni dikarenakan penambahan aditif yang tidak cocok (DMAc/LiCl) (Oksman *et al.*, 2006).  
Dibuat nanokomposit asam polilaktik (PLA) dengan adanya penambahan nanoselulosa dapat memperkuat sifat penghalang (*barrier*) pada hasil polimer komposit. Selanjutnya komposit ini dapat menjadi bahan aktif anti racun (Fortunati *et al.*, 2012).
- c. Nanokomposit selulosa dengan poliuretan  
Nanokomposit dibuat dari poliuretan dengan fraksi volume rendah dari nanoselulosa Cao *et al.*, (2008) menyatakan bahwa dengan penambahan *filler* nanoselulosa sebanyak 1% berat dapat meningkatkan *modulus young*, kekuatan tarik, dan keuletan dari polimer komposit yang dihasilkan.

d. Nanokomposit polioksietilen

Nanokomposit dari polioksietilen (POE) dengan nanoselulosa. (Wahyuni *et al.*, 2017), menyatakan bahwa pembentukan jaringan selulosa antar ikatan hidrogennya berperan penting dalam peningkatan sifat mekanik komposit.

### C. Katalis

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). 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).

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, 1988).

Pada umumnya katalis memiliki sifat-sifat yaitu sebagai berikut :

#### 1. Aktivitas

Katalis harus memiliki kemampuan untuk dapat aktif bereaksi. Keaktifan tersebut dapat dibuktikan dari hasil kerja katalis dalam mengubah bahan baku menjadi produk baru yang diinginkan. Katalis dikatakan memiliki aktivitas yang baik, jika katalis mampu menuju kesetimbangan dengan waktu yang sangat singkat.

#### 2. Selektivitas

Katalis harus memiliki kemampuan untuk dapat menghasilkan produk yang diinginkan. Selektivitas diperlukan dalam pemilihan setiap material yang akan digunakan. Hal ini dikarenakan dalam suatu proses reaksi, terdapat zat yang berperan dalam meningkatkan laju reaksi, namun juga dapat menjadi penghambat pada proses lainnya. Katalis dikatakan memiliki selektivitas yang baik, jika katalis mampu secara efektif meningkatkan jumlah produk yang diinginkan.

### 3. Stabilitas

Katalis harus memiliki kemampuan untuk dapat menghadapi racun atau zat lain yang mungkin dapat merusak kinerja dari katalis itu sendiri. Stabilitas katalis dalam proses reaksi akan berpengaruh pada produk yang dihasilkan.

### 4. Kekuatan mekanik

Katalis harus memiliki kemampuan untuk dapat digunakan dalam kondisi apapun, meskipun dalam tekanan dan temperatur tinggi (Nasikin dan Susanto, 2010).

Secara umum, katalis dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Pada katalis homogen merupakan katalis dan reaktan berada dalam fasa yang sama, sedangkan untuk katalis heterogen merupakan 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. Reaksi asam-basa berperan dalam pembentukan ikatan heterolitik antara reaktan dan katalis melalui penggunaan pasangan elektron bebas dari katalis atau reaktan (Li, 2005).

Menurut (Situmeang *et al.*, 2017) katalis  $\text{LaCrO}_3$ , termasuk dalam katalis heterogen yang memiliki fasa yang berbeda dengan reaktan dan produk, sehingga lebih mudah untuk dipisahkan dari produk. Berdasarkan penelitiannya, (Situmeang *et al.*, 2017) mengungkapkan bahwa hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa bahan terdiri dari berbagai fase kristal, dengan  $\text{LaCrO}_3$

sebagai fase utama dan memiliki ukuran kristal dikisaran 24-25 nm menurut persamaan Scherrer. Pada mekanisme reaksi menggunakan katalis padatan, terjadi adsorpsi molekul-molekul reaktan pada permukaan padatan logam yang memiliki elektron yang tidak berpasangan pada orbital  $d$  merupakan dasar yang tepat dalam aksi katalitik permukaan logam. Logam vanadium merupakan unsur transisi yang mempunyai sifat relatif inert atau sedikit bereaksi dengan larutan asam dan alkali. Kemampuan logam vanadium 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

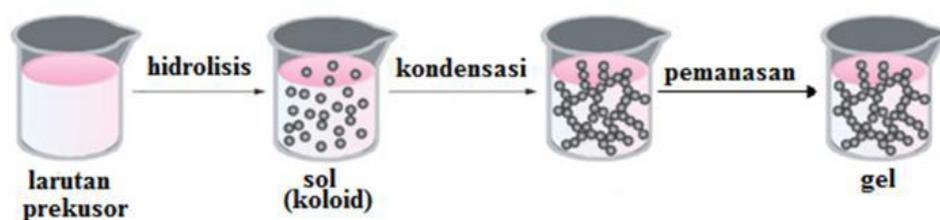
#### **D. Preparasi Katalis**

Metode preparasi katalis adalah suatu metode yang dilakukan dengan mendistribusikan logam aktif katalis pada permukaan penyangga dengan cara yang efisien. 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. Metode ini diharapkan terbentuk dispersi yang tinggi untuk mendapatkan luas permukaan spesifik yang besar dan aktivitas yang maksimal. Beberapa jenis metode preparasi katalis adalah sebagai berikut:

## 1. 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 kontinyu (gel). Prinsip kerja dari metode ini adalah hidrolisis garam logam menjadi sol, 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  $1 \text{ nm}^{-1}$  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.



**Gambar 2.** Tahapan preparasi dengan metoda sol gel.

Beberapa keuntungan menggunakan metode sol-gel adalah homogenitasnya lebih baik, temperatur proses rendah, kemurnian lebih baik, hemat energi, pencemaran rendah, tidak terjadi reaksi dengan senyawa sisa, kehilangan bahan akibat

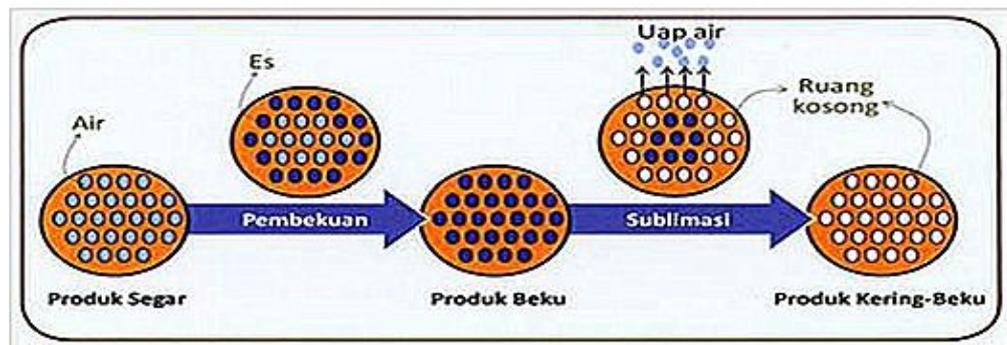
penguapan dapat diperkecil. Sedangkan beberapa kerugian menggunakan metode sol-gel adalah material proses cukup mahal, penyusutan yang besar selama proses pengeringan, sisa hidroksil dan karbon, menggunakan pelarut organik yang berbahaya bagi kesehatan, waktu proses cukup lama.

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

Pengeringan beku dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut *Freeze Dryer*. Alat ini termasuk ke dalam alat pengeringan tak langsung (*conduction dryer/indirect dryer*). Proses pengeringan terjadi secara tidak langsung antara bahan basah dan media pemanas dimana terdapat dinding pembatas diantara keduanya 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. Menurut Muchtadi (1992), sampel yang akan dikeringkan dengan *Freeze Dryer* 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. Proses pengeringan beku merupakan 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). Mekanisme kerja pengeringan beku (*Freeze Drying*) ini ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Mekanisme kerja Freeze Drying.

Keuntungan menggunakan metode *freezer-dry* yaitu 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 di bawah titik lelehnya untuk menghasilkan keadaan dekomposisi termal dari transisi fasa lain selain fasa

lelehan. Kalsinasi diperlukan sebagai penyiapan serbuk untuk proses lebih lanjut dan memperoleh ukuran partikel yang optimum serta menggunakan senyawa dalam bentuk garam atau dihidrat menjadi oksida, membentuk fase kristal.

Peristiwa yang terjadi pada proses kalsinasi yaitu:

- a. Dekomposisi komponen prekursor pada pembentukan spesi oksida. Proses pertama terjadi pelepasan air bebas ( $H_2O$ ) dan terikat ( $OH$ ) berlangsung sekitar suhu  $100\text{ }^{\circ}C$  dan  $300\text{ }^{\circ}C$ .
- b. Pelepasan gas  $CO_2$  yang berlangsung sekitar suhu  $600\text{ }^{\circ}C$ , 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 merupakan polisakarida kompleks tersusun atas polimer asam  $\alpha$  D-galakturonat yang terikat melalui ikatan  $\alpha$  1,4-glikosidik. Pektin terkandung di dalam dinding sel primer yaitu diantara selulosa dan hemiselulosa (Nelson *et al.*, 1977). Kandungan metoksi pada pektin mempengaruhi 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, 2006). Pektin dengan kadar metoksi tinggi (79%) 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 dinetralkan akan memberikan pH 2,7-3,0. Larutan pektin stabil pada pH 2,0-4,0, pada pH lebih dari 4,0 atau kurang dari 2,0, viskositas dan kekuatan gelnya akan berkurang karena terjadi depolimerisasi rantai pektin. Pektin dapat mengalami saponifikasi dan degradasi melalui reaksi  $\beta$ -eliminasi pada kondisi basa (Nelson *et al.*, 1977). Pektin banyak digunakan sebagai komponen fungsional pada industri makanan karena kemampuannya dalam membentuk gel dan menstabilkan protein. Penambahan pektin pada makanan akan mempengaruhi proses metabolisme dan pencernaan pada adsorpsi glukosa dan kolesterol (Baker, 1994). Pektin berfungsi sebagai pemberi tekstur yang baik pada roti dan keju, bahan pengental dan stabilizer pada minuman sari buah. Dalam bidang farmasi, pektin digunakan sebagai emulsifier pada preparat cair dan sirup, obat diare pada bayi dan anak-anak, bahan kombinasi untuk memperpanjang kerja hormon dan antibiotik, bahan pelapis perban untuk menyerap kotoran dan jaringan yang rusak sehingga luka tetap bersih dan cepat pulih serta sebagai bahan injeksi untuk mencegah pendarahan.

## F. Kulit Pisang Kepok

Pisang merupakan buah tropis yang menjadi komoditas buah unggulan di Indonesia. Berdasarkan data Pusdatin (2016), provinsi Lampung menempati urutan ketiga sebagai provinsi sentra produksi buah pisang dengan kontribusi sebesar 18,20%. Salah satu jenis pisang yang banyak diproduksi adalah pisang kepok. Pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) merupakan jenis pisang olahan yang paling sering diolah terutama dalam olahan pisang goreng dalam berbagai variasi, sangat cocok diolah menjadi keripik, buah dalam sirup, aneka olahan tradisional, dan tepung. Pisang dapat digunakan sebagai alternatif pangan pokok karena mengandung karbohidrat yang tinggi, sehingga dapat menggantikan sebagian konsumsi beras dan terigu (Prabawati dkk., 2008).

Menurut Prabawati dkk., (2008), pisang kepok memiliki kulit yang sangat tebal dengan warna kuning kehijauan dan kadang bernoda cokelat, serta daging buahnya manis. Pisang kepok tumbuh pada suhu optimum untuk pertumbuhannya sekitar 27 °C dan suhu maksimum 38 °C. Bentuk buah pisang kepok agak gepeng dan bersegi. Ukuran buahnya kecil, panjangnya 10-12 cm dan beratnya 80-120 gram. Pisang kepok memiliki warna daging buah putih dan kuning.

Bagian daging buah pisang merupakan bagian yang umum dimanfaatkan manusia menjadi berbagai jenis makanan. Pemanfaatan pisang yang cukup besar menghasilkan kulit pisang sebagai bahan buangan (limbah buah pisang) yang jumlahnya besar pula. Kulit pisang belum dimanfaatkan secara maksimal dan hanya dibuang sebagai limbah organik atau dimanfaatkan sebagai makanan ternak

seperti kambing, sapi, dan kerbau. Pada pisang kepok, bagian kulitnya memiliki serat yang halus dan mengandung polimer, seperti lignin, selulosa, hemiselulosa, dan pektin. Menurut data Balai Besar Litbang Industri 2015, kulit pisang memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Limbah kulit pisang mengandung serat yang halus dibandingkan serat dari kayu dengan kandungan selulosa yang tinggi (18-20%), hemiselulosa (6-9%), dan lignin (5-10%) dan asam galakturonat. Kayu lunak hanya mengandung selulosa 16%, hemiselulosa 47%, dan lignin 37.8% (Novianti and Setyowati, 2016). Kandungan serat yang tinggi tentunya berpotensi untuk diolah menjadi produk yang lebih bermanfaat seperti gula alkohol, energi bahan bakar dan lainnya (Septian dkk., 2012) dibandingkan hanya sebagai makanan ternak atau pupuk cair.

## **G. Karakterisasi Nanoselulosa dan Nanokatalis**

Nanoselulosa dan nanokatalis yang telah dipreparasi perlu diuji apakah strukturnya sudah sesuai dengan struktur yang diinginkan. Pengujian ini dikenal dengan karakterisasi. Metode karakterisasi yang dipilih tergantung pada kegunaan material yang dikarakterisasi, informasi yang ingin didapatkan dari hasil karakterisasi, biaya karakterisasi, dan kemudahan akses peralatan.

### **1. Analisis Struktur Kristal Nanoselulosa dan Nanokatalis Menggunakan XRD**

Analisis fasa kristalin katalis dilakukan dengan menggunakan instrumentasi difraksi sinar-X (*X-Ray Difractional/XRD*). XRD merupakan salah satu metode karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga saat ini.

Analisis XRD digunakan untuk mengidentifikasi suatu material berdasarkan fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel suatu material menggunakan persamaan Debye-Scherrer (Auda, 2009).

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad \dots\dots\dots(\text{Persamaan 1})$$

dimana: D= ukuran partikel (nm)

k = konstanta (0,94)

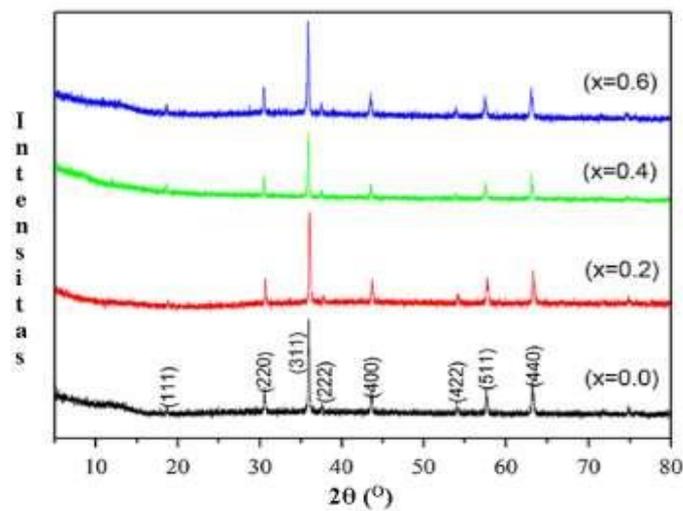
$\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$

$\beta$  = radian (FWHM)

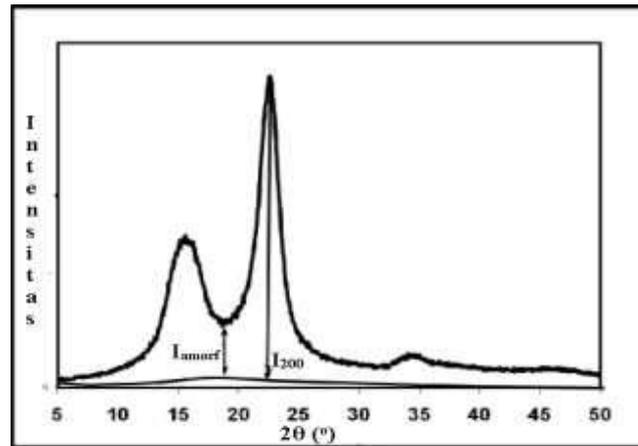
$\theta$  = lebar puncak

Berikut ini merupakan difraktogram dari hasil XRD dari nanokatalis

$\text{Ni}_{(1-x)}\text{Cu}_{(x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$  dan difraktogram dari XRD nanoselulosa.



**Gambar 4.** Difraktogram XRD nanokatalis  $\text{Ni}_{(1-x)}\text{Cu}_{(x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$  (Hong *et al.*, 2015).



**Gambar 5.** Difraktogram XRD untuk nanoselulosa (Hong *et al.*, 2015).

Dari difraktogram tersebut dapat ditentukan nilai indeks kristalinitas (% CrI) dari nanoselulosa menggunakan persamaan 2.

$$\%CrI = \frac{I_{200}}{I_{am}} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{persamaan 2})$$

Keterangan:

% CrI = Indeks Kristalinitas (%)

I<sub>200</sub> = Intensitas difraksi dengan puncak maksimum yang memiliki indeks Miller 200 dan berada pada daerah 2θ antara 22° – 24°.

I<sub>am</sub> = Intensitas dari bagian amorf (non-kristalin), yaitu pada lembah antara dua puncak yang berada pada daerah 2θ sudut 18°.

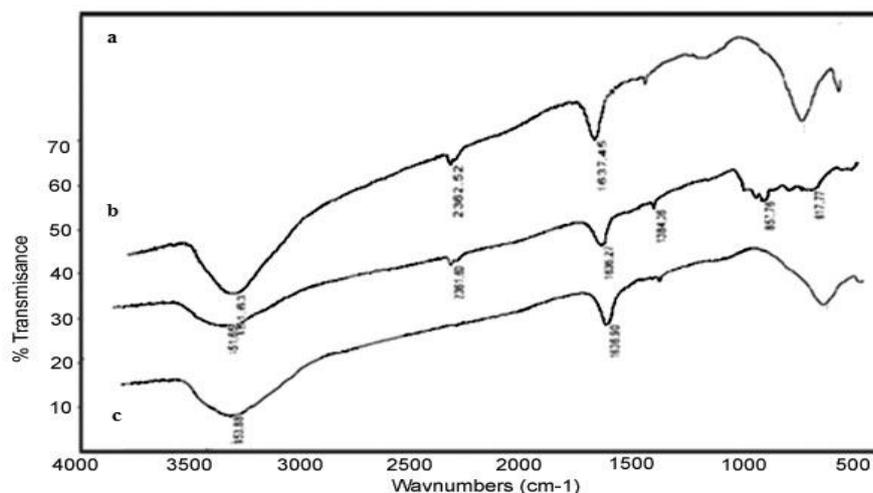
## 2. Analisis Gugus Fungsi Nanokatalis Menggunakan FTIR

Analisis Gugus Fungsi nanokatalis dilakukan dengan menggunakan instrumentasi FTIR. Analisis *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 (Tullin and Ahmad., 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 IR dari sumber laser ditembakkan melewati celah menuju sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Beberapa sinar IR akan diserap oleh sampel dan yang lainnya akan ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar IR lolos ke detector, kemudian sinyal yang terukur oleh detektor dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak. Instrumen FTIR menggunakan sistem yang disebut dengan interferometer untuk mengumpulkan spektrum.

Interferometer terdiri atas sumber radiasi, pemisah berkas, cermin, laser dan detektor. Hasil yang diperoleh dari pembacaan detektor berupa spektrum Nanokatalis  $\text{LaCrO}_3$  seperti pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Infra merah Spectra dari  $\text{LaCrO}_3$  (a). dikalsinasi pada  $600\text{ }^\circ\text{C}$ , (b). dikalsinasi pada  $700\text{ }^\circ\text{C}$ , dan (c) dikalsinasi pada  $800\text{ }^\circ\text{C}$  (Situmeang *et al.*, 2017).

Pada spektrum diatas didapatkan informasi adanya ikatan Cr-O ditandai dengan pita penyerapan yang terletak berpusat di  $857,76\text{ cm}^{-1}$  untuk sampel dikalsinasi pada  $600\text{ }^\circ\text{C}$  dan yang berpusat di  $883,27\text{ cm}^{-1}$  dalam sampel dikalsinasi pada  $700\text{ }^\circ\text{C}$ , yang ditugaskan untuk peregangan getaran obligasi. Getaran membentang tidak berasal dari ikatan O-Cr-O murni yang terletak di  $783\text{ cm}^{-1}$ . Kehadiran ikatan ini juga didukung oleh penyerapan band La-O-La terkait dengan getaran lentur, yang terletak di sekitar  $617,77$ ,  $621,29$ , dan  $627,79\text{ cm}^{-1}$  untuk sampel dikalsinasi pada  $600$ ,  $700$ , dan  $800\text{ }^\circ\text{C}$  dan La-O-La vibrasi ulur murni terletak di  $620\text{ cm}^{-1}$ . Oleh karena itu, hal ini dapat tersirat bahwa ikatan La-O-Cr yang ada (Situmeang *et al*, 2017). Spektrum FTIR dengan puncak antara  $500\text{-}800\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi tipe V-O. Puncak serapan sekitar  $900\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi tipe V=O. Sedangkan pada puncak serapan  $617$  dan  $827\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan untuk vibrasi tipe V-O-V dan O-(V)<sub>3</sub>.

### 3. Analisis Struktural dan Ukuran Partikel Nanokatalis Menggunakan TEM

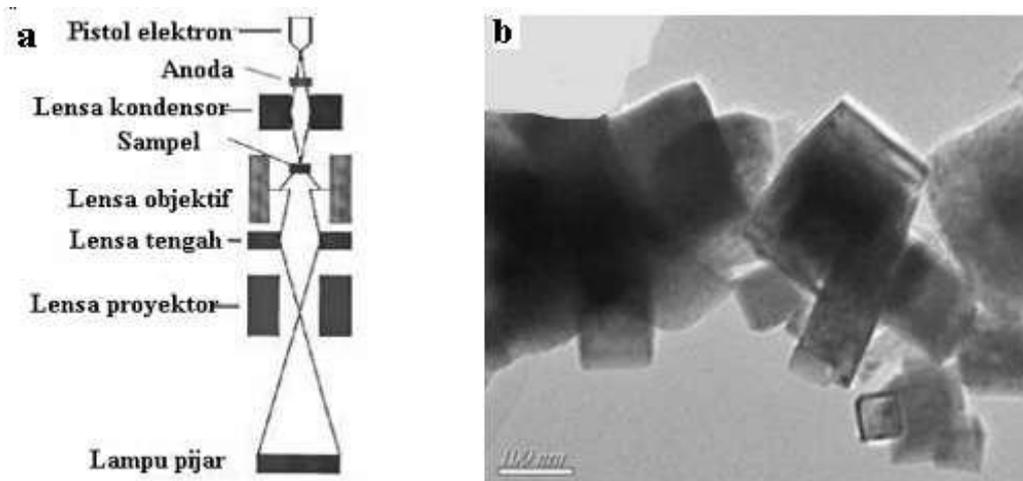
Morfologi dan ukuran partikel nanokatalis dapat dilihat menggunakan instrumentasi *Transmission Electron Microscopy* (TEM). TEM adalah sebuah instrumen atau alat yang dipakai dalam teknik penggambaran dari sebuah struktur mikro, dimana sebuah sinar elektron ditransmisikan menembus spesimen yang sangat tipis. Gambar tersebut diperbesar dan terfokus pada sebuah sensor penangkap gambar (*imaging device*), seperti: layar *fluorescent*, lapisan fotografi, atau terdeteksi oleh sebuah sensor seperti kamera CCD.

TEM digunakan untuk mengarakterisasi mikrostruktur dari material dengan resolusi yang amat tinggi. Informasi tersebut mengenai morfologi, struktur kristal, cacat, fasa Kristal, komposisi dan mikrostruktur secara magnetik dapat diperoleh dengan mengombinasikan antara *electron-optical imaging*, *electron diffraction* dan kemampuan dari *small probe* (pendeteksian ukuran kecil). Semua informasi itu sangat bergantung pada kemampuan sampel untuk ditembus *electron gun*.

Oleh karena itu diperlukan sampel yang sangat tipis. Material yang akan diteliti menggunakan TEM tidak ada batasannya selama spesimen itu masih tipis (*electron transparent*). Informasi yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- a. Morfologi: ukuran, bentuk dan susunan dari partikel yang menyusun spesimen yang saling berhubungan pada skala atomik.
- b. Kristalografi: susunan dari atom pada spesimen (menggunakan pola-pola difraksi) dan derajat keteraturannya, serta mendeteksi area cacat pada skala nanometer (Albar and Ekaditya, 2010).

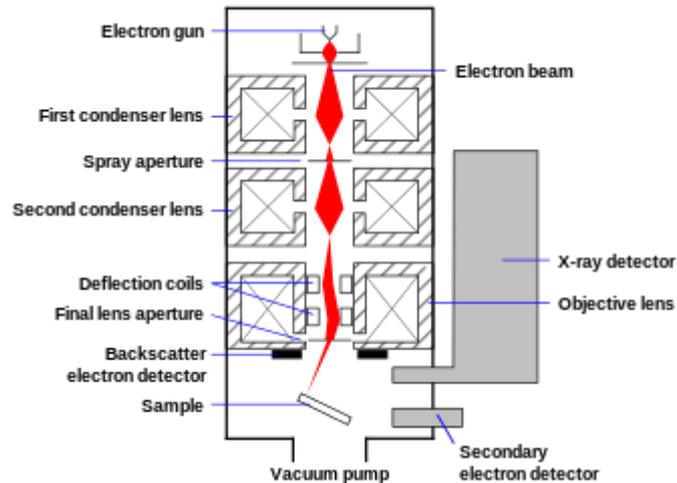
Skema alat TEM dan hasil dari analisis TEM dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** (a) Skema alat TEM dan (b) hasil TEM nanokatalis  $\text{Ni}_{0,4}\text{Cu}_{0,6}\text{Fe}_2\text{O}_4$  (Hong *et al.*, 2015).

#### 4. Analisis Morfologi Permukaan dan Komposisi Unsur Nanokatalis Menggunakan SEM-EDX

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan dalam ilmu pengetahuan material. SEM banyak digunakan karena memiliki kombinasi yang unik, mulai dari persiapan spesimen yang simpel dan mudah, kapabilitas tampilan yang bagus serta fleksibel. SEM digunakan pada sampel yang tebal dan memungkinkan untuk analisis permukaan. Pancaran berkas yang jatuh pada sampel akan dipantulkan dan di difraksikan. Adanya elektron yang terdifraksi dapat diamati dalam bentuk pola-pola difraksi. Pola-pola difraksi yang tampak sangat bergantung pada bentuk dan ukuran sel satuan dari sampel. SEM juga dapat digunakan untuk menyimpulkan data-data kristalografi, sehingga hal ini dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa.



**Gambar 8.** Diagram SEM

Prinsip kerja SEM dapat dilihat pada Gambar 8. Dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu strike specimen digunakan untuk menguji dan strike yang lain adalah CRT (*Cathode Ray Tube*) memberi tampilan yang dapat dilihat oleh operator. Akibat tumbukan pada spesimen dihasilkan satu jenis elektron dan emisi foton. Sinyal yang terpilih dikoleksi, dideteksi dan dikuatkan untuk memodulasi tingkat keterangan dari sinar elektron yang kedua, maka sejumlah besar sinar akan menghasilkan bintik gelap. SEM menggunakan prinsip scanning, maksudnya berkas elektron di arahkan dari titik ke titik pada objek. Gerakan berkas elektron dari satu titik ke titik yang lain pada suatu daerah objek menyerupai gerakan membaca. Gerakan membaca ini disebut dengan scanning.

Komponen utama SEM terdiri dari dua unit, *electron column* dan *display console*. *Elektron column* merupakan model *electron beam scanning*, sedangkan *display console* merupakan elektron skunder yang di dalamnya terdapat CRT. Pancaran elektron energi tinggi dihasilkan oleh *electron gun* yang kedua tipenya berdasar pada pemanfaatan arus. Pertama pistol termionik dimana pancaran elektron

tercapai dengan pemanasan tungsten atau filamen katoda pada suhu 1500 K sampai 3000 K. Katoda adalah kutub negatif yang dibutuhkan untuk mempercepat tegangan  $E_0$  ke anoda yang di gorundkan, sehingga elektron yang bermuatan negatif dipercepat dari katoda dan meninggalkan anoda dengan energi  $E_0$  kali elektron volt (KeV). Pistol termionik sangat luas penggunaannya karena relatif aman untuk digunakan dalam tabung vakum  $10^{-9}$  Torr atau lebih kecil dari itu.

Sumber alternatif lain dari *pistol field emission* dimana ujung kawat wolfram yang tajam dihubungkan tertutup dengan anoda ekstraksi dan diterapkan potensial sampai beberapa ribu volt. Elektron yang keluar dari kawat wolfram tidak membutuhkan pemanasan yang dapat dilakukan pada suhu kamar, menuju tabung vakum yang dipercepat seperti pada pistol termionik ke arah anoda. *Pistol field emission* tergantung dari permukaan emitter yang secara otomatis bersih, sehingga harus bekerja pada operasi kevakuman yang ultra tinggi kira-kira  $10^{-9}$  Torr, namun jika lebih besar maka akan lebih baik. Jarak panjang dari emitter *electron column*. Pemancaran elektron dari *elektron column* pada *chamber* harus dipompa cukup vakum menggunakan *oil-difussion*, *turbo molecular*, atau pompa ion (Chan, 1993).

Energi-dispersif spektroskopi sinar X (EDS atau EDX) adalah sebuah teknik analisis yang digunakan untuk elemen analisis atau karakterisasi kimia sampel. EDX adalah salah satu varian dari fluoresensi sinar-X spektroskopi yang bergantung pada penyelidikan sampel melalui interaksi antara radiasi elektromagnetik dan materi, menganalisis sinarX yang dipancarkan oleh materi

dalam menanggapi dipukul dengan partikel bermuatan. Kemampuan karakterisasi karena sebagian besar prinsip dasar bahwa setiap elemen memiliki unik struktur atom yang memungkinkan sinar-X yang merupakan ciri khas dari struktur atom suatu unsur untuk diidentifikasi secara unik dari satu sama lain. Dalam merangsang emisi sinar-X karakteristik dari spesimen, sinar energi tinggi partikel bermuatan seperti elektron atau proton, atau sinar X-ray, difokuskan ke dalam sampel yang sedang dipelajari. Pada saat istirahat, atom dalam sampel mengandung keadaan dasar (atau tereksitasi) elektron di tingkat energi diskrit atau kulit elektron terikat inti. Balok insiden dapat membangkitkan sebuah elektron dalam shell batin, mengeluarkannya dari shell sementara menciptakan lubang elektron di mana elektron itu. Elektron dari luar, energi yang lebih tinggi shell kemudian mengisi lubang, dan perbedaan energi antara energi yang lebih tinggi shell dan shell energi yang lebih rendah mungkin akan diubah dalam bentuk sinar-X. Jumlah dan energi dari sinar-X dipancarkan dari spesimen dan dapat diukur oleh spektrometer energi dispersif (Chan, 1993).

## **5. Analisis Energi Celah Pita Nanokatalis Menggunakan DRS UV-Vis**

Spektrofotometri UV-Vis Diffuse Reflektansi merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui besarnya band gap hasil sintesis. Metode ini didasarkan pada pengukuran intensitas UV-Vis yang direfleksikan oleh sampel. Salah satu material semikonduktor seperti fotokatalis memiliki karakteristik energi celah pita atau *band gap energy* yang khas. Mudahnya, energi celah pita adalah suatu celah yang menyatakan besarnya jarak diantara pita valensi (VB; *Valence Band*) dengan

pita konduksinya (CB; *Conduction Band*) sebanding dengan energi (dalam eV atau elektron volt) yang dibutuhkan untuk elektron tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Tentunya energi yang dibutuhkan dapat sebanding atau lebih dari besar celah pitanya (Yuwono *et al.*, 2011). Dalam penentuan nilai energi *band-gap* dari suatu material, dibutuhkan persamaan Tauc. Nilai *band-gap* dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$(h\nu\alpha)^{1/n} = A(h\nu - E_g) \dots\dots\dots ( \text{persamaan 3} )$$

Keterangan:

$h$  = konstanta Planck's

$\nu$  = Frekuensi vibrasi

$\alpha$  = Koefisien absorpsi

$E_g$  = energi celah pita

$A$  = Konstanta proporsi

Nilai eksponen  $n$  bergantung pada jenis transisi yang terjadi.

- Untuk transisi langsung terijinkan,  $n = 1/2$
- Untuk transisi langsung terlarang,  $n = 3/2$
- Untuk transisi tak langsung terijinkan,  $n = 2$
- Untuk transisi tak langsung terlarang,  $n = 3$

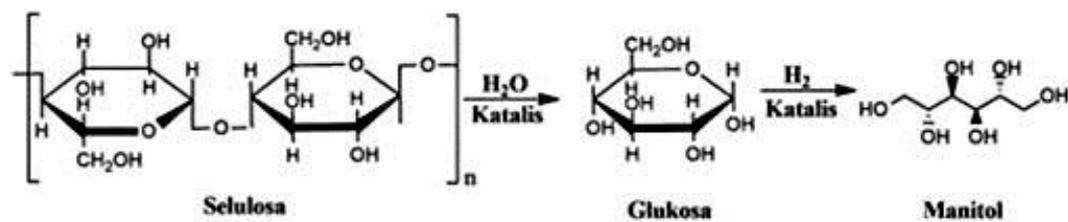
Spektra hasil analisis DRS dikonversikan ke fungsi Kubelka-Munk. Dimana, sumbu vertikal merupakan nilai dari  $F(R_\infty)$ , yang mana setara dengan koefisien absorpsi.  $\alpha$  dalam persamaan Tauc disubstitusikan dengan  $F(R_\infty)$ . Sehingga didapat persamaan:

$$(h\nu F(R_\infty))^2 = A(h\nu - E_g) \dots\dots\dots (\text{persamaan 4})$$

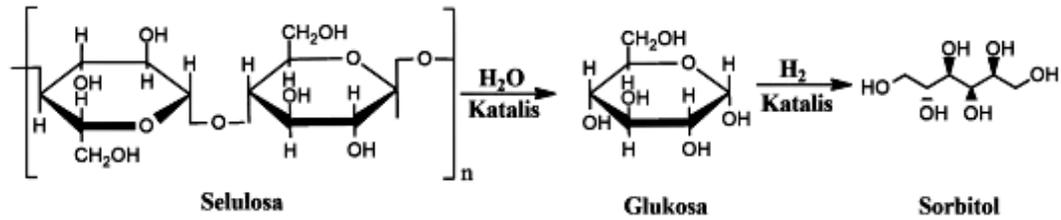
Selanjutnya dari perhitungan yang didapatkan dari persamaan Kubelka-Munk diplotkan ke dalam grafik  $(hvF(R_\infty))^2 \sim hv$ . Dimana nilai  $hv$  pada sumbu x dan sumbu y nilai  $(hvF(R_\infty))^2$ . Dari kurva yang ada pada grafik dapat ditentukan garis tangen yang memotong nilai  $hv$  dan pada titik itulah merupakan nilai *band-gap* ( $E_g$ ) (Tatarchuk *et al.*, 2017).

## H. Konversi Katalitik Selulosa

Konversi selulosa menjadi gula alkohol umumnya melalui dua tahapan proses, yaitu hidrolisis selulosa menjadi monomer gula dan dilanjutkan hidrogenasi monomer gula menjadi gula alkohol. Penambahan gas hidrogen pada proses katalitik menggunakan katalis logam, seperti nikel, rhodium, palladium, dan platina akan meningkatkan temperatur sehingga produk yang dihasilkan akan lebih banyak (Marhusari, 2009). Di bawah ini merupakan gambar konversi katalitik yang menghasilkan manitol dan sorbitol.

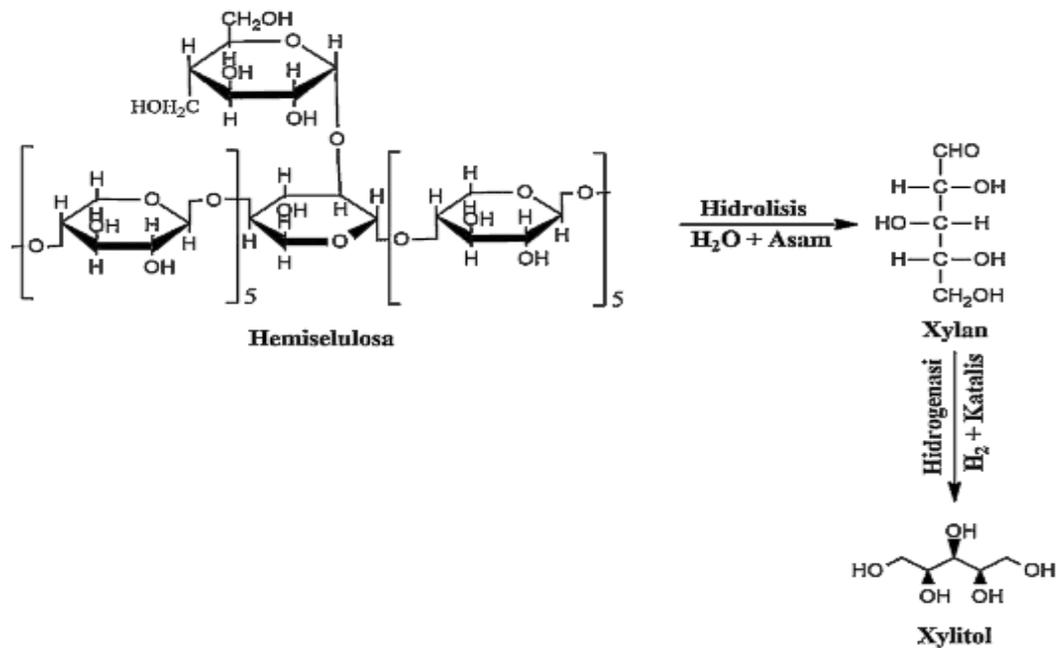


**Gambar 9.** Konversi selulosa menjadi manitol (Marhusari, 2009).



**Gambar 10.** Konversi selulosa menjadi sorbitol (Marhusari, 2009).

Xylitol dapat dikonversi dari bahan lignoselulosa, yaitu hemiselulosa. Xylan akan terbentuk melalui proses hidrolisis menggunakan asam kuat, kemudian apabila proses hidrolisis dilanjutkan dengan menggunakan katalis akan didapatkan monomer, yaitu xylosa. Xylitol akan didapatkan melalui proses dehidrogenasi.



**Gambar 11.** Konversi selulosa menjadi xylitol (Fengel and Wegener, 1995).

Reaksi konversi selulosa merupakan salah satu yang bersifat endoterm, sehingga dapat menggunakan bantuan energi dari sinar UV. Sinar UV secara alamiah

terdapat dalam sinar matahari dan mempunyai rentang panjang gelombang 100 - 400 nm atau rentang energi sebesar 3,1 - 12,4 eV, sedangkan selulosa dengan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik memerlukan energi sebesar 2 - 14 kJ/mol untuk memutuskan ikatan O-glikosidiknya per molekul selulosa (Sorensen *et al.*, 2015). Hal ini dibuktikan dengan penggunaan fotokatalis TiO<sub>2</sub> dalam mengonversi selulosa (Zhang *et al.*, 2016). Hasil dari konversi katalitik dianalisis dengan menggunakan instrumentasi HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) untuk mengetahui jenis gula alkohol yang diperoleh.

## **I. Reaksi Fotokatalitik**

Proses fotokatalitik merupakan kombinasi antara proses fotokimia dan katalitik. Pada proses fotokatalitik, reaksi kimia akan dipercepat dengan adanya bantuan dari energi cahaya yang serap oleh katalis. Katalis yang digunakan dalam proses ini dikenal sebagai fotokatalis karena memiliki kemampuan dalam menyerap energi foton. Katalis ini dapat mempercepat reaksi melalui interaksinya dengan substrat baik dalam keadaan dasar maupun dalam keadaan tereksitasi.

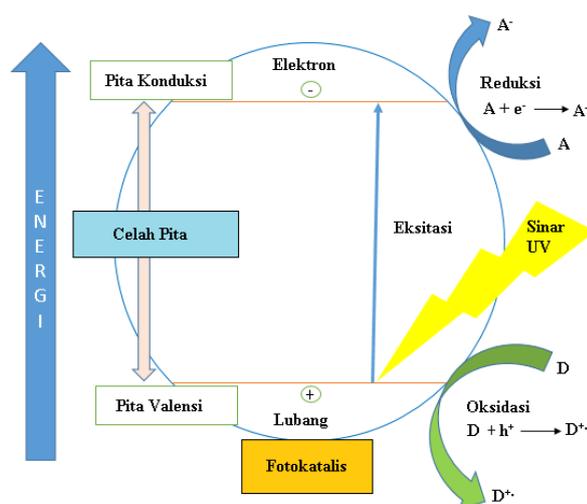
Proses fotokatalitik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu fotokatalitik homogen dan fotokatalitik heterogen. Fotokatalitik homogen merupakan reaksi fotokatalitik dimana pada reaksi berlangsung memerlukan bantuan dari oksidator seperti ozon dan hidrogen peroksida, sedangkan fotokatalitik heterogen merupakan reaksi fotokatalitik dimana didasarkan pada penggunaan irradiasi sinar UV pada semikonduktor.

Aktivitas fotokatalik bergantung pada kemampuan katalis untuk menghasilkan sepasang lubang elektron pada pita valensinya. Lubang ini akan berfungsi sebagai tempat terjadinya oksidasi. Keberadaan lubang elektron tersebut akan mempercepat proses transfer elektron yang terjadi. Dengan demikian, keberadaan dari pasangan lubang elektron akan mempercepat reaksi redoks. Bahan semikonduktor merupakan bahan yang digunakan untuk membuat fotokatalis. Bahan ini memiliki konduktivitas listrik diantara bahan konduktor dan bahan isolator. Resistivitas semikonduktor berkisar antara  $10^{-6}$  sampai  $10^4 \Omega \text{ m}$ .

Semikonduktor biasa dipilih sebagai fotokatalis karena semikonduktor memiliki energi celah pita yang relatif kecil antara pita valensi dan pita konduksi yaitu berkisar antara 0,2 - 2,5 eV. Energi celah pita yang kecil ini memungkinkan suatu elektron untuk memasuki level energi yang lebih besar. Energi celah pita adalah perbedaan energi antara pita valensi dan pita konduksi. Untuk berlangsungnya proses katalitik, semikonduktor memerlukan serapan energi yang sama atau lebih dari celah energi.

Mekanisme umum proses fotokatalitik adalah pembentukan radikal OH dan pembentukan spesi super oksida anion dari oksigen. Ketika fotokatalis mengabsorpsi cahaya dengan panjang gelombang tertentu, maka fotokatalis akan memperoleh energi. Energi tersebut akan digunakan untuk eksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi. Setelah elektron tereksitasi, akan dihasilkan suatu lubang pada pita valensi. Lubang tersebut akan memecah air membentuk suatu hidroksi radikal. Hidroksi radikal tersebut kemudian akan bereaksi dengan molekul organik dan memecah senyawa organik tersebut menjadi senyawa

intermediet lain yang akan mengalami reaksi lebih lanjut. Elektron yang tereksitasi akan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk spesi anion super oksida. Anion super oksida akan bereaksi dengan senyawa hasil pemecahan molekul organik membentuk produk. Siklus ini akan terus berulang sampai reaksi selesai. Mekanisme fotokatalik ditunjukkan pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Mekanisme fotokatalitik.

Reaksi fotokatalitik dikembangkan untuk mendegradasi baik senyawa organik maupun anorganik dengan kondisi eksperimen yang ramah lingkungan, terutama dalam pemanfaatan energi matahari (Belladirta *et al.*, 2015). Berdasarkan penelitian Chong *et al* (2014), TiO<sub>2</sub> dalam mengkonversi glukosa secara fotokatalitik menghasilkan 91% arabinosa (senyawa dengan 5 gugus karbon/ pentosa) dan 65% eritrosa (senyawa dengan 4 gugus karbon/ tetrosa). Penggunaan TiO<sub>2</sub> (Pt) pada konversi selulosa secara fotokatalitik menghasilkan 80-90% H<sub>2</sub> dan 70-80% CO<sub>2</sub> (Zhang *et al.*, 2016).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu Dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini telah dilakukan dari bulan Maret sampai dengan Agustus 2019. Preparasi nanoselulosa dan nanokatalis, serta uji aktivitas katalitik katalis dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik FMIPA Universitas Lampung. Analisis struktur kristal (XRD) dilakukan di Universitas Negeri Padang, Padang. Analisis Morfologi Permukaan dan Komposisi Unsur (SEM-EDX) dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung. Analisis Gugus Fungsi (FTIR) dilakukan di Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Analisis Struktural dan Ukuran Partikel (TEM) dilakukan di Laboratorium Anorganik Universitas Gajah Mada. Analisis energi celah pita katalis (DRS UV-Vis) dilakukan di Laboratorium FMIPA Universitas Indonesia. Analisis hasil uji aktivitas katalis dengan spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik FMIPA Universitas Lampung dan dengan analisis HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) dilakukan di PT. SIG Bogor.

## B. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas laboratorium, blender, sentrifus, termometer, neraca analitik, *heating magnetic stirrer*, desikator, mortar *agate*, ultrasonikasi, alat refluks, kertas saring, *furnace*, ayakan 100 mesh, oven, lampu UV dan reaktor.

Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah kulit pisang kepok, NaOH, NaClO<sub>2</sub>, akuabides, CH<sub>3</sub>COOH, CH<sub>3</sub>COONa, HNO<sub>3</sub>, Lantanum nitrat La(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (Merck, 99%), Kromium nitrat Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·9H<sub>2</sub>O (Merck,99%), Ammonium monovanadat ( NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub>) (Merck,99%), pektin, NH<sub>3</sub> (Merck, 99%), gas Hidrogen (BOC 99,99%), reagen DNS, dan akuades.

## C. Prosedur Kerja

### 1. Preparasi Nanoselulosa dari Limbah Kulit Pisang

Kulit pisang kepok dicuci dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Kulit pisang yang sudah kering kemudian dihaluskan dengan menggunakan dry-blender lalu diayak dengan ayakan berukuran 100 mesh. Serbuk kulit pisang sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam labu bundar, ditambahkan larutan 300 ml NaOH 4%, dan direfluks pada suhu 100-120 °C selama 2 jam untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa yang terikat pada selulosa. Hasil refluks kemudian disaring dan dicuci dengan air mengalir beberapa kali untuk memisahkan lignin dan hemiselulosa, selanjutnya dilakukan proses *bleaching* dengan cara memasukkan selulosa ke dalam labu bundar dan ditambahkan 400 mL larutan NaClO<sub>2</sub> 1,7%

serta 5 mL buffer asetat pH 5 dan kemudian direfluks pada suhu 110-130 °C selama 4 jam untuk menghilangkan lignin yang mungkin masih tersisa dari proses delignifikasi dan sebagai proses pemutihan pada selulosa. Setelah proses refluks selesai, kemudian sampel didinginkan dan dicuci dengan akuades hingga diperoleh padatan putih selulosa. Selulosa yang didapat dikeringkan menggunakan *freeze-dryer* pada suhu -39 °C selama 24 jam (Zain *et al.*, 2014; Shankar and Rhim, 2016).

Nanoselulosa kulit pisang kepok dibuat dengan cara memasukkan 10 gram sampel selulosa ke dalam labu bundar 1L, ditambahkan 200 mL larutan HNO<sub>3</sub> 35%, diultrasonikasi selama 4 jam, dan direfluks selama 5 jam dengan suhu 60 °C sambil diaduk sebagai proses hidrolisis asam. Setelah proses hidrolisis asam, kemudian ditambahkan 200 mL akuabides, didinginkan dan disentrifus selama 15 menit dengan kecepatan 3500 rpm dan dilakukan pencucian hingga pH cairan mendekati 7 untuk menghentikan reaksi berlebih yang terjadi saat proses hidrolisis asam. Suspense koloid yang sudah mendekati pH 7, kemudian diultrasonikasi selama 60 menit dalam *ice-bat*, proses ultrasonikasi ini diperlukan untuk meningkatkan tekanan mekanik berupa gangguan partikel pada selulosa kulit pisang kepok yang terbentuknya rongga dalam selulosa dan dihilangkan pelarut yang tersisa dengan *freeze-dryer*. Nanoselulosa yang didapat disimpan pada suhu 4 °C sebelum digunakan (Zain *et al.*, 2014; Shankar and Rhim, 2016). Struktur nanoselulosa yang sudah didapatkan, kemudian dianalisis menggunakan instrumentasi *X-ray Diffraction* (XRD) untuk menghitung ukuran partikel nanoselulosa dengan persamaan 1 dan indeks kristalinitas menggunakan persamaan 2.

## 2. Preparasi Nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> dan Karakterisasinya

### Preparasi nanokatalis LaCrO<sub>3</sub>

Metode yang digunakan yaitu metode sol-gel, pertama pada pembuatan nanokatalis LaCrO<sub>3</sub> yaitu dengan pembuatan larutan pektin sebanyak 8 gram yang dilarutkan dalam 400 mL akuades sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama ±4 jam hingga larutan homogen, kemudian ditambahkan dengan ammonia hingga pH 11 untuk menjaga pH larutan pektin berada dalam keadaan basa (pH 11), sehingga menghindari terbentuknya gumpalan gel secara langsung pada awal proses penambahan larutan logam. Larutan pektin kemudian dimasukkan tetes demi tetes La-nitrat, dan Cr-nitrat ke dalam larutan pektin yang sebelumnya telah dibuat. Larutan La-nitrat dibuat dengan cara melarutkan La(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O sebanyak 3,624 gram yang dicampurkan kedalam akuades sebanyak 324 mL dan diaduk selama 5 menit sampai larutan homogen, sedangkan larutan Cr-nitrat dibuatkan dengan cara melarutkan Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.9H<sub>2</sub>O sebanyak 3,349 gram dengan akuades sebanyak 276 mL dan diaduk hingga homogen. Larutan La-nitrat dan Cr-nitrat yang dicampurkan kedalam larutan pektin dengan menggunakan selang infus tetes demi tetes sampai kedua larutan habis secara bersamaan, sambil diaduk dan dipanaskan menggunakan *heating magnetic stirrer* dan pH larutan harus tetap dijaga dengan pH 11 hingga diperoleh larutan homogen dan terbentuk gel. Setelah terbentuk gel, selanjutnya dilakukan *freezer-drying* untuk menghilangkan uap air dan dikalsinasi sampai suhu 600 °C dengan suhu awal kalsinasi 25 °C kemudian suhu dinaikkan 2 °C/menit sampai 300 °C dan ditahan selama 2 jam, lalu dinaikkan lagi hingga suhu mencapai 600 °C dan

ditahan selama 2 jam. yang bertujuan untuk mendekomposisi prekursor logam dengan cara membentuk oksidanya dan menghilangkan produk-produk gas yang terbentuk dari proses sebelumnya (Pinna, 1998). Katalis kemudian digerus hingga halus menggunakan mortar agate, dan ditimbang. Katalis  $\text{LaCrO}_3$  selanjutnya dilakukan analisis XRD untuk menentukan ukuran partikel  $\text{LaCrO}_3$  yang terbentuk.

### **Sintesis Nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub>**

Tahap selanjutnya yaitu pembuatan nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub>. Pertama membuat larutan pektin kembali sebanyak 1 gram dalam 50 ml air di aduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* sampai larutan homogen dan tambahkan ammonia ke dalam larutan sampai pH larutan 11, kemudian setelah larutan homogen tambahkan larutan ammonium monovanadat sebanyak 0,117 gram dengan air sebanyak 100 mL dan nanokatalis  $\text{LaCrO}_3$  yang telah dibuat sebelumnya ke dalam larutan pektin (pH 11) secara perlahan dan menyebar hingga merata sambil diaduk dan dipanaskan menggunakan *heating magnetic stirrer* hingga diperoleh larutan homogen dan terbentuk. Proses pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air dan melepaskan uap nitrat yang terperangkap dalam rongga agar bahan katalis tidak kembali mengadsopsi air, selanjutnya dilakukan *freezer-drying* untuk menghilangkan uap air dan dikalsinasi sampai suhu 700 °C selama 11 jam. Katalis kemudian digerus hingga halus menggunakan mortar agate, ditimbang, dan dikarakterisasi. Adapun karakterisasi yang dilakukan adalah:

#### **a. Analisis Struktur Kristal Nanokatalis Menggunakan XRD**

Struktur kristal nanokatalis dianalisis menggunakan instrumentasi XRD.

Sejumlah sampel diletakkan di dalam wadah sampel, kemudian berkas sinar-X ditembakkan ke sampel dengan menggunakan radiasi CuK $\alpha$  (1,5406 Å) dan tabung sinar-X yang dioperasikan pada 40 kV dan 200 mA. Rentang difraksi yang diukur membentuk sudut difraksi ( $2\theta$ ) dalam rentang 10-80° dengan *step size* 0,02°/menit sebagai dasar pembentuk grafik difraktogram. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan aplikasi Origin Pro 2017 dan puncak-puncak yang didapat dari difraktogram diidentifikasi dengan menggunakan data standar dari JCPDF dalam PCPDF win 1997 dengan mengambil 3-5 puncak yang memiliki intensitas tertinggi. Ukuran kristal nanokatalis dapat dihitung menggunakan persamaan Scherrer (Persamaan 1).

#### **b. Analisis Gugus Fungsi Nanokatalis Menggunakan FTIR**

Analisis puncak-puncak gugus Fungsi yang muncul dari nanokatalis dilakukan dengan menggunakan instrumentasi FTIR. Serbuk nanokatalis sebelum dilakukan analisis menggunakan FTIR, sampel harus dipanaskan dahulu dengan suhu 80 °C selama 2 jam, kemudian sampel didinginkan hingga suhu ruang. Analisis FTIR ini dilakukan dua kali analisis yaitu sebelum dan sesudah reaksi fotokatalitik.

#### **c. Analisis Morfologi dan ukuran partikel Nanokatalis Menggunakan TEM**

Analisis struktur dan ukuran butir molekul dilakukan dengan menyediakan sampel dengan ukuran 20  $\mu\text{m}$ , selanjutnya sampel ditembak dengan ion Argon sampai

berlubang dan berkas yang menembus sampel akan dibaca oleh detektor kemudian data diolah menjadi gambar.

**d. Analisis Mikrostruktur dan Komposisi Unsur Nanokatalis menggunakan SEM-EDX**

analisis mikrostruktur dilakukan dengan menyediakan sampel sebanyak 0,1 gram. Sampel yang dianalisis dengan menggunakan SEM dilakukan dengan perbesaran 10K dan 20K, kemudian diambil gambar terbaik dari perbesaran tersebut. Selanjutnya dilakukan dengan analisis EDX untuk menentukan komposisi unsur.

**e. Analisis Energi Celah Pita Nanokatalis Menggunakan DRS UV-Vis**

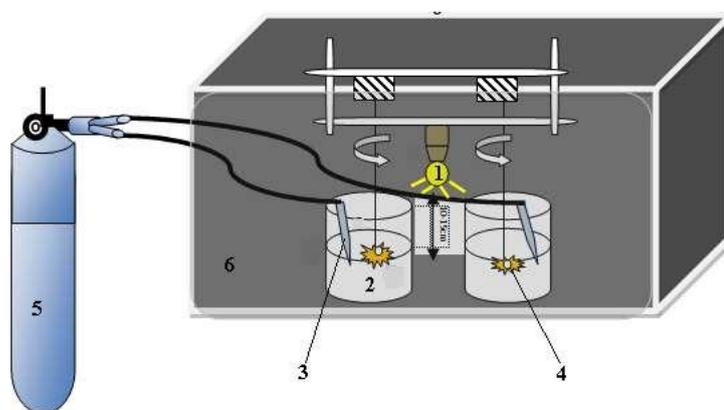
Spektrum DRS UV-Vis direkam menggunakan spektrofotometer Shimadzu UV-3600 yang diintegrasikan dengan tabung dengan diameter 15 cm. BaSO<sub>4</sub> digunakan sebagai referensi. Semua sampel yang telah mengandung BaSO<sub>4</sub> (1:50) digunakan untuk perhitungan (Tatarchuk *et al.*, 2017). Sampel yang digunakan untuk pengukuran berupa bubuk dengan ukuran dibawah 100 mesh.

**3. Uji Aktivitas Katalitik Katalis**

Proses uji aktivitas katalitik katalis dilakukan dengan cara mengkonversi nanoselulosa menjadi gula alkohol menggunakan nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub>, kemudian hasil konversi dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif untuk menentukan gula alkohol dan gula pereduksi yang terbentuk.

### a. Konversi Nanoselulosa

Konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol menggunakan nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> dilakukan dengan melarutkan sebanyak 0,5 gram nanoselulosa dalam 100 mL akuades dan ditambahkan 0,1 gram nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub>. Sampel yang akan dikonversi kemudian dialirkan gas hidrogen dengan laju 10 mL/menit dan diirradiasi dengan lampu sinar UV, dimana posisi lampu sinar UV memiliki jarak 15 cm ke permukaan reaktor dengan lampu yang digunakan berdaya 100 Watt (Manurung *et al.*, 2015). Variabel waktu lamanya proses iradiasi sinar UV pada konversi nanoselulosa yaitu 30, 60, 90, dan 120 menit. Rangkaian alat untuk uji katalitik dengan irradiasi sinar UV ditunjukkan pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Rangkaian alat konversi nanoselulosa dengan irradiasi sinar UV.

#### Keterangan:

1. Lampu sinar UV
2. Tabung berisi larutan nanoselulosa + nanofotokatalis
3. Pipet+selang penghantar gas H<sub>2</sub>
4. Refraktor (alat pengaduk)
5. Tabung gas H<sub>2</sub>
6. Ruang gelap tempat irradiasi sinar UV

### **b. Analisis Kualitatif Hasil Konversi**

Analisis kualitatif untuk hasil konversi dilakukan menggunakan reagen Fehling. Sebanyak 1 mL sampel hasil konversi dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1 mL reagen Fehling A dan 1 mL reagen Fehling B dan dipanaskan selama 10 menit di dalam air dengan suhu 100 °C.

### **c. Analisis Kuantitatif Hasil Konversi**

Analisis kuantitatif untuk hasil konversi dilakukan menggunakan reagen DNS (asam 3,5-dinitrosalisilat) dan diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sebanyak 1 mL sampel hasil konversi dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1 mL reagen DNS dan dipanaskan selama 10 menit di dalam air dengan suhu 100 °C. Sampel didinginkan dan diencerkan menggunakan akuades sebanyak 2 mL, kemudian diukur serapan dari larutan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 540 nm dan ditentukan kadar glukosa menggunakan kurva standar glukosa.

Sampel dengan konsentrasi glukosa tertinggi dianalisis lebih lanjut dengan instrumentasi HPLC untuk mengetahui adanya kandungan gula alkohol, seperti sorbitol, manitol, dan xylitol, dari aktivitas katalitik nanofotokatalis pada nanoselulosa. Pada instrumentasi HPLC, fasa gerak yang digunakan merupakan campuran asetonitril dan akuabides, kolom yang digunakan adalah kolom *Carbohydrate High Performance* (4,6 x 250 mm), dan detektor indeks refraksi. Laju alir yang digunakan adalah 1,4 mL/ menit dengan suhu 35 °C.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode sol gel menggunakan pektin sebagai agen pengemulsi dapat menghasilkan katalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> dengan ukuran partikel skala nano.
2. Ukuran partikel nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> ditunjukkan dengan hasil analisis XRD bahwa fasa kristalin yang terbentuk yaitu LaCrO<sub>3</sub>, LaVO<sub>3</sub> dan LaVO<sub>4</sub> dengan ukuran kristal rerata sebesar 80,48 nm. Sedangkan nanoselulosa dengan hasil analisis XRD menunjukkan bahwa derajat kristalinitas dari nanoselulosa kulit pisang kepok kuning sebesar 46,6%, dan daerah amorf dari nanoselulosa kepok kuning sebesar 53,4% dengan ukuran 13,30 nm.
3. Hasil analisis FTIR menunjukkan adanya interaksi antara katalis dan selulosa ditantadi dengan adanya serapan pada daerah 1028 cm<sup>-1</sup> untuk vibrasi ulur C-O-C dari ikatan β-(1,4) glikosida.
4. Hasil analisis TEM dari hasil pengukuran menunjukkan rata-rata ukuran partikel dari beberapa spot pada nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> yaitu 75 nm.
5. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa nanokatalis yang memiliki bentuk rhombhohedral, bola, dan agak bulat hampir membentuk struktur kubik,

sedangkan hasil EDX menunjukkan bahwa di dalam nanokatalis terdapat unsur La, Cr, V, dan O.

6. Hasil analisis DRS UV-Vis menunjukkan bahwa nanokatalis 3% V/LaCrO<sub>3</sub> dihasilkan energi band gap sebesar 2,6 eV.
7. Hasil konversi kadar glukosa terbesar terjadi pada reaksi dengan waktu lama penyinaran 30 menit yaitu 107 ppm.

## **B. Saran**

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

1. Preparasi nanoselulosa diperlukan pengembangan metode pemisahan suspensi antara nanoselulosa dengan pelarutnya (akuabides) sehingga dapat diperoleh jumlah nanoselulosa yang optimal.
2. Pada saat uji fotokatalitik memastikan tekanan dan aliran gas hidrogen tetap stabil pada saat mengalir seluruh larutan yang akan dikonversi.
3. Pada saat uji fotokatalitik menggunakan alat yang dapat memantau reaksi konversi secara langsung untuk memastikan perangkat-perangkat yang digunakan bekerja dengan baik selama proses reaksi konversi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Albar, M., and Ekaditya. 2010. *Transmission Electron Microscope (TEM)*, Review Assignment. Departement of Metallurgical and Material Engineering. 36 : 1-14.
- Auda, H. Y. 2009. Analisa Pola-Pola Difraksi Sinar-X Pada Material Serbuk  $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{Sn}$ ,  $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{Ge}$ ,  $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{Si}$  Menggunakan Metode Rietveld GSAS. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 57-67.
- Ayyad, O.D . 2011 . Novel Strategies The Synthesis of Metal Nanoparticle and Nanostructure. *Thesis*. Univesitas de Barcelona. Barcelona. 67-76.
- Baker, R.A. 1994. Pectin. *Carbohydrate Polymers*. 12 : 133-138.
- Bar, A. 1991. *Xylitol*. In: Alternative Sweetener 2 Edition. Nabors, L.O and Gelardi, R.C. Marcel Dekker, Inc. Hongkong. 349-379.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2014. *Produksi Pisang di Lampung*. Lampung.
- Belladirta, M., E. I. Garcia-Lopez, G. Marci, B. Megna, F. R. Pomilla, and L. Palmisano. 2015. Photocatalytic Conversion of Glucose in Aqueous Suspensions of Heteropolyacid-TiO<sub>2</sub> Composites. *Royal Society of Chemistry Journal*. 5 : 59037-59047.
- Bermejo, E., Dantas, T., Lacour, C., and Querton, M. 1995. Mechanism of Formation of Nanocrystalline Hematite Prepared by Freeze-Drying. *Material Research Bulletin*. 30 : 645–652.
- Campbell, I.M. 1988. *Catalysis at Surfaces*. Chapman and Hall. New York. 1– 3.
- Cao, X., Chen, Y., Chang, P.R., Muir, A.D., and Falk, G. 2008. Starch-based Nanocomposites Reinforced With Flax Cellulose Nanocrystals. *Express Polymer Letters*. 2 : 502-510.
- Chan, S.G. 1993. *Electrochemical Technology Corp*. Seattle Washington. United State of America. 125-129.

- Chaplin, M. 2006. *Do We Underestimate The Importance of Water in Cell Biology?*. Nature Publishing Group. London. 1–5.
- Cullity, B. D. 1978. *Element of X-ray Diffraction* 2 edition. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Philippines. 397-398
- Constenla, D. and J. E. Lozano. 2006. Kinetic model of pectin demethylation. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-89132005000200013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132005000200013). Diakses pada tanggal 8 Agustus 2014 pukul 05.30 WIB.
- Dharma, J., and Pisal, A. 2009. Simple Method of Measuring The Band Gap Energy Value of TiO<sub>2</sub> in the Powder from Using a UV/Vis/NIR Spectrometer. Application Note' Perkin Elmer, Inc ([https://www.perkinelmer.com/lab\\_solutions/resources/docs/APP\\_UV/VIS/NIR\\_Measure\\_Band\\_Gap\\_Energy\\_Value](https://www.perkinelmer.com/lab_solutions/resources/docs/APP_UV/VIS/NIR_Measure_Band_Gap_Energy_Value)).
- Deraz, N.M., Selim, M.M., and Ramadan, M. 2009. Processing and Properties of Nanocrystalline Ni and NiO Catalysts. *Materials Chemistry and Physics*. 113 : 269–275.
- Duguet, E. 2000. *Introduction to hybrid organic-inorganic materials*. University Bordeaux. 12–15.
- Fengel, D., dan Wegener, G. 1995. *KAYU : Kimia, Ultrastruktur, dan Reaksi-Reaksi*. Terjemahan oleh Sujipto A. Hadikusumo dan Soenardi Prawirohatmodjo. UGM Press. Yogyakarta. 669–729.
- Fortunati, E., Peltzer, M., Armentano, I., Torre, L., Jiménez, A., and Kenny, J. M. 2012. Effects of modified cellulose nanocrystals on the barrier and migration properties of PLA nano-biocomposites. *Carbohydrate Polymers*. 90 (2) : 948-956.
- Hegedus, Z. 2016. Does the Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) provide the chemical composition of the material as metals or metals oxide?. Februari 2016. [https://www.researchgate.net/post/Does\\_the\\_Energy-dispersive\\_Xray\\_spectroscopy\\_EDX\\_provide\\_the\\_chemical\\_composition\\_of\\_the\\_material\\_as\\_metals\\_or\\_metals\\_oxide/](https://www.researchgate.net/post/Does_the_Energy-dispersive_Xray_spectroscopy_EDX_provide_the_chemical_composition_of_the_material_as_metals_or_metals_oxide/). Diakses pada tanggal 20 Agustus 2019 pukul 19.00 WIB
- Hong, Y., A. Ren, Y. Jiang, J. He, L. Xiao, and W. Shi. 2015. Sol-Gel Synthesis of Visible-Light-Driven Ni<sub>(1-x)</sub>Cu<sub>(x)</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Photocatalysts for Degradation of Tetracycline. *Ceramics International*. 41 (1) : 1427-1486.
- Ioelovich, M. 2012. Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles. *Nanoscience and Nanotechnology*. 2 : 9-13.

- Irawan, D., dan Z. Arifin. 2012. Sintesa Gula Dari Sampah Organik Dengan Proses Hidrolisis Menggunakan Katalis Asam. *Reactor*. 14 : 118-122.
- Jiang, C. 2014. Hydrolytic Hydrogenation of Cellulose to Sugar Alcohols by Nickel Salt. *Cellulose Chemistry and Technology*. 48 (1-2) : 75-78.
- Kazekevich, Y. and Lobrutto, R. 2007. *HPLC For Pharmaceutical Scientists*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kobayashi, H., Y. Ito, T. Komanoya, Y. Hosaka, P.L. Dhepe, K. Kasai, K. Harra, and A. Fukuoka. 2011. Synthesis of Sugar Alcohols by Hydrolytic Hydrogenations of Cellulose Over Supported Metal Catalysis. *Green Chemistry*. 13 (2) : 326-333.
- Li, Z. 2005. Novel Solid Basa Catalyst for Michael Additions: Synthesis, Characterization and Application. *Dissertation*. Mathematisch Naturwissenschaftlichen Fakultät I. Humboldt Universität. Berlin. 81–84.
- Li, W., Yue , J., and Liu, S. 2012 Preparation of nanocrystalline cellulose via ultrasound and its reinforcement capability for poly (vinyl alcohol) composites. *Ultrasonics Sonochemistry*. 19: 479-485.
- Lindawati. 2017. Uji Aktivitas Nanofotokatalis  $\text{LaCr}_{0,98}\text{Mo}_{0,02}\text{O}_3$  yang Diiradiasi Sinar UV Untuk Konversi Nanoselulosa Menjadi Gula Alkohol. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung. 64.
- Manurung, P., Situmeang, R., Ginting, E., and Pardede, I. 2015. Synthesis and Characterization of Titania-Rice Husk Silica Composites as Photocatalyst. *Indonesian Journal of Chemistry*. 15: 38-40.
- Marhusari, R. 2009. Bentonit Terpilar  $\text{TiO}_2$  sebagai Katalis Sembuatan Hidrogen dalam Pelarut Air pada Hidrogenasi Glukosa menjadi Sorbitol dengan katalis Nikel. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Medan. 5-9.
- Mohanraj, V.J., and Chen, Y. 2006. Nanoparticles – A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 5 : 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. 80–82.
- Nasikin, M. dan Susanto, B.2010. *Katalis Heterogen*. UI Press. Jakarta. 12-52.
- Nelson, D. B., C.J.B. Smith and Wiles. 1977. *Commeially important pectic substance in food colloids*. Avi Publishing Co.Westport. 1 : 418.

- Novianti, P., and Setyowati, W.A. 2016. *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Alami Dengan Metode Pemisahan Alkalisasi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 460.
- Oksman, K., Mathew, A. P., Bondeson, D., and Kvien, I. 2006. Manufacturing process of cellulose whiskers polylactic acid nanocomposit. *Composites Science and Technology*. 66 : 2776-2784.
- Paveena, L., Vittaya, A., Supapan, S., and Santi, M. 2011. Characterization and Magnetic Properties 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*. 11 : 101-108.
- Pertiwi, E. 2017. Uji Aktivitas Nanofotokatalis  $\text{LaCr}_{0.99}\text{Mo}_{0.01}\text{O}_3$  yang Diiradiasi Sinar UV Untuk Konversi Nanoselulosa Menjadi Gula Alkohol. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung. 66.
- Pinna, F. 1998. Supported Metal Catalyst Preparation. *Catalysis Today*. 41 : 129-137.
- Pirard, P. D. 1998. Section 4. Catalysts, Surface function High-Temperature Catalysts Through Sol-Gel Synthesis. *Journal of Non-Crystalline Solids* 225. 146-152.
- Prabawati, S., Suryati dan Setyabudi, D.A. 2008. *Teknologi Pascapanen dan Pengolahan Buah Pisang, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian*. Dalam Seminar Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor. 109
- Pusdatin. 2016. *Outlook Komoditi Pisang*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta. 54.
- Putz, H., Schon, J. C., and Jansen, M. 2001. Combined Method for an Initial Structure Solution from Powder Diffraction Data. *Journal of Applied Crystallography*. 32 : 864-870.
- 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. 1-11.
- Richardson, T. James. 1989. *Principles of Catalyst Development*. Plenum Press New York and London. 171.
- Salajkova, M., Lars, A.B., and Qi, Z. 2012. Hydrophobic cellulose nanocrystals modified with quaternary ammonium salts. *Journal of Materials Chemistry*. 22 (37) : 19798-19805.

- Segal, L., Creely, J. J., Martin Jr, A. E., and Conrad, C. M. 1959. An Empirical Method for Estimating the Degree of Crystallinity of Native Celulose Using the X-Ray Diffractometer. *Textile Research Journal*. 29 : 786-794.
- Septian, D., Faizal, M., Ferdinand, A. (2012). Pembuatan Etanol dari Kulit Pisang Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*. 18 : 10-16.
- Shankar, S. and J. W. Rhim. 2016. Preparation of Nanocellulose from Micro-Crystalline Cellulose: The Effect on the Performance and Properties of Agar-Based Composite Films. *Carbohydrate Polymers*. 135 : 18-26.
- Situmeang, R., Tamba, M., Simarmata, E., Yuliarni, T., Simanjuntak, W., Sembiring, Z., and Sembiring, S. 2019. LaCrO<sub>3</sub> Nanofotokatalis: Pengaruh Suhu Katalis pada Aktivitas Konversi Selulosa di Bawah Radiasi UV-Ray. *Nanosains dan Nanoteknologi*. 10: 1-7.
- Situmeang, R., Suprianto, R., Kahar, Lolita, N.A., Sukartiningsih, L.A., Simanjuntak, W., and Sembiring, S. 2017. Characteristics of Nano-Size LaCrO<sub>3</sub> Prepared Through Sol-Gel Route Using Pectin as Emulsifying Agen. *Oriental Journal of Chemistry*. 33 :1705-1713.
- Sorensen, T. H., Cruys-Bagger, N., Borch, K., and Westh, P. 2015. Free Energy Diagram for the Heterogeneous Enzymatic Hydrolysis of Glycosidic Bonds in Cellulose. *Journal of Biological Chemistry*. 290: 22203-22211.
- Stoltze, P. 2000. *Introduction to Heterogeneous Catalysis*. Department of Chemistry and Applied Engineering Science. Aalborg University. 6-7.
- Taherzadeh, M.J. and K. Karimi. 2007. A Review : Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials. *Bioresources*. 2 : 472-499.
- Tanabe, K. 1981. Solid Acid and Base Catalyst in Catalysis Science and Technology. John R. Anderson and Michael Boudart. *Springer-Link*. 2 : 231-273.
- Tatarchuk, A., M. Bououdina, W. Macyk, O. Shyichuk, N. Paliychuk, I. Yaremiy, B. Al-Najar, and Michal Pacia. 2017. Structural, Optical, and Magnetic Properties of Zn-Doped CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles. *Nanoscale Research Letter*. 12 : 141.
- Ummiyil. D. 2012. Konversi Selulosa dari Biomassa Batang Pisang Menjadi Asam Levulinat Melalui Reaksi Katalitik Dengan Katalis Kromium Klorida. *Thesis*. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung. 65-67.

- Van de Vyver, S., J. Geboers., M. Dusselier., H. Schepers., T. Vosch. L. Zhang. G. Van Tendeloo. P.A. Jacobs., and B.F. Sels. 2010. Selective Bifunctional Catalytic Conversion of Cellulose over Reshaped Particles at the Tip of Carbon Nanofibers. *ChemSusChem*. 3 : 6.
- Wahyuni S., Setyani A., Priatmoko S., Wibowo EAP., and Amin N. 2017. Synthesis and Characterization of TNTs/Polyaniline Composite as Photocatalyst Degradation of Rhodamin B by Visible Light. *International Conference on Natural Resources and Life Sciences*. 5 : 41-50.
- Widegren, J. A., R. G. Finke and J. Mol. 2003. Preparation of A Multifunctional Core-Shell Nanocatalyst and Its Characterization. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. 191 : 187.
- Wolevar, T.M.S., Piekarz, A., Hollands, M., and Younker, K. 2002. Sugar Alcohols and Diabetes; a review. *Canadian Journal of Diabetes*. 26 : 356–362.
- Wu, Y., Suharsini, A. N., and Brosh Jr, K. M. 2009. Like Helicases to the Block of Genome Stability Maintenance Proteins. *Celular and Molecular Life Sciences*. 66 : 1209-1222.
- Yamamoto, S., Sumita, T. Sugiharuto., Miyashita, A. and Naramoto, H. 2001. Preparation of Epitaxial TiO<sub>2</sub> Film by Pulsed Laser Deposition Technique. *Thin Solid Film*. 401 : 88-93.
- Yusnani, A. 2008. Rasio Optimum Konsentrasi Prekursor pada Sintesis Katalis Ni-Mo/Zeolit . *Skripsi FMIPA*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 51-53.
- Yuwono, A.H., D. Dhaneswara, A Ferdiansyah dan A. Rahman. 2011. Sel surya tersensitasi zat pewarna berbasis nanopartikel TiO<sub>2</sub> hasil proses sol-gel dan perlakuan paska hidrotermal. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. 127–140.
- Zain, N. F. M., S. M. Yusop, and I. Ahmad. 2014. Preparation and Characterization of Cellulose and Nanocellulose From Pomelo (*Citrus grandis*) Albedo. *Journal of Nutrition and Food Science*. 5 : 334-337.
- Zhang, G., Ni, C., Huang, X., Welgamage, A., Lawton, L. A., Robertson, P. K. J., & Irvine, J. T. S. 2016. Simultaneous Cellulose Conversion and Hydrogen Production Assisted by Cellulose Decomposition Under UV-light Photocatalysis. *Chemical Communications*. 52: 1673-1676.
- Zumbe, A., Lee, A., and Storey, D. 2001. Polyols in Cofectionery. The Route to Sugar-Free, Reduced Sugar and Reduced Calorie Confectionery. *British Journal of Nutrition*. 85(1): 31-45