

**UJI AKTIVITAS NANOKATALIS $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ UNTUK KONVERSI
NANOSELULOSA KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.)
MENJADI GULA ALKOHOL DI BAWAH IRRADIASI SINAR UV**

(Skripsi)

Oleh

Erwin Simarmata



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

ABSTRAK

UJI AKTIVITAS NANOKATALIS $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ UNTUK KONVERSI NANOSELULOSA KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.) MENJADI GULA ALKOHOL DI BAWAH IRRADIASI SINAR UV

Oleh

Erwin Simarmata

Pada penelitian ini, katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ telah dipreparasi menggunakan metode sol-gel dan pektin sebagai agen pengemulsi, dilanjutkan dengan kalsinasi pada temperatur 600 °C. Katalis ini digunakan untuk uji konversi selulosa menjadi gula alkohol menggunakan sinar UV serta aliran gas H_2 10 ml/menit dengan waktu konversi 15, 30, 45, dan 60 menit. Analisis keasaman dengan metode gravimetri, menunjukkan bahwa katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ memiliki keasaman 1,34 mmol piridin/gram. Berdasarkan metode *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) situs asam Lewis lebih dominan. Hasil analisis difraksi sinar-X (XRD) katalis terdiri dari beberapa fasa kristal yakni fasa NiFe_2O_4 , CuFe_2O_4 , CuO , dan NiO . Hasil analisis morfologi katalis dengan metode *Transmission Electron Microscop* (TEM) menunjukkan morfologi permukaan yang heterogen. Hasil analisis energi senjang dengan metode *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS) menunjukkan nilai energi senjang sebesar 1,5 eV. Uji Fehling mengindikasikan bahwa hasil terbaik diperoleh menggunakan aliran gas H_2 10 ml/menit dengan waktu konversi 60 menit. Analisis menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) menunjukkan bahwa katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ hanya mampu mengkonversi nanoselulosa menjadi gula reduksi.

Kata Kunci : nanoselulosa, nanokatalis, gula alkohol.

ABSTRACT

ACTIVITY TEST NANOCATALYST $\text{Ni}_{0.65}\text{Cu}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ FOR THE CONVERSION OF KEPOK BANANA SKIN NANOCCELLULOSE (*Musa paradisiaca* L.) INTO SUGAR ALCOHOL UNDER UV RAYS IRRADIATION

By

Erwin Simarmata

On this research, catalyst of $\text{Ni}_{0.65}\text{Cu}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ had been prepared with using sol-gel method and pectin as an emulsifying agent, followed by calcination at temperature 600 °C. The catalyst is used for converting nanocellulose into sugar alcohols under UV rays with the exposure time of 15, 30, 45, and 60 minutes. Analysis of acidity with gravimetric method, showed that the catalyst $\text{Ni}_{0.65}\text{Cu}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ have the acidity 1,34 mmol piridin/gram. Method based on Fourier Transform Infra Red (FTIR) lewis acid site is more dominant. The results of the analysis of the X-ray difraction (XRD) catalyst consists of several crystal phase i.e. phase NiFe_2O_4 , CuFe_2O_4 , CuO , and NiO . The results of catalyst morphology analysis with transmission electron microscope (TEM) method showed heterogeneous surface morphology. The results of the analysis of gap energy using the Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS) method show the value of the gap energy of 1,5 eV. The fehling test indicated that the best results were obtained using a 10 mL H_2 gas flow per minute with a conversion time of 60 minutes. Analysis using high performance liquid chromatography (HPLC) showed that the $\text{Ni}_{0.65}\text{Cu}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ catalyst was only able to convert nanocellulose into reducing sugar.

Keywords : nanocelulose, nanocatalyst, sugar alcohol.

**UJI AKTIVITAS NANOKATALIS $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ UNTUK KONVERSI
NANOSELULOSA KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.)
MENJADI GULA ALKOHOL DI BAWAH IRRADIASI SINAR UV**

Oleh

Erwin Simarmata

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2018

Judul Skripsi : **UJI AKTIVITAS NANOKATALIS**
 $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ UNTUK KONVERSI
NANOSELULOSA KULIT PISANG KEPOK
(*Musa paradisiaca* L.) MENJADI GULA
ALKOHOL DI BAWAH IRRADIASI SINAR UV

Nama Mahasiswa : **Erwin Simarmata**

No. Pokok Mahasiswa : 1417011035

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

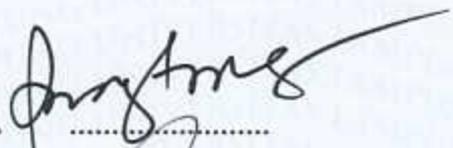
Prof. Wasinton Simanjuntak, Ph.D.
NIP 19590706 198811 1 001

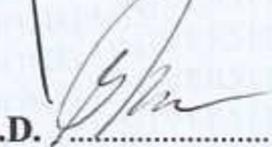
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

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

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T.** 

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam


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

NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **09 Oktober 2018**

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Mujimulyo pada tanggal 23 Desember 1995 sebagai anak kelima dari enam bersaudara, yang merupakan buah hati dari pasangan Bapak E.Simarmata dan Ibu R.br.Manik. Jenjang pendidikan diawali dari Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Tanjung Sari dan diselesaikan pada tahun 2008.

Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Natar dan diselesaikan pada tahun 2011. Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Natar dan diselesaikan pada tahun 2014. Pada tahun 2014, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Fisik pada tahun 2018. Selain itu, penulis juga aktif sebagai anggota Biro Penerbitan (BP) di Organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) Fakultas MIPA. Penulis juga aktif dalam Persekutuan Okuimene Mahasiswa MIPA (POMMIPA) , Sebagai anggota di Unit Kegiatan Mahasiswa Kristen Universitas Lampung.

MOTTO

TUAILAH SELAGI DAPAT MENUAI

(ERWIN SIMARMATA)

Orang malas tidak akan menangkap buruannya, tetapi orang rajin akan memperoleh harta yang berharga (Amsal 12:27)

Kuda diperlengkapi untuk hari peperangan, tetapi kemenangan ada ditangan Tuhan (Amsal 21:31)

Siapa banyak memberi berkat, diberi kelimpahan, siapa memberi minum, ia sendiri akan diberi minum (Amsal 11:25)

Jika anda ingin menjadi pemenang? Bertandinglah (1 Timotius 6: 12)

Jika anda ingin menuai? Menaburlah (Mazmur 126:6)

Jika anda ingin sukses? Bekerjalah (Pengkotchah 9: 10)

PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus, dengan ketulusan hati aku persembahkan karya ini kepada:

Kedua orang tuaku, Bapak E.Simarmata dan Ibu R.br.Manik yang telah berjuang untuk mendidik dan membesarkanku, yang selalu mengasih, mendukung dan mendoakan Keberhasilanku

Abang, kakak, dan adikku tersayang Edi Yanto Simarmata , Edward Simarmata , Erikson Simarmata , Rosmala Wati Simarmata, dan Ratih Intan Sari Simarmata dan seluruh keluarga besar yang selalu mendukung dan mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini,

Sahabat dan teman-teman yang selalu menemani dan memberikan semangat

Almamater tercinta kimia FMIPA UNILA

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala Kasih Karunia-NYA yang tercurah, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul ” **Uji Aktivitas Nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ Untuk Konversi Nanoselulosa Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L.) Menjadi Gula Alkohol di Bawah Irradiasi Sinar UV**”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan kendala, namun puji TUHAN karena kuasaNya itu semua dapat penulis lalui dan juga bantuan serta dorongan semangat dari orang-orang terkasih di sekitar penulis. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak E.Simarmata dan Ibu R.br.Manik yang selalu memberikan semangat dan dukungan moral maupun materi, yang telah berjuang dan berkorban dengan berpeluh keringat demi penulis, dan tidak henti-hentinya mendoakan keberhasilan penulis.

2. Bapak Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc., selaku pembimbing utama yang telah membimbing, memberikan banyak ilmu pengetahuan, nasihat, arahan, saran dan kritik yang sangat berarti bagi penulis selama penelitian hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Wasinton Simanjuntak, Ph.D., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan, gagasan, arahan, bimbingan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Wasinton Simanjuntak, Ph.D., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, motivasi dan arahan selama masa kuliah.
5. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku pembahas atas semua saran, kritik, nasihat serta motivasi bagi penulis.
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Seluruh dosen dan staf administrasi di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Abangku tersayang Edi Yanto Simarmata , Edward Simarmata, Erikson Simarmata dan Kakakku tersayang Rosmala Wati Simarmata , serta adikku tersayang Ratih Intan Sari Simarmata atas segala doa, semangat, dan canda tawa untuk penulis.

10. Kedua nenek yang selalu memberi doa dan motivasi, Tulang , Inang Tulang, Bapauda , Inanguda, Amangboru , Inangboru , Kakak Ipar , Keponakan, dan Adek-adek sepupu yang selalu mendukung, menasehati dan mendoakan.
11. Sahabat-sahabat terbaikku Rosmaida Sinurat , Raju Sidabalok , Mian Siringo-ringo, dan Kelvin Panjaitan atas bantuan, motivasi, dan persaudaraannya hingga saat ini.
12. Teman-teman seperjuangan dan sebimbingan Lilian Elisabeth , Matthew Maranatha Tamba , Meliana Sari Simarmata , Ilhan Imanudin , V. Ari Vigi, Renaldi Arlento , dan Sola Gratia br. Ginting.
13. Teman-teman di Laboratorium Anorganik-Fisik, Polimer, Organik, Biokimia, dan Analitik atas segala bantuan, motivasi, semangat, canda tawa yang selalu teman-teman hadirkan bagi penulis mulai dari PKL, penelitian sampai penulis menyelesaikan skripsi ini.
14. Adik-adik 2015 anak bimbingan Pak Rudy terimakasih atas segala bantuan dan semangatnya.
15. Rekan-rekan dan keluargaku Kimia Angkatan 2014 yang telah memotivasi dan memberikan dukungan.
16. Teman-teman KKN Desa Penengahan Lampung Selatan Meliana (sekaligus teman satu bimbingan dengan Pak Wasinton) atas segala bantuan selama penulis menyusun karya ini, astrid, Ria, dan Alfian untuk semua kebersamaan dan canda tawa untuk penulis.
17. Seseorang yang telah Tuhan sediakan bagiku, yang akan menjadi pendampingku nanti.
18. Seluruh keluarga besar Jurusan Kimia

19. Almamater tercinta, Universitas Lampung
20. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga Tuhan memberkati kita semua. Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan menjadi manfaat bagi kita semua serta dapat memberikan saran yang membangun bagi penulis untuk lebih baik lagi.

Bandar Lampung, 9 Oktober 2018

Erwin Simarmata

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Nanopartikel.....	5
B. Nanokomposit	7
C. Katalis	8
D. Nanokatalis.....	11
E. Metode Preparasi Katalis	12
F. Pektin	15
G. Kulit Pisang.....	18
H. Selulosa	19
I. Nanoselulosa	21
J. Sinar UV	23
K. Spinel Ferrite.....	24
L. Gula Alkohol.....	26
1. Sorbitol dan Mannitol	27
2. Xylitol	29
M. Karakterisasi Katalis	30

1.	Penentuan Keasaman Katalis.....	30
2.	Analisis Energi <i>Band-Gap</i> Nanokatalis Menggunakan DRS	34
3.	Penentuan Fasa Kristalin Katalis	36
4.	Penentuan Morfologi Kristalin Katalis	37
III. METODE PENELITIAN		40
A.	Waktu dan Tempat Penelitian	40
B.	Alat dan Bahan	40
C.	Prosedur Penelitian.....	41
1.	Preparasi Nanokatalis $Ni_{0,65}Cu_{0,35}Fe_2O_4$	41
2.	Karakterisasi Nanokatalis	42
3.	Preparasi Nanoselulosa Kulit Pisang Kepok (<i>Musa paradisiaca</i> L.) 45	
4.	Uji Aktivitas Katalis dengan Reaksi Fotokatalitik	46
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		49
A.	Preparasi Nanokatalis $Ni_{0,65}Cu_{0,35}Fe_2O_4$	49
B.	Karakterisasi Nanokatalis.....	53
1.	Analisis Fasa Kristalin Katalis Menggunakan XRD	53
2.	Analisis Keasaman Katalis Menggunakan FTIR.....	56
3.	Analisis Morfologi Katalis Menggunakan TEM	58
4.	Analisis Energi <i>Band-Gap</i> Katalis Menggunakan DRS	60
C.	Preparasi Nanoselulosa Kulit Pisang Kepok (<i>Musa paradisiaca</i> L.).....	62
D.	Uji Aktivitas Katalis $Ni_{0,65}Cu_{0,35}Fe_2O_4$ Melalui Reaksi Fotokatalitik	66
V. SIMPULAN DAN SARAN		72
A.	SIMPULAN	72
B.	SARAN	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Puncak-puncak representatif difraktogram katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$	54
Tabel 2. Puncak-puncak representatif dari masing-masing difraktogram acuan pada katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$	54
Tabel 3. Persentase nanoselulosa terkonversi	66
Table 4. Konsentrasi glukosa pada sampel hasil konversi	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Siklus Katalis	8
2. (a) Struktur α -galakturonat, (b) Struktur metilasi α -galakturonat,	16
3. Struktur Selulosa	19
4. Spektrum LC konversi selulosa	20
5. Mekanisme Hidrolisis Asam	23
6. Struktur Kristal Spinel Ferrite	26
7. Konversi Selulosa Menjadi Poliols	27
8. Konversi Selulosa Menjadi Sorbitol dan Mannitol	28
9. Konversi Xylitol	30
10. Reaksi Piridin Pada Situs Asam Bronsted-Lowry	33
11. Reaksi Piridin Pada Situs Asam Lewis	33
12. Spektra IR dari katalis: (a) NiFe_2O_4 , (b) Co_3O_4 , dan (c) $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{NiFe}_2\text{O}_4$	34
13. Instrumen DRS	35
14. Difraktogram Katalis NiFe_2O_4 (Tanda * fasa kristalin NiFe_2O_4 ; Tanda # fasa kristalin NiO ; Tanda $^\circ$ fasa kristalin Fe_3O_4)	37
15. Skema Alat <i>Transmission Electron Microscope</i>	39
16. Proses konversi selulosa dengan irradiasi sinar UV	47
17. Preparasi Nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$, (a) Penambahan larutan logam-logam nitrat, (b) Larutan homogen setelah penambahan larutan logam-logam nitrat, (c) Gel coklat setelah pemanasan	50
18. Padatan serbuk kering $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ setelah proses <i>freeze dry</i>	51
19. Profil suhu kalsinasi	52
20. Serbuk kering katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ setelah proses kalsinasi	53

21. Difaktogram nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$, ▲ adalah CuFe_2O_4 , ■ adalah NiFe_2O_4 , ● adalah CuO , ★ adalah NiO	55
22. Spektrum Inframerah dari Nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$	57
23. Mikrograf hasil analisis TEM katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ pada skala.....	59
24. Spektrum reflektan dan absorban dari nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$	61
25. Nilai energi-senjang nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$	62
26. Preparasi nanoselulosa kulit pisang a). Bubuk kulit pisang kepok b). Selulosa hasil bleaching c). Suspensi nanoselulosa hasil hidrolisis d). Nanoselulosa hasil <i>freeze dry</i>	64
27. Difaktogram XRD Nanoselulosa (a) referensi, (b) kulit pisang	65
28. Analisis gula pereduksi dengan pereaksi Fehling	67
29. Analisis gula pereduksi dengan pereaksi DNS	68
30. Kurva standar glukosa.....	69
31. Kromatogram HPLC dengan waktu konversi 60 menit.....	70

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini biomassa telah banyak menarik perhatian para peneliti dikarenakan sifatnya yang ramah lingkungan dan sumber energi terbarukan (Arhamsyah, 2010). Biomassa umumnya memiliki nilai ekonomis rendah dan dapat diperoleh dari bahan organik atau hasil limbah yang telah diambil produk primernya. Di Indonesia keberadaan biomassa sangatlah berlimpah, salah satu yang sering dimanfaatkan ialah selulosa. Beberapa sumber selulosa adalah kayu, serat daun, bambu, sekam padi, kulit buah coklat dan tandan kosong kelapa sawit. Selulosa merupakan produk polimer alam yang berasal dari reaksi fotosintesis CO_2 dan H_2O . Selulosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa dengan menggunakan asam atau enzim. Meskipun hidrolisis selulosa menjadi gula alkohol masih mengalami kendala, tetapi banyak peneliti telah memfokuskan peningkatan hidrolisis selulosa menjadi gula alkohol (Fukuoka and Dhepe, 2006; Suri dkk, 2013; Atmaji dkk, 2013).

Selulosa dapat dikonversi menjadi gula alkohol dengan bantuan katalis. Beberapa peneliti telah menggunakan metode irradiasi sinar UV untuk mengkonversi senyawa karbohidrat (Kawai dan Sakata, 1980) mendekomposisi sukrosa dengan

katalis $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2/\text{Pt}$ (10:100:5, g/g) menjadi H_2 dan CO_2 dengan waktu reaksi selama 18 jam pada temperatur ruang. Peneliti lain katalis TiO_2 yang didukung oleh zeolit tipe Y mampu mengoksidasi glukosa menjadi GUA (*glucaric acid*) dan GA (*gluconic acid*) 68% (Colmenares dan Magdziarz, 2013). Selanjutnya, Puttipat *et al.*, 2014 melakukan konversi fruktosa dan xylosa menjadi asam organik. Penelitian terbaru dilakukan oleh sekelompok peneliti Inggris, dimana nanoselulosa dikonversi menjadi bahan bakar hidrogen dengan hasil konversi sebesar 90% menggunakan katalis TiO_2 dan $\text{TiO}_2(\text{Pt})$ dan irradiasi sinar UV (Zhang *et al.*, 2016).

Nanoselulosa merupakan jenis selulosa yang ditandai dengan adanya peningkatan kristalinitas, luas permukaan, peningkatan dispersi, dan biodegradasi (Habibi *et al.*, 2010 ; Iriani dkk., 2015). Konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol menggunakan katalis logam transisi telah dilakukan sebelumnya dan memberikan hasil yang cukup besar serta efektif dengan penggunaan katalis $\text{Ni}_{4.63}\text{Cu}_1\text{Al}_{1.82}\text{Fe}_{0.79}$ menghasilkan sorbitol 68.07% (Liu *et al.*, 2014) dan katalis $\text{CuO}/\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ menghasilkan sorbitol 99,081% (Dar *et al.*, 2015).

Fotokatalisis memerlukan bantuan cahaya dan katalis (semikonduktor) untuk melangsungkan atau mempercepat transformasi kimia, sumber cahaya yang digunakan bisa sinar tampak atau lampu UV. Proses fotokatalisis oleh cahaya tampak atau UV akan menghasilkan radikal hidroksil yang sangat aktif dan mampu mengoksidasi berbagai bahan organik menjadi H_2O dan CO_2 (Wahyuni *et al.*, 2017).

Berdasarkan penjelasan diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan preparasi nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ menggunakan metode sol-gel menggunakan pengemulsi pektin dan *freeze dry*. Selanjutnya, katalis akan dikarakterisasi untuk mengukur jumlah keasaman dan jenis situs asamnya menggunakan metode gravimetri dan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), menentukan fasa kristalin katalis menggunakan difraksi sinar-X (XRD), menentukan morfologi katalis dengan *Transmission Electron Microscopy* (TEM), UV-Vis diffuse reflectance spectrum (DRS). Menurut peneliti sebelumnya disarankan agar dapat menghasilkan sorbitol, manitol dan xylitol dari nanoselulosa limbah kulit pisang kepok dengan rendemen tinggi melalui uji katalitik maka harus diperhatikan waktu konversi (Mawarti,2017), aliran gas H_2 yang optimal (Lindawati,2017), dan rasio antara nanoselulosa dengan katalis (Susanti,2017). Hasil konversi akan diuji katalitis dengan KCKT (Kromatografi Cair Kinerja Tinggi).

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mempelajari cara membuat nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ dengan metode sol-gel.
2. Mengkarakterisasi nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ menggunakan metode gravimetri, FTIR, XRD, DRS dan TEM.
3. Menguji aktivitas nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ dengan irradiasi sinar UV terhadap konversi selulosa menjadi gula alkohol.
4. Menganalisis hasil konversi menggunakan metode KCKT.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi terkini mengenai preparasi nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Fe}_2\text{Cu}_{0,35}\text{O}_4$ dengan metode sol-gel serta aktivitas nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Fe}_2\text{Cu}_{0,35}\text{O}_4$ dalam mengkonversi nanoselulosa menjadi gula alkohol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanopartikel

Nanopartikel dapat terdiri dari bahan konstituen tunggal atau gabungan dari beberapa bahan. Nanopartikel di alam sebagai contoh adalah biji bauksit sering ditemukan dengan bahan aglomerasi dengan berbagai komposisi, sedangkan komposisi bahan murni tunggal dapat dengan mudah disintesis dengan berbagai metode. Berdasarkan sifat kimia dan elektromagnetik, nanopartikel dapat tersebar seperti aerosol, suspensi/koloid, atau dalam keadaan menggumpal. Sebagai contoh, nanopartikel magnetik cenderung mengelompok, membentuk sebuah aglomerat, kecuali permukaan mereka dilapisi dengan bahan *non-magnetik*, dan dalam keadaan menggumpal, nanopartikel dapat berperilaku sebagai partikel yang lebih besar, tergantung pada ukuran aglomerat tersebut (Buzea, *et al.*, 2007).

Sediaan nanopartikel dapat dibuat dengan berbagai metode, hingga saat ini ada beberapa metode pembuatan nanopartikel yang sering digunakan yaitu metode presipitasi, penggilingan (*milling methods*), *salting out*, fluida superkritis, polimerisasi monomer, polimer hidrofilik, dan dispersi pembentukan polimer (Soppimath, *et al.*, 2001; Mansouri, *et al.*, 2011). Meningkatnya kebutuhan industri akan ukuran partikel yang semakin kecil menyebabkan nanopartikel mengalami kemajuan pesat. Material nanopartikel secara luas telah banyak

menarik perhatian para peneliti. Hal ini dikarenakan material nanopartikel memiliki ukuran partikel yang sangat kecil dan sifat permukaannya dapat dengan mudah diatur dan diubah sesuai pemanfaatannya. Pemanfaatan material nanopartikel kini tidak hanya di bidang farmasi maupun bioteknologi (Jahanshahi dan Babaei, 2008), namun juga memiliki peran penting dalam bidang material konduktor, fotonik, elektronik, sensor, serta berbagai teknologi lain dalam penanganan pencemaran lingkungan. Suatu material dapat dinyatakan sebagai nanopartikel apabila mempunyai rentang ukuran dari 1 hingga 100 nm (Sietsma *et al.*, 2007).

Abdullah (2008) menjelaskan bahwa terdapat dua poin utama yang menjadikan material nanopartikel lebih unggul dibandingkan dengan material besarnya (*bulk*). Pertama, ukuran yang sangat kecil, menyebabkan material nanopartikel memiliki angka perbandingan yang besar antara luas permukaan dan volumenya. Sehingga bersifat lebih reaktif, karena hanya atom-atom di permukaan saja yang akan saling bersentuhan langsung dengan material lain. Kedua, perubahan sifat, seperti kekuatan mekanik, transparansi, konduktifitas listrik dan magnetisasi pada material nanopartikel yang berkaitan dengan fenomena kuantum akibat pengaruh keterbatasan ruang gerak. Perbandingan jumlah atom yang menempati luas permukaan dan volume berkaitan dengan perubahan sifat seperti titik leleh, titik didih dan reaktivitas kimia dari material nanopartikel tersebut.

Sintesis material nanopartikel dengan atom logam melalui reaksi kimia harus dilengkapi dengan penggunaan senyawa organik yang akan membentuk susunan teratur pada permukaan logam tersebut. Bagian senyawa organik yang bersifat

hidrofobik akan langsung teradsorpsi pada permukaan nanopartikel logam dan bagian yang bersifat hidrofilik akan berada pada bulk larutan. Senyawa organik tersebut (surfaktan dan polimer) dapat mengontrol kecepatan reduksi dan agregasi yang terjadi pada nanopartikel logam (Hanke, 2001).

Dalam bidang katalis telah banyak peneliti yang mampu menghasilkan nanokatalis dengan berbagai metode seperti metode hidrotermal (Ohara *et al.*, 2004), metode simple heating (Abdullah dkk, 2008), metode *combustion*, metode sintesis koloid (Soderlind, 2008), metode kopresipitasi (Kanade *et al.*, 2006) dan metode sol-gel (Ismunandar, 2006).

B. Nanokomposit

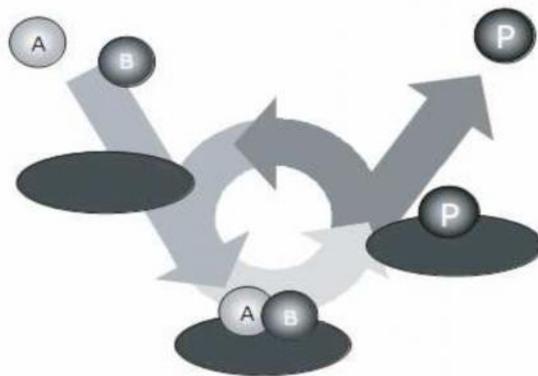
Nanokomposit dapat dibuat dengan menyisipkan nanopartikel (nanofiller) ke dalam sebuah material makroskopik (matriks). Pencampuran nanopartikel ke dalam matriks penyusun merupakan bagian perkembangan dunia nanoteknologi. Nanokomposit merupakan material padat multi fasa, dimana setiap fasa memiliki satu, dua, atau tiga dimensi yang kurang dari 100 nm, atau struktur padat dengan dimensi berskala nanometer yang berulang pada jarak antar bentuk penyusun struktur yang berbeda (Chitraningrum, 2008).

Partikel-partikel yang berukuran nano memiliki luas permukaan interaksi yang besar. Semakin banyak partikel yang berinteraksi, semakin kuat pula material. Inilah yang membuat ikatan antar partikel semakin kuat sehingga sifat mekanik material bertambah. Namun, penambahan partikel-partikel nano tidak selamanya

akan meningkatkan sifat mekaniknya. Ada batas tertentu dimana saat dilakukan penambahan, kekuatan material justru semakin berkurang. Namun pada umumnya, material nanokomposit menunjukkan perbedaan sifat mekanik, listrik, optik, elektrokimia, katalis, dan struktur dibandingkan dengan material penyusunnya (Hadiyawarman *et al.*, 2008). Dengan mendesain partikel nano dalam komposit memungkinkan untuk meningkatkan sifat katalis dari fotokatalis.

C. Katalis

Menurut Berzelius laju reaksi kimia dapat meningkat apabila ditambahkan Katalis, tetapi tanpa dikonsumsi selama reaksi . Katalis dapat membentuk ikatan dengan reaktan, sehingga meningkatkan kemudahan reaktan bereaksi membentuk produk kemudian terlepas dari katalis. Suatu reaksi terkatalisis digambarkan sebagai suatu siklus peristiwa dimana katalis berpartisipasi dalam reaksi dan kembali ke bentuk semula pada akhir siklus (Chorkendroff and Niemantsverdriet,2003).



Gambar 1 Siklus Katalis

Dari Gambar di atas, siklus diawali dengan pengikatan molekul-molekul A dan B (reaktan) pada katalis. Kemudian A dan B bereaksi membentuk kompleks yang selanjutnya membentuk produk P, yang juga terikat pada katalis. Pada tahap akhir, P terpisah dari katalis sehingga siklus kembali ke bentuk semula. Secara umum, katalis dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Untuk katalis homogen, katalis dan reaktan berada dalam fase yang sama, sedangkan untuk katalis heterogen, katalis dan reaktan berada pada fase yang berbeda. Untuk tujuan praktis, penggunaan katalis heterogen saat ini lebih disukai dibandingkan dengan katalis homogen (Chorkendroff and Niemantsverdriet, 2003) . Saat ini, proses katalitik heterogen dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu reaksi reduksi-oksidasi (redoks), dan reaksi asam-basa. Reaksi redoks meliputi reaksi dimana katalis mempengaruhi pemecahan ikatan secara homolitik pada molekul-molekul reaktan menghasilkan elektron tak berpasangan, dan kemudian membentuk ikatan secara homolitik dengan katalis melibatkan elektron dari katalis. Reaksi asam-basa meliputi reaksi dimana reaktan membentuk ikatan heterolitik dengan katalis melalui penggunaan pasangan elektron bebas dari katalis atau reaktan (Li, 2005).

Katalis pada umumnya memiliki sifat sebagai berikut :

1. Selektivitas

Katalis harus memiliki kemampuan untuk 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.

2. 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.

3. Waktu Hidup

Katalis harus memiliki kemampuan untuk bertahan pada level yang cukup sesuai kinerja katalis yang diinginkan. Masa hidup katalis dipengaruhi oleh aktivitas dari katalis.

4. Stabilitas

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

5. Regenerasi

Katalis harus memiliki sifat mudah diregenerasi. Sifat ini akan memberi kemudahan dalam meminimumkan setiap gangguan yang terjadi saat bereaksi.

6. Kekuatan mekanik

Katalis harus memiliki kemampuan untuk dapat digunakan dalam kondisi apapun, meskipun dalam tekanan dan temperatur tinggi (Clark, 2001).

Katalis heterogen terdapat 2 komponen penyusun, yaitu penyangga dan situs aktif (dopan). Fungsi utama dari penyangga adalah mampu menyediakan luas permukaan yang besar (memadai) yang bertujuan memperluas kontak langsung antara situs aktif dan reaktan sehingga menghindari penggumpalan dan dapat meningkatkan sifat katalitiknya. Penyangga sebaiknya merupakan senyawa pembawa reaktan yang inert terhadap reaksi yang tidak diinginkan, seperti alumina, silika dan karbon aktif. Situs aktif umumnya adalah oksida dari logam-logam transisi deret pertama, seperti: Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, dan Zn yang memiliki orbital d yang masih kekurangan elektron sehingga dapat menangkap elektron dari reaktan dan membentuk ikatan yang kuat.

D. Nanokatalis

Nanokatalis memiliki peran mempercepat suatu reaksi tanpa ikut serta dalam hasil reaksi. Nanokatalis saat ini dikembangkan sebagai katalis dalam mempercepat reaksi kimia karena keunggulannya mengkatalisis suatu reaksi yang lebih cepat dari katalis biasa. (Latununuwe dkk., 2008). Keunggulan nanokatalis ini disebabkan oleh permukaan yang luas dan rasio-rasio atom yang tersebar secara merata pada permukaannya. Sifat ini menguntungkan untuk transfer massa di dalam pori-pori dan juga menyumbangkan antar muka yang besar untuk reaksi-reaksi adsorpsi dan katalitik (Widegren *et al.*, 2003).

E. Metode Preparasi Katalis

Metode preparasi merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik suatu katalis. Pemilihan metode preparasi yang tepat akan menunjukkan hasil karakteristik katalis yang diharapkan memiliki aktivitas, selektivitas dan stabilitas yang maksimal. Banyak metode yang telah dikembangkan untuk sintesis nanokatalis, berbagai metode dari pembuatan nanokatalis spinel ferrite seperti *microemulsions*(Giannakas *et al.*,2004), metode keramik dengan pembakaran, koopresipitasi(Kianpour *et al.*, 2016), metode aerosol(Haris dkk,2014), *reverse micelles*(Giannakas *et al.*,2006), metode poliol, metode sonokimia, metode hidrotermal(Gedikli *et al.*,2015), sol-gel (Hasnidawati, 2016), *laser ablation*(Sun *et al.*,2004), dan *polymeric precursor* (Souza *et al.*, 2010) . Dari beberapa metode sintesis tersebut, dalam penelitian ini digunakan metode sol-gel untuk mendapatkan nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$. Metode sol-gel ini dipilih karena secara luas telah digunakan dalam sintesis katalis berpendukung logam TiCl_4 (Zhang *et al.*,2001). Selain itu metode ini memiliki banyak keunggulan seperti dispersi yang tinggi dari spesi aktif yang tersebar secara homogen pada permukaan katalis, tekstur porinya memberikan kemudahan difusi dari reaktan untuk masuk ke dalam situs aktif (Lecloux and Pirard, 1998), luas permukaan yang besar,peningkatan stabilitas termal, serta kemudahannya dalam memasukkan satu atau dua logam aktif sekaligus dalam prekursor katalis (Lambert and Gonzalez, 1998).

Dalam penelitian ini, preparasi katalis dilakukan dengan tiga tahap, yakni proses sol-gel, pengeringan precursor katalis dengan metode *freeze drying*, dan kalsinasi

katalis untuk mengaktifkan katalis. Metode sol-gel merupakan salah satu metode yang paling sukses dalam mempreparasi material oksida logam berukuran nano. Sol adalah suspensi koloid yang fasa terdispersinya berbentuk padat dan fasa pendispersinya berbentuk cairan. Suspensi dari partikel padat atau molekul-molekul koloid dalam larutan, dibuat dengan metal alkoksida dan dihidrolisis dengan air, menghasilkan partikel padatan metal hidroksida dalam larutan, dan reaksinya adalah reaksi hidrolisis.

Gel (*gelation*) adalah jaringan partikel atau molekul, baik padatan dan cairan, dimana polimer yang terjadi di dalam larutan digunakan sebagai tempat pertumbuhan zat anorganik. Pertumbuhan zat anorganik terjadi di gel dengan energi ikat rendah. Reaksinya adalah reaksi kondensasi, baik alkohol atau air, yang menghasilkan *oxygen bridge* (jembatan oksigen) untuk mendapatkan oksida logam (Paveena *et al.*, 2010).

Proses sol gel bisa didefinisikan sebagai proses pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah, dalam proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair kontinyu (gel). Metode sol gel merupakan metode yang paling banyak dilakukan. Hal ini disebabkan karena beberapa keunggulannya, antara lain: proses berlangsung pada temperatur rendah, prosesnya relatif lebih mudah, bisa diaplikasikan dalam segala kondisi (*versatile*), menghasilkan produk dengan kemurnian dan kehomogenan yang tinggi jika parameternya divariasikan. Dimana dapat dilakukan kontrol terhadap ukuran dan distribusi pori dengan mengubah rasio molar air/prekursor,

tipe katalis atau prekursor, suhu gelasi, pengeringan, dan proses stabilisasi (Zawrah *et al.*, 2009).

Pengeringan beku (*freeze drying*) adalah salah satu metode pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas. Dalam katalis, metode ini digunakan untuk menghilangkan air hidrat dalam rongga bahan katalis tanpa merusak struktur jaringan bahan tersebut (Labconco, 1996).

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

- a) Dapat mempertahankan stabilitas produk dan struktur bahan (menghindari pengkerutan bentuk, perubahan aroma, warna, dan unsur organoleptik lain).
- b) Dapat meningkatkan daya rehidrasi (hasil pengeringan sangat berongga sehingga daya rehidrasi sangat tinggi dan dapat kembali ke sifat fisiologis, organoleptik dan bentuk fisik yang hampir sama dengan sebelum pengeringan).
- c) Hasilnya homogen, murni, dengan ukuran partikel dapat diproduksi kembali serta memiliki aktivitas yang seragam (Bermejo *et al.*, 1997).

Freeze Dryer merupakan suatu alat pengeringan yang termasuk ke dalam pengantar pengeringan atau pengeringan tak langsung (*conduction dryer/ indirect dryer*) karena proses perpindahan terjadi secara tidak langsung yaitu antara bahan yang akan dikeringkan (bahan basah) dan media pemanas terdapat dinding pembatas sehingga air dalam bahan basah / lembab yang menguap tidak terbawa

bersama media pemanas. Hal ini menunjukkan bahwa perpindahan panas terjadi secara hantaran (konduksi), sehingga disebut juga pengantar pengeringan atau pengeringan tak langsung (*Conduction Dryer/ Indirect Dryer*) (Liapis *et al.*, 1994).

Kalsinasi merupakan proses pemanasan suatu zat padat pada suhu tinggi dibawah titik lelehnya yang dilakukan secara bertahap dengan laju dan kenaikan suhu yang konstan. Kalsinasi dibutuhkan pada zat padat seperti katalis untuk dapat mengubah ukuran kristal menjadi lebih kecil. Perubahan ini terjadi karena atom-atom karbon, hidrogen dan oksigen dapat teruapkan menjadi air dan karbon dioksida.

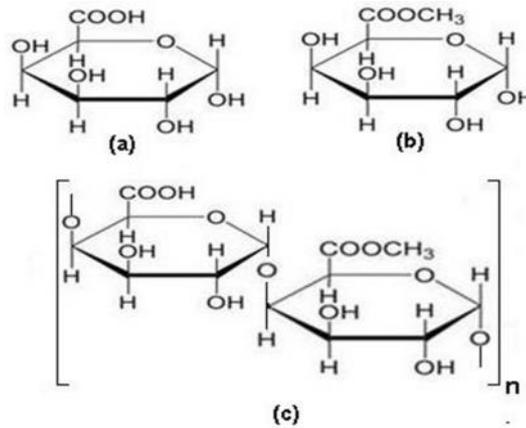
Peristiwa yang terjadi pada proses kalsinasi yaitu:

1. Dekomposisi komponen prekursor pada pembentukan spesi oksida.
Proses pertama terjadi pelepasan air bebas (H_2O) dan terikat (OH) yang berlangsung pada suhu diantara $100\text{ }^{\circ}C$ dan $300\text{ }^{\circ}C$.
2. Pelepasan gas CO_2 berlangsung pada suhu sekitar $600\text{ }^{\circ}C$, akan terjadi pengurangan berat secara berarti dan terjadi reaksi antara oksida yang terbentuk dengan penyangga.

F. Pektin

Pektin merupakan suatu polimer dari polisakarida yang memiliki bobot molekul tinggi dan terkandung dalam lamella tengah dinding sel pada tumbuhan darat. Polisakarida ini tersusun atas monomer-monomer -D-galakturonat yang

membentuk rantai lurus dan saling terikat satu sama lain oleh ikatan β -1,4-glikosidik (Sriamornsak, 1998). Struktur pektin ditunjukkan dalam Gambar 2 :



Gambar 2. (a) Struktur β -galakturonat, (b) Struktur metilasi β -galakturonat, (c) Struktur pektin

Pada umumnya larutan pektin bersifat asam. Hal ini dikarenakan adanya gugus karboksil pada rantai panjang struktur pektin. Namun, sebagian dari gugus karboksil tersebut secara alami juga termetoksilasi menjadi gugus metoksil (Yujaroen *et al.*, 2008). Senyawa pektin terdiri atas asam pektat, asam pektirat dan protopektin. Kandungan metoksi pada pektin mempengaruhi kelarutannya. Pektin dengan kadar metoksi tinggi (7-9%) akan mudah larut di dalam air sedangkan pektin dengan kadar metoksi rendah (3-6%) mudah larut di dalam alkali dan asam oksalat. Pektin tidak larut di dalam alkohol dan aseton. 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 (Erika, 2013)

Buah-buahan dan sayuran merupakan sumber paling utama dalam isolasi senyawa pektin, seperti pada kulit apel pomace kering (10-15%), kulit jeruk (20-30%) (Hindarso dkk,2004), bunga matahari (15-25%), kulit buah coklat (8-11%)(Edahwati dkk,2013), buah pisang (22,4%)(Hanum dkk,2012), terong ($\pm 11\%$), dan bayam (11,58%). Isolasi pektin paling sederhana dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Dalam proses ekstraksi, pektin akan mengalami perubahan senyawa yang disebabkan oleh proses hidrolisis (Farobie, 2006).

Faktor yang menentukan kualitas pektin adalah kadar asam galakturonat. Semakin tinggi nilai kadar asam galakturonat, maka pektin semakin berkualitas baik. Untuk memperoleh kadar asam galakturonat yang tinggi dapat dilakukan dengan cara meningkatkan waktu ekstraksi. Sehingga laju reaksi hidrolisis protopektin menjadi asam galakturonat juga semakin meningkat. Sedangkan pada kondisi asam, ikatan glikosidik gugus metil ester dari pektin juga akan cenderung terhidrolisis menghasilkan asam galakturonat. Faktor lain adalah kadar metoksil yang terkandung (Goycoolea dan Adriana, 2003). Kadar metoksil menyatakan besarnya Derajat esterifikasi pada pektin (Degree of Esterification/ DE), yang menunjukkan persentase gugus karbonil yang telah teresterifikasi dengan metanol pada asam galakturonat. Kadar asam galakturonat dan kadar metoksil pada pektin memiliki peranan penting dalam menentukan sifat kelarutan pektin dan mempengaruhi kemampuan mengel dari pektin itu sendiri (Constenla and Lozano, 2006).

Saat ini pemanfaatan pektin cukup luas, baik dalam bidang industri pangan maupun non-pangan. Pektin yang digunakan pada produk non pangan antara lain

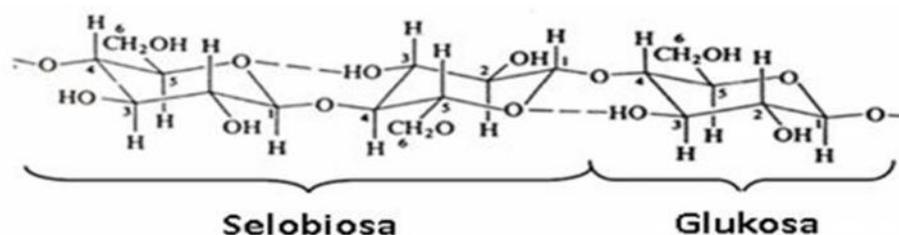
dalam bidang farmasi untuk obat diare sebagai adsorbent dalam usus, untuk menurunkan kadar kolesterol darah dan juga digunakan untuk menyembuhkan luka sebagai pembekuan darah (Akhmalludin, 2005). Pektin dapat pula digunakan sebagai bahan pengental lateks dalam industri karet, dapat juga meningkatkan kualitas warna, stabilitas, kekentalan dan konsistensi produk karet yang dihasilkan. Dalam industri kertas dan textile, pektin digunakan sebagai bahan pengisi, karena dapat memberi bentuk lapisan yang baik. Sedangkan dalam industri produk pangan, secara meluas pektin digunakan sebagai bahan penstabil dan bahan pembentuk gel (pengental dalam makanan) pada pembuatan saus, sari buah, jeli, selai berdasarkan kadar metoksil yang dimiliki.

G. Kulit Pisang

Menurut data Balai Besar Litbang Industri Selulosa 2015, kulit pisang memiliki kandungan selulosa yang tinggi . Limbah kulit pisang mengandung serat yang sangat halus dibandingkan serat dari kayu dengan kandungan selulosa yang tinggi (60-65%), hemiselulosa 6-8%, dan lignin 5-10%. Kayu lunak hanya mengandung selulosa 41%, hemiselulosa 24%, dan lignin 27,8%. Kandungan lignin pada kulit pisang hanya 5-10% sehingga dalam proses pemisahan selulosa dari lignin lebih mudah dibandingkan dengan sumber serat lain. Akan tetapi, kulit pisang tidak hanya terdiri dari selulosa saja melainkan ada juga senyawa-senyawa lain yang terkandung di dalamnya sehingga mendapatkan selulosa dari kulit pisang tidak mudah , melainkan melalui proses yang panjang.

H. Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun atas molekul-molekul β -D-glukosa, membentuk rantai lurus dan saling terikat satu sama lain oleh ikatan β -1,4 – glikosidik juga mempunyai massa molekul relatif tinggi yang setara dengan 5.000 unit glukosa. Keberadaan selulosa tidak pernah terlepas dari polisakarida biomassa karbohidrat lainnya, seperti hemiselulosa dan lignin (Frieder, 2002). Struktur selulosa ditunjukkan dalam Gambar 3 :

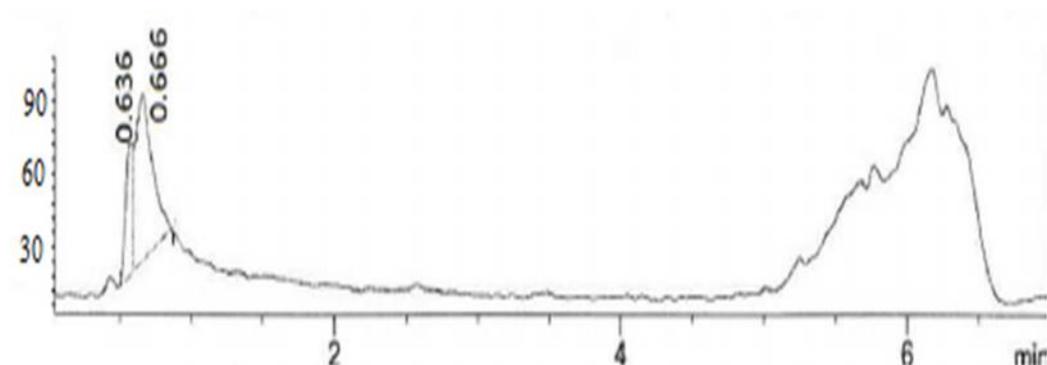


Gambar 3. Struktur Selulosa

Pada umumnya selulosa banyak terdapat pada kayu dan dinding sel tanaman bisa mencapai 40-50% (Fukuoka and Dhepe, 2008). Selulosa dapat diisolasi dari dinding sel tanaman, bahan berkayu, rambut biji, kulit pohon, tanaman laut dan lain-lain. Serat kapas mengandung 95% selulosa, sedangkan kayu 40-50% selulosa. Jumlah selulosa dalam serat bervariasi menurut sumbernya dan biasanya berkaitan dengan bahan-bahan seperti air, lilin, pektin, protein, lignin dan substansi-substansi mineral (Bhimte dan Tayade, 2007). Hidrolisis sempurna dari selulosa akan menghasilkan monosakarida yaitu glukosa, sedangkan hidrolisis yang tidak sempurna akan menghasilkan oligosakarida dari selulosa yaitu selobiosa. Namun, proses hidrolisis yang sempurna sangat sulit untuk dilakukan. Hal ini dikarenakan keberadaan hemiselulosa dan lignin

dapat menghambat proses hidrolisis. Selulosa dapat dihidrolisis menjadi gula reduksi (glukosa, fruktosa, selbiosa) dengan menggunakan media air dan dibantu dengan katalis asam atau enzim (Huber *et al.*, 2006), degradasi dengan *supercritical water*, depolimerisasi dalam cairan ionik (Rinaldi *et al.*, 2010), dan pirolisis suhu tinggi dengan atau tanpa katalis (Carlson *et al.*, 2008).

Hasil hidrolisis selulosa dapat dikonversi menjadi gula alkohol (sorbitol, mannitol, xylitol) serta glukosa anhidrat. Hasil konversi ini dapat dipergunakan lebih lanjut sebagai produksi bahan kimia atau bahan produksi biofuel karena memiliki banyak manfaat lainnya (Hansen *et al.*, 2006). Konversi dipengaruhi oleh berbagai faktor lain seperti indeks kristalinitas, tingkat polimerisasi, dan fraksi gugus ujung yang terikat dengan substrat. Hal ini dikarenakan struktur kristal yang dimiliki selulosa sebagai hasil ikatan jaringan hidrogen yang luas, mampu membuat selulosa tahan terhadap reaksi enzimatik. Jika struktur kristal yang dimiliki selulosa semakin kristalin, maka katalis akan semakin sulit untuk berinteraksi dengan situs inti kristal pada selulosa (Zang *et al.*, 2010). Spektrum LC dari konversi selulosa menjadi gula alkohol ditunjukkan pada gambar 4 :



Gambar 4. Spektrum LC konversi selulosa

Penelitian lain tentang konversi selulosa menjadi gula alkohol dapat dilihat pada tabel berikut :

Catalyst	Pressure (MPa)	T/°C	Time (h)	Yield (%)
Pt/ γ -Al ₂ O ₃	5 (rt)	190	24	Sorbitol (25) Mannitol (6)
Ru/C	6	245	0.5	Sorbitol(34.6) Mannitol(11.4)
Ru/CNT	5	185	24	Sorbitol (69) Mannitol (4)
Ni/CNF	6	230	4	Sorbitol (50.3) Mannitol (6.2)
Ni ₂ P/AC	6 (rt)	225	1.5	Sorbitol (48.4) Mannitol(4.7)
Ru/C+HPA	9.5	190	1	Sugar alcohols (85)
Ru/C+HPA	5 (rt)	160	7	Sugar alcohols (81)

(Jie *et al.*, 2013)

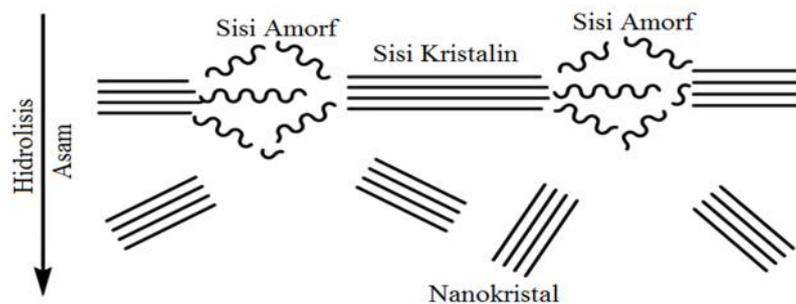
I. Nanoselulosa

Nanoselulosa merupakan jenis 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).

Konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol menggunakan katalis logam transisi telah dilakukan sebelumnya dan memberikan hasil yang cukup besar serta efektif dengan penggunaan katalis Ni_{4.63}Cu₁Al_{1.82}Fe_{0.79} (pada 488 K; 3 jam; 4 MPa) menghasilkan sorbitol 68.07% (Liu *et al.*, 2014) dan katalis CuO/CeO₂-ZrO₂(pada 245°C, 4 jam) menghasilkan sorbitol 99,081% (Dar *et al.*, 2015). Hasil konversi nanoselulosa dengan katalis Ni_{0,5}Cu_{0,5}Fe₂O₄ menjadi gula alkohol menghasilkan sorbitol 1,1% pada waktu konversi 30 menit, 1% pada waktu konversi 45 menit,

4,6% pada waktu konversi 60 menit (Susanti, 2017). Hasil konversi peneliti lainnya menghasilkan persentase sorbitol 1,96% pada waktu konversi 30 menit, mannitol 1,27% pada waktu 45 menit, dan sorbitol 2,47% pada waktu 60 menit.

Saat ini banyak penelitian tentang nanoselulosa yang merujuk pada sintesis dari selulosa yang terdiri dari empat tahap yaitu hidrolisis asam menggunakan asam kuat, sentrifuse, ultrasonikasi dan *freeze drying* yang telah dilakukan oleh Arup Mandal, (2011). Pada tahap hidrolisis asam, selulosa ditambah H_2SO_4 dan dibantu oleh proses pemanasan selama 5 jam dengan suhu 50 C sambil diaduk. Menurut Teixeira *et al.*, (2009) proses sintesis nanoselulosa dari selulosa memiliki empat tahapan yaitu hidrolisis asam, sentrifuse, dialisis dan ultrasonikasi. pada saat hidrolisis menggunakan asam kuat yaitu H_2SO_4 dengan konsentrasi 6,5 M dan dibantu dengan pemanasan dengan suhu 60 C selama 40 menit. Lalu larutan hasil hidrolisis asam ditambah aquades, hal ini bertujuan untuk menghentikan reaksi berlebih yang terjadi saat proses hidrolisis asam. Proses hidrolisis asam bertujuan untuk menghilangkan bagian amorf dari rantai selulosa sehingga isolasi kristal selulosa dapat dilakukan (Isdin, 2010). Daerah amorf memiliki densitas lebih rendah dibandingkan daerah kristalin, sehingga ketika selulosa diberikan perlakuan dengan menggunakan asam kuat maka daerah amorf akan putus dan melepaskan daerah kristalin (Peng, 2011). Berikut mekanisme hidrolisis asam dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Mekanisme Hidrolisis Asam

J. Sinar UV

Ultra Violet (UV) adalah bagian dari gelombang elektromagnetik. Radiasi ultra violet adalah radiasi elektromagnetik terhadap panjang gelombang yang lebih pendek dari sinar tampak, dan lebih panjang dari sinar X, berkisar antara 400-10 nm (Masschelein, 2002). Belakangan ini aplikasi radiasi sinar UV berkembang pesat dalam dunia industri pangan, dan minuman, dikarenakan semakin murahnya harga lampu UV dan mudah diperoleh, bahkan sudah tersedia unit skala rumah tangga khususnya untuk pengolahan air minum.

Sinar Ultra Violet dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu UV-A dengan panjang gelombang 400-300 nm, UV-B dengan panjang gelombang 315-280 nm dan UV-C dengan panjang gelombang 280-100 nm. Seluruh jenis panjang gelombang sinar UV ini disebut gelombang *actinic*, juga dikenal sebagai gelombang kimia, bertentangan dengan frekuensi gelombang *thermic* yang lebih tinggi. *Actenic* melibatkan gelombang energi yang dapat memprovokasi langsung perubahan kimia dalam radiasi molekul. Dua mekanisme dasar yang terjadi yaitu difusi

(penyebaran) dan penyerapan. Difusi lebih banyak berkaitan dengan panjang gelombang pendek. Penyerapan oleh nitrogen dan oksigen akan menghilangkan semua vakum ultra violet. Ketika oksigen menyerap panjang gelombang dibawah 200 nm menghasilkan ozon, sedangkan ozon sendiri mengalami penyerapan dalam fotolisis dengan kisaran panjang gelombang 220-300 nm (Masschelein, 2002).

K. Spinel Ferrite

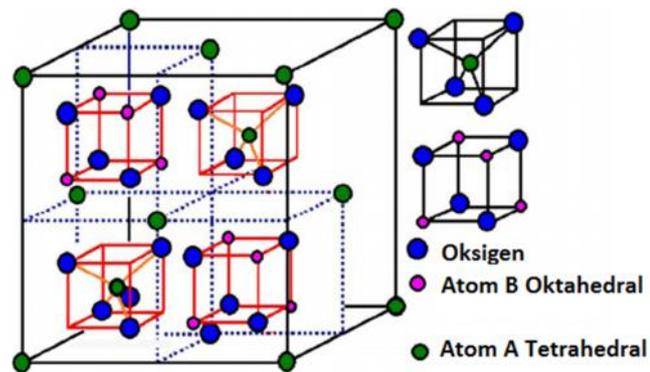
Ferrite adalah senyawa kimia dalam bentuk serbuk atau keramik yang memiliki sifat feromagnetik yang dibentuk oleh *iron oxide* sebagai komponen utamanya. Berdasarkan struktur kristalnya *ferrite* diklasifikasikan menjadi: hexagonal ($\text{MeFe}_{12}\text{O}_{13}$), garnet ($\text{Me}_3\text{Fe}_3\text{O}_{12}$), spinel (MeFe_2O_4), dengan Me dapat diganti satu atau lebih metal transisi bivalen seperti Mn, Fe, Co, Ni, Cu, dan Zn (Mohallem, 2012).

Spinel ferrite merupakan struktur kristal yang tersusun dari dua substruktur, yaitu struktur tetrahedral dan struktur oktahedral. Di antara material *spinel ferrite*, *Cobalt Ferrite* (CoFe_2O_4) adalah material *spinel ferrite* yang paling menarik karena mempunyai *anisotropy magnetocrystalin cubic* tinggi, merupakan hard magnetik dengan koersivitas tinggi, dan magnetisasi saturasi yang sedang (Zhao, 2007). CoFe_2O_4 memiliki struktur *spinel inverse*. Nanopartikel CoFe_2O_4 adalah material magnetik multifungsional penting yang tidak hanya untuk sifat kemagnetannya tetapi juga untuk aplikasi biomedis dan katalis, yang bergantung

pada tekstur dan karakteristik morfologinya. Nanopartikel CoFe_2O_4 memiliki sifat fisika dan kestabilan kimia yang baik, yang telah digunakan pada produksi magnet permanen, perekaman (*magnetic recording*) seperti sebagai *audio* dan *videotape* serta cakram perekaman digital dengan kerapatan tinggi (*high-density digital recording disks*), fluida magnetik (*magnetic fluids*), dan katalis (Mohallem, 2012).

Spinel ferrite adalah material magnetik yang sangat penting, karena sifat magnetik, elektrik dan kestabilan termal dari material tersebut sangat menarik. Salah satu jenis struktur kristal adalah Spinel. Spinel merupakan salah satu jenis struktur kristal yang memiliki dua sub struktur, yaitu struktur tetrahedral (bagian A) dan struktur oktahedral (bagian B). Pembentukan kedua sub struktur spinel tersebut secara umum dipengaruhi oleh besarnya jari-jari, konfigurasi elektron ion-ion logam, serta energi statik dari kisi kristal.

Spinel ferrite pada umumnya memiliki rumus AB_2O_4 dimana A adalah kation-kation bervalensi 2 seperti Fe, Ni, Mo, dan lain-lain yang menempati posisi tetrahedral dalam struktur kristalnya dan B adalah kation-kation bervalensi 3 seperti Fe, Mn, Cr dan lain-lain yang menempati posisi oktahedral dalam struktur kristalnya, serta terdistribusi pada lattice *fcc* yang terbentuk oleh ion O (Kasapoglu *et al.*, 2007 ; Almeida *et al.*, 2008 ; Iftimie *et al.*, 2006). Gambar 6 berikut adalah struktur kristal *spinel ferrite*



Gambar 6. Struktur Kristal Spinel Ferrite

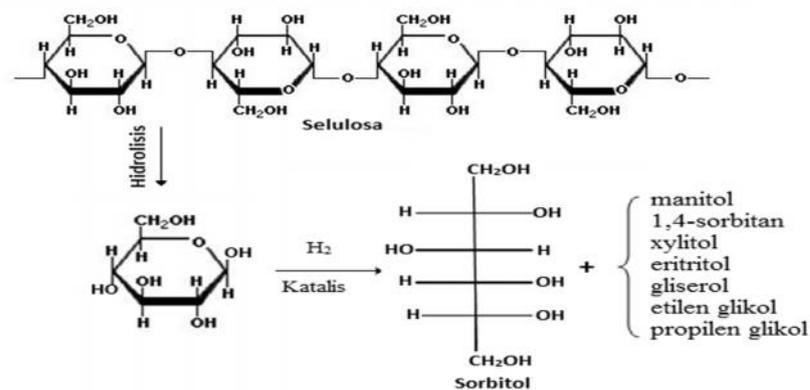
Ferrite dapat digolongkan menjadi tiga kelas yaitu normal, terbalik dan campuran spinel. Beberapa ferrite mengandung komposisi dua atau lebih ion divalen (Ni^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} dan lain-lain). Spinel ferrite ini secara teknologi penting dan telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti media perekam magnetik, pemindai magnetik resonansi (*MRI*), katalis, sistem pembawa obat dan zat pewarna. Spinel ferrite telah banyak digunakan sebagai katalis adalah nikel ferrite (NiFe_2O_4). Nikel ferrite ini memiliki struktur spinel terbalik (*inverse*) yang mana setengah dari ion Fe mengisi pada posisi tetrahedral (posisi A) dan sisanya menempati posisi pada oktahedral (posisi B) hal ini dapat dituliskan dengan rumus $(\text{Fe}^{3+}_{1.0})[\text{Ni}^{2+}_{1.0}\text{Fe}^{3+}_{1.0}]\text{O}^{2-}_4$ (Kasapoglu *et al.*, 2007 ; Maensiri *et al.*, 2007).

L. Gula Alkohol

Gula alkohol atau poliol merupakan monosakarida atau disakarida yang gugus karbonilnya dapat tereduksi membentuk gugus hidroksil. Gula alkohol terdapat di

alam, tetapi lebih banyak merupakan produk hidrogenasi dari mono-disakarida, contohnya sorbitol dari glukosa, maltitol dari maltosa. Secara kimia disebut sebagai gula alkohol karena bagian strukturnya mirip dengan alkohol dan rasanya menyerupai gula tebu. 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. Bentuk gula alkohol diantaranya yaitu sorbitol, mannitol, xylitol, erythritol, maltitol, laktitol, palatinit, dan lain-lain.

Selulosa dengan bantuan katalis dapat diubah menjadi gula alkohol, namun sebelumnya diubah terlebih dahulu menjadi glukosa. Sejumlah besar gugus hidroksil pada selulosa memungkinkan selulosa untuk dikonversi menjadi polioli lainnya (Fukuoka *et al.*, 2011). Reaksi konversi selulosa menjadi polioli ditunjukkan dalam Gambar 7



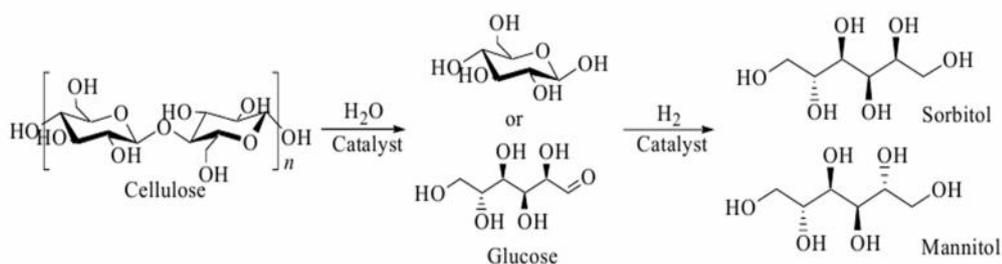
Gambar 7. Konversi Selulosa Menjadi Polioli

(Matveeva *et al.*, 2016)

1. Sorbitol dan Mannitol

Sorbitol dan mannitol adalah gula alkohol terdiri dari enam rantai karbon dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$ dan berat molekul sebesar 182,17 g/mol. Sorbitol dan

mannitol memiliki sifat tidak reaktif dan tidak higroskopis, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai eksipien pada produksi tablet kunyah dan granulasi serbuk. Produksi sorbitol dan mannitol umumnya dilakukan dengan bahan baku selulosa, fruktosa, sukrosa, glukosa atau sirup glukosa-fruktosa. Dari hasil konversi tersebut untuk mendapat serbuk sorbitol dan mannitol murni dapat dilakukan pemisahan dengan proses kristalisasi fraksional. Dalam proses ini, mannitol akan mengalami pengkristalan terlebih dahulu daripada sorbitol berdasarkan perbedaan sifat kelarutannya. Kelarutan sorbitol adalah 235 g/100 g air dan mannitol 22 g/100 g air (Suro, 2012). Reaksi konversi selulosa menjadi sorbitol dan mannitol ditunjukkan dalam Gambar 8 :

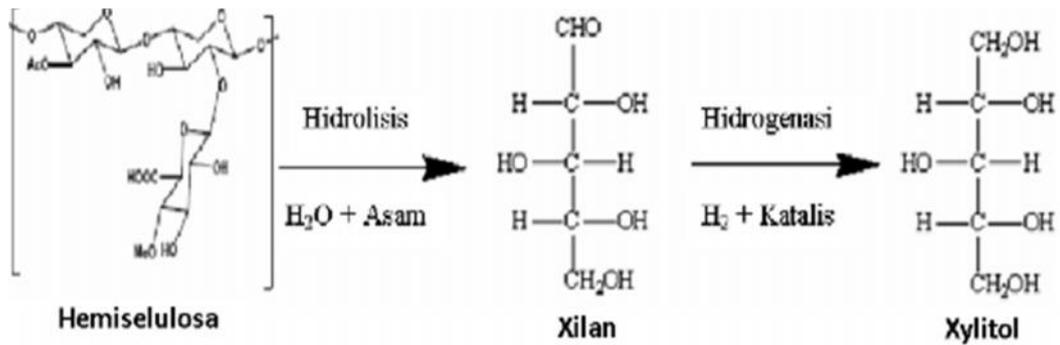


Gambar 8. Konversi Selulosa Menjadi Sorbitol dan Mannitol

Tahapan proses konversi selulosa menjadi sorbitol dan mannitol. Pada tahap awal selulosa akan terlebih dahulu mengalami hidrolisis menjadi monomer-monomer glukosa yang kemudian mengalami reaksi hidrogenasi dengan bantuan katalis asam dan tekanan tinggi sampai keadaan *superacid* dibawah kondisi kritis dalam waktu serta temperatur yang tinggi. Sedangkan pada kondisi dan temperatur yang lebih ekstrim lagi (400 °C) dapat dihasilkan gas seperti CO, CO₂, CH₄ dan H₂ (Osada *et al.*, 2004)

2. Xylitol

Xylitol merupakan gula alkohol yang terdiri dari lima rantai karbon yang banyak terdapat di alam khususnya pada buah-buahan dan sayuran, dengan rumus kimia $C_5H_{12}O_5$ dan berat molekul sebesar 152,15 g/mol. Senyawa ini merupakan gula tereduksi yang memiliki kelarutan 169 g/ 100 g air dengan pH 5-7, dimana kemanisannya sama dengan sukrosa bahkan lebih manis dibandingkan gula alkohol lainnya. Hal ini menyebabkan xylitol sering digunakan sebagai pengganti gula dalam industri pengolahan makanan seperti pada produk industri coklat, permen, es krim, selai, jus juga pada produksi roti dan minuman. Xylitol adalah pemanis alami yang jumlah kalorinya tiga kali lebih kecil dibandingkan sukrosa atau sekitar 36% dari sukrosa. Polialkohol ini diproduksi melalui reduksi D-xilosa yang merupakan derivat dari hemiselulosa. Xylitol secara alami terdapat dalam buah-buahan dan sayur-sayuran seperti beri, gandum, selada dan kembang kol. Xylitol dapat juga diperoleh melalui fermentasi D-xylosa yang diekstrak dari hemiselulosa yang diperoleh dari tongkol jagung, bagas (ampas tebu), daun-daunan, sorgum, jagung dan lain-lain. Dalam industri gula alkohol jenis ini diproduksi melalui reaksi hidrogenasi xylosa yang dibantu oleh katalis logam dengan dialiri gas hidrogen pada temperatur dan tekanan tinggi (Chandel *et al.*, 2012). Sama halnya dengan sorbitol dan mannitol, xylitol juga dapat dikonversi dari bahan lignoselulosa khususnya hemiselulosa atau xilan. Melalui proses hidrolisis xilan akan membentuk xilosa dan arbinosa yang kemudian dapat dihidrogenasi menjadi xylitol. Reaksi konversi dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9. Konversi Xylitol

Pada penelitian ini nanoselulosa yang akan dikonversi diharapkan menjadi gula alkohol (manitol, sorbitol, maupun xylitol) dengan reaksi katalitik menggunakan katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ dengan penambahan aliran gas hidrogen.

M. Karakterisasi Katalis

Karakterisasi dalam bidang katalis merupakan hal yang sangat penting. Beberapa metode yang memberikan kemudahan dalam menyelidiki sifat-sifat katalis seperti difraksi, spektroskopi, dan mikroskopi. (Chorkendorf and Niemantsverdriet, 2003).

1. Penentuan Keasaman Katalis

Analisis keasaman katalis dilakukan dengan metode gravimetri dan dilanjutkan dengan menggunakan instrumentasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

a. Gravimetri

Aktivitas katalis dipengaruhi oleh besarnya keasaman dari katalis tersebut. Semakin banyak jumlah situs asam suatu katalis, maka situs aktif yang terkandung dalam katalis juga semakin banyak. Sehingga aktivitas

katalitik katalis juga semakin meningkat. Situs asam katalis dapat ditentukan berdasarkan kekuatan asam Lewis, sebagai akseptor pasangan elektron dan asam Brønsted – Lowry, sebagai donor proton (Burch *et al.*, 2002). Penentuan jumlah situs asam dalam katalis dapat dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri dengan cara menghitung jumlah basa yang teradsorpsi secara kimia (kemisorpsi) dalam fase gas (ASTM, 2005). Basa yang dapat digunakan sebagai adsorbat adalah amoniak, piridin, piperidin, quinolin, trimetil amin, dan pirol.

Berikut merupakan cara mengukur keasaman atau menghitung banyaknya jumlah mol basa yang teradsorpsi pada permukaan katalis menggunakan piridin sebagai basa adsorban (Rodiansono *et al.*, 2007)

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

Dimana, w_1 = Berat wadah kosong

w_2 = Berat wadah + katalis

w_3 = Berat wadah + katalis yang telah mengadsorpsi piridin

BM = Bobot molekul piridin.

b. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

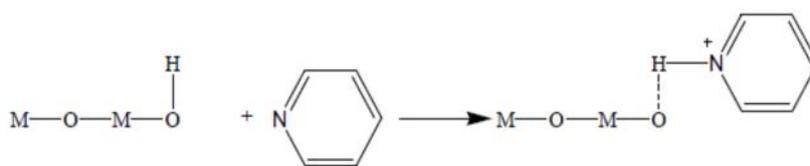
Penentuan jenis situs asam pada katalis dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*. Katalis yang telah dibiarkan mengadsorpsi basa adsorban kemudian dianalisis untuk diidentifikasi keberadaan situs asamnya melalui puncak serapan. FTIR merupakan suatu metode analisis yang mengamati interaksi 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). Sinar inframerah ini berada pada jangkauan panjang gelombang 2,5 – 25 μm atau jangkauan frekuensi 2000 – 400 cm^{-1} . Hal ini karena di daerah jangkauan antara 2000 – 400 cm^{-1} adalah daerah khusus yang berguna untuk identifikasi gugus fungsional.

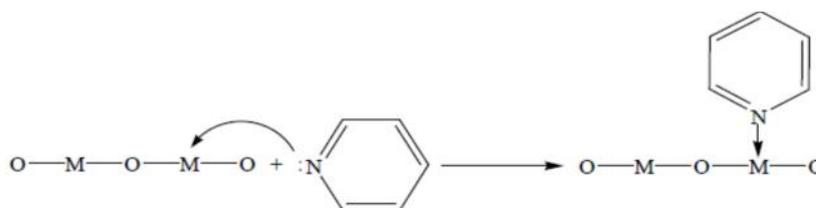
Prinsip dasar dari analisis FTIR adalah penyerapan radiasi elektromagnetik oleh gugus-gugus fungsi tertentu dengan energi vibrasi dalam bentuk spektrum. Besarnya bilangan gelombang yang akan muncul bergantung pada kekuatan ikatan dan massa atom yang melakukan ikatan kimia. Saat sampel dilewati sinar inframerah, maka sejumlah frekuensi akan diserap dan sebagian lainnya ditransmisikan, selanjutnya diterjemahkan kedalam sebuah kurva spektrum inframerah. Hal yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasi kurva serapan inframerah adalah bilangan gelombang, bentuk kurva serapan (sempit tajam atau melebar) dan intensitas serapan (kuat, sedang, atau lemah). Dimana hubungan antara persen absorbansi dengan frekuensi dapat menghasilkan sebuah spektrum inframerah (Kosela, 2010).

Struktur fasa kristalin berhubungan dengan tingkat keasaman suatu katalis. Katalis yang memiliki tingkat keasaman yang tinggi akan cenderung memiliki struktur fasa kristalin yang relatif lebih berongga dan pori-pori permukaan relatif dapat memperbesar kesempatan situs aktif untuk berkontak langsung dengan basa adsorbat. Pada hasil analisis FTIR,

adsorpsi molekul piridin dapat terjadi pada situs-situs asam dipermukaan katalis. Pada situs asam Brønsted-Lowry, piridin akan berinteraksi dengan situs asam melalui ikatan hidrogen membentuk ion piridinium dan ditandai dengan puncak hasil serapan pada bilangan gelombang $1537,26 \text{ cm}^{-1}$, sedangkan pada situs asam Lewis, piridin akan berinteraksi secara koordinasi dengan situs aktif (logam transisi) yang akan bertindak sebagai spesies asam Lewis dengan menerima pasangan elektron dari piridin dan ditandai dengan puncak hasil serapan pada bilangan gelombang $1634,95 \text{ cm}^{-1}$ (Parry, 1963). Reaksi antara piridin dengan situs-situs asam dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.

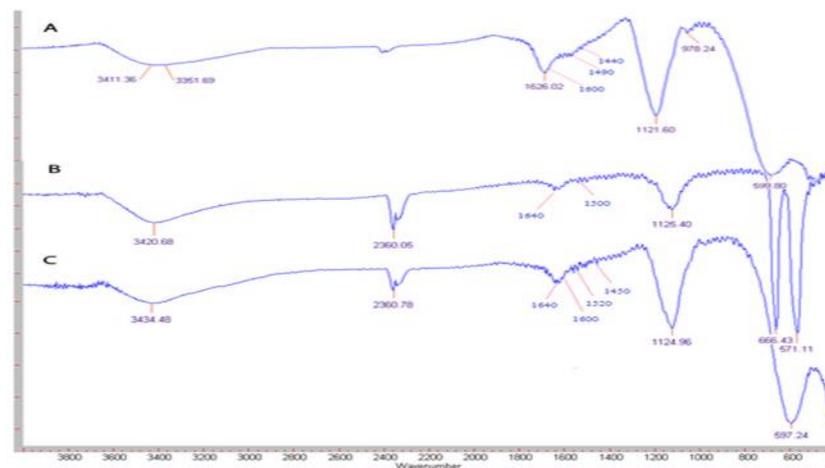


Gambar 10. Reaksi Piridin Pada Situs Asam Bronsted-Lowry



Gambar 11. Reaksi Piridin Pada Situs Asam Lewis

Pada Gambar di atas hasil puncak serapan katalis menunjukkan bahwa situs asam Brønsted-Lowry lebih dominan daripada situs asam Lewisnya (Fransisca, 2011). Spektra IR dari katalis: NiFe_2O_4 , Co_3O_4 , dan $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ditunjukkan pada Gambar 12 :

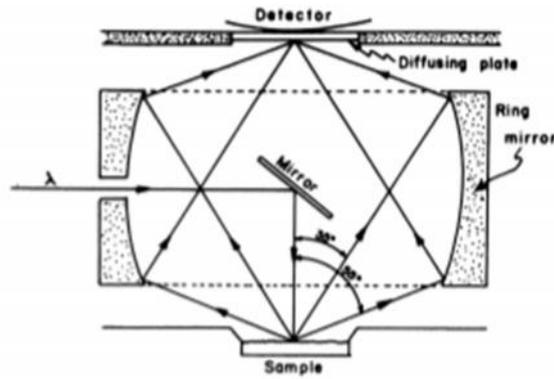


Gambar 12. Spektra IR dari katalis: (a) NiFe_2O_4 , (b) Co_3O_4 , dan (c) $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{NiFe}_2\text{O}_4$

Pada penelitian ini nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ akan diuji keasaman dengan metode gravimetri untuk mengetahui ukuran keasaman dan selanjutnya serapan basa yang terikat pada katalis saat gravimetri akan diidentifikasi menggunakan FTIR untuk mengetahui jenis situs asam yang terbentuk, yang akan terlihat jelas dari spektrum inframerah yang diperoleh.

2. Analisis Energi *Band-Gap* Nanokatalis Menggunakan DRS

Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS) merupakan instrument yang digunakan untuk menentukan nilai celah energi atau *band-gap* suatu material semikonduktor berukuran nano. Pengukuran nilai *band-gap* suatu material dibutuhkan untuk mengetahui sifat fisik material padat tersebut. *Band-gap* (E_g) merupakan perbedaan energi antara pita valensi berenergi rendah yang terisi penuh oleh elektron dan pita konduksi yang berenergi tinggi yang kosong. *Band-gap* berkaitan dengan sifat konduktivitas elektrik suatu material, yang biasa ditemukan pada material semikonduktor. Berikut gambar skema instrumen DRS :



Gambar 13. Instrumen DRS

Dalam penentuan nilai energi *band-gap* dari suatu material, dibutuhkan persamaan Tauc. Nilai *band-gap* dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$(h\nu)^{1/n} = A(h\nu - E_g)$$

Keterangan:

h = konstanta Planck's

ν = Frekuensi vibrasi

A = Koefisien absorpsi

E_g = band gap

n = konstanta proposi

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. dalam persamaan Tauc disubstitusikan dengan $F(R)$. Sehingga didapat persamaan:

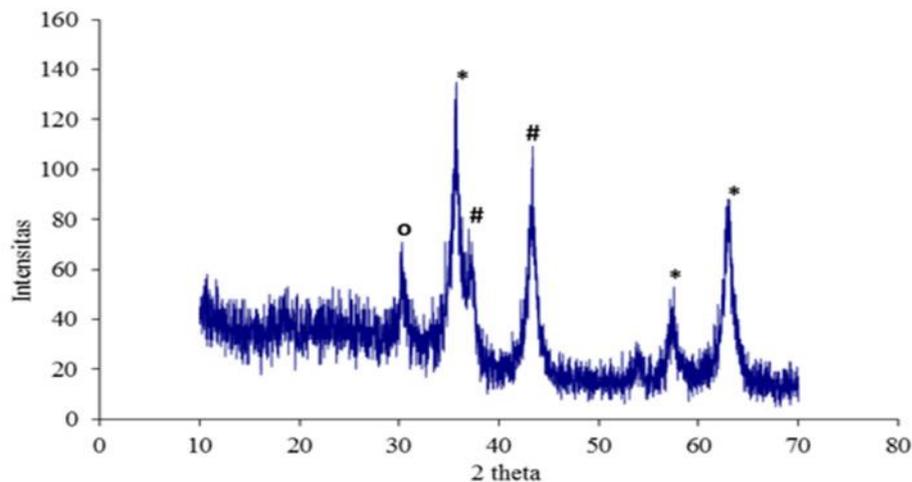
$$(h F(R))^{2} = A(h - E_g)$$

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

3. Penentuan Fasa Kristalin Katalis

Analisis struktur kristal katalis dilakukan menggunakan instrumentasi difraksi sinar-X (*X-ray Diffraction/XRD*). XRD merupakan salah satu metode karakterisasi untuk mengidentifikasi fasa suatu material juga untuk menentukan sifat kristal atau kristalinitas dari suatu material dengan cara menentukan parameter kisi. Metode karakterisasi ini adalah metode yang penggunaannya paling sering digunakan hingga saat ini. Hal ini dikarenakan penggunaan metode ini juga cukup mendasar untuk pengukur besaran partikel suatu material (Leofanti *et al.*, 1997).

Difraktogram katalis ditunjukkan pada Gambar 14 :



Gambar 14. Difraktogram Katalis NiFe_2O_4 (Tanda * fasa kristalin NiFe_2O_4 ; Tanda # fasa kristalin NiO ; Tanda ° fasa kristalin Fe_3O_4)

Difraktogram suatu katalis ditunjukkan pada Gambar 14. Dilihat dari difraktogram di atas fasa kristalin yang terlihat jelas muncul yaitu fasa kristalin NiFe_2O_4 karena pada fasa tersebut muncul 3 puncak difraktogram dengan intensitas tertinggi. Sedangkan pada fasa kristalin Fe_3O_4 , dan NiO puncak yang muncul kurang mendukung keberadaan fasa tersebut (Fransisca, 2011).

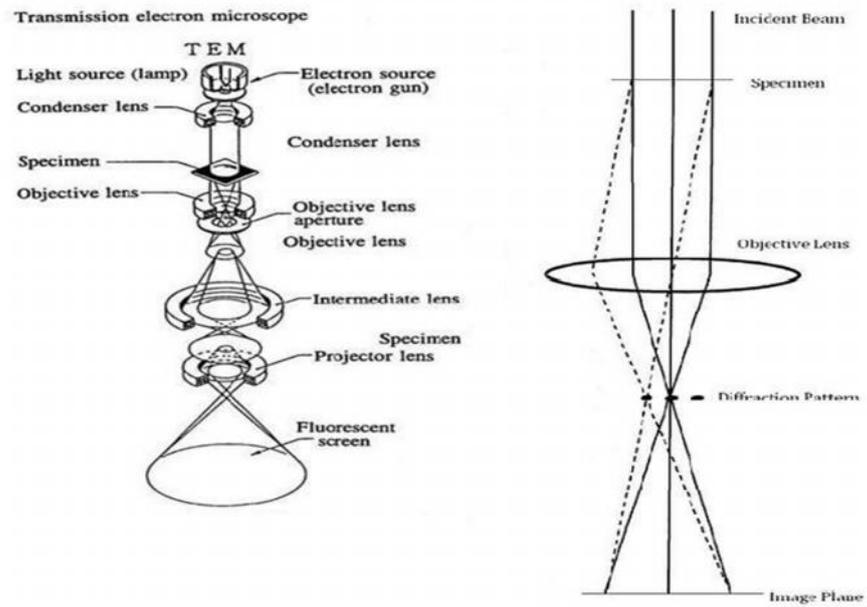
4. Penentuan Morfologi Kristalin Katalis

Analisis morfologi kristalin katalis dilakukan menggunakan instrumentasi *Transmission Electron Microscopy* (TEM). TEM merupakan salah satu dari banyak alat nanoteknologi yang sangat penting untuk menggambarkan bentuk, struktur, serta distribusi pori padatan dari material nano dengan resolusi sub-nanometer (*High-Resolution TEM*). Pada teknik ini sebuah spesimen tipis digambarkan oleh sebuah sinar elektron, yang mana

diradiasikan melalui sampel dengan ketebalan yang seragam. Tipe tegangan dalam pengoperasian TEM biasanya sekitar 80-200 KV. Sumber elektron yang diemisikan bersumber dari sebuah *thermionic* [filament tungsten (W) atau lanthanum hexaboride (LaB6)]. Celah cahaya dan area spesimen yang disinari dikontrol oleh serangkaian lensa kondensor. Fungsi dari lensa objektif adalah untuk menggambarkan maupun membentuk pola difraksi dari sebuah spesimen. Pola difraksi elektron berfungsi untuk mengidentifikasi struktur kristalografi dari sebuah material. Biasanya dalam hal karakterisasi nanopartikel, untuk mengidentifikasi ukuran dan distribusi nanopartikel dapat digunakan mode penggambaran, sedangkan untuk mengetahui struktur kristalin dapat digunakan mode difraksi. Distribusi intensitas elektron dibalik spesimen diperbesar dengan tiga atau empat lensa bertingkat dan digambarkan pada lensa *fluorescent*. Gambar yang dihasilkan ditangkap diatas pelat fotografi atau kamera CCD. Kapasitas analisis pada TEM telah ditingkatkan dengan integrasi dengan beberapa teknik yang unggul pada instrument. Teknik ini termasuk spektroskopi, seperti analisis *energy dispersive X-rays* (EDX) dan electron energy loss spectroscopy (EELS) (Ayyad, 2011).

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

(Harahap, 2012). Skema alat *Transmission Electron Microscope* ditunjukkan pada Gambar 15 :



Gambar 15. Skema Alat *Transmission Electron Microscope*

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan dari Bulan Februari 2018 sampai dengan Bulan Juni 2018. Preparasi nanoselulosa dan nanokatalis, analisis keasaman secara gravimetri, serta uji aktivitas katalitik katalis akan dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik FMIPA Universitas Lampung. Analisis struktur kristal (XRD) dan analisis situs asam (FTIR) dilakukan di Laboratorium BATAN, Serpong. Analisis morfologi katalis (TEM) dilakukan di Laboratorium Anorganik, UGM. Analisis energy *band-gap* katalis DRS dilakukan di Laboratorium FMIPA UI. Serta analisis hasil uji aktivitas katalis (HPLC) 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, *freeze-dryer*, mortar *agate*, ultrasonikasi, *furnace*, oven, lampu UV, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Diffuse Reflectances Spectroscopy* (DRS), *Transmission Electron Microscopy* (TEM), dan *X-ray Diffraction* (XRD).

Bahan-bahan yang akan digunakan adalah limbah kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.), NaOH, NaClO₂, akuabides, buffer asetat, HNO₃, Cu(NO₃)₂.3H₂O (Merck, 99%), Fe(NO₃)₃.9H₂O (Merck, 99%), Ni(NO₃)₂.6H₂O (Merck, 99%), pektin, NH₃ (Merck, 99%), piridin, selulosa (Merck, 99%), gas Hidrogen (BOC 99,99%), dan akuades.

C. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu preparasi nanokatalis Ni_{0,65}Cu_{0,35}Fe₂O₄, preparasi nanoselulosa dari limbah kulit pisang kepok, dan uji aktivitas katalitis katalis.

1. Preparasi Nanokatalis Ni_{0,65}Cu_{0,35} Fe₂O₄

Pembuatan nanokatalis Ni_{0,65}Cu_{0,35} Fe₂O₄ dilakukan dengan cara melarutkan 8 gram pektin dalam 400 mL akuades menggunakan *heating magnetic stirrer* pada suhu ruang sampai diperoleh larutan yang homogen selama kurang lebih dua jam. Kemudian larutan amonia pekat ditambahkan ke dalam larutan pektin sebanyak 50 mL hingga pH-nya 11. Kemudian ke dalam larutan pektin tersebut ditambahkan secara bersamaan dan perlahan nikel nitrat 1,6009 gram dalam 138,2 mL akuades, tembaga nitrat 0,7162 gram dalam 61,8 mL akuades dan larutan fero nitrat 6,843 gram dalam 400 mL akuades sambil diaduk menggunakan *heating magnetic stirrer* sampai diperoleh larutan yang homogen. Volume campuran larutan mencapai 1000 mL (Noviyanthi, 2015).

Selanjutnya campuran logam dan pektin yang telah homogen dipanaskan pada suhu 100°C sampai terbentuk gel $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$. Lalu gel $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ di *freeze drying* untuk menghilangkan kandungan air yang ada tanpa merusak jaringan yang telah terbentuk dari bahan tersebut selama 24 jam. Kemudian hasil serbuk nanokomposit di gerus sampai halus dan selanjutnya di kalsinasi pada suhu 600 °C selama 11 jam dan dibiarkan dingin dalam *furnace* sampai suhu kamar. Proses kalsinasi dilakukan secara bertahap, pertama suhu *furnace* diatur sehingga suhunya menjadi 30 °C. Selanjutnya diatur agar suhu *furnace* meningkat sebanyak dua derajat permenit, ketika suhu *furnace* 200 °C maka suhu *furnace* dipertahankan selama 2 jam. Setelah itu, suhu kembali dinaikkan hingga 400 °C dan suhu dipertahankan selama dua jam. Terakhir suhu dinaikkan kembali hingga mencapai 600 °C dan suhu ini dipertahankan selama dua jam. Kemudian *furnace* dimatikan dan dibiarkan dingin tanpa mengeluarkan sampel dari dalam *furnace*. Setelah itu, bubuk katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ yang diperoleh di gerus kembali sampai halus menggunakan mortar *agate* kemudian ditimbang untuk dilanjutkan ke tahap karakterisasi katalis (Noviyanthi, 2015).

2. Karakterisasi Nanokatalis

A. Analisis Fasa Kristalin Katalis Menggunakan XRD

Analisis struktur katalis dan nanoselulosa dilakukan menggunakan instrumentasi *X-ray Diffraction* (XRD). Analisa XRD untuk mengetahui struktur kristal menggunakan program *Match* (Nugroho, 2011). Sejumlah sampel katalis ditempatkan dalam wadah sampel dan dianalisis. Berkas

sinar-X yang ditembakkan ke sampel dengan menggunakan radiasi CuK (1,5410 Å), tabung sinar-X dioperasikan pada 40 kV dan 200 mA akan dipantulkan dengan membentuk sudut difraksi (2θ) dalam rentang 10 – 80°, dengan *step size* 0,02°/menit sebagai dasar pembentuk dari grafik difraktogram. Puncak-puncak yang terdapat pada difraktogram kemudian diidentifikasi menggunakan metode *Search Match* dengan standar *file data* sebagai acuan yang diterbitkan JCPDF dalam PCPDFwin 1997 dengan mengambil 3 - 4 puncak dengan intensitas tertinggi (Drbohlavova *et al.*, 2009). Ukuran kristal dari katalis Ni_{0,65}Cu_{0,35}Fe₂O₄ dihitung menggunakan persamaan Scherrer (Cullity, 1978).

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

dimana:

D = ukuran partikel (nm)

k = konstanta (0,94)

= 1,5425 Å

β = $\frac{3,14}{180} \times \text{FWHM}$

= lebar puncak

B. Analisis Keasaman Katalis Menggunakan FTIR

Penentuan situs asam nanokatalis secara kuantitatif dalam penelitian ini dilakukan dengan metode gravimetri dan secara kualitatif dilakukan dengan FTIR melalui kemisorpsi basa piridin. Metode gravimetri dilakukan dengan cara, wadah kosong ditimbang kemudian diisi dengan 0,10 gram katalis dan dimasukkan ke dalam desikator yang

sebelumnya telah divakum selama kurang lebih 1 jam dan dimasukkan piridin sebanyak 5 mL. Selanjutnya, katalis tersebut dimasukkan ke dalam desikator tersebut dan ditutup rapat kemudian didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, wadah yang berisi katalis dikeluarkan dan didiamkan di tempat terbuka selama 2 jam. Selanjutnya sampel ditimbang kembali dan jumlah situs asam dari katalis ditentukan menggunakan persamaan berikut

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

dimana:

w_1 = Berat wadah kosong

w_2 = Berat wadah + sampel katalis

w_3 = Berat wadah + sampel katalis yang telah mengadsorpsi piridin

BM = Bobot molekul piridin

Adsorpsi kimia molekul basa piridin oleh katalis dapat terjadi pada situs-situs asam yang terdapat pada permukaan katalis, baik situs asam

Brønsted-Lowry maupun situs asam Lewis. Pertambahan berat bahan

katalis merupakan banyaknya basa yang teradsorpsi pada bahan katalis.

Selanjutnya, penentuan situs asam Brønsted-Lowry dan situs asam Lewis dari bahan katalis. Jenis situs asam pada katalis ditentukan menggunakan

Fourier Transform Infra Red (FTIR) dari katalis yang telah mengadsorpsi

basa adsorbat (Seddigi, 2003), dan dilakukan pada rentang bilangan

gelombang $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ (Pary,1963; Ryczkowski, 2001). Daerah

serapan IR padatan dibawah 1000 cm^{-1} selalu menunjukkan ion dalam bentuk kisi kristal (Brabers *et.al.*, 1969)

C. Analisis Morfologi Katalis Menggunakan TEM

Penentuan morfologi katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ dilakukan menggunakan instrumentasi (TEM). Sampel katalis dipersiapkan sampai ketebalan 20 μm . Selanjutnya sampel ditembak dengan ion Argon sampai berlubang dan berkas yang menembus sampel akan dibaca oleh detektor kemudian data diolah menjadi gambar (Bendersky and Gayle, 2001).

D. Analisis Energi Band-Gap katalis Menggunakan DRS

Spektrum DRS UV-vis direkam menggunakan spektrofotometer Shimadzu UV-3600 yang diintegrasikan dengan tabung dengan diameter 15 cm. BaSO_4 digunakan sebagai referensi. Semua sampel yang telah mengandung BaSO_4 (1:50) digunakan untuk perhitungan (Tatarchuk *et al.*, 2017). Sampel yang digunakan untuk pengukuran berupa bubuk dengan ukuran dibawah 100 mesh.

3. Preparasi Nanoselulosa Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.)

Kulit pisang kepok diblender dalam akuades, disaring, dan padatan dikeringkan dalam oven pada suhu $50\text{ }^\circ\text{C}$ selama 48 jam. Kemudian dihaluskan kembali menggunakan *dry-blender* dan diayak hingga ukuran mikron tertentu. Selanjutnya sebanyak 50 gram bubuk yang dihasilkan dimasukkan ke dalam labu bundar, ditambahkan larutan NaOH 4%, dan direfluks pada suhu $100\text{-}120\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Kemudian hasil refluks disaring dan dicuci dengan akuades beberapa kali untuk memisahkan

lignin dan hemiselulosa. Setelah itu, dilakukan proses *bleaching* dengan cara memasukkan 60 gram bubuk selulosa ke dalam labu bundar dan ditambahkan 400 mL larutan NaClO_2 1,7%, buffer asetat, dan akuades, lalu direfluks pada suhu 110-130 °C selama 4 jam. Selanjutnya, 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).

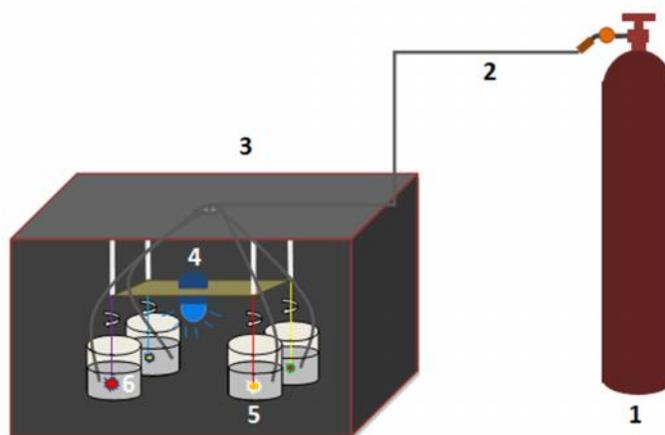
Nanoselulosa kulit pisang kepok dibuat dengan cara memasukkan 10 gram sampel selulosa ke dalam labu bundar 1L, ditambahkan 200 mL larutan HNO_3 35%, disonokasi selama 4 jam, dan direfluks selama 5 jam dengan suhu 60 °C sambil diaduk. Selanjutnya ditambahkan 200 ml akuabides dan didinginkan. Kemudian disentrifus selama 15 menit dengan kecepatan 3500 rpm dan dilakukan pencucian hingga pH cairan mendekati 7. Lalu, suspensi koloid diultrasonikasi selama 60 menit dalam *ice-bath* 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).

4. Uji Aktivitas Katalis dengan Reaksi Fotokatalitik

A. Konversi Nanoselulosa

Uji aktivitas nanofotokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ dilakukan melalui konversi polisakarida selulosa menjadi gula alkohol. Sebanyak 0,5 gram nanoselulosa dicampurkan ke dalam 100 mL akuades. Kemudian ke dalam larutan selulosa ditambahkan nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ sebanyak 0,1

gram dan dialiri gas hidrogen dengan laju 10mL/menit. Setelah itu dipasang lampu UV 125 W, dimana posisi lampu sinar UV berada di atas permukaan sampel dengan jarak 10-15 cm ke permukaan reaktor (Manurung *et al.*, 2015). Waktu proses irradiasi sinar UV pada konversi selulosa divariasikan, yaitu 20 menit, 40 menit, dan 60 menit dimana pada setiap variabel waktu diambil 10 mL sebagai sampel yang akan dianalisis dengan alat instrument Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT).



Gambar 16. Proses konversi selulosa dengan irradiasi sinar UV

Keterangan:

1. Tabung gas H₂
2. Selang penghantar gas H₂
3. Ruang gelap tempat irradiasi sinar UV
4. Lampu UV
5. Wadah berisi larutan selulosa dan nanofotokatalis
6. Pengaduk

B. Penentuan Kadar Glukosa Dari Hasil Konversi

Sampel hasil konversi nanoselulosa dimasukkan sebanyak 1 ml kedalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1 ml reagen DNS. Tabung reaksi ditutup dengan aluminium foil dan dipanaskan dalam *waterbatch* pada suhu 100 °C selama 10 menit. Setelah dingin, serapannya diukur menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada 540 nm.

C. Analisis Hasil Konversi Menggunakan HPLC

Hasil konversi nanoselulosa dianalisis menggunakan instrumen HPLC untuk mengetahui adanya kandungan gula alkohol, seperti sorbitol, manitol, dan xylitol, dari aktivitas katalitik nanofotokatalis pada nanoselulosa. Pada instrument 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 10 mL/ menit.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

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

1. Penelitian ini mampu menghasilkan katalis dengan ukuran partikel skala nano dengan metode sol gel-*freeze-dry* menggunakan pektin sebagai agen pengemulsi.
2. Hasil analisis difraksi sinar-X (XRD) menunjukkan terbentuknya struktur katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ dengan fasa kristalin NiFe_2O_4 (44-1485), CuFe_2O_4 (25-0283) , serta NiO dan CuO sebagai produk samping.
3. Katalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ memiliki jumlah situs asam sebesar 1,34 mmol piridin/g dengan menunjukkan situs asam lewis yang lebih dominan.
4. Hasil analisis TEM (*Transmission Electron Microscope*) menunjukkan bahwa nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ memiliki morfologi permukaan berbentuk kotak yang menunjukkan adanya struktur spinel ferrit dan morfologi yang seragam dan marata.
5. Hasil analisis DRS (*Diffuse Reflectance Spectroscopy*) menunjukkan bahwa nanokatalis $\text{Ni}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ memiliki nilai energi senjang sebesar 1,5 eV.

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. Melakukan uji katalitik pada waktu yang lebih bervariasi dan lama ($t > 60$ menit) untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dalam mengonversi selulosa

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Yudistira, V, Nirmin dan Khairurrijal. 2008. Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 1: 33-36.
- Akmalludin dan Kurniawan, A. 2005. Pembuatan Pektin dari Kulit Coklat dengan Cara Ekstraksi. *Skripsi*. Fakultas Teknik Kimia, Universitas Diponegoro. Semarang. 56.
- Almeida, J. M. A., Meneses C.T, A., de Menezes A.S., Jardim R.F, and Sasaki J.M . 2008. Synthesis and Characterization of NiMn₂O₄ Nanoparticles Using Gelatin as Organic Precursor. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 320: 304 - 307.
- Anna, R., Suhandar, J., dan Suharmadi. 2013. Uji Fungsi Freeze Dryer Radiofarmaka. *Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka- BATAN*. 73.
- Arhamsyah. 2010. Pemanfaatan Biomassa Kayu Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 2: 42- 48.
- Arup, M. 2011. Isolation of nanocellulose from waste sugarcane bagasse (SCB) and its characterization. *Carbohydrate Polymers*. 86: 1291-1299.
- ASTM D4824-03. 2005. *Test Method For Determination of Catalyst Acidity by Ammonia Chemisorption*. Manual Book of ASTM. 2: 1-3.
- Atmaji R., Zulfikar M., dan Didi D A. 2013. Konversi Kulit Pisang Menjadi Glukosa Menggunakan Katalis Arang Aktif Tersulfonasi. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2: 117-124.
- Ayyad, O. D. 2011 . Novel Strategies The Synthesis of Metal Nanoparticle and Nanostructure. *Thesis*. Facultat de Qumica. Univesitat de Barcelona. 30: 45 - 47.
- Bayliss, P. 1976. X-ray Diffraction Powder Data. *Department of Geology, University of Calgary*. 50: 335.

- Bendersky, L. A. and Gayle F.W. 2001. Electron Diffraction Using Transmission Electron Microscopy. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*. 106: 997-1012.
- Bermejo, E., Dantas, T., Lacour, C. and Quarton, M. 1997. Mechanism of Formation of Nanocrystalline Hematite Prepared by Freeze-Drying. *Material Research Bulletin*. 30: 645-652.
- Bhimte, N. A and Tayade P. T. 2007. Evaluation of Microcrystalline Cellulose Prepared from Sisal Fibers as A Tablet Excipient: A Technical Note. *AAPS Pharmaceutica Science and technologi*. 8: E1- E7.
- Brabers, VAM. 1969. Infrared spectra of Cubic and Tetragonal Manganese Ferrites. *Physical Status Solidi*. 33: 563-572.
- Burch, R., J. P. Breen and Meunier F. C. 2002. A Review Of The Selective Reduction Of NOX With Hydrocarbons Under Lean-Burn Conditions With Non-Zeolitic Oxide And Platinum Group Metal Catalysts. *Applied Catalysis*. 39: 283 - 303.
- Borah, R., Borah, K. J., and Dutta, P. 2011. Synthesis, Characterization and Application of Poly(4-vinylpyridine)-Supported Brønsted Acid as Reusable Catalyst for Acetylation Reaction. *Bulletin of the Korean Chemical Society*. 32: 225.
- Campanati, M., Fornasari G, and Vaccari A. 2003. Fundamentals in the Preparation of Heterogeneous Catalyst. *Catalyst Today*. 77: 299-314.
- Carlson, T., Vispute T., and Huber, G. 2008. Green Gasoline by Catalytic Fast Pyrolysis of Solid Biomass Derived Compounds. *Chemical Sustainable Chemistry*. 1: 37-40.
- Casbeer, E., Sharma K. V., and Li X. Z. 2012. Synthesis and Photocatalytic Activity of Ferrites under Visible Light: A review. *Separation and Purification Technology*. 87: 1-4.
- Chandel, A.K., and Silvério da Silva, S. 2012. *D-Xylitol: Fermentative Production, Application and Commercialization*. Springer Science and Business Media. 85-99.
- Chantarasupawong, P., Philip R, Endo T, and Thomas J. 2012. Enhanced Optical Limiting in Nanosized Mixed Zinc Ferrites. *Applied Physics Letters*. 100: 6994-6999.
- Chavan, S. M., Babrekar M. K, More S. S, and Jadhav K. M. 2010. Structural and Optical Properties of Nanocrystalline Ni-Zn Ferrite Thin Films. *Journal of Alloys and Compounds*. 507: 21-25.

- Chitraningrum, N. 2008. Sifat Mekanik dan Termal pada Bahan Nanokomposit Epoxy-clay Tapanuli. *Skripsi*. Departemen Fisika. FMIPA. UI. Depok. 87.
- Chorkendorf, I and Niemantsverdriet, J. W. 2003. *Concept of Modern Catalysis and Kinetics*. Willey-VCH GmbH and Co. Weinheim. 123-134.
- Clark, J. H. 2001. Catalysis for Green Chemistry. *Pure and Applied Chemistry*. 73: 103-111.
- Cullity, B. D. 1978. Elements of X-Ray Diffraction. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. New Jersey, USA. 84.
- Colmenares, J. C., and Magdziarz, A. 2013. Room Temperature Versatile Conversion of Biomass-Derived Compounds by Mean of Supported TiO₂ Photocatalysts. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. 366: 156-162.
- Constenla, D. and Lozano J. E. 2006. Kinetic model of pectin demethylation. *Latin American Applied Research*. 33: 91 - 96.
- Darmawan, A. 2005. *Sintesis Lempung Terpilar Titania*. Jurusan Kimia Anorganik MIPA UNDIP. Semarang. 64.
- Djayasinga, R. and Situmeang R. 2015. Preparation and Characterization of Nanosize Spinel Ni_{0.9}Fe₂Cu_{0.1}O₄ using Pectin as Binding Agent. *Proceedings of the International Conference Science and Science Education Faculty of Science and Mathematics Satya Wacana Christian University*. 48-55.
- Drbohlavova, J., Hrdy, R., Adam, R., Kizek, Schneeweiss, O and Hubalek, J. 2009. Preparation and Properties of Various Magnetic Nanoparticles. *Sensors*. 9: 2352-2362.
- Edahwati, L., Susilowati., dan Tutuk. H. 2013. Produksi Pektin dari Kulit Buah Coklat (*Theobroma cacao*). *Jurnal Universitas Pembangunan Nasional Veteran*. 3: 42-52.
- Erika, C. 2013. Ekstraksi Pektin dari Kulit Kakao (*Theobroma cacao l.*) menggunakan Amonium Oksalat. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 5: 1-5.
- Farobie, O. 2006. *Pembuatan dan Pencirian Pektin Asetat*. IPB. Bogor. 65.
- Faungnawakij, K., Shimoda, N., Fukunaga, T., Kikuchi, R, and Eguchi, K. 2009. Crystal Structure and Surface Species of CuFe₂O₄ Spinel Catalysts in Steam Reforming of Dimethyl Ether. *Applied Catalysis B*. 92: 341-350.

- Fransisca, N. 2011. Konversi Glukosa dengan Katalis $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{NiFe}_2\text{O}_4$ yang Dipreparasi melalui Sol-gel. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 56-75.
- Frenzer, G and Maier, W. F. 2006. Amorphorous Pourous Mixed Oxides Sol-Gel Ways to a Highly Versatile Class of Materials and Catalysts. *Annual Review of Materials Research*. 36: 281-331.
- Frone Adriana N., Denis M. Panaitescu, Dan Donescu, Catalin I. Spatar, Constantin Radovinci, Roxana Trusca, and Raluca Somoghi. 2011. Preparation and Characterization of PVA Composites with Cellulose Nanofibers Obtained By Ultrasonication. *Romania*. 45: 487-512.
- Fukuoka, A and Dhepe, P. L. 2006. Catalytic Conversion of Cellulose into Sugar Alcohols. *Angewandte Chemistry*. 45: 5161-5163.
- Fukuoka, A., H. Kobayashi, Y., Ito, T., Komanoya, Y., Hosaka, P. L., Dhepe, K., Kasai and Hara, K. 2011. Synthesis of sugar alcohols by hydrolytic hydrogenation of cellulose over supported metal catalysts. *Green Chemistry*. 13: 326-33.
- Giannakas, A. E., Ladavos, A. K., and Pomonis, P. J. 2004 . Preparation, Characterization and Investigation of Catalytic Activity for $\text{NO}+\text{CO}$ Reaction of LaMnO_3 and LaFeO_3 Perovskites Prepared Via Microemulsion Method. *Applied Catalysis B: Environmental*. 49: 147-158.
- Giannakas, A. E., Ladavos, A. K., and Pomonis, P. J. 2006. Characterization and Catalytic Investigation of $\text{NO} + \text{CO}$ Reaction On Perovskites of The General Formula $\text{La}_x\text{M}_{1-x}\text{FeO}_3$ ($\text{M} = \text{Sr}$ and/or Ce) Prepared Via A Reverse Micelles Microemulsion Route. *Applied Catalysis A: General*. 309: 254-262.
- Gedikli, U., Misirlioglu, Z., Pinar, A.B., and Muammer, C. 2015. Synthesis of MCM-41 by Hydrothermal and Sonochemical Methods and Characterization. *Journal of The Turkish Chemical Society*. 2: 3.
- Goycoolea, F.M., and Adriana, C. 2003. Pectins from *Opuntia* Spp, A Short Review. *Journal of The Profesional Association for Cactus Development*. 7: 17-29.
- Habibi Y., Lucia L. A., and Rojas O. J. 2010. Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications. *Chemical review*. 6: 3479-3500.
- Hanke, L. D. 2001. Hanbook of Analytical Methods for Materials Evaluation and Engineering. *Plymouth*. 4: 35-38.
- Hansen, T. S., Boisen, A., Woodley, J. M., Pedersen, S., and Riisager, A. 2006. *Production of HMF from Aqueous Fructose*. Microwave Study. 233-245.

- Hanum, F., Martha, A. T., dan Irza, M. D. K. 2012. Eksrtaksi Pektin Dari Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. Medan. 3: 45-67.
- Harahap, Y. 2012. Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Kitosan dengan Variasi Asam. *Skripsi*. Fakultas Teknik Kimia. Universitas Indonesia. Jakarta. 56-68.
- Haris, A., Didik, S. W., dan Rahmad, N. 2014 . Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fotokatalis TiO₂ dengan Doping Tembaga dan Sulfur Serta Aplikasinya Pada Degradasi Senyawa Fenol. *Jurnal Sains*. 22: 35-50.
- Hindarso, H., Laurentia, E., dan Sandy, B. 2004. Proses Ekstraksi Pektin dari Ampas Buah Apel dan Kulit Jeruk. *Jurnal Teknik Kimia* . Unika Widya Mandala Surabaya. 2: 35-40.
- Huber, G. W., Iborra, S., and Corma, A. 2006. Synthesis of Transportation Fuels from Biomass Chemistry Catalysts and Engineering. *Chemical Sustainable Chemistry*. 106: 4044-4098.
- Iftimie, N., Rezlescu, E., Popa, D. P., and Rezlescu, N. 2006. Gas Sensitivity of Nanocrystalline Nickel Ferrite. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*. 8: 1016-1018.
- Ioelovich, M. 2012. Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles. *Nanoscience and Nanotechnology*. 2: 9-13.
- Iriani E S., Kendri W., Titi C S., dan Asep W P. 2015. Sintesis Nanoselulosa Dari Serat Nanas Dan Aplikasinya Sebagai Nanofiller Pada Film Berbasis Polivinil Alkohol. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 12: 11-19.
- Ismunandar. 2006. *Padatan Oksida Logam: Struktur, Sintesis dan Sifat-Sifatnya*. Penerbit ITB. Bandung. Indonesia. 47-56.
- Isdin, O. 2010. Nanoscience in nature: cellulose nanocrystals. *Small Undergraduate Research Grants*. 3: 8-12.
- Jackson, Jhon K., Kevin Letchford., Benjamin Z Wasserman, Lucy Ye, Wadood Y Harmad, and Helen M Burt. 2011. The use of Nanocrystlline Cellulose for The Binding and Controlled Release of Drugs. *International Journal Nanomedicine*. 8: 321-330.
- Jahanshahi and Babaei. 2008. Protein Nanoparticle: A Unique System as Drug Delivery Vehicles. *Journal of Biotechnology*. 7: 4926-4934.
- Jie, X.U., Jiping M. A., Weiqiang Y. U., Xiuquan J. I. A., and Fang L.U. 2013. Advances in Selective Catalytic Transformation of Polyols to Value Added Chemicals. *Chinese Journal of Catalysis*. 34: 492-507.

- Kanade, K. G., Kale, B. B., Aiyer, R. C., and Das, B. K. 2005. Effect of solvents on the synthesis of nano-size zinc oxide and its properties. *Materials Research Bulletin*. 41: 590-600.
- Kasapoglu, N., Baykal, A., Toprak M.S., Koseoglu, Y., and Bayrakdar, H. 2007. Synthesis and Characterization of NiFe₂O₄ Nano-Octahedrons by EDTA-Assisted Hydrothermal Method. *Turkish Journal of Chemistry*. 31: 659-666.
- Kawai, T., and Sakata, T. 1980. Conversion of Carbohydrate into Hydrogen Fuel by A Photocatalytic Proces. *Nature*. 286: 474-476.
- Kianpour, G., Soofivand, F., Badiei, M., Salavati-Niasari, M., and Hamadianian, M. 2016. Facile Synthesis and Characterization of Nickel Molybdate Nanorods as an Effective Photocatalyst by Co-precipitation Method. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. 10: 10244-10251.
- Kim K. D., Kim, S. S., Choa, Y., and Kim, H. T. 2007. Formation and Surface Modification of Fe₃O₄ Nanoparticles by Co-precipitation and Sol-gel Method. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 13: 1337-1141.
- Kirk, R. E. and Othmer, D. F. 1980. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley and Sons, New York. 9: 40-45.
- Kosela, S. 2010. *Cara Mudah dan Sederhana Penentuan Struktur Molekul Berdasarkan Spektra Data (NMR, Mass, IR, UV)*. Penerbit Lembaga FE UI. Jakarta. Indonesia. 87-99.
- Labconco. 1996. *Manual Book of Freeze Dry*. USA. 74-88.
- Lambert C. K., and Gonzalez R. D. 1998. The importance of measuring the metal content of supported metal catalysts prepared by the sol gel method. *Applied Catalysis A: General*. 172: 233-239.
- Latununuwe, A., Setiawan, A., Lubis, P., Yulkifli, W. T., dan Sukirno. 2008. *Penumbuhan Nanokatalis Co-Fe dengan Metode Sputtering* (online). <http://file.upi.edu>. diakses pada tanggal 20 Oktober 2016 pukul 9.09 WIB.
- Lecloux A. J., and Pirard. J. P. 1998. High-Temperature Catalysts Through Sol-Gel Synthesis. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 225: 146-52.
- Liapis, A.I., and Bruttini, R. 1994. A Theory for the Primary and Secondary Drying Stages of the Freeze-drying of Pharmaceutical Crystalline and Amorphous Solutes: Comparison between Experimental Data and Theory. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 48: 1675-1687.
- Li, Z. 2005. Novel Solid Basa Catalyst for Michael Additions: Synthesis, Characterization and Application. *Dissertation*. Mathematisch-Narurwissenschaftlichen Fakultät I. Humboldt-Universität.Berlin. 78: 81-84.

- 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.
- Maensiri, S., Masingboon, B.C., Bonochoom., and Seraphin, S. 2007. A Simple Route to Synthesize Nickel Ferrite (NiFe_2O_4) Nanoparticles Using Egg White. *Journal Scripta Materialia*. 56: 797-800.
- Maiti, G. C., Kundu, M. L., Ghosh, S. K., and Banerjee, B. K. 1973. Crystallite Size Measurements and Phase Transformation of Fe_2O_3 , Cr_2O_3 and $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Cr}_2\text{O}_3$ System by X-Ray Diffraction Method. *Physical Research Wing. Fertilizer Corporation of India Limited*. 41: 496-505
- 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.
- Matveeva, V.G., Manaenkov, O.V., Filatova, A.E., Kislitza, O.V., Doluda, YU., Rebrov, E. V., E. M., Sulman, Sidorov, A. L., and Torozova, A. S. 2016. Conversion of cellulose with the use of catalysts based on hypercrosslinked polystyrene. School of Engineering. *University of Warwick*. 12: 133-140.
- Muchtadi, D. 1992, *Bahan Kuliah Enzim dalam Industri Pangan*. Yogyakarta. 87-98.
- Morales, E. A., S'anchez M. E., and Pal, U. 2007. Use of Diffuse Reflectance Spectroscopy for Optical Characterization of Un-Supported Nanostructures. *Revista Mexicana de F'isica S*. 53: 18-22.
- Noviyanti, E. D. 2015. Preparasi dan Karakterisasi Nanokatalis $\text{Ni}_{0,7}\text{Cu}_{0,3}\text{Fe}_2\text{O}_4$ untuk Uji Katalitik pada Konversi Selulosa Menjadi Gula Alkohol. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Bandar Lampung. 23-55.
- Ohara, S. Y., Mousavand, T., Umetsu, M., Takami, S., Adschiri, T., and Kuroki. 2004. *Solid State Ionics*, 172: 261-264.
- Osada, M., Sato, T., and Minowa, T. 2004. Catalytic Gasification of Wood Biomassa in Subcritical and Supercritical Water. *Combustion Science and Technology*, 178: 542.
- Parry, E. P. 1963. An infrared study of pyridine adsorbed on acidic solids characterization of surface acidity. *Journal of Catalyst*. 99: 371-379.
- Paveena., Tachan, A.Z., and Boutbara, M. 2010. The Effect of Substrate Temperature on Structural and Physical Properties of Ultrasonically Sprayed Cds Film. *Materials Chemistry and Physics*. 94: 290-305.

- Puttipat, N., Payormhorm, J., Chiarakorn, S., Laosiripojana, N., and Chuangchote, S. 2014. Conversion of Sugar to Organic acids Using TiO₂ Photocatalysts Synthesized by Hydrothermal Process. *3rd International Conference on Environmental Energy and Biotechnology*. 70: 119-122.
- Putz, H., Schon, J.C., and Jansen, M. 2001. Combined Method for ab Initio Structure Solution from Powder diffraction Data. *Journal of Applied Crystallography*. 32: 864-870.
- Peng, B. L., Dhar, N., Liu H.L., and Tam, K.C. 2011. *Chemistry Applications of Nanocrystalline Cellulose and Its derivate : A Nanotechnology Perspective*. 61: 5050-5052.
- Rinaldi R., Meine N., Stein J., Palkovits, R., and Schüth, F. 2010. Which Controls the Depolymerization of Cellulose in Ionic Liquids: The Solid Acid Catalyst or Cellulose. *Chemical Sustainable Chemistry*. 3: 266–276.
- Ridley, B.L., O'Neill, M. A., and Mohnen, D. 2001. Pectins: Structure, Biosynthesis and Oligogalacturonide-Related Signaling. *Phytochemical*. 57: 929-967.
- Rodiansono, W., Trisunaryanti., and Triyono. 2007. Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktifitas Katalis NiMo/Z dan NiMo/Z-Nb₂O₅ pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik menjadi Fraksi Bensin. *Berkala MIPA*. 17: 44-54.
- Ryczkowski, J. 2001. IR spectroscopy in catalysis. *Catalysis Today*. 68: 263-381.
- Shankar, S., and Rhim J. W. 2016. Preparation of Nanocellulose from Microcrystalline Cellulose: The Effect on the Performance and Properties of Agar-Based Composite Films. *Carbohydrate Polymers*. 135 : 18-26.
- Sietsma, J. R. A., Meeldijk, J. D., den Breejen, J. P., Versluijs-Helder, M., Dillen, P. E., de Jongh, and de Jong, K. P . 2007. The Preparation of Supported NiO and Co₃O₄ Nanoparticles by the Nitric Oxide Controlled Thermal Decomposition of Nitrates. *Chemistry International*. 24: 4547 - 4549.
- Suri, A., Yuniarti, Y., dan Rumondang, B. 2013. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Dari Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jack) Dengan HCl 30% Menggunakan Ragi Roti. *Jurnal Sainia Kimia*. 1: 20-34.
- Susanti, R. 2017. Uji Aktivitas Katalis Nanokomposit Ni_{0,5}Cu_{0,5}Fe₂O₄ Dalam Mengkonversi Nanoselulosa Menjadi Gula Alkohol yang Diiradiasi Sinar UV. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung. 69.

- Seddigi, Z. S. 2003. Acidic Properties of HZSM-5 using Acetonylacetone, TPD Ammonia, and FTIR of Adsorbed Pyridine. *The Arabian Journal for Science and Engineering*. 27: 149-156.
- Segal, L., Creely, J. J., Martin, A. E., and Conrad, C. M. 1959. An empirical Method for estimating the Degree of Crystallinity of Native Cellulose Using the X-ray Diffractometer. *Textile Research Journal*. 34: 786-794.
- Soderlind, F. 2008. Colloidal Synthesis of Metal Oxide Nanocrystals and Thin Films. *Dissertation*. Linkoping. Sweden. Linkoping University. 99-105.
- Stoltze, P. 2000. *Introduction to Heterogeneous Catalysis*. Department of Chemistry and Applied Engineering Science. Aalborg University. 2: 6-7.
- Tatarchuk, A., Bououdina, M., Macyk, W., Shyichuk, O., Paliychuk, N., Yaremiy, I., Al-Najar, B., and Michal Pacia. 2017. Structural, Optical, and Magnetic Properties of Zn-Doped CoFe₂O₄ Nanoparticles. *Nanoscale Research Letter*. 12 : 141.
- Teixeira, D. M. E., Daniel P., Antônio A.S. C., Elisângela C., Mohamed N. B., and Alain D. 2009. Cassava bagasse cellulose nanofibrils reinforced thermoplastic cassava starch. *Journal of Carbohydrate Polymers*. 88: 422-431.
- 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., Finke, R. G., and Mol, J. 2003. Preparation of a multifunctional core-shell nanocatalyst and its characterization by HRTEM. *Catalysis A: Chemical*. 191: 187.
- Wu, R. L., Wang, X. L., Li, F., and Wang, Y. Z. 2009. Green Composite Films Prepared from Cellulose, Strach, and lignin in Room-Temperature Ionic Liuid. *Bioresource Technology*. 100: 2569-2574.
- Wu, Y., and Wang, X. 2011. Preparation and Characterization of Single-Phase -Fe₂O₃ Nano-powders by Pechini Sol-gel Method. *Materials Letters*. 65: 2062-2065.
- Yujaroen P, Supjaroenkul, U., and Rungrodnimitchai S. 2008. Extraction of Pectin From Sugar Palm Meat. *Thammasat International Journal of Science and Technology (13th Special Edition)*. 8: 44-47.

- Zain, N. F. M., Yusop, S. M, and Ahmad, I. 2014. Preparation and Characterization of Cellulose and Nanocellulose From Pomelo (*Citrus grandis*) Albedo. *Journal of Nutrition and Food Science*. 5 : 334-337.
- Zawrah, M.F., El-Kheshen, A. A., and Abd-El-All, H. 2009. *Facile and Economic Synthesis of Silica Nanoparticel*, *Journal of Ovonic Research*. 5: 129-133.
- Zhang, T., Ding N. L., Wang Q., Zheng. M. Y. 2010. Selective Transformation of Cellulose into Sorbitol by Using a Bifunctional Nickel Phosphide Catalyst. *Chemistry and Sustainability*. 3: 818-821.
- Zhang, G., Ni, C., Huang, X., Welgamage, A., Lawton, L. A., Robertson, P. K. J., and Irvine, J. T. S. 2016. Simultaneous Cellulose Conversion and Hydrogen Production Assisted by Cellulose Decomposition Under UV-light Photocatalysis. *Chemical Communications*. 52: 1673-1676.
- Zhao, F., Zhang C., Liang G., Cheng H., He L., Li W., Li X., and Yu Y. 2007. The Hydrogenation/Dehydrogenation Activity of Supported Ni Catalysts and Their Effect on Hexitols Selectivity in Hydrolytic Hydrogenation of Cellulose. *Journal of Catalysis*. 309: 468-476.