

**NANOSELULOSA DARI LIMBAH KULIT PISANG KEPOK (*Musa x
paradisiaca L.*) DIKONVERSI MENJADI GULA ALKOHOL
MENGUNAKAN NANOKOMPOSIT $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ DENGAN
RASIO 0,1/1 DI BAWAH IRRADASI SINAR UV**

Skripsi

Oleh

Latifah Nur'Aini



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

NANOSELULOSA DARI LIMBAH KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca L*) DIKONVERSI MENJADI GULA ALKOHOL MENGGUNAKAN NANOKOMPOSIT $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ DENGAN RASIO (0,1:1) DI BAWAH IRRADASI SINAR UV

Oleh

Latifah Nur'Aini

Pada penelitian ini telah dilakukan konversi Nanoselulosa menjadi Gula Alkohol dengan bantuan nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ dengan rasio perbandingan berat 0,1:1. Hasil dari nanoselulosa memiliki indeks kristanilitas sebesar 64,33% dan ukuran partikel 18,47 nm. nGO dipreparasi menggunakan metode Hummers termodifikasi. Kemudian nanokatalis $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3$ dipreparasi dengan metode sol-gel, dan impregnasi. Selanjutnya nanokatalis didispersikan ke permukaan nGO dan dilakukan sonikasi kemudian dikarakterisasi dengan XRD, FTIR, SEM-EDX dan DRS-UV-Vis. Hasil analisis nanokomposit dengan XRD menunjukkan fase kristalin yang dominan untuk LaCrO_3 dan LaTiO_3 dengan ukuran partikel 53,11 nm. Hasil analisis SEM-EDX menunjukkan bahwa pada nanokomposit memiliki bentuk yang tidak seragam. Pada analisis dengan DRS UV-Vis didapatkan nilai energi celah pita sebesar 1,45 eV. Uji fotokatalitik konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol dilakukan di bawah irradasi sinar UV dengan variasi waktu 60,120,180,240 dan 300 menit. Hasil dari konversi menunjukkan bahwa persentase nanoselulosa konversi tertinggi yaitu 60% pada variasi waktu 120 menit dan didapatkan konsentrasi glukosa sebesar 184,52 ppm. Hasil konversi dengan konsentrasi tertinggi dianalisis menggunakan HPLC hasil yang didapatkan tidak menunjukkan adanya gula alkohol yang terbentuk baik sorbitol, mannitol dan xylitol.

Kata Kunci : Nanokomposit, Nanoselulosa dan Gula Alkohol

ABSTRACT

NANOSELULOSA FROM KEPOK BANANA PEEL (*Musa x paradisiaca L*) CONVERTED to SUGAR ALCOHOL USING NANOCOMPOSITE LaCr_{0.96}Ti_{0.04}O₃/nGO UNDER UV LIGHT RADIATION

By

Latifah Nur'Aini

In this research, the conversion of nanocellulose to sugar alcohol with LaCr_{0.96}Ti_{0.04}O₃/nGO nanocomposite with a weight ratio of 0.1:1 was carried out. The nanocellulose produced had a crystallinity index of 64.33% and a particle size of 18.47 nm. nGO was prepared using the modified Hummers method. Then LaCr_{0.96}Ti_{0.04}O₃ nanocatalyst was prepared by sol-gel and impregnation method. Furthermore, the nanocatalyst was dispersed onto the surface of nGO and sonicated then characterized by XRD, FTIR, SEM-EDX, and DRS-UV-Vis. The results of nanocomposite analysis by XRD showed that the dominant crystalline phases were LaCrO₃ and LaTiO₃ with a particle size of 53.11 nm. SEM-EDX analysis results showed that the nanocomposite has a non-uniform shape. On analysis with UV-Vis DRS, the band gap energy value is 1.45 eV. Photocatalytic tests for the conversion of nanocellulose to sugar alcohols were carried out under UV irradiation with time variations of 60, 120, 180, 240, and 300 minutes. The conversion results showed that the highest percentage of nanocellulose conversion was 60% at a time variation of 120 minutes and obtained a glucose concentration of 184.52 ppm. The conversion results with the highest concentration were analyzed using HPLC and the results showed that there were no sugar alcohols formed either sorbitol, mannitol and xylitol.

Keyword: Nanocomposites, Nanocellulose and Sugar Alcohols

**NANOSELULOSA DARI LIMBAH KULIT PISANG KEPOK (*Musa x
paradisiaca L.*) DIKONVERSI MENJADI GULA ALKOHOL
MENGUNAKAN NANOKOMPOSIT $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ DENGAN
RASIO 0,1/1 DI BAWAH IRRADASI SINAR UV**

Oleh

Latifah Nur'Aini

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



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

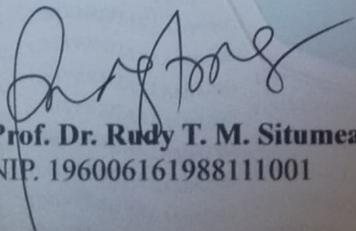
2024

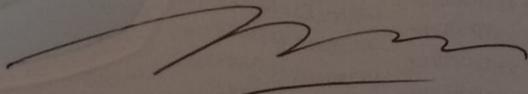
Judul : **NANOSELULOSA DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.) DIKONVERSI MENJADI GULA ALKOHOL MENGGUNAKAN NANOKOMPOSIT $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ DENGAN RASIO 0,1:1 DI BAWAH IRRADASI SINAR UV**

Nama : **Latifah Nur' Aini**
NPM : 2057011005
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

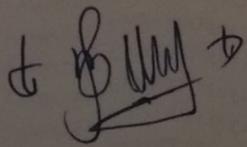
MENYETUJUI

I. **Komisi Pembimbing**


Prof. Dr. Rudy T. M. Situmeang, M.Sc.
NIP. 196006161988111001


Prof. Drs. Posman Manurung, M. Si
NIP. 195903081991031001

II. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung**

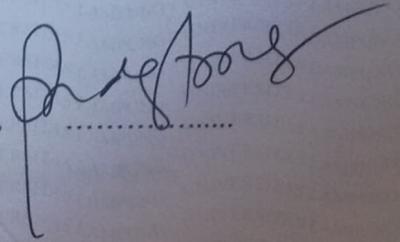

Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si
NIP. 1972053020000320

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

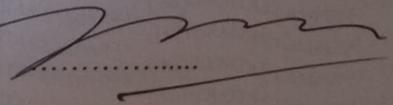
Ketua

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



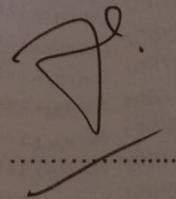
Sekretaris

: Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si



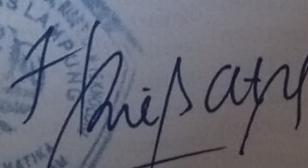
Penguji
Bukan pembimbing

: Prof. Andi Setiawan , M.Sc. Ph.D



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Dr. Eng. Heri Satria, M. Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 09 Agustus 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :
Nama : Latifah Nur' Aini
Nomor Pokok Mahasiwa : 2057011005
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Nanoselulosa dari Kulit Pisang Kepok (*Musa x paradisiaca* L) Dikonversi Menjdi Gula Alkohol Menggunakan Nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ Dengan Rasio 0,1:1 Di Bawah Irradasi Sinar UV”** adalah benar karya sendiri dan tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis tercantum dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar Pustaka. Saya tidak keberatan jika seluruh data dalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Bandar Lampung, 09 Juli 2024

Yang menyatakan




Latifah Nur' Aini

NPM. 2057011005

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanggasmus pada tanggal 07 Oktober 2000, sebagai anak tunggal, putri dari Bapak Eka Purwadidan Ibu Hartini. Penulis mengawali Pendidikan pada Sekolah Dasar (SD) di SDN Rancagong 2 Kecamatan Legok, Kabupaten Tangerang, Banten yang diselesaikan pada tahun 2013. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan pada Madrasah Tsanawiyah (MTs) Al-Layyinah Curug yang diselesaikan pada tahun 2016 dan SMA Islam Al-Layyinah Curug, Kabupaten Tangerang, Banten diselesaikan pada tahun 2019. Kemudian pada Tahun 2020 penulis terdaftar sebagai Mahasiswi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Wilayah Barat (SMMPTN).

Pada tahun 2023, penulis pernah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Suka Jaya, Kecamatan Pagar Dewa, Kabupaten Lampung Barat. Selain itu pernah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) dengan judul Sintesis dan Karakterisasi Nanoselulosa menggunakan XRD di Laboratorium Anorganik Fisik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti organisasi mahasiswa dimulai dari menjadi Anggota Kader Muda Himaki (KAMI) FMIPA Unila tahun 2020, kemudian Anggota Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) sebagai anggota Biro usaha mandiri (2021-2022) dan Staff Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Unila bidang Hubungan Eksternal dan Internal pada tahun (2021-2022).

MOTTO

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah : 286)

“Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan dan hanya kepada Tuhanlah engkau berharap”

(QS. Al-Insyirah : 5 dan 8)

“For all of you who are striving for your dreams, I just want to tell you that you should believe in yourself and don't let anyone bring you down”

-Mark Lee

“Kamu baik-baik saja. Terkadang kamu melakukan lebih baik, terkadang kamu melakukan lebih buruk. Tapi pada akhirnya itu adalah diri kamu. Aku ingin merasakan dirimu tumbuh dan mencintai diri sendiri”

-Mark Lee

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa Syukur dan ucapan terima kasih yang dalam karya ilmiah ini
dipersembahkan untuk :

Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, nikmat islam, rahmat serta
hidayahnya dan memberikan petunjuk hidup dikala senang maupun susah sehingga
penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.

*Kedua orang tuaku tersayang, Bapak dan Ibu yang telah berjuang
dalam mendidik , membesarkanku dan juga memberikan kasih
sayang serta dukungan dan Do'a sepanjang hari yang tiada henti
kepadaku serta rela mengorbankan segalanya dan memberikan yang
terbaik untuk anak satu-satunya ini.*

Keluarga besar yang telah memberikan Do'a dukungan dan semangat yang tiada henti
serta bantuan kepada penulis disaat senang maupun susah sehingga terselesaikan
nya karya tulis ilmiah ini.

Sahabat serta teman-teman yang selalu menemani, memberikan semangat
dukungan dan saran

Almamter tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji Syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Nanoselulosa dari Kulit Pisang Kepok (*Musa xPradisiaca L*) Dikonversi Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ Di Bawah Irradasi Sinar UV”**

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Eka Purwadi dan Ibu Hartini yang telah berjuang dan berkorban demi memberikan segalanya yang terbaik untuk penulis, dan selalu memberikan semangat dukungan moral maupun materi serta Do'a disepanjang malam yang tiada hentinya untuk keberhasilan penulis. Semoga Allah mengantikan pengorbanan dan perjuangannya menjadi pahala yang berlipat ganda.
2. Bapak Prof.Rudy T.M Situmeang Ph.D selaku pembimbing utama penulis yang telah memberikan banyak ilmu, bimbingan, kritik, saran dan dukungan yang sangat berharga bagi penulis selama proses penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak Prof. Drs Posman Manurung M.Si selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran, dukungan dan nasihat bagi penulis selama proses penyusunan skripsi ini

4. Bapak Prof. Andi Setiawan M.Sc., Ph.D selaku dosen pembahas atas kesediaan memberikan arahan, saran, koreksi, kritik dan saran yang sangat membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si M.Sc selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan saran dan pembelajaran selama penulis menjalani masa kuliah.
6. Ibu Dr. Mita Rilyanti S.Si.,M.Si selaku ketua jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.Universitas Lampung
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satrian, M. Si. Selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
8. Bapak/Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan serta motivasi yang sangat berguna bagi penulis.
9. Bapak/Ibu staff administrasi di Jurusan Kimia FMIPA yang telah membantu penulis dalam mengurus segala keperluan administrasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Mbak Liza selaku laboran Laboratorium Kimia Anorganik Fisik yang telah membantu penulis selama proses penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
11. Keluarga besar tersayang, atas do'a, semangat dan dukungan yang sangat berharga kepada penulis selama menjalankan masa perkuliahan sampai terselesaikannya skripsi ini.
12. Temen sekaligus sabahabat seperjuangan penelitian ku Debby Debora, Misye Christiany, dan Putri Aisyah terima kasih banyak atas kebersamaan, canda, tawa selama ini. Terima kasih juga selalu ada dan siap membantu disaat penulis mengalami kesusahan selalu menemani disaat senang maupun susah. Terima kasih telah membuat penelitian yang sulit ini menjadi ringan karena dilakukan secara Bersama-sama sehingga terselesaikan nya skripsi ini dengan

tepat waktu. Semoga setelah ini kita dipertemukan kembali dalam kesuksesan masing masing dan semoga Tuhan selalu Bersama kalian menuju kesuksesan.

13. Kakak-kakak *Rudy Research*, mbak Della kak Grace, kak Iin, kak Doni, kak Alya, kak Syangap, kak Aniska terima kasih banyak telah membantu penulis memberikan saran, masukan dan arahan kepada penulis pada saat melakukan penelitian dari awal hingga akhir.
14. Teman sekaligus sahabat Senna Febriyanti dan Putri Aisyah terima kasih telah membersamai, disaat susah dan senang membantu menjankan hari-hari di perkuliahan yang sangat sulit ini dari awal hingga akhir dari perjalanan di bangku perkuliahan ini. Semoga kesuksesan selalu menyertai kalian berdua.
15. Teman-teman di Laboratorium Anorganil-Fisik terima kasih atas bantuan dan kebersamaan nya selama penulis melakukan penelitian dari awal hingga selesai.
16. Teman-teman KKN Desa Suka Jaya Ananta, Ade, Yusrizal, Anna, Jamin dan Luthfiana terima kasih atas cerita dan pembelajaran baru yang telah diberikan kepada penulis selama 40 hari bersama-sama dalam suka maupun duka. Terima kasih telah memberikan pengalaman yang tidak terlupakan kepada penulis sehingga dapat memotivasi. Semoga suatu saat nanti kita bisa kembali ke Desa Suka Jaya bersama -sama.
17. Teman-teman Kimia kelas A terima kasih atas kebersamaan nya selama 4 tahun mulai dari awal memasuki bangku perkulihan sampai akhir. Terima kasih telah membantu penulis berproses untuk menjadi lebih baik dan juga membantu banyak hal selama proses pembelajaran dalam perkuliahan.
18. Teman-teman Kimia Angkatan 2020 terima kasih atas rasa kekeluargaan dan kebersamaan serta banyaknya motivasi dan pembelajaran berharga selama masa perkuliahan.
19. Untuk 7 anggota Mimpi terima kasih banyak telah memberikan kebahagiaan serta selalu menghibur saat berada pada titik terendah. Terima kasih juga atas segala motivasi yang dan pembelajaran yang diberikan secara tidak langsung lewat lirik lagu dan juga tutur kata kepada penulis sehingga penelis dapat menyelesaikan tugaas akhir ini.

20. Terima kasih dan apresiasi untuk diri sendiri yang telah berjuang dan bertahan selama 4 tahun terakhir dalam susahny menjalan kan perkulihan di tanah orang lain. Terima kasih telah menyelesaikan tugas dari awal hingga akhir dalam keadaan yang sangat baik. *Proud of my self.*
21. Pihak-pihak lain yang terlibat namun tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna, besar harapan penulis seoga skripsi ini dapat berguna bagi kita semua serta dapat memberikan saran yang membangun bagi penulis untuk kedepannya.

Bandar Lampung,
Penulis

Latifah Nur'Aini
2057011005

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Katalis	5
2.2. Nanokomposit	6
2.3. Metode Preparasi Katalis	6
2.3.1. Metode Sol-Gel.....	7
2.3.2. Impregnasi	8
2.3.3. Pengeringan Beku (<i>Freeze Dry</i>)	8
2.3.4. Kalsinasi	9
2.4. Reaksi Fotokatalik	9
2.5. Senyawa Perovskite	11
2.6. Titanium	12
2.7. Pektin	14
2.8. Kulit Pisang.....	15
2.9. Selulosa	16
2.10. Nanoselulosa	17
2.11. Gula Alkohol	18
2.11.1 Manitol	19
2.11.2. Sorbitol	19
2.11.3. Xylitol.....	20
2.12. Tongkol Jagung	21
2.13. Grafena.....	22
2.14. Grafena Oksida.....	23
2.15. Sintesis Grafena Oksida.....	23
2.16. Karakterisasi Nanokatalis	25
2.16.1. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	25
2.16.2. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	26
2.16.3. Analisis Band-gap	28
2.16.4. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	28
2.17. Analisis Konversi Nanoselulosa	29

2.17.1. Metode DNS (<i>Dinitrosalicylic acid</i>).....	29
2.17.2. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	30
III. METODE PENELITIAN	33
3.1 Waktu dan Tempat	33
3.2 Alat dan Bahan	33
3.3 Prosedur Penelitian.....	34
3.3.1 Preparasi Nanoselulosa	35
3.3.2 Preparasi Nanokomposit $\text{LaCr}_{0,99}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{NGO}$	36
3.3.3 Karakterisasi Nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$	38
3.3.4 Karakterisasi nanoselulosa	40
3.3.5 Analisis Hasil Konversi.....	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Preparasi dan Karakterisasi Nanoselulosa	43
4.2. Preparasi Nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3$	45
4.2.1 Preparasi Grafit dari Tongkol Jagung	45
4.2.2. Preparasi nano Grafena Oksida (nGO)	46
4.2.3. Preparasi $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{TiO}_3/\text{nGO}$	47
4.3. Karakterisasi Nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{TiO}_3/\text{nGO}$	49
4.3.1. Analisis Struktur Kristal.....	49
4.3.3. Analisis Gugus Fungsi	53
4.3.4. Analisis Morfologi Permukaan.....	56
4.3.5. Diffuse Reflectance Spectroscopy UV-VIS (DRS UV-Vis).....	59
4.4. Uji Aktivitas Katalis	61
4.4.1 Konversi Nanoselulosa	61
4.4.2. Analisis Kualitatif hasil konversi.....	61
4.4.3. Kuantitatif Hasil Konversi	62
4.4.4. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	64
V. KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.Puncak-Puncak representatif nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$	52
2.Puncak-Puncak representative standar JCPDF.	52
3.Kandungan persentase unsur nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3$ berdasarkan EDX	58
4.Persentase nanoselulosa terkonversi	61
5.Konsentrasi Glukosa pada Larutan Hasil Konversi	64
6.Data Massa Delignifikasi selulosa	77
7 Rendemen Hasil Karbonisasi	78
8 Hasil Rendemen Grafit.....	78
9. Hasil Rendemen nGO	79
10. Data Absorbansi larutan standart glukosa	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Metode sol-gel	7
2. Mekanisme fotokatalitik	10
3. Struktur Perovskite.....	12
4. Struktur kristal TiO ₂ (a) Rutil (b) Brookit (c) Anatase	13
5. Struktur pektin	15
6. Pisang Kepok.....	15
7. Struktur selulosa	17
8. Konversi selulosa menjadi gula alkohol.....	18
9. Struktur Manitol.....	19
10. Reaksi pembentukan Sorbitol	20
11. Struktur Xylitol	21
12. Tongkol jagung	22
13. struktur grafena.....	22
14. Struktur Grafena Oksida.....	23
15. Spektrum FTIR Graphene Oxide.....	24
16. Spektrum FTIR LaCrO ₃	26
17. Difraktogram LaCrO ₃	27
18. Reaksi DNS dengan Glukosa	30
19. Mekanisme kerja HPLC	31
20. Kromatogram HPLC dari gula alkohol, monosakarida dan disakarida.	32
21. Skema Penelitian.....	34
22. a) Serbuk Nanoselulosa b) Bubuk Selulosa.....	44
23. Difraktogram Nanoselulosa.....	44
24. a) Tongkol Jagung b) Arang c) Grafit d) nGO.....	47
25. Serbuk a) LaCr _{0,96} Ti _{0,04} O ₃ b) LaCr _{0,96} Ti _{0,04} O ₃ /nGO 0,1:1.....	49
26. Difraktogram a) Grafit b) nGO.....	50
27. Difraktogram XRD a) LaCr _{0,96} Ti _{0,04} O ₃ /nGO b) LaCr _{0,96} Ti _{0,04} O ₃	51
28. Spektrum FTIR a) Grafit b) nGO.....	54
29. Spektrum FTIR a) LaCr _{0,96} Ti _{0,04} O ₃ b)LaCr _{0,96} Ti _{0,04} O ₃ /nGO	55
30. Mikrograft SEM nanokomposit LaCr _{0,96} Ti _{0,04} /nGO (0,1:1).....	57
31. Spektrum EDX Nanokomposit LaCr _{0,96} Ti _{0,04} O ₃ /nGO (0,1:1).....	58
32. Spektrum absorbansi nanokatalis LaCr _{0,96} Ti _{0,04} O ₃ /nGO	59
33. Energi Celah pita berdasarkan plot tauc nanokomposit LaCr _{0,96} Ti _{0,04} O ₃	60
34. Energi Celah pita berdasarkan plot tauc nanokomposit LaCr _{0,96} Ti _{0,04} O ₃ /nGO	60
35. Hasil uji Fehling larutan hasil konversi.....	62

36. Hasil Uji Larutan Hasil Konversi Dengan Reagen DNS	63
37. Kurva Standar Glukosa	63
38. Kromatogram HPLC larutan hasil konversi	65
39. Difraktogram LaTiO ₃ berdasarkan data JCPDF 34-0596.....	80
40. Difraktogram LaCrO ₃ Berdasarkan data JCPDF 24-1016.....	81
41. Difraktogram TiO ₂ berdasarkan data JCPDF 21-1272.....	81
42. Kurva Standar Glukosa	82
43. Kromatogram standar Sorbitol	83
44. Kromatogram standar Xylitol	84

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Badan pusat statistik (BPS), Indonesia pada tahun 2022 mampu memproduksi pisang sebanyak 9,60 juta ton. Jumlah produksi ini naik 9,79% dari tahun sebelumnya yang berjumlah 8,74 juta ton. Provinsi Lampung sendiri menempati posisi kedua jumlah produksi pisang terbanyak yaitu mencapai 1,39 juta ton pada tahun 2022. Selain daging buah nya yang dapat diolah menjadi berbagai macam-makanan atau minuman, kulit buah pisang juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam kebutuhan. Pemanfaatan limbah kulit pisang dapat dijadikan untuk pupuk kompos, pakan ternak dan masih banyak yang lain sebagainya. Kulit pisang memiliki kandungan selulosa yang tinggi sekitar 60-65%, hemiselulosa 6-8% dan lignin 5-10% (Sial *et al.*, 2019).

Limbah kulit pisang dapat dijadikan sebagai bahan bakar terbarukan yang bersifat ramah lingkungan salah satunya yaitu biomassa. Biomassa yang digunakan untuk bahan bakar terbarukan biasanya terbuat dari selulosa yang dapat berasal dari limbah kulit pisang. Konversi katalitik selulosa untuk bahan bakar lebih menguntungkan daripada sumber biomassa lain seperti pati (Kwon *et al.*, 2011). Oleh karena itu selulosa merupakan biomassa yang menjanjikan sebagai sumber daya alam untuk dikonversi menjadi bahan kimia yang lebih bermanfaat selain itu selulosa juga merupakan salah satu bagian dari polimer yang linear jumlahnya melimpah dan memiliki sifat tidak beracun, mudah diurai dan dapat diperbaharui (Xin *et al.*, 2020). Selulosa adalah produk polimer alami yang terbentuk melalui reaksi fotosintesis antara CO₂ dan H₂O. Dengan bantuan katalis selulosa dapat

dikonversi menjadi gula alkohol. Material yang baik untuk mengkonversi selulosa menjadi gula alkohol salah satunya dapat menggunakan katalis heteogen berbasis logam transisi, karena katalis tersebut memiliki sifat tidak mudah korosif, mudah dipisahkan dan dapat digunakan kembali (Komanoya *et al.*, 2014). Katalis menjadi salah satu bagian yang penting dalam konversi selulosa menjadi gula alkohol. Faktor-faktor yang mempengaruhi produk hasil reaksi, diantaranya yaitu jenis katalis, metode preparasi, temperature dan waktu yang digunakan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Ribeiro *et al.*, 2017) dengan menggunakan katalis RuNi/AC didapatkan sorbitol dari hasil konversi selulosa sebesar 50-60% dalam waktu 5 jam dengan temperature 205°C. Dalam penelitian lainnya dengan menggunakan katalis yang berbeda yaitu platina yang didukung karbon (Pt/C) dengan mengubah selulosa dan hemiselulosa menjadi gula alkohol didapatkan sorbitol dan xylitol sebesar 64% dengan suhu optimum 190°C selama 16 jam (Yamaguchi *et al.*, 2019). Dengan menggunakan fotokatalis TiO₂ (Pt) dengan diradiasi sinar UV dalam waktu kontak 6 jam pada suhu 20-40°C dihasilkan glukosa yang terdekomposisi menjadi H₂ sebanyak 80-90% dan CO₂ sebanyak 70-80% (Zhang *et al.*, 2016). Katalis LaCrTiO₃ digunakan pada konversi nanoselulosamenjadi gula alkohol yang dilakukan oleh (Situmeang *et al.*, 2019) dihasilkan glukosa sebanyak 620 ppm, xylitol 260 ppm, mannitol 150 ppm dan sorbitol 210 ppm dengan waktu kontak 45 menit.

Konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol dengan menggunakan nanokatalis LaCr_{0,99}Ti_{0,01}O₃ yang sebelumnya telah dilakukan oleh (Putri, 2022) didapatkan hasil terbaik, pada konsentrasi glukosa sebesar 136,73 ppm dengan waktu konversi selama 240 menit. Sedangkan hasil yang didapatkan oleh (Nabitaliah, 2022) dengan menggunakan nanokatalis yang sama didapatkan konsentrasi gula pereduksi terbesar pada 132,11 ppm pada waktu irradasi 120 menit. Namun kedua hasil tersebut menunjukkan tidak terdeteksi adanya gula alkohol. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Andini, 2022) dengan menggunakan nanokatalis LaCrTiO₃/NHGO didapatkan konsentrasi glukosa tertinggi sebesar 163,056 ppm dengan waktu optimum penyinaran sinar UV selama 240 menit. Hasil ini juga menunjukkan terdeteksi adanya sorbitol.

Grafena Oksida (GO) adalah hasil modifikasi grafena yang melibatkan reaksi oksidasi dan eksfoliasi, serta mengalami perubahan struktural pada bidang aslinya. GO terdiri dari lapisan Tunggal yang memiliki tingkat oksigen tinggi yang terikat pada grafena. Oleh karena itu, grafena oksida sering dimanfaatkan untuk mengalami proses reduksi baik melalui reaksi kimia maupun elektrokimia (Li *et al.*, 2014). GO dalam bentuk nanokomposit mendapat perhatian yang besar karena memiliki luas permukaan yang besar, stabilitas termal dan fotostabilitas yang tinggi serta mobilitas muatan yang tinggi, dan dianggap sebagai sarana signifikan untuk meningkatkan aktivitas TiO₂. Hasil dari nanokomposit yang terbentuk dari kombinasi TiO₂ dengan GO memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan hanya TiO₂, karena meningkatkan kemampuan adsorpsi TiO₂ dengan memperluas permukaan dan mencegah rekombinasi pasangan elektron lubang melalui transfer elektron yang tereksitasi ke permukaan GO (Khan *et al.*, 2019).

Grafena oksida dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi katalis. Lembaran graphene, tabung nano dan partikel nano dengan luas permukaan spesifik yang lebih tinggi dan sifat elektroniknya dapat digunakan sebagai pendukung fotokatalik TiO₂ untuk meningkatkan aktivitas fotokatalik (Vallejo *et al.*, 2019). Pada penelitian yang dilakukan oleh (Gunnagol *et al.*, 2018) diperoleh bahwa nanokomposit TiO₂-graphene untuk degradasi fotokatalitik rhodamine B dibawah penyinaran UV(hasil degradasi 98%) dan dibawah penyinaran sinar tampak dengan hasil degradasi 87,19%. Hasil ini menunjukkan bahwa aktivitas ini tercapai karena luas permukaan yang besar serta memberikan jumlah situs aktif permukaan dalam bahan yang lebih besar.

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya dengan belum didaptkannya produk yang di inginkan yaitu berupa gula alkohol (sorbitol, mannitol dan xylitol), maka pada penelitian ini akan dilakukan preparasi nanokatalis LaCr_{0,96}Ti_{0,04}O₃ menggunakan metode sol-gel menggunakan pengemulsi pektin dan freeze dry. Kemudian didoping dengan *nano graphene oxide* (nGO) untuk mendapatkan nanokomposit LaCr_{0,96}Ti_{0,04}O₃/nGO. Selanjutnya, nanokomposit akan dikarakterisasi untuk mengukur jumlah keasaman dan jenis situs asamnya

menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), menentukan fasa kristalin katalis menggunakan difraksi sinar-X (XRD), menentukan morfologi katalis dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), menghitung energi celah (band gap) dengan *UV-Vis diffuse reflectance Spectroscopy* (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 pada variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit menggunakan lampu UV 100 Watt, aliran gas H₂ yang optimal, dan rasio antara nanoselulosa dengan katalis. Hasil konversi akan diuji katalitis dengan KCKT (Kromatografi Cair Kinerja Tinggi).

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Memperoleh katalis $\text{LaCr}_{0.96}\text{Ti}_{0.04}\text{O}_3$ dengan metode solgel dan impregnasi.
2. Memperoleh nGO dari bonggol jagung.
3. Memperoleh selulosa berukuran nano dari limbah kulit pisang kepok.
4. Menghasilkan gula alkohol dari hasil konversi nanoselulosa berupa xilitol, manitol, dan sorbitol.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan daya guna nanoselulosa sebagai bahan baku produksi gula alkohol yang berasal dari limbah kulit pisang kepok.
2. Memberikan informasi mengenai $\text{LaCr}_{0.96}\text{Ti}_{0.04}\text{O}_3$ sebagai katalis untuk mengkonversi selulosa menjadi gula alkohol.
3. Memberikan informasi terkait efektivitas penggunaan sinar UV dalam proses konversi selulosa menjadi gula alkohol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Katalis

Pada kondisi suhu yang lebih rendah katalis dapat menyebabkan reaksi berlangsung lebih cepat (Endahdahroyani 2009). Selain untuk meningkatkan laju reaksi katalis juga dapat berfungsi sebagai pengarah reaksi dan menghasilkan produk samping yang minimum (selektif). Katalis dapat digunakan untuk mencapai laju reaksi dengan menyediakan jalur alternatif dari energi aktivasi dengan menyediakan jalur alternatif dari energi aktivasi yang lebih rendah untuk reaksi yang berlangsung.

Katalis terbagi menjadi 2 jenis yaitu katalis homogen dan katalis heterogen

1. Katalis Homogen

Katalis homogen, memiliki fasa yang sama dengan reaktan biasanya berwujud cair. Jenis katalis homogen yang banyak digunakan diantaranya yaitu katalis asam yang terdiri dari (HCl, H₂SO₄, dan HNO₃). Katalis homogen memiliki keunggulan, yaitu tidak mudah terkontaminasi dengan pengotor dan setiap molekul katalis berfungsi aktif sebagai katalis. Adapun kerugian dari katalis homogen yaitu sulit dipisahkan dari campurannya dan mudah terurai pada temperature yang tinggi (Praputri dkk., 2018).

2. Katalis Heterogen

Dalam katalis heterogen katalis terjadi dalam fasa yang lebih dari satu, katalis dapat berupa padatan dalam cairan atau padatan dalam gas. Keunggulan dari katalis heterogen yaitu dapat digunakan pada suhu tinggi sehingga dapat dioperasikan pada berbagai kondisi serta tidak memerlukan tahap yang panjang untuk memisahkan produk dari katalis. Selain itu juga katalisator heterogen

memiliki harga yang lebih murah, kereaktifannya yang tinggi, ramah lingkungan dan selektivitas yang baik (Shaterian, 2009).

2.2. Nanokomposit

Nanokomposit dapat berupa struktur padat dengan dimensi berskala nanometer yang berulang pada jarak penyusun struktur yang berbeda. Material jenis ini mengandung komponen organik yang membentuk bagian dari padatan inorganik. Selain itu, material nanokomposit juga bisa terdiri dari dua atau lebih molekul inorganik atau organik yang di kombinasikan dengan minimal satu molekul sebagai pembatas antara keduanya, atau memiliki ciri yang berukuran nano. Partikel- partikel berukuran nano memiliki luas permukaan interaksi yang besar. Semakin banyak partikel yang berinteraksi, semakin kuat materialnya. Hal ini menyebabkan ikatan antar partikel menjadi lebih kuat, sehingga sifat mekanik material meningkat. Meskipun demikian, tidak selalu penambahan partikel- partikel nano akan meningkatkan sifat mekaniknya. Ada batas tertentu dimana penambahan partikel justru dapat mengurangi kekuatan material. Namun secara umum, material nanokomposit menunjukkan perbedaan dalam sifat mekanik, listrik, optik, elektrokimia, katalis dan struktur dibandingkan dengan material penyusunnya (Hadiyawardan, 2008).

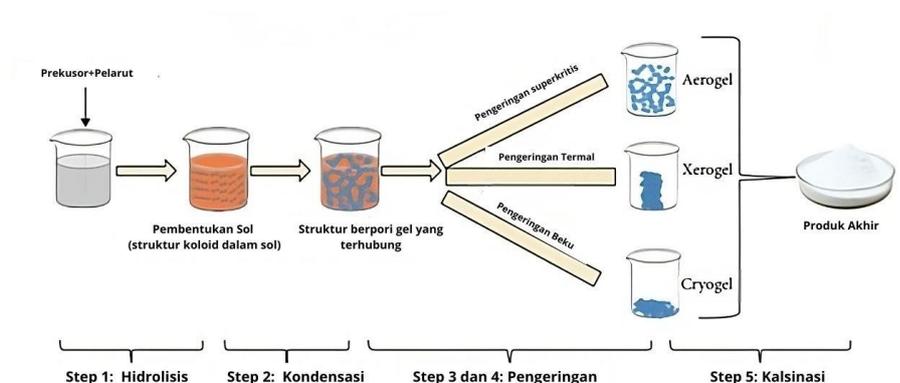
2.3. Metode Preparasi Katalis

Sifat-sifat nanokatalis sangat dipengaruhi oleh setiap tahapan dalam proses persiapannya. Tujuan utama dari memilih metode preparasi katalis adalah untuk mendapatkan struktur yang jelas, stabil, memiliki luas permukaan yang besar, serta situs aktif yang lebih terbuka dengan ukuran yang kecil. Pemilihan metode preparasi yang tepat akan mencerminkan karakteristik katalis yang diharapkan, seperti aktivitas, selektivitas, dan stabilitas yang maksimal.

2.3.1. Metode Sol-Gel

Salah satu metode yang paling berhasil untuk membuat bahan material anorganik berukuran nano adalah metode sol-gel. Sol merupakan koloid suspensi yang fasa terdispersinya berupa padatan dan fasa pendispersinya berupa cairan. Suspensi dari molekul-molekul koloid atau partikel padat dalam larutan dibuat dengan alkoxi logam dan dipecah dengan air, yang akan menghasilkan partikel padat hidroksida logam dalam larutan, dan reaksinya berupa reaksi pemecahan air. Gel (*gelatin*) merupakan susunan partikel atau molekul, baik dalam bentuk padatan maupun cairan, dimana polimer dalam larutan berperan sebagai tempat bagi pertumbuhan zat anorganik. Pertumbuhan anorganik ini terjadi saat mencapai titik gel, dimana energi ikatan yang lebih rendah. Prosesnya merupakan reaksi kondensasi, baik dengan alcohol atau air, yang menghasilkan jembatan oksigen (*Oxygen bridge*) untuk membentuk oksida logam (Laokul *et al.*, 2011).

Metode sol-gel dikenal sebagai salah satu metode sederhana dan mudah dalam sintesis nanopartikel. Metode ini termasuk dalam kategori “*wet method*” atau metode basah karena melibatkan penggunaan larutan sebagai mediumnya. Pada proses sol-gel larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (koloid dengan partikel padat tersuspensi dalam larutan) dan kemudian berubah menjadi gel (koloid dengan fraksi padatan yang lebih besar daripada sol) (Phumiying *et al.*, 2010). Adapun tahapan pembuatan nanokatis dengan metode sol-gel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Metode sol-gel (Bokov *et al.*, 2021)

2.3.2. Impregnasi

Impregnasi merupakan salah satu metode dalam preparasi katalis yang cukup sederhana. Metode impregnasi dilakukan dengan cara mengadsorpsikan komponen aktif logam dalam larutan kepada padatan pengembang. Tujuan dari impregnasi adalah untuk memenuhi pengembangan dengan larutan garam logam dengan konsentrasi tertentu (Yuhernita dkk., 2021). Metode Impregnasi dibagi dalam dua kategori yaitu

A. Impregnasi basah

Dalam impregnasi basah terdapat kelebihan larutan yang digunakan. Setelah mencapai pada waktu tertentu padatan dipisahkan dan kelebihan pelarut dihilangkan dengan pengeringan.

B. Impregnasi Kering

Dalam impregnasi kering volume larutan dengan konsentrasi yang sesuai sama atau lebih kecil dari volume pori pendukung atau fase padat aktif lainnya. Setelah katalis di impregnasikan ke pendukung atau fase padat lainnya, kemudian dikeringkan dan dikalsinasi atau reduksi.

2.3.3. Pengeringan Beku (*Freeze Dry*)

Freeze dry atau pengeringan beku dapat dilakukan melalui tiga tahap Tahap pertama yaitu dilakukan pada suhu dan tekanan rendah biasanya suhu yang digunakan yaitu -10°C atau lebih rendah. Tahap kedua adalah pengeringan primer yang bertujuan untuk menghilangkan air dari pelarut dalam bentuk beku melalui proses sublimasi. Sedangkan tahap terakhir yaitu pengeringan sekunder yang berfungsi untuk menghilangkan kelembaban atau air yang masih terikat dalam lapisan kering. Proses pembekuan dalam *freeze drying* akan menentukan produk akhir yang dikeringkan.

Dalam proses pengeringan beku, ada tiga lapisan bahan yaitu lapisan beku didalam bahan, lapisan kering dipermukaan bahan, dan lapisan transisi yang merupakan permukaan sublimasi. Selama proses pengeringan beku, permukaan

sublimasi akan berpindah kedalam lapisan kering diluar akan menjadi lebih tebal. Proses ini dapat terjadi berada di bawah titik tripel, yaitu bawah tekanan 4,58 torr (603 pa) dan suhu 0,01 °C. Dalam mekanisme pengeringan beku, uap air yang dihasilkan akan kondensasi sehingga tidak membuat produk menjadi basah. Prinsip kerja pengeringan beku yaitu menurunkan suhu dan menurunkan tekanan dengan bantuan pompa vakum. Setelah tekanan tercapai, udara pemanas dialirkan kedalam ruang pengeringan dari panas buangan kondensor (Nowak dan Jakubczyk, 2020).

2.3.4. Kalsinasi

Kalsinasi merupakan perlakuan pemanasan bahan padat dibawah titik lelehnya dengan tujuan menciptakan kondisi perlahan dekomposisi termal yang berlangsung secara bertahap, dengan laju peningkatan dan tingkat kecenderungan yang tetap. Pada materi padat seperti katalis diperlukan proses kalsinasi untuk mengurangi dimensi kristal menjadi lebih kecil. Adapun hal-hal yang terjadi pada proses kalsinasi yang digunakan dalam preparasi katalis yaitu sebagai berikut:

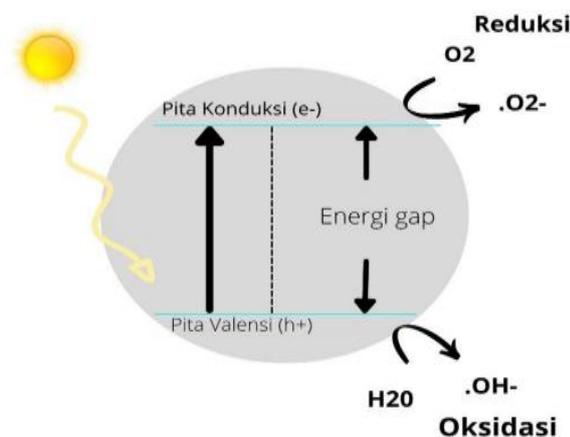
1. Dekomposisi komponen prekursor pada pembentukan spesi oksida. Proses pertama terjadi pelepasan air bebas (H_2O) dan terikat (OH) yang berlangsung pada suhu diantara 100°C dan 300°C.
2. Pada suhu sekitar 600°C terjadi pelepasan gas CO_2 , mengakibatkan terjadinya pengurangan berat secara berarti dan terjadi reaksi antara oksida yang terbentuk dengan penyangga.
3. Sintering komponen prekursor. Pada proses ini struktur kristal sudah terbentuk namun ikatan diantara partikel serbuk belum kuat dan mudah lepas.

2.4. Reaksi Fotokatalik

Fotokatalis merupakan gabungan antara proses fotokimia dan katalis. Proses transformasi kimia dengan bantuan cahaya sebagai pemicunya disebut juga dengan proses fotokimia. Sedangkan katalis merupakan substansi yang dapat mempercepat laju reaksi. Reaksi kimia yang melibatkan material fotokatalis

desebut dengan reaksi fotokatalisis (Zainul,2020). Dengan demikian, fotokatalis merupakan materi yang mengubah kecepatan reaksi kimia Ketika terkena cahaya. Fenomena ini dikenal sebagai fotokatalis yang melibatkan reaksi yang dipicu oleh cahaya dan semikonduktor. Substrat yang menyerap cahaya bertindak sebagai katalis dalam reaksi kimia yang disebut fotokatalis. Semua fotokatalis pada dasarnya adalah semikonduktor. Fotokatalis terjadi apabila pasangan elektron lubang dihasilkan ketika bahan semikonduktor terpapar cahaya. Reaksi fotokatalik dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu fotokatalik homogen dan fotokatalik heterogen. Pada fotokatalik homogen dibutuhkan bantuan dari oksidator seperti ozon dan hydrogen peroksida, sedangkan pada fotokatalik heterogen merupakan teknologi yang didasarkan pada irradiasi sinar UV pada semikonduktor.

Ukuran partikel zat sangat mempengaruhi kemampuan fotokatalisis dalam suatu material semikonduktor. Biasanya, senyawa yang memiliki partikel yang lebih kecil cenderung memiliki kinerja fotokatalitik yang lebih unggul karena proses transfer muatan ke sisi aktif permukaan menjadi lebih cepat. Ketika fotokatalis terpapar sinar atau cahaya, energi dalam bentuk foton akan diserap. Penyerapan energi foton ini akan mengakibatkan elektron-elektron dalam pita valensi menjadi terangsang ke pita konduksi. Sumber foton yang digunakan untuk mengaktifkan fotokatalis dapat berasal dari sumber cahaya seperti lampu atau sumber alami seperti sinar matahari. Pemanfaatan sinar matahari sebagai penggerak fotokatalik memiliki potensi besar, mengingat bahwa matahari adalah sumber energi terbesar (Lin *et al.*, 2017). Reaksi fotokatalitik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme fotokatalitik (Lin *et al.*, 2017)

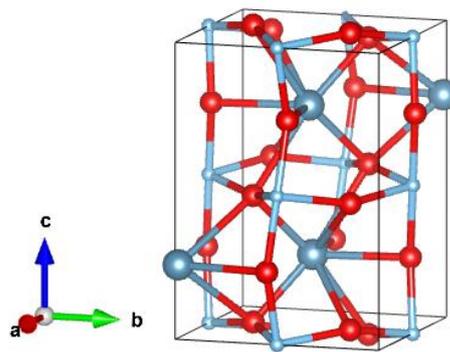
Dalam reaksi fotokatalitik jumlah energi yang dimiliki sinar UV cukup besar untuk memutus ikatan β -1,4- glikosidik pada selulosa yang memiliki energi sebesar $2-14 \text{ kJ mol}^{-1}$. Maka energi yang dibutuhkan untuk memutus ikatan glikosidik (per dua molekul glukosa) tersebut sebesar $0,03151- 0,1103 \text{ eV}$. Pemanfaatan sinar UV pada fotodegradasi polutan hanya memberi efisiensi kuantum yang rendah, yaitu sekitar 1% foton sinar yang mampu memberikan tahap oksidasi-reduksi (Colmenares *et al.*, 2009). Efisiensi kuantum dapat ditingkatkan salahsatunya melalui pemilihan nanokatalis yang mengabsorpsi energi UV lebih banyak. Perancangan reaktor sehingga berkas sinar UV lebih banyak yang mengenai sampel juga dapat meningkatkan efisiensi kuantum. Hal yang sama dapat terjadi pada pemilihan substrat agar lebih terdispersi dalam larutan dan lebih mudah menyerap energi dan mengarah pada ikatan β -1,4- glikosidik, posisi sinar UV sehingga tidak terpantul keluar reaktor, dan lamanya kontak untuk terjadinya reaksi.

2.5. Senyawa Perovskite

Perovskite adalah salah satu oksida logam campuran multifungsi yang paling populer dan juga dikenal sebagai bahan ideal untuk aplikasi fotokatalik karena stabilitasnya yang tinggi, struktur kristal yang fleksibilitas dan sifat kimia dan fisik yang unik. Keunikan dari sifat fisik dan kimia diantaranya oksidatif, magnetik, konduktif, dan katalitik. Dengan sifat-sifat yang menarik tersebut senyawa perovskite telah digunakan secara luas sebagai komponen dalam perangkat elektronik. Perovskit material structural (ABO_3) dapat disintesis dengan mencampurkan oksida lantanida atau kelompok ketiga dengan oksida dari unsur transisi. Kation dapat cocok baik dalam situs A maupun B dalam struktur kristal yang sama (Situmeang *et al.*, 2017).

Disisi lain, serangkain perovskite yang aktif dalam cahaya tampak, seperti logam transisi, juga dilaporkan untuk aplikasi fotokatalitik. Diantara nya yaitu LaCrO_3 yang merupakan perovskite aktif cahaya tampak tipe-p dengan energi celah pita sebesar $2,6 \text{ eV}$. Unsur Cr pada permukaan LaCrO_3 menyediakan pusat-pusat

adsorpsi yang lebih baik untuk oksigen atomic, yang dapat memberikan karakteristik yang lebih menguntungkan untuk aplikasi fotokatalik. Aktivitas fotokatalitik yang lebih rendah di bawah radiasi cahaya tampak merupakan salah satu kelemahan utama dari senyawa ini (Paramanik *et al.*,2018.). Struktur senyawa perovskite berdasarkan model (Yamanaka, 2002) yang dapat dilihat pada Gambar 3.



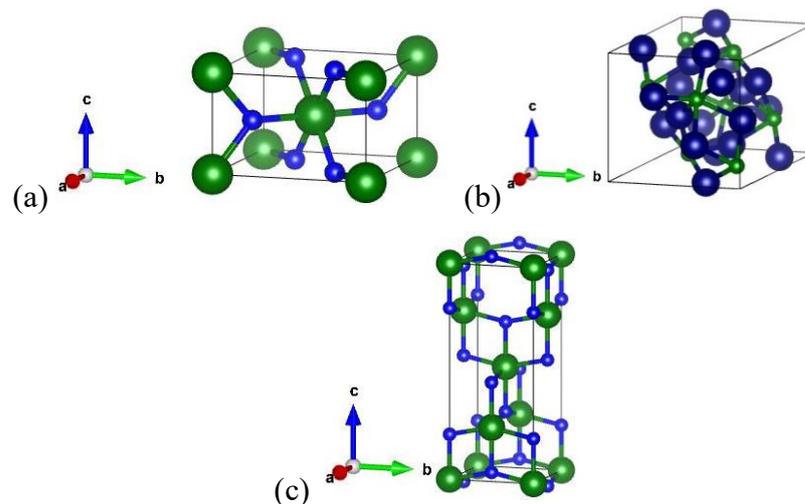
Gambar 3. Struktur Perovskite

2.6. Titanium

Titanium adalah salah satu unsur logam transisi golongan IV B. Titanium memiliki bentuk padat dan berwarna putih keperakan. Titanium murni dapat tidak dapat larut di dalam air tetapi dapat larut dalam larutan asam pekat seperti asam sulfat. Titanium dapat digunakan sebagai alloy dengan besi, aluminium, vanadium dan molibdenum. Keunggulan dari Titanium yaitu tahan terhadap korosi dan rasio kekuatan densitasnya tinggi diantara logam yang lainnya. Senyawa yang paling umum dari Titanium yaitu Titanium dioksida (TiO_2).

TiO_2 merupakan fotokatalis yang saat ini banyak digunakan. TiO_2 memiliki celah pita yang tinggi (sekitar 3,23 eV). Produk dari fotodegradasi molekul organik oleh TiO_2 adalah CO_2 dan H_2O . TiO_2 juga dapat digunakan untuk mengurangi polusi udara seperti CO_2 . TiO_2 dapat mengubah senyawa organik yang berbahaya menjadi aman. Karena sifat struktural dan kimia TiO_2 , dimungkinkan untuk merencanakan celah pita, sifat penyerapan cahaya, waktu rekombinasi dll (Usman *et al.*, 2017).

TiO₂ memiliki beberapa poliamorf yang berbeda diantaranya yaitu brookite, anatase, dan rutil. Rutil dan anatase TiO₂ adalah polimorf yang paling banyak digunakan untuk fotokatalitik. Anatase dan rutil memiliki stabilitas yang tinggi dibandingkan dengan brookite karena anatase dan rutil sering diaplikasikan untuk tujuan yang praktis. TiO₂ anatase mudah dihidrogenasi dan hidrogen yang dimasukkan dapat meningkatkan transpor elektron antara pita konduksi dan pita valensi mendekati tingkat fermi (Eidsvåg *et al.*, 2021). Sintesis TiO₂ dapat dilakukan dengan dua cara yaitu *top-down* dan *bottom-up*. *Bottom up* dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya yaitu hidrolisis, sol-gel dan hidrotermal (Usman *et al.*, 2017). Struktur kristal TiO₂ diperoleh dari database CIF untuk fase Anatase dan Rutil menggunakan model (Hward, 1991) sedangkan untuk fase Broikite menggunakan model (Magher, 1979) Struktur kristal TiO₂ dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Stuktur kristal TiO₂ (a) Rutil (b) Brookit (c) Anatase

TiO₂ banyak digunakan sebagai fotokatalis dalam berbagai reaksi karena dalam beberapa percobaan yang telah dilakukan mendapatkan hasil yang bagus. Kelebihan dari TiO₂ adalah sifat kimianya yang stabil, tidak beracun dan biayanya yang rendah. Logam seperti Pd, Ag, dan Cu digunakan sebagai kokatalis pada TiO₂. Hal ini membantu dalam memfasilitasi transfer elektron dan mengurangi rekombinasi elektron-lubang, sehingga meningkatkan respons fotokatalitik didalam spektrum yang terlihat. Pada beberapa penelitian dilakukan pada suhu

kamar, suhu reaksi dapat mempengaruhi kecepatan reaksi fotokatalitik (Chen *and* Hsu, 2021).

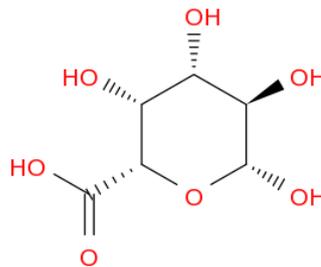
Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Barakat *et.al* (2013), didapatkan efek suhu pada fotodegradasi menggunakan struktur nanostruktur TiO₂ yang telah didoping menggunakan Ag, menunjukkan bahwa peningkatan suhu berdampak positif pada aktivitas fotokatalik Ag/TiO₂, dan tingkat degradasi tertinggi terjadi pada suhu 55°C. Ketika menggunakan morfologi berserat nano, peningkatan suhu memiliki efek negatif, dan suhu optimum untuk proses ini adalah 25°C. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan energi kinetik molekul pewarna, yang pada gilirannya menyebabkan molekul tersebut keluar dari lapisan tipis aktif yang mengelilingi fotokatalis (Barakat *et al.*, 2013).

2.7 . Pektin

Pektin merupakan satu polisakarida kompleks yang bersifat asam dan tersebar secara merata dalam jaringan tanaman. Di dalam tanaman pektin berfungsi sebagai perekat dinding sel satu dengan dinding sel yang lainnya. Pektin termasuk kedalam golongan polisakarida yang larut dalam air. Pada industri makanan dan farmasi pektin banyak digunakan, pada makanan digunakan sebagai produk pengemulsi dan penstabil produk-produk. Sedangkan pada bidang farmasi berfungsi sebagai pengental dan campuran obat. Pektin tersusun atas asam α -D-galakturonat yang terikat melalui ikatan α -1,4-glikosidik. Pektin dapat ditemukan didalam dinding sel primer yaitu diantara selulosa dan hemiselulosa. Adanya gugus karbon bebas pada rantai panjang struktur pektin menyebabkan koloid nya bermuatan negatif dan pektin memiliki sifat yang asam. Namun, Sebagian dari gugus karboksil tersebut secara alami juga termetoksilasi menjadi gugus metoksil (Yujaroen *et al.*, 2008).

Kandungan metoksi pada pektin memiliki dampak pada tingkat kelarutannya. Pektin yang memiliki kandungan gugus metoksi tinggi (sekitar 7-9%) mudah larut dalam air, sedangkan pektin dengan kandungan gugus metoksi yang lebih rendah (sekitar 3-6%) cenderung larut dalam larutan alkali dan asam oksalat. Ketika

kadar metoksi dalam pektin semakin rendah, jumlah gugus aktif pada rantai pektin akan meningkat. Ini mengakibatkan peningkatan dalam kemampuan pektin untuk mengikat ion logam, sehingga pektin dengan kadar metoksi yang rendah dapat digunakan sebagai pengkhelet (pemegang ion logam) dalam proses persiapan katalis (Erika, 2013). Struktur pektin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur pektin

2.8. Kulit Pisang

Salah satu komoditi buah yang banyak ditemukan di daerah tropis seperti Indonesia yaitu pisang kepok (*Musa paradisiaca L*). Buah ini dapat dimanfaatkan secara langsung maupun menjadi bahan olahan. Jumlah konsumsi buah pisang kepok yang tinggi dapat menghasilkan limbah apabila tidak diolah dengan lebih lanjut (Zhaafirah dkk., 2017). Pada kulit pisang kepok terdapat kandungan selulosa sebesar 60-65%, hemiselulosa 6-8%, dan lignin 5-10%. Pisang kepok memiliki kulit yang tebal dengan warna kuning kehijauan dan kadang terdapat bintik cokelat. Buah ini tumbuh pada suhu optimum pada suhu sekitarr 27°C-38°C. Dalam kulit pisang kepok terdapat kandungan protein kasar 3,63%, lemak kasar 2,52%, serat kasar 18,1%, kalsium 7,18% dan fosfor 2,06%. Gambar kulit pisang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pisang Kepok

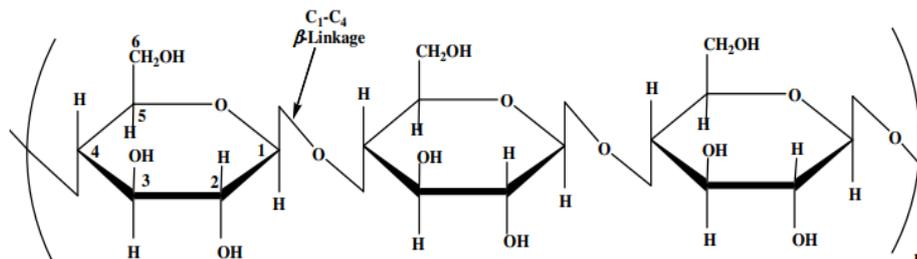
2.9. Selulosa

Selulosa merupakan komponen karbohidrat rantai lurus dengan glukosa sebagai monomer penusunnya, dimana antar monomernya dihubungkan oleh ikatan hidrogen. Selulosa berukuran nano yang memiliki luas permukaan yang besar ($250 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$) serta rasio aspek perbandingan panjang terhadap diameter (L/d) mencapai >100 . Hal ini sangat berguna untuk aplikasi dibidang nanokomposit. Selulosa ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) terdiri atas β -D-glukopiranososa yang terikat dengan ikatan (1,4)-glikosida. Selulosa mengandung karbon (44,44%), hidrogen (6,17%) dan oksigen (49,39%). Pada umumnya, kandungan selulosa berkisar antara 40-50% dari berat kering bahan berlignoselulosa (Chen, 2014). Selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian kristal dan sisanya bagian amorf. Selulosa hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam, melainkan selalu berikatan dengan bahan lain seperti lignin dan hemiselulosa. Molekul nanoselulosa merupakan microfibril dari glukosa yang saling terikat satu dengan lainnya yang membentuk rantai polimer yang sangat Panjang. Adanya lignin serta hemiselulosa di sekeliling selulosa merupakan hambatan utama untuk menghidrolisis selulosa (Aziz *et al.*, 2002).

Hidrolisis yang sempurna dari selulosa akan menghasilkan monosakarida seperti glukosa, sementara hidrolisis yang tidak sempurna menghasilkan oligosakarida, contohnya selobiosa. Tetapi, proses hidrolisis yang benar-benar sempurna sangat sulit dilakukan, karena adanya hemiselulosa dan lignin yang menghambat proses tersebut, selulosa bisa diubah menjadi gula reduksi diantaranya yaitu glukosa, fruktosa, dan selobiosa, dengan menggunakan air sebagai media dengan bantuan katalis yang bersifat asam dan enzim. Cara lainnya yaitu dengan menggunakan *supercritical water* atau pirolisis pada suhu tinggi baik dengan atau tanpa katalis (Su *et al.*, 2011).

Hasil dari hidrolisis selulosa dapat diubah menjadi gula alkohol seperti sorbitol, manitol, xylitol dan juga glukosa anhidrat. Hasil konversi dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk produksi bahan kimia dan bahan baku untuk biofuel, karena memiliki banyak manfaat yang beragam. Proses konversi ini dipengaruhi

oleh sejumlah faktor lain, seperti tingkat kristalinitas, tingkat polimerisasi, dan fraksi gugus ujung yang terikat pada substrat. Hal ini disebabkan oleh struktur kristal yang kompleks dalam selulosa, yang akan menghasilkan jaringan ikatan hidrogen yang luas dan membuat selulosa menjadi tahan terhadap reaksi enzimatik. Jika struktur kristal dalam selulosa semakin kristalin, maka katalis akan mengalami kesulitan pada saat berinteraksi dengan inti kristal dalam selulosa (Peng *et al.*, 2010). Struktur selulosa dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur selulosa

2.10. Nanoselulosa

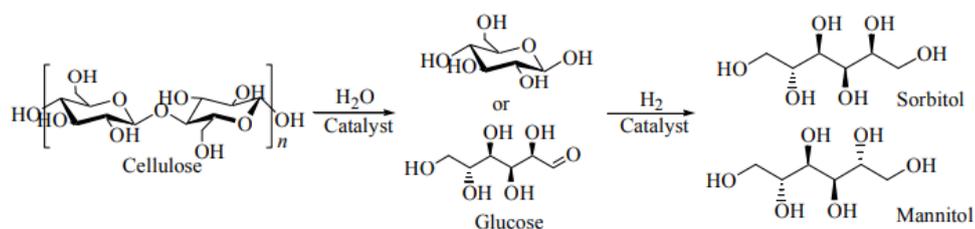
Nanoselulosa didefinisikan sebagai molekul selulosa yang mempunyai ukuran pada skala nano (1-100 nm). Biasanya nanoselulosa diekstrak dari selulosa yang berasal dari berbagai sumber, diantaranya yaitu kayu, biomassa pertanian, bakteri, ganggang dan sebagainya. Pada nanoselulosa sendiri mempunyai 3 tipe yaitu *cellulose nanofibers*, *cellulose nanocrystals/cellulose whiskers* dan *bacterial nanocellulose*. *Cellulose nanofibers* memiliki diameter sekitar 5-60 nm dan dapat berupa kristal dan amorf. *Cellulose nanocrystals* berbentuk jarum dan sangat kristalin dengan beberapa daerah amorf sisa serta memiliki ukuran 20-100 nm (Phanthong *et al.*, 2018). *Bacterial nanocellulose* banyak berasal dari *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Gluconacetobacterium* dan *Sarcina*. Nanoselulosa tipe ini memiliki keuntungan tidak memiliki bentuk polimer lain yang tidak diinginkan seperti yang terdapat pada selulosa dan berasal dari tanaman (Gupta dan Shukla, 2020).

Pada pembuatan nanoselulosa dilakukan dengan metode hidrolisis asam dengan menggunakan asam sulfat sebagai pelarut asam yang kuat. Asam sulfat sering

digunakan dalam produksi nanoselulosa. Namun, nanoselulosa yang dihasilkan melalui metode ini memiliki karakteristik dispersibilitas yang berbeda jika dibandingkan dengan penggunaan jenis asam lainnya. Hal ini dikarenakan tingginya jumlah gugus sulfat pada permukaannya. Nanoselulosa yang dihasilkan melalui hidrolisis menggunakan asam sulfat memiliki kemampuan untuk terdispersi dengan mudah dalam air, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kualitasnya dan memiliki kekurangan dibandingkan dengan penggunaan asam kuat lainnya (Peng *et al.*, 2011).

2.11. Gula Alkohol

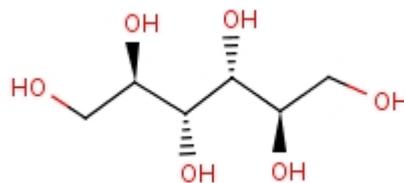
Gula alkohol merupakan produk reduksi dari glukosa dimana semua atom oksigen dalam molekul gula alkohol yang sederhana terdapat dalam bentuk kelompok hidroksil. Gula alkohol memiliki rasa dan tingkat kemanisan yang hampir identik dengan sukrosa, bahkan beberapa jenisnya memiliki tingkat kemanisan yang lebih tinggi. Gula alkohol dapat diproduksi dari bahan pati seperti tapioka, umbi-umbian, sagu atau jagung. Beberapa contoh dari gula alkohol adalah sorbitol, manitol dan xylitol, yang mana semuanya merupakan turunan monosakarida dari glukosa. Produksi gula alkohol dapat dilakukan melalui proses konversi selulosa dengan bantuan katalis. Selulosa memiliki struktur yang serupa dengan D-glukosa karena terhubung dengan ikatan β -1,4 glikosida. Dalam reaksi katalitik, selulosa diubah menjadi glukosa dan kemudian dihidrogenasi menjadi gula alkohol dengan bantuan katalis (Ma *et al.*, 2013). Mekanisme reaksi dehidrogenasi selulosa menjadi gula alkohol dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Konversi selulosa menjadi gula alkohol

2.11.1 Manitol

Manitol merupakan gula alkohol yang memiliki enam rantai karbon dengan rumus molekul $C_6H_8(OH)_6$. Manitol banyak digunakan pada bidang industri dan farmasi. Mannitol banyak ditemukan pada mikroorganisme seperti bakteri, ragi serta berbagai tanaman seperti labu, seledri, zaitun dll. Manitol sering digunakan dalam obat-obatan dan beberapa tablet nutrisi karena memiliki kestabilan struktur pada lingkungan lembab dan tidak mengalami perubahan warna pada suhu yang tinggi (Çakir, 2019). Manitol tidak bersifat sebagai pereduksi sebab tidak memiliki gugus aldehid bebas. Produksi sorbitol umumnya dilakukan dengan bahan baku selulosa, fruktosa, sukrosa, glukosa atau sirup glukosa-fruktosa. Hasil reduksi manosa dari gugus aldehid pada atom C1 diubah menjadi CH_2OH . Penggunaan sirup dengan kadar fruktosa yang lebih tinggi dapat meningkatkan hasil mannitol yang lebih tinggi. Saat reaksi hidrogenasi β -Fruktosa akan menjadi mannitol sedangkan α -Fruktosa akan menjadi sorbitol (Toukoniitty *et al.*, 2005). Struktur mannitol dapat dilihat pada Gambar 9.

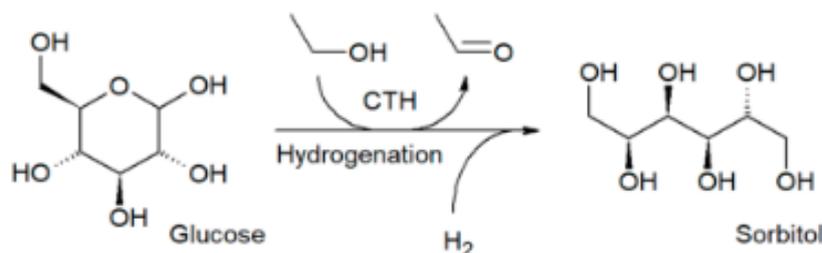


Gambar 9. Struktur Manitol

2.11.2. Sorbitol

Sorbitol merupakan salah satu dari bagian dari gula alkohol dengan rumus molekul $C_6H_{14}O_6$. Sorbitol merupakan bentuk isomer dari mannitol. Perbedaan struktur keduanya orientasi gugus hidroksil pada karbon-2. Meskipun serupa, keduanya memiliki sifat fisik dan sumber yang berbeda. Sorbitol dapat diperoleh dengan cara mereduksi glukosa yaitu dengan gugus aldehida menjadi gugus hidroksil. Kebanyakan sorbitol terbuat dari sirup jagung ada juga yang terdapat pada buah apel, pir, persik, dan plum. Sorbitol digunakan sebagai pemanis pada produk diabetes karena tidak menyebabkan peningkatan glukosa pada darah

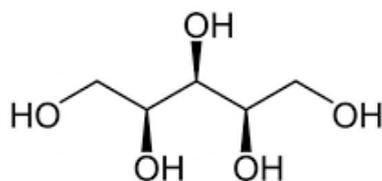
(Awuchi, 2017). Selain itu sorbitol dapat juga digunakan dalam bidang industri dan produk konsumen seperti pasta gigi, permen, plastik, kosmetik, obat-obatan, vitamin C dan bahkan dalam industri tekstil. Penggunaan logam sebagai katalis seperti (platinum, palladium, nikel, dan rhodium) dapat meningkatkan suhu reaksi, yang dapat meningkatkan hasil produk. Adapun mekanisme reaksi pembentukan sorbitol ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Reaksi pembentukan Sorbitol (García *et al.*, 2020)

2.11.3. Xylitol

Xylitol dengan rumus kimia $C_5H_{12}O_5$ berupa kristal berwarna putih, tidak memiliki bau dan dapat larut didalam methanol dan etanol. Xylitol terdiri dari unit D-xilosa yang digabungkan dalam bentuk selulosa dalam bentuk xilan. Produksi komersial xilosa sulit dilakukan karena tidak mudah untuk dilakukan pemisahan dari karbohidrat lain seperti xilosa. Untuk mendapatkan xilosa dari tanaman maka dilakukan proses hidrogenasi untuk mendapatkan xylitol. Gandum, biji kapas, sekam, tongkol jagung, Jerami dan kacang-kacangan merupakan contoh tanaman yang dapat dijadikan bahan dasar untuk xylitol. Sebagai hasil hidrolisis dengan asam dari xilan, D-xilosa dan katalis akan terhidrogenasi untuk menghasilkan xylitol (Cakir, 2019). Dalam industry gula alkohol, xylitol diproduksi melalui reaksi hidrogenasi xylosa yang dibantu dengan katalis logam dengan dialiri gas hydrogen pada temperature dan tekanan tinggi. Xylitol dapat juga dikonversi dari bahan lignoselulosa khususnya hemiselulosa. Melalui hidrolisis xilan akan membentuk xilosa dan arabinosa yang kemudian dapat dihidrogenasi menjadi xylitol. Struktur xylitol dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Struktur Xylitol

Xylitol dikenal dengan manfaatnya untuk mengurangi resiko karies gigi. Hal ini dikarenakan karenakan xylitol dapat menggantikan sukrosa kariogenik, dapat merangsang air liur dan memiliki efek penghambatan spesifik pada *streptococcus mutans* (mikroba penyebab utama pada caries gigi) (Salli *et al.*, 2019). Xylitol dan sukrosa memiliki industri kemanisan yang hampir sama yaitu 0,8-1,0, tetapi lebih tinggi apabila dibandingkan dengan sorbito dan mannitol. Xylitol memiliki kalori 2,4 kal/gram dibandingkan dengan sukrosa 4 kal/gram. Pada bidang industry pangan xylitol digunakan sebagai pengganti gula seperti coklat, es krim, permen, selai dan lain sebagainya.

2.12. Tongkol Jagung

Bonggol jagung adalah hasil samping dari buah jagung setelah bijinya dipisahkan melalui proses penggilingan. Bonggol jagung seringkali dianggap sebagai limbah yang berpotensi meningkatkan pencemaran lingkungan. Namun, bonggol jagung sebenarnya adalah salah satu jenis biomassa yang mengandung karbon yang cukup tinggi. Kandungan yang terdapat pada bonggol jagung diantaranya yaitu lignin 9,1%, selulosa 39,1%, dan hemiselulosa 42,1% dan 1,7% protein (Ashour *et al.*, 2013). Hal ini menunjukkan bahwa bonggol jagung memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan untuk membuat arang aktif (Amiruddin dkk., 2016). Tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Tongkol jagung

2.13. Grafena

Grafena memiliki susunan atom berkerangka heksagonal yang mirip dengan sarang lebah dan membentuk satu lembaran setipis satu atom. Karakteristik yang paling menonjol dari grafena adalah susunan atom karbonnya yang sangat teratur dan hampir sempurna. Kisi grafena tersusun atas dua lapisan atom karbon yang memiliki ikatan σ . Setiap atom karbon pada lapisan ini memiliki ikatan π . Grafena saat ini telah banyak dimanfaatkan secara luas dalam pengembangan material nanokomposit (Taufantri *et al.*, 2016). Struktur grafena dapat dilihat pada Gambar 13.

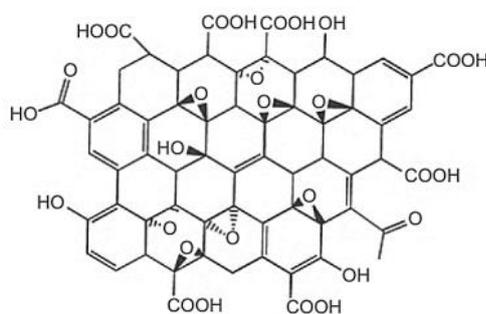


Gambar 13. struktur grafena

Graphene memiliki dimensi dengan sp^2 sehingga membentuk struktur hexagonal yang sangat baik untuk sifat termal, listrik dan mekanik. Graphene memiliki konduktivitas termal yang lebih tinggi dari tembaga namun memiliki berat material yang lebih rendah. Konduktivitas graphene sama dengan tembaga. Selain itu, graphene memiliki luas permukaan $2.500 \text{ m}^2/\text{g}$ (Ray, 2015), sehingga graphene dapat digunakan untuk penyimpanan energi untuk aplikasi superkapasitor, sel surya, dan baterai.

2.14. Grafena Oksida

Grafena Oksida (GO) atau asam grafitik merupakan senyawa campuran karbon, hidrogen dan oksigen yang diperoleh melalui proses oksidasi yang kuat dari grafit. GO tidak dapat diperoleh secara langsung dari alam, hanya bisa didapatkan melalui proses sintesis dari bubuk grafit. GO memiliki bentuk heksagonal yang mirip dengan grafena tetapi juga mengandung gugus hidroksil (-OH), alkoksi (C-O-C), karbonil (C=O) dan epoksi (C-O-C). Selain kemudahannya dalam sintesis, gugus terhidroksi ini memiliki banyak keunggulan dibanding dengan grafena, salah satunya yaitu memiliki kelarutan yang tinggi dan kemungkinan untuk fungsionalisasi permukaan yang dapat dijadikan sebagai peluang dalam material nanokomposit. GO dapat diolah dengan beberapa metode untuk mensintesis grafena tereduksi (rGO) untuk meminimalkan jumlah gugus oksigen dan mencapai sifat yang mendekati dengan graphene murni (Smith *et al.*, 2019). Struktur dari grafena oksida dapat dilihat pada Gambar 14.



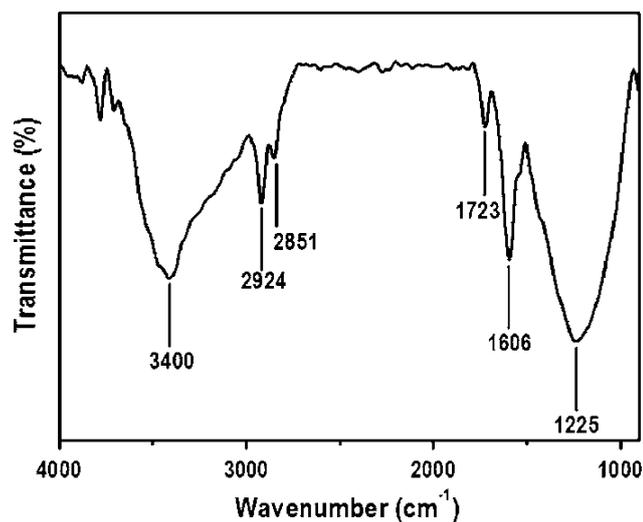
Gambar 14. Struktur Grafena Oksida (Bai *et al.*, 2019)

2.15. Sintesis Grafena Oksida

GO dapat disintesis menggunakan beberapa metode diantaranya yaitu metode hummer dan metode Staudenmaier. Keduanya melibatkan grafit tetapi berbeda dalam hal asam mineral, zat pengoksidasi, waktu preparasi dan jenis pencucian/pengeringan (Ramakrishnan dan Thangavelu, 2013). Pada metode hummer yang asli GO disintesis dengan menggunakan KMnO_4 dan NaNO_3 dalam H_2SO_4 pekat. Biasanya, untuk metode hummer dimodifikasi, penambahan NaNO_3

digunakan untuk reagen hummer. GO dapat diproduksi dari bubuk grafit murni yang telah ditambahkan secara bertahap (Bersama dengan NaNO_3) kedalam larutan H_2SO_4 pekat yang akan didinginkan pada penangas es. KMnO_4 harus ditambahkan secara perlahan untuk menjaga suhu reaksi dibawah 20°C untuk mencegah panas dan ledakan. Untuk menyelesaikan reaksi dengan KMnO_4 , suspensi kemudian akan diolah dengan larutan H_2O_2 dan dicuci dengan HCl dan H_2O . Kemudian disaring, setelah penyaringan maka akan didapatkan GO. Metode yang dimodifikasi ini sangat umum dan dapat digunakan untuk menghasilkan GO dengan hasil kemurnian yang tinggi (Zaaba *et al.*, 2017).

Selain metode Hummer terdapat juga metode Staudenmaier yaitu sintesis kimiawi dari GO yang memperbaiki metode yang sudah ada, dengan menggunakan KClO_3 ke bubuk grafit dalam HNO_3 , Dengan metode yang diimprovisasi, metode ini menyertakan tambahan H_2SO_4 pekat dan HNO_3 sebagai zat pengoksidasi. KClO_3 ditambahkan secara perlahan selama satu minggu. Perubahan pada metode ini memberikan prosedur yang sederhana untuk menghasilkan GO yang sangat teroksidasi (Alam *et al.*, 2017). Hasil analisis FTIR dari graphene oxide dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Spektrum FTIR Graphene Oxide (Alam *et al.*,2017)

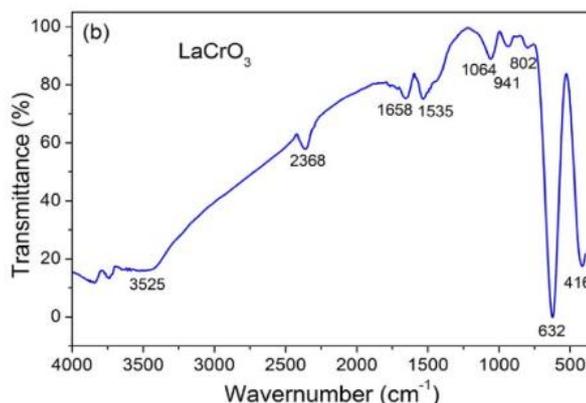
2.16. Karakterisasi Nanokatalis

Proses karakterisasi nanokatalis melibatkan analisis terhadap aspek fisik dan kimia. Aspek fisik mencakup sifat seperti area permukaan, volume dan ukuran pori, serta distribusi logam. Sementara itu, analisis dari segi kimia mencakup penilaian terhadap jumlah logam, tingkat keasaman, kristalinitas dan interaksi kimia.

2.16.1. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

FTIR adalah salah satu metode yang paling umum digunakan untuk mengidentifikasi berbagai gugus fungsional yang Menyusun suatu senyawa. FTIR adalah teknik yang cepat dan tidak merusak sampel untuk penentuan kualitatif dan kuantitatif komponen biomassa dalam daerah IR Tengah. Spektroskopi FTIR memberikan informasi tentang fragmen molecular, keberadaan atau ketiadaan gugus fungsional tertentu, dan dapat memberikan wawasan lebih dalam tentang struktur serat. FTIR dengan unit ATR memungkinkan pengurangan radiasi yang terjadi dan memberikan spektra IR tanpa absorbansi (Viola *et al.*, 2018). Pada FTIR terdapat empat zona yang tersedia yaitu zona I (ikatan tunggal) berada antara panjang gelombang 2500-4000, zona II (ikatan rangkap tiga) berada antara 2000-2500, zona III (ikatan rangkap dua) berada antara 1500-2000 dan zona IV (sidik jari) berada pada rentang kuraung dari 1500 cm^{-1} (Asep *et.al.*, 2023).

Prinsip dasar dari FTIR yaitu penyerapan radiasi elektromagnetik oleh gugus-gugus fungsi tertentu dengan energi vibrasi dalam bentuk spectrum. Sinar dari sumber laser dipantulkan melewati plat pemecah sinar, sedangkan sinar daari sumber IR dipantulkan melalui cermin kemudian kembali melalui plat pemecah berkas. Kemudian kedua sinar dipantulkan kembali melewati cermin, lalu berkas cahaya diteruskan melalui lintasan optik sebelum dipantulkan dengan cermin. Setelah itu, berkas cahaya akan melewati sampel dan dipantulkan, kemudian dilakukan pembacaan pada detektor yang mengubah energi menjadi listrik. Spektrum LaCrO_3 dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 16. Spektrum FTIR LaCrO_3 (Silva *et al.*, 2021)

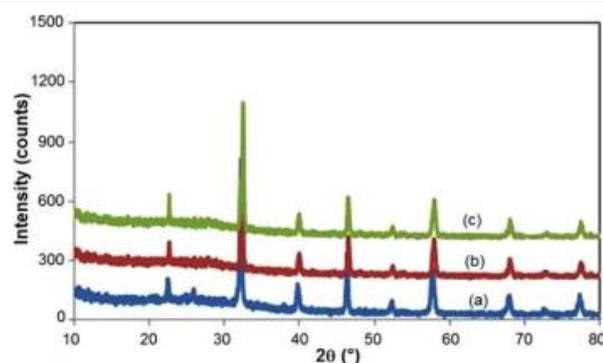
Pada Gambar 15 menunjukkan hasil spektrum FT-IR dari LaCrO_3 yang berada pada kisaran panjang gelombang $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ yang dikasinasi pada suhu 1373 K . Terdapat pita-pita yang menonjol pada $400\text{-}650\text{ cm}^{-1}$ ini menunjukkan bahwa LaCrO_3 terbentuk. Pita getaran pada 632 cm^{-1} sesuai dengan getaran regangan Cr-O, sedangkan pada 416 cm^{-1} diidentifikasi sebagai mode getaran lentur O-Cr-O. Getaran lentur La-O-La hanya terdapat pada Panjang gelombang 802 cm^{-1} . Sementara pada getaran 941 dan 1064 cm^{-1} kemungkinan berasal dari CO_2 yang menempel pada permukaan LaCrO_3 . Getara lentur yang lemah dari air muncul pada bilangan gelombang antara $1535\text{-}1658\text{ cm}^{-1}$. Puncak yang terlihat pada Panjang gelombang 2368 cm^{-1} adalah getaran regangan H-O-H akibat air yang terserap atau bebas. Panjang gelombang disekitar 3525 cm^{-1} adalah getaran regangan karakteristik dari gugus hidroksil (O-H) yang muncul akibat kadar kelembapan dalam bubuk LaCrO_3 (Silva *et al.*, 2021).

2.16.2. X-Ray Diffraction (XRD)

Sinar-X merupakan sebuah radiasi elektromagnetik yang mempunyai Panjang gelombang 0.1 nm . Panjang gelombang ini lebih pendek dari Panjang gelombang cahaya tampak ($400\text{-}800\text{ nanometer}$). Sinar X dihasilkan dari logam yang ditembakkan dengan elektron yang sangat cepat dalam tabung hampa. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan potensial yang sangat besar diantara kedua anoda

elektrodanya (katoda dan anoda). Berkas elektron ini dipancarkan dari katoda ke anoda. Radiasi yang dipancarkan sinar-X dapat dipisahkan dari dua komponen yaitu: spektrum kontinyu dengan rentang Panjang gelombang yang lebar dan spektrum garis super implus yang sesuai dengan karakteristik logam yang ditembak. Pemanfaatan metode difraksi sangat penting untuk menganalisis padatan kristal. Metode ini berfungsi untuk mengetahui ciri-ciri utama dari struktur parameter kisi, tipe struktur, susunan atom dalam kristal dan ukuran kerapatan (Achmad, 2015).

Salah satu metode karakterisasi untuk mengidentifikasi fasa suatu material serta untuk mengetahui sifat kristal dan kristanilitas satu material dengan menggunakan parameter kisi dapat dilakukan menggunakan instrument *X-ray diffraction* (XRD). Metode karakterisasi ini cukup umum digunakan karena penggunaannya cukup sederhana untuk mengukur partikel suatu material (Leofanti *et al.*, 1997). Difraktogram katalis LaCrO_3 dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 17. Difraktogram LaCrO_3 (Situmeang *et al.*, 2019)

Berdasarkan difraktogram pada gambar 17 menunjukkan hasil dari variasi temperature pada saat kalsinasi LaCrO_3 dimana warna biru pada suhu 600, merah 700 dan hijau 800°C dapat dilihat bahwa fase kristalin yang terbentuk adalah perovskite LaCrO_3 meskipun strukturnya berbeda (Situmeang *et al.*, 2019).

2.16.3. Analisis Band-gap

Band-gap merupakan perbedaan energi antara pita valensi bagian atas dengan pita konduksi bagian bawah. Energi celah pita sebuah semikonduktor menggambarkan energi yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Penentuan yang akurat terhadap energi celah pita ini sangat penting dalam memprediksi sifat-sifat fotofisika dan fotokimia dari semikonduktor. Pada tahun 1966, Tauc mengusulkan metode untuk memperkirakan energi celah pita dari semikonduktor amorf menggunakan spektrum penyerapan optik. Metode Tauc didasarkan pada koefisien penyerapan yang bergantung pada energi α yang dapat dinyatakan pada persamaan berikut ini (Makuła *et al.*, 2018).

$$(\alpha \cdot hv)^{1/\gamma} = B (hv - E_g) \quad (1)$$

Keterangan:

- h = Konstanta Plank
- V = Vibrasi
- E_g = Band gap
- B = Konstanta proporsi

Salah satu instrument yang dapat digunakan untuk menentukan nilai energi celah atau *band-gap* suatu material semikonduktor berukuran nano yaitu *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS). Metode ini didasarkan pada pengukuran intensitas UV-VIS yang direfleksikan oleh sampel. Salah satu material semikonduktor seperti fotokatalis memiliki karakteristik energi celah pita yang khas. Hasil analisis yang didapatkan dengan menggunakan metode ini adalah data berupa spektrum yang menggambarkan hubungan antara absorbansi sampel dengan panjang gelombang.

2.16.4. *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

SEM merupakan mikroskop elektron yang digunakan untuk menganalisis morfologi dari nanopartikel yang dihasilkan, selain itu juga untuk mengukur

ukuran nanopartikel yang terbentuk. SEM dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-ray* (EDX) yang dapat mengidentifikasi komposisi unsur-unsur yang terkandung pada suatu bahan (Voutou dan Stefanaki, 2008). EDX adalah Teknik mikroanalisis kimia yang digunakan untuk mendeteksi sinar-X yang dipancarkan dari sampel selama bombardment oleh sinar elektron untuk mengkarakterisasi komposisi unsur dari volume yang akan dianalisis. Ukuran sampel yang dapat dianalisis hingga kurang dari 1 μm .

SEM menggunakan berkas elektron, media vakum dan beberapa tambahan seperti spectrometer sinar-X, detector elektron *backscattered* detector elektron transmitted, tahapan pemanasan/pendinginan/peregangan dan device semikonduktor. Berkas elektron yang dipancarkan dari elektron gun difokuskan pada permukaan sampel oleh lensa elektron (*electron lense*). Prinsip kerja dari SEM yaitu ketika berkas elektron mengenai sampel maka terjadi penghamburan oleh atom yang dekat lapisan permukaan sampel. Akibatnya arah gerak elektron berubah dan sebagian energinya hilang. Pada saat elektron sumber memasuki sebuah bahan, arah gerak elektron dipengaruhi oleh berbagai penghalang (*multiple scattering*) dan mengikuti lintasan yang rumit dan kompleks jauh dari garis lurus. Ketika elektron dan energi yang sama mengenai permukaan sampel, sebagian elektron dipantulkan dalam arah berlawanan (*back scattering*) dan sisanya diserap oleh sampel. Apabila sampel cukup tipis maka elektron dapat melewati sampel (Achmad, 2015).

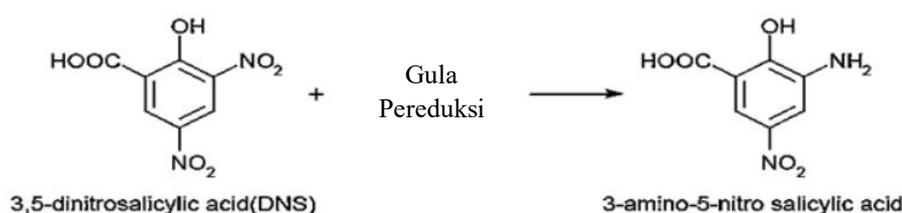
2.17. Analisis Konversi Nanoselulosa

2.17.1. Metode DNS (*Dinitrosalicylic acid*)

Untuk mengukur banyaknya gula pereduksi yang terbentuk dari hasil hidrolisis substrat selulosa dan xilan oleh enzim selulase dan xylanase maka dapat dilakukan dengan metode DNS. DNS atau *3,5-Dinitrosalicylic acid* merupakan suatu senyawa aromatic yang bereaksi dengan gula pereduksi dan kemudian akan

membentuk molekul 3-amino-5- nitrosalicylic acid yang akan menyerap cahaya pada Panjang gelombang 540 nm (Rahayuni dkk., 2013).

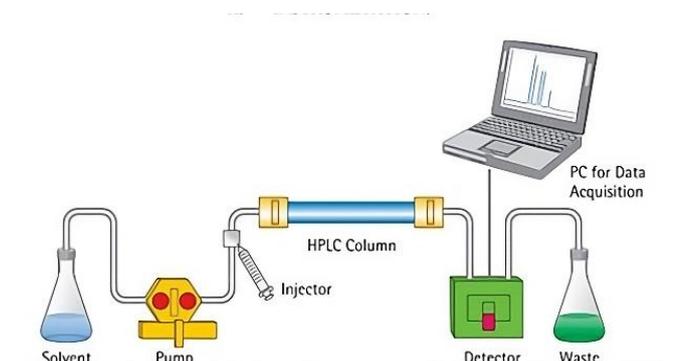
Reaksi gula pereduksi dengan reagen DNS merupakan reaksi redoks dimana gugus aldehyd yang bertindak sebagai pereduksi akan teoksidasi menjadi karboksil, sedangkan DNS yang bertindak sebagai oksidator akan akan tereduksi membentuk asam 3-amino-5-nitrosalisilat. Akan terdapat perubahan warna pada larutan DNS yaitu yang awalnya berwarna kuning akan berubah menjadi warna jingga kemerahan, hal tersebut menunjukkan adanya gula pereduksi. Reaksi ini berlangsung pada suasana basa dan suhu 100°C (Ruswandi *et.al.*, 2018). Reaksi DNS dengan glukosa dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 18. Reaksi DNS dengan Glukosa

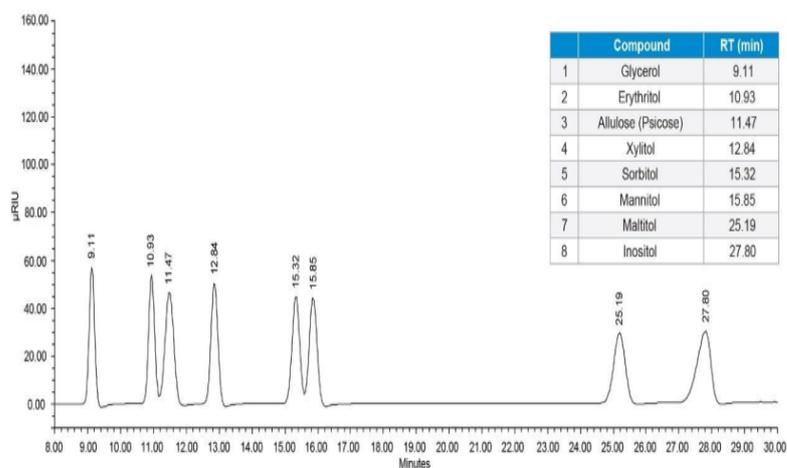
2.17.2. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

HPLC atau yang biasanya juga dikenal dengan kromatografi cair tingkat tinggi merupakan jenis kromatografi kolom yang umumnya digunakan dalam analisis untuk memisahkan, mengidentifikasi dan mengukur bahan kimia aktif. Dalam HPLC pelarut biasanya mengalir melalui kolom karena adanya gravitasi, tetapi dalam proses HPLC pelarut didorong dibawah tekanan tinggi hingga 400 atm sehingga sampel dapat dipisahkan menjadi konstituen yang berbeda-beda berdasarkan perbedaan afinitas. HPLC umumnya terdiri dari fase diam dan fase gerak (Sadaphal *and* Dhamak, 2022). Mekanisme kerja dari HPLC dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Mekanisme kerja HPLC

Prinsip kerja dari HPLC yaitu ketika analit yang memiliki interaksi kuat dengan bahan pengisian kolom akan keluar dari kolom lebih lambat, sehingga memiliki waktu retensi yang lebih lama. Di sisi lain, sampel yang berinteraksi lebih sedikit dengan kolom akan keluar lebih cepat dan memiliki waktu retensi yang lebih pendek. Pemisahan senyawa dalam sampel bisa dilakukan dengan elusi gradien, dimana komposisi pelarut berubah seiring berjalannya proses pemisahan. Setelah keluar dari kolom, pelarut melewati alat deteksi seperti floumeter atau detector serapan UV. Pemilihan detector yang tepat dan Panjang gelombang yang dipantau sangat penting untuk meningkatkan selektivitas deteksi HPLC. Detektor ini menghasilkan sinyal yang berikatan dengan jumlah analit yang keluar dari kolom, yang kemudian ditrasfer dan dicatat oleh program computer pengendalian HPLC (Petrova *and* Sauer, 2017). Kromatogram hasil analisis HPLC dari gula alkohol, monosakarida dan disakarida dapat dilihat seperti pada Gambar 19.



Gambar 20. Kromatogram HPLC dari gula alkohol, monosakarida dan disakarida (Trant and Peter 2022).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Oktober 2023 sampai dengan April 2024 di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik FMIPA Universitas Lampung. Proses freeze-dry dan kalsinasi dilakukan di Institut Teknologi Bandung. Analisis XRD dilakukan di Universitas Negeri Padang (UNP) dan Badan Riset Inovasi dan Teknologi (BRIN), sedangkan analisis SEM dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Teknologi, Universitas Lampung. Analisis FTIR dilakukan di UNP dan DRS UV-Vis dilakukan di Laboratorium UI-Chem, Universitas Indonesia. Uji konversi selulosa dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Unila, dan kadar gula alkohol dianalisis dengan KCKT di Badan Riset dan Inovasi Nasional Cibinong, Bogor.

3.2 Alat dan Bahan

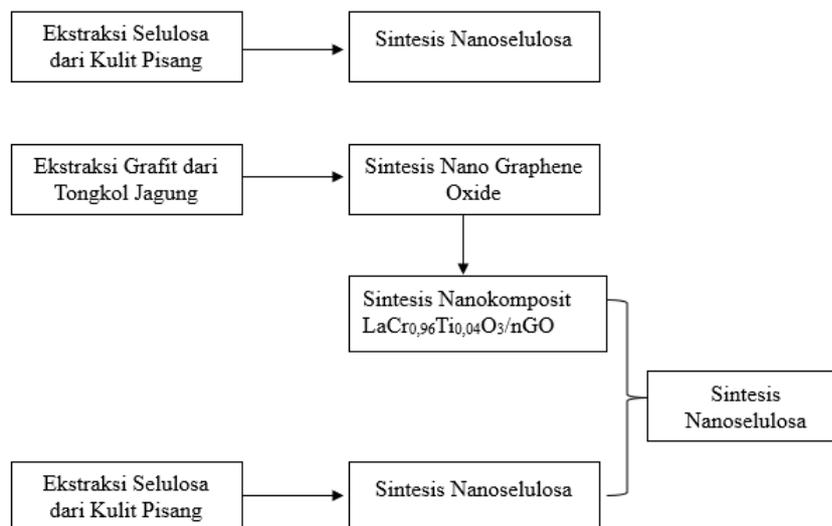
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu set alat refluks, neraca analitik (Ainsworth AA-160 Denver Instrument Company™), centrifuge (17250-10-Centrifuge Cole Parmer™), botol semprot, spatula, kaca arloji, pipret tetes, pH meter (MetroHM™ 827), tabung sentrifugasi (15 mL), aluminium foil, hot plate stirrer (CB162 Stuart™) dan stir bar, tabung reaksi, rak tabung reaksi, oven (Innotech), kertas saring Whatman No. 42, freeze dryer, furnace, desikator, lampu UV, reaktor katalitik, termometer, botol dan selang infus, corong gelas, labu Erlenmeyer (250 mL), gelas kimia (100 mL - 1000 mL), gelas ukur (10 mL - 50

mL), labu ukur (25mL - 1000 mL), mortar dan alu, botol vial (20 mL), difraktometer sinar-X (XRD), Transmission Electron Microscope (TEM), spektrofotometer DRS, alat kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT), serta ultrasonik (D68H).

Bahan-bahan yang digunakan adalah $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck™), HCl 1 M dan HCl 5%, H_2SO_4 pekat (Merck™), KMnO_4 (Merck™), NaNO_3 , H_2O_2 30%, amonia berair (pH = 12) (Merck™), minyak zaitun, akuades, pektin, kulit pisang kepok, tongkol jagung, buffer asetat, pH indikator, gas Hidrogen (BOC 99,99%), NaOH 4%, NaClO_2 1,7% , HNO_3 35%, reagen fehling, asam 2-hidroksi-3,5-dinitrosalisilat/DNS (Sigma-Aldrich™), Ti-Isopropoxide (Merck™) 97%

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu pembuatan nanokatalis, pembuatan nanoselulosa serta uji aktivitas reaksi konversi nanoselulosa dengan fotokatalisis. Adapun skema penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 21



Gambar 21 Skema Penelitian

3.3.1 Preparasi Nanoselulosa

3.3.1.1. Ekstraksi selulosa dari kulit pisang kepok

Ekstraksi selulosa dimulai dengan mencuci kulit pisang kepok dengan air yang mengalir, kemudian kulit pisang dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil setelah itu dikeringkan dibawah sinar matahari setelah kering selanjutnya dihaluskan menggunakan blender. Selanjutnya sebanyak 50 gram bubuk yang telah dihaluskan dimasukkan kedalam labu bulat dan ditambahkan larutan NaOH 4%. Campuran larutan ini selanjutnya direfluks pada temperature 100-120°C selama 2 jam. Hasil dari refluks kemudian dicuci menggunakan akuades untuk memisahkan lignin dan hemiselulosa.

Tahap selanjutnya yaitu Bleaching yang dilakukan dengan cara melarutkan selulosa dengan 400 ml NaClO 5,25% dan ditambahkan buffer asetat(pH 5). Kemudian direfluks pada temperature 110-130 °C selama 4 jam. Didapatkan padatan putih hasil refluks yang selanjutnya dicuci dengan akuades. Selulosa yang diperoleh dikeringkan dengan freeze-dryer pada suhu -39 °C selama 24 jam (Lee *et al.*, 2014).

3.3.1.2 Pembuatan nanoselulosa

Nanoselulosa dibuat dengan cara menyiapkan sebanyak 10 gram bubuk selulosa dan dimasukkan dalam labu bundar bervolume 1 L dan ditambahkan 200 mL larutan HNO₃ 50% . Larutan kemudian disonikasi selama 25 jam lalu direfluks selama 45 menit dengan suhu 60°C sambil di aduk. Selanjutnya dilakukan penambahan akuabides sebanyak 200 mL pada larutan yang telah direfluks kemudian didinginkan. Sampel yang sudah didinginkan kemudian disentrifus selama 15 menit dengan kecepatan 3500 rpm dan dicuci hingga pH mendekati 7. Lalu dikeringkan menggunakan freeze-dryer. Nanoselulosa yang telah didapat, disimpan pada suhu 4°C sebelum digunakan (Lee *et al.*, 2014).

3.3.2 Preparasi Nanokomposit $\text{LaCr}_{0,99}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{NGO}$

3.3.2.1 Preparasi grafit dari tongkol jagung

Preparasi grafit dari bonggol jagung dilakukan dengan cara preparasi serbuk tongkol jagung dan karbonisasi. Pertama, limbah tongkol jagung dicuci hingga bersih, lalu dipotong kecil-kecil dan dijemur dibawah sinar matahari. Kemudian, dikeringkan lagi dalam oven pada suhu 100°C selama 1,5 jam dan dihaluskan. Serbuk yang telah dikeringkan diambil sebanyak ± 40 gram dan dimasukkan ke dalam Crucible dan ditutup, lalu di furnace pada suhu 350°C selama 2 jam dengan heating rate $10^\circ\text{C}/\text{menit}$. Setelah itu didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan dihaluskan dengan mortar untuk digunakan pada tahap selanjutnya. sebanyak 5 gram arang dimasukkan dengan 500 mL akuades dan diaduk dengan kecepatan putaran 600 rpm. Selanjutnya, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ditambahkan kedalam larutan dan kecepatan putaran dinaikkan menjadi 900 rpm pada suhu ruang. pH larutan diubah hingga ~ 2 dengan penambahan HCl (1 M) secara perlahan. Pengadukan larutan dilanjutkan pada suhu 60°C selama 5 jam. Kemudian, larutan disentrifugasi untuk memisahkan supernatan dari endapan natural graphite. Endapan dicuci dengan akuades hingga pH ~ 7 . Selanjutnya, endapan akhir dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C (overnight) dan dilanjutkan 110°C selama 5 jam. Hasil pengeringan berupa serbuk graphite ditempatkan dalam desikator selama 15 menit, lalu dikarakterisasi dengan XRD dan digunakan sebagai bahan baku sintesis nGO.

3.3.2.2 Preparasi nanografena oksida (nGO)

Grafena Oksida (GO) disintesis dengan metode Hummer termodifikasi. Mulamula 5 gram grafit dan 2,5 gram NaNO_3 dicampurkan dalam 120 mL H_2SO_4 pekat (95%) dan diaduk menggunakan heat magnetic stirrer selama 10 menit dalam penangas es (0°C). Setelah itu, secara perlahan ditambahkan 15 gram serbuk KMnO_4 dengan suhu campuran dijaga dibawah 5°C . Setelah itu, suspensi direaksikan dengan pengadukan selama 60 menit dengan pemanasan selama 2 jam

hingga mencapai suhu 98 °C dengan penambahan akuades hingga volume suspensi mencapai 400 mL. Kemudian ditambahkan 15 mL H₂O₂ 30%, diaduk selama 5 menit. Larutan yang terbentuk disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 4 jam dan endapannya dicuci dengan larutan HCl 5% dan akuades untuk menghilangkan ion sulfat. Endapan yang dihasilkan didispersikan dalam 450 mL akuades dan disonikasi selama 2 jam. Kemudian suspensi dipisahkan menjadi cairan supernatan dan residu berwarna keemasan dengan sentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm selama 10 menit. Supernatan disentrifugasi lagi untuk menghilangkan zat tersuspensi. Endapan di ultrasonikasi, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga terbentuk nano grafena oksida dan dianalisis menggunakan XRD.

3.3.2.3. Sintesis nanokomposit LaCr_{0,99}Ti_{0,04}/nGO

Nanokatalis LaCr_{0,99}Ti_{0,04}O₃ /NGO dipreparasi dengan metode sol-gel dan dilakukan melalui 3 tahap yaitu pembuatan LaCr_{0,99}O₃, impregnasi Ti dan impregnasi nGO. Pembuatan LaCr_{0,99}O₃ diawali dengan cara melarutkan 20 gram pektin dalam 400 ml akuades menggunakan magnetic stirrer pada suhu kamar hingga diperoleh larutan yang homogen, pengadukan dilakukan kurang lebih selama 4 jam. Kemudian ditambahkan ammonia 20-30 ml hingga pH 11(basa). Selanjutnya dimasukan larutan La-nitrat (9,0688 gram La(NO₃)₂.6H₂O dalam 400 ml akuades) dan larutan Cr-nitrat (8,0449 gram Cr(NO₃)₂.9H₂O dalam 200 ml akuades) secara berlahan dan bersamaan dengan menggunakan selang infus dan diaduk secara terus menerus. Setelah larutan logam habis, campuran dipanaskan menggunakan heating magnetic stirrer pada suhu 80°C hingga diperoleh larutan homogen dan terbentuk gel. Kemudian dilakukan freezer-drying untuk menghilangkan uap air dan kalsinasi secara bertahap sampai suhu 550°C. LaCr_{0,96}O₃ kemudian dihaluskan menggunakan mortar agate dan ditimbang untuk digunakan pada tahap selanjutnya.

Tahap kedua yaitu impregnasi logam Ti proses ini dilakukan dengan cara sebanyak 0,0401 gram Ti-propoksida dilarutkan kedalam 50 ml larutan 2-

propanol. Kemudian ditambahkan bubuk nanokatalis $\text{LaCr}_{0,96}\text{O}_3$ secara perlahan dan menyebar hingga merata sambil diaduk dan dipanaskan pada suhu 50°C menggunakan heating magnetic stirrer hingga diperoleh larutan homogen dan volumenya menyusut. Kemudian dikeringkan dengan freeze dryer selama 24-48 jam.

Setelah dikeringkan dengan freeze dryer selama 24-48 jam kemudian dikalsinasi secara bertahap pada suhu 700°C , dengan suhu awal kalsinasi 25°C kemudian suhu dinaikan dengan laju alir $2^\circ\text{C}/\text{menit}$ sampai 250°C dan ditahan selama 2 jam, lalu dinaikan kembali hingga mencapai 500°C dan ditahan selama 2 jam, kemudian suhu dinaikan kembali hingga 700°C dan ditahan selama 2 jam. Setelah mencapai suhu maksimal, pemanasan dihentikan dan didiamkan hingga mencapai suhu kamar. Bubuk katalis yang diperoleh digerus sampai halus menggunakan mortar agate.

Tahap ketiga yaitu impregnasi nGO dengan perbandingan berat $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3:\text{nGO}$ 0,1:1. Impregnasi dilakukan dengan cara mendispersikan nGO kedalam akuades. Selanjutnya ditambahkan katalis $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3$ secara perlahan menyebar hingga merata sambil disonikasi selama 90 menit. Hasil impregnasi selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C . nanokomposit yang dihasilkan kemudian dianalisis menggunakan FTIR, XRD, dan SEM-EDX.

3.3.3 Karakterisasi Nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$

3.3.3.1 Analisis Fasa Kristalin

Penentuan struktur kristal dilakukan menggunakan difraktometer sinar-X dengan tipe alat XRD Xpert Pro Analytical PW 3040/60. Analisis dilakukan menggunakan radiasi $\text{CuK}\alpha$ ($1,541862 \text{ \AA}$), tabung sinar-X dioperasikan pada 40 kV dan 30 mA. Rentang difraksi diukur (2θ) dalam rentang $10-90^\circ$, dengan scan step size $0,02^\circ/\text{menit}$ (Maiti *et al.*, 1973). Sampel padat diletakkan pada sample holder. Kemudian sumber sinar bergerak mengelilingi sampel sambil menyinari sampel. Sampel akan memantulkan sinar dan ditangkap oleh detector. Alat

perekam akan merekam intensitas pantulan sinar untuk tiap sudut tertentu. Puncak-puncak yang terdapat pada difraktogram kemudian diidentifikasi menggunakan data standar dari JCPDF dengan mengambil 3-5 puncak yang memiliki intensitas tertinggi. Ukuran partikel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Scherrer sebagai berikut:

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

Keterangan:

D = Ukuran kristal

λ = Panjang gelombang

k = Konstanta Scherrer

β = Radian (FWHM)

θ = Sudut difraksi

3.3.3.2 Analisis Gugus Fungsi

Karakterisasi dengan FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi senyawa yang terkandung di dalamnya menggunakan sinar radiasi infra merah. Sampel akan menyerap sejumlah energi yang diperlukan untuk meregangkan suatu ikatan tergantung pada tegangan ikatan dan massa atom yang terikat. Sinar yang tidak diserap akan diteruskan dan ditransmisikan ke komputer. Spektrum akan muncul pada komputer sebagai rekorder dan dianalisis menggunakan *software* Origin.

3.3.3.3 Analisis Morfologi

Analisis morfologi dan komposisi dari nanokatalis ditentukan menggunakan SEM. Sampel yang akan dianalisis dilapisi terlebih dahulu dengan emas, kemudian sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area. Sinar elektron yang dihasilkan area dialihkan hingga mengenai sampel. Aliran sinar elektron ini selanjutnya difokuskan menggunakan elektron optik columb sebelum sinar elektron tersebut membentuk atau mengenai sampel. Setelah sinar elektron mengenai sampel, akan terjadi beberapa interaksi pada sampel yang disinari.

Interaksi–interaksi yang terjadi tersebut selanjutnya akan terdeteksi dan diubah ke dalam sebuah gambar oleh instrumen SEM dan dalam bentuk grafik. Setiap unsur akan memberikan interaksi yang berbeda dengan elektron yang ditembakkan sehingga dapat ditentukan jenisnya.

3.3.3.4 Analisis Energi Band-Gap

Analisis energi band gap dilakukan dengan spektrofotometer Shimadzu UV-3600 yang diintegrasikan pada tabung berdiameter 15 cm untuk dapat mengukur diffuse reflectance. Senyawa yang digunakan sebagai referensi adalah BaSO₄. Semua sampel yang telah mengandung BaSO₄ (1:50) digunakan untuk perhitungan (Tatarchuk *et al.*, 2017). Sampel yang digunakan untuk pengukuran berupa bubuk dengan ukuran dibawah 100 mesh atau 149 mikron. Absorbansi diukur pada kisaran panjang gelombang 200-800 nm.

3.3.4 Karakterisasi nanoselulosa

3.3.4.1 Analisis Derajat Kristalinitas

Analisis derajat kristalinitas dilakukan dengan menggunakan difraktometer sinar X/X-ray diffractometer (XRD). Sampel nanoselulosa dipindai dengan monokromator sumber radiasi Cu-K α ($\lambda = 1,54186 \text{ \AA}$) dengan sudut 2θ dari 10–50° dengan scan step size 0,04 dan waktu scanning 5 menit. Indeks kristalinitas dihitung pada puncak 200 (I_{002} , $2\theta = 22,6^\circ$) dan intensitas minimum diantara puncak 200 dan 110 (I_{am} , $2\theta = 18^\circ$) menggunakan metode Segal (Lee *et al.*, 2014). I_{002} menunjukkan material kristalin, sedangkan I_{am} menunjukkan material amorf.

$$\%CrI = \frac{I_{002} - I_{am}}{I_{002}} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:

I_{002} =Material kristalin

I_{am} =Material amorf

3.3.4.2 Uji Aktivitas Nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$

Konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol dilakukan dengan melarutkan sebanyak 0,5 gram nanoselulosa ke dalam 100 mL akuades. Kemudian larutan nanoselulosa di tambahkan dengan nanokatalis $\text{LaCr}_{0,99}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ sebanyak 0,1 gram dan dialirkan gas hidrogen dengan laju 10 mL/menit. Setelah itu dipasangkan lampu sinar UV (60 Watt), dimana posisi lampu sinar UV dengan rentang jarak 10-15 cm ke permukaan reaktor (Situmeang et al., 2019). Waktu proses iradiasi sinar UV pada konversi selulosa divariasai yaitu 60, 120, 180, 240, dan 300 menit. Perlakuan yang sama dilakukan untuk uji blanko menggunakan dua larutan nanoselulosa. Larutan nanoselulosa pertama dikonversi dengan iradiasi sinar UV tanpa ditambahkan dengannanokatalis dan larutan nanoselulosa kedua ditambahkan nanokatalis kemudian dikonversi tanpa menggunakan iradiasi sinar UV. Hal ini dilakukan sebagai pembanding dari hasil uji katalitik nanoselulosa menggunakan nanokatalis $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ dan iradiasi sinar UV. Hasil konversi nanoselulosa ini dianalisis menggunakan reagen DNS dan HPLC.

3.3.5 Analisis Hasil Konversi

3.3.5.1 Analisis Kualitatif hasil konversi

Analisis kualitatif untuk hasil konversi dilakukan menggunakan reagen Fehling. Sebanyak 1 mL sampel hasil konversi dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1 mL reagen Fehling dan dipanaskan selama 10 menit pada suhu 100°C . Adanya gula pereduksi ditunjukkan dengan terbentuknya endapan Cu_2O berwarna merah bata. Untuk sampel dengan hasil positif, analisis dilanjutkan secara kuantitatif.

3.3.5.2 Analisis kuantitatif hasil konversi

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

3.3.5.3 Analisis dengan High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

Hasil uji katalitik dianalisis dengan menggunakan HPLC Shimadzu dengan parameter fase gerak air, kolom Shimp-Pack SCR 101 C (7,8 x 250 mm) detektor indeks bias, laju air 0,6 mL/menit, dan suhu kolom 80°C (Shimadzu, 2015). Hal ini bertujuan untuk mengetahui kandungan gula alkohol yang terbentuk dari hasil konversi nanoselulosa. Analisis kualitatif dilakukan dengan membandingkan waktu retensi puncak yang muncul dari sampel dengan puncak gula alkohol standar yang digunakan (sorbitol, mannitol, dan xylitol). Analisis kuantitatif dilakukan dengan membuat kurva standar hubungan antara luas area dengan konsentrasi deret standar, kemudian memasukan nilai luas area yang didapat dari sampel ke dalam kurva standar tersebut, hingga didapat konsentrasi glukosa dan gula alkohol dari sampel.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelian yang telah dillakukan, maka didapatkan kesimpulan:

1. Nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ telah berhasil disintesis menggunakan metode sol gel dan impregnasi didapatkan ukuran partikel nanokatalis sebesar 53,11 nm.
2. Nano grafena oksida (nGO) telah berhasil disintesis dan didapatkan fase amorf.
3. Nanoselulosa dari kulit pisang kepok menghasilkan selulosa berukuran nano dengan ukuran kristal 19,85 nm dan dengan indeks kristanilitas 64,33%.
4. Berdasarkan hasil analisis HPLC larutan hasil konversi menggunakan nanokomposit $\text{LaCr}_{0,96}\text{Ti}_{0,04}\text{O}_3/\text{nGO}$ tidak menunjukkan adanya gula alkohol yang terdeteksi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka pada penelitian selanjutnya disarankan untuk:

1. Pada pembuatan nanoselulosa diperlukan pengembangan metode yang lebih efektif untuk memisahkan antara endapan dan pelarut sehingga didapatkan rendemen yang lebih optimal.
2. Pada saat akan dilakukannya analisis larutan hasil konversi menggunakan HPLC, disarankan agar dilakukan pemekatan dengan cara penguapan pada larutan hasil konversi

DAFTAR PUSTAKA

- Abbady, G., and Abd-Elnaiem, A. M. 2019. Thermal stability and crystallization kinetics of Ge₁₃In₈Se₇₉ chalcogenide glass. *Phase Transitions*. 92(7):667–682.
- Abdul, E., and Assirey, R. 2019. Perovskite synthesis , properties and their related biochemical and industrial application. *Saudi Pharmaceutical Journal*.27(6):817–829.
- Achmad Nursamsur, D. 2015. Karakteristik Struktur Mikro Lapisan NiCoCrAlY Pada Substrat Hastelloy C-276. In Skripsi.
- Alam, S. N., Sharma, N., and Kumar, L. 2017. Synthesis of Graphene Oxide (GO) by Modified Hummers Method and Its Thermal Reduction to Obtain Reduced Graphene Oxide (rGO). *Graphene*.06(01):1–18.
- Allaberdiev, K.H. 2002. *Application of FTIR for Investigation of Graphite Materials*. Ukraina.
- Andini, D.M. 2022. Konversi Nanoselulosa dari Kulit Pisang Kepok Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Nanokomposit LaCr_{0,99}Ti_{0,04}O₃/NHGO. *Thesis*. Universitas Lampung.
- Ashour, A., Amer, M., Marzouk, A., Shimizu, K., Kondo, R., and El-Sharkawy, S. (2013). Corncobs as a potential source of functional chemicals. *Molecules*, 18(11), 13823–13830.
- Awuchi, C. G. 2017. Sugar Alcohols : Chemistry , Production , Health Concerns and Nutritional Importance. *International Journal of Advanced Academic Research | Sciences, Technology & Engineering*. 3(April):31–66.
- Bvoutou ., S. 2008. Electron Microscopy The Basic Physics of Advanced Materials. *Chemical Instrumen*. 2:7–9.
- Bai, R. G., Muthoosamy, K., Manickam, S., and Hilal-Alnaqbi, A. 2019. Graphene-based 3D scaffolds in tissue engineering: Fabrication, applications and future scope in liver tissue engineering. *International Journal of Nanomedicine*. 14:5753–5783.

- Barakat, N. A. M., Kanjwal, M. A., Chronakis, I. S., and Kim, H. Y. 2013. Influence of temperature on the photodegradation process using Ag-doped TiO₂ nanostructures: Negative impact with the nanofibers. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. 366:333–340.
- Bian, H., Yang, Y., and Tu, P. 2021. Crystalline Structure Analysis of All-cellulose Nanocomposite Films Based on Corn and Wheat Straws. *BioResources*. 16(4):8353–8365.
- Bokov, D., Turki Jalil, A., Chupradit, S., Suksatan, W., Javed Ansari, M., Shewael, I. H., Valiev, G. H., and Kianfar, E. 2021. Nanomaterial by Sol-Gel Method: Synthesis and Application. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2021.
- Bradder, P., Ling, S. K., Wang, S., and Liu, S. 2011. Dye adsorption on layered graphite oxide. *Journal of Chemical and Engineering Data*. 56(1):138–141.
- Çakir, E. 2019. Production of Sugar Alcohols With Biotechnological Methods 1*. *International Journal of Food Engineering Research (IJFER)*. 47–58.
- Chadli, I., Omari, M., Abu Dalo, M., and Albiss, B. A. 2016. Preparation by sol-gel method and characterization of Zn-doped LaCrO₃ perovskite. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. 80(3):598–605.
- Chen, H. 2014. Biotechnology of lignocellulose: Theory and practice. In *Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Practice*.
- Chen, Y. W., and Hsu, Y. H. 2021. Effects of reaction temperature on the photocatalytic activity of TiO₂ with Pd and Cu cocatalysts. *Catalysts*. 11(8).
- Dimiev, A. M., Tour, J. M., Science, M., Science, C., Science, N., Street, M., States, U., Materials, A. Z. E., Avenue, M., and States, U. 2014. *Terms of Use Mechanism of Graphene Oxide*.
- D. Rahadian Zainul,. 2020. Fotokatalis dan Fototransformasi Asam Humat. *CV Berkah Prima*, 1–24.
- Eidsvåg, H., Bentouba, S., Vajeeston, P., Yohi, S., and Velauthapillai, D. 2021. TiO₂ as a photocatalyst for water splitting—an experimental and theoretical review. *Molecules*. 26(6):1–30.
- Enhessari, M., Salehabadi, A., Khoobi, A., and Amiri, R. 2017. Kinetic properties and structural analysis of LaCrO₃ nanoparticles. *Materials Science- Poland*. 35(2):368–373.
- Erika, C. 2013. Ekstraksi Pektin dari Kulit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Menggunakan Amonium Oksalat. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian*

Indonesia. 5(2):2–7.

- García, B., Moreno, J., Morales, G., Melero, J. A., and Iglesias, J. 2020. Production of sorbitol via catalytic transfer hydrogenation of Glucose. *Applied Sciences (Switzerland)*. 10(5).
- Gunnagol, R. M., Hussain, M., and Rabinal, K. 2018. *TiO₂ -Graphene Nanocomposites for Effective Photocatalytic Degradation of Rhodamine-B Dye*. 2578–2585.
- Gupta, G. K., and Shukla, P. 2020. Lignocellulosic Biomass for the Synthesis of Nanocellulose and Its Eco-Friendly Advanced Applications. *Frontiers in Chemistry*. 8.
- Haider, A., Jameel, Z., and Taha, S. 2015. Synthesis and Characterization of TiO₂ Nanoparticles via Sol-Gel Method by Pulse Laser Ablation. *Engineering and Technology Journal*. 33(5):761–771.
- Harfianti Amiruddin., 2016. Modifikasi Permukaan Karbon Aktif Tongkol Jagung (Zea Mays) Dengan HNO₃, H₂SO₄, Dan H₂O₂ Sebagai Bahan Elektroda Superkapasitor. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Husnah, M., Fakhri, H. A., Rohman, F., Aimon, A. H., and Iskandar, F. 2017. A modified Marcano method for improving electrical properties of reduced graphene oxide (rGO). *Materials Research Express*. 4(6).
- Khan, S. A., Arshad, Z., Shahid, S., Arshad, I., Rizwan, K., Sher, M., and Fatima, U. 2019. Synthesis of TiO₂/Graphene oxide nanocomposites for their enhanced photocatalytic activity against methylene blue dye and ciprofloxacin. *Composites Part B: Engineering*. 175(April):107120.
- Khawas, P., Das, A. J., and Deka, S. C. 2016. Production of renewable cellulose nanopaper from culinary banana (Musa ABB) peel and its characterization. *Industrial Crops and Products*. 86:102–112.
- Komanoya, T., Kobayashi, H., Hara, K., Chun, W. J., and Fukuoka, A. 2014. Kinetic study of catalytic conversion of cellulose to sugar alcohols under low-pressure hydrogen. *ChemCatChem*. 6(1):230–236.
- Kwon, K. C., Mayfield, H., Marolla, T., Nichols, B., and Mashburn, M. 2011. Catalytic deoxygenation of liquid biomass for hydrocarbon fuels. *Renewable Energy*. 36(3):907–915.
- Laokul, P., Amornkitbamrung, V., Seraphin, S., and Maensiri, S. 2011. Characterization and magnetic properties of nanocrystalline CuFe₂O₄, NiFe₂O₄, ZnFe₂O₄ powders prepared by the Aloe vera extract solution. *Current Applied Physics*. 11(1):101–108.

- Lee, H. V., Hamid, S. B. A., and Zain, S. K. 2014. Conversion of lignocellulosic biomass to nanocellulose: Structure and chemical process. *Scientific World Journal*. 2014.
- Li, J., Zeng, X., Ren, T., and van der Heide, E. 2014. The preparation of graphene oxide and its derivatives and their application in bio-tribological systems. *Lubricants*. 2(3):137–161.
- Lin, C., Gao, Y., Zhang, J., Xue, D., Fang, H., Tian, J., Zhou, C., Zhang, C., Li, Y., and Li, H. 2020. GO/TiO₂ composites as a highly active photocatalyst for the degradation of methyl orange. *Journal of Materials Research*. 35(10).
- Lin, Z., Li, L., Yu, L., Li, W., and Yang, G. 2017. Modifying photocatalysts for solar hydrogen evolution based on the electron behavior. *Journal of Materials Chemistry A*. 5(11):5235–5259.
- Ma, J., Yu, W., Wang, M., Jia, X., Lu, F., and Xu, J. 2013. Advances in selective catalytic transformation of ployols to value-added chemicals. *Cuihua Xuebao/Chinese Journal of Catalysis*. 34(3):492–507.
- Makula, P., Pacia, M., and Macyk, W. 2018. How To Correctly Determine the Band Gap Energy of Modified Semiconductor Photocatalysts Based on UV-Vis Spectra. *Journal of Physical Chemistry Letters*. 9(23):6814–6817.
- Nabitaliah. 2022. Konversi Nanoselulosa dari Kulit Pisang Kepok Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Nanofotokatalis LaCr_{0,98}Ti_{0,04}O₃ di Bawah Pengaruh Irradasi Sinar UV. *Skripsi Universitas Lampung*.
- Nandiyanto, A. B. D., Ragadhita, R., dan Fiandini, M. 2023. Interpretation of Fourier Transform Infrared Spectra (FTIR): A Practical Approach in the Polymer/Plastic Thermal Decomposition. *Indonesian Journal of Science and Technology*. 8(1):113–126.
- Nowak, D., and Jakubczyk, E. 2020. The Freeze-Drying of Foods The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on. *Foods*. 9(1488):1–27.
- Paramanik, L., Reddy, K. H., Sultana, S., and Parida, K. (n.d.). Architecture of Biperovskite-Based LaCrO₃/ PbTiO₃ Heterojunction with a Strong Interface for Enhanced Charge Anti- recombination Process and Visible Light-Induced Photocatalytic Reactions.
- Peng, B. L., Dhar, N., Liu, H. L., and Tam, K. C. 2011. Chemistry and applications of nanocrystalline cellulose and its derivatives: A nanotechnology perspective. *Canadian Journal of Chemical Engineering*. 89(5):1191–1206.
- Peng, L., Lin, L., Zhang, J., Zhuang, J., Zhang, B., and Gong, Y. 2010. Catalytic

conversion of cellulose to levulinic acid by metal chlorides. *Molecules*. 15(8):5258–5272.

- Petrova, O. E., and Sauer, K. 2017. High-performance liquid chromatography (HPLC)-based detection and quantitation of cellular c-di-GMP. *Methods in Molecular Biology*. 1657:33–43.
- Phanthong, P., Reubroycharoen, P., Hao, X., Xu, G., Abudula, A., and Guan, G. 2018. Nanocellulose: Extraction and application. *Carbon Resources Conversion*. 1(1):32–43.
- Praputri, E., Sundari, E., Firdaus, F., dan Sofyan, S. 2018. Penggunaan katalis homogen dan heterogen pada proses hidrolisis pati umbi singkong karet menjadi glukosa The use of homogeneous and heterogeneous catalysts in hydrolysis process of rubber cassava starch into glucose. *Jurnal Litbang Industri*. 105–110.
- Putz, H., Schon, J.C., and Jansen, M. 2001. Combined Method for Ab Initio Structure Solution from Powder Diffraction Data. *Journal Applied Crystallography*. 32: 864-870.
- Rahayuni, R., Suhartono, S., and Sudiana, I. M. 2013. Penapisan Khamir Selulolitik Dan Xilanolitik Dalam Mendukung Pembentukan Bioetanol. *JRSKT: Jurnal Riset Sains Dan Kimia Terapan*. 3(1):263–270.
- Ramakrishnan, M. C., and Thangavelu, R. R. 2013. Synthesis and characterization of reduced graphene oxide. *Advanced Materials Research*. 678:56–60.
- Ray, S. (2015). *Applications of Graphene and Graphene-Oxide Based Nanomaterials*. (1st Editio). Elsevier B.V.
- Ribeiro, L. S., Delgado, J. J., Órfão, J. J. M., and Pereira, M. F. R. 2017. Carbon supported Ru-Ni bimetallic catalysts for the enhanced one-pot conversion of cellulose to sorbitol. *Applied Catalysis B: Environmental*. 217:265–274.
- Ruswandi., Oktavia., Budhi dan Azhar, M. 2018. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang. *Eksakta*. 19(1):1–20.
- Sadaphal, P., and Dhamak, K. 2022. Review article on High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) Method Development and Validation. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 74(03):23–29.
- Salli, K., Lehtinen, M. J., Tiihonen, K., and Ouwehand, A. C. 2019. Xylitol's health benefits beyond dental health: A comprehensive review. *Nutrients*. 11(8).
- Shahriary, L., and Athawale, A. 2014. Graphene Oxide Synthesized by using

- Modified Hummers Approach. *International Journal of Renewable Energy and Environmental Engineering*. 02(01):58–63.
- Shrotri, A., Kobayashi, H., and Fukuoka, A. 2018. Cellulose Depolymerization over Heterogeneous Catalysts. *Accounts of Chemical Research*. 51(3):761–768.
- Sial, T. A., Khan, M. N., Lan, Z., Kumbhar, F., Ying, Z., Zhang, J., Sun, D., and Li, X. 2019. Contrasting effects of banana peels waste and its biochar on greenhouse gas emissions and soil biochemical properties. *Process Safety and Environmental Protection*. 122:366–377.
- Sibagariang, I.I. 2023. Konversi Nanoselulosa Menjadi Gula Alkohol dari Limbah Kulit Pisang Kepok menggunakan Nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{nGO}$ Diiraadasi Di Bawah Sinar UV. *Skripsi Universitas Lampung*.
- Silva, R. S., Matos, R. S., Andrade, R., Oliveira, R. M. P. B., Resende, C. X., Paz, S. P. A., Angélica, R. S., and Ferreira, N. S. 2021. Green synthesis of LaCrO_3 powder mediated by the extract of the Amazon rainforest native plant *Himatanthus drasticus* (Mart.) Plumel and their photocatalytic activity. *Journal of Materials Research and Technology*. 13:2006–2011.
- Situmeang, R., Supryanto, R., Albert Kahar, L. N., Simanjuntak, W., and Sembiring, S. 2017. Characteristics of nano-size LaCrO_3 prepared through sol-gel route using pectin as emulsifying agent. *Oriental Journal of Chemistry*. 33(4):1705–1713.
- Situmeang, R., Tamba, M., Simarmata, E., Yuliarni, T., Simanjuntak, W., Sembiring, Z., and Sembiring, S. 2019. LaCrO_3 nano photocatalyst: The effect of calcination temperature on its cellulose conversion activity under UV-ray irradiation. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*. 10(1).
- Sjahriza, A., dan Herlambang, S. 2021. Sintesis Oksida Grafena dari Arang Tempurung Kelapa Untuk Aplikasi Antibakteri dan Antioksidan. *Al-Kimiya*. 8(2):51–58.
- Smith, A. T., LaChance, A. M., Zeng, S., Liu, B., and Sun, L. 2019. Synthesis, properties, and applications of graphene oxide/reduced graphene oxide and their nanocomposites. *Nano Materials Science*. 1(1):31–47.
- Sohail, M., Saleem, M., Ullah, S., Saeed, N., Afridi, A., Khan, M., and Arif, M. 2017. Modified and improved Hummer's synthesis of graphene oxide for capacitors applications. *Modern Electronic Materials*. 3(3):110–116.
- Štengl, V. 2012. Preparation of graphene by using an intense cavitation field in a pressurized ultrasonic reactor. *Chemistry - A European Journal*. 18(44): 14047–14054.

- Su, Y., Brown, H. M., Li, G., Zhou, X. D., Amonette, J. E., Fulton, J. L., Camaioni, D. M., and Zhang, Z. C. 2011. Accelerated cellulose depolymerization catalyzed by paired metal chlorides in ionic liquid solvent. *Applied Catalysis A: General*. 391(1–2):436–442.
- Tatarchuk, T., Bououdina, M., Macyk, W., Shyichuk, O., Paliychuk, N., Yaremiy, I., Al-Najar, B., and Pacia, M. 2017. Structural, Optical, and Magnetic Properties of Zn-Doped CoFe₂O₄ Nanoparticles. *Nanoscale Research Letters*. 12(1).
- Taufantri, Y., Irdhawati, I., dan Asih, I. A. R. A. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Grafena dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn. *Jurnal Kimia VALENSI*. 2(1):17–23.
- Toukoniitty, B., Kuusisto, J., Mikkola, J. P., Salmi, T., and Murzin, D. Y. 2005. Effect of ultrasound on catalytic hydrogenation of D-fructose to D-mannitol. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 44(25):9370–9375.
- Usman, M. R., Noviyanti, A. R., and Eddy, D. R. 2017. Photocatalytic degradation of diazinon using titanium oxide synthesized by alkaline solvent. *Indonesian Journal of Chemistry*. 17(1):22–29.
- Vallejo, W., Vallejo, W., Rueda, A., Di, C., Grande, C., and Quintana, P. 2019. Photocatalytic activity of graphene oxide TiO₂ thin films sensitized by natural dyes extracted from *Bactris guineensis*.
- Vetrivel, V., Rajendran, K., and Kalaiselvi, V. 2015. Synthesis and characterization of pure titanium dioxide nanoparticles by sol-gel method. *International Journal of ChemTech Research*. 7(3):1090–1097.
- Xin, H., Hu, X., Cai, C., Wang, H., and Zhu, C. 2020. Catalytic Production of Oxygenated and Hydrocarbon Chemicals From Cellulose Hydrogenolysis in Aqueous Phase. 8(May), 1–20.
- Yamaguchi, A., Mimura, N., Shirai, M., and Sato, O. 2019. Cascade Utilization of Biomass: Strategy for Conversion of Cellulose, Hemicellulose, and Lignin into Useful Chemicals. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. 7(12): 10445–10451.
- Yujaroen, P., Supjaroenkul, U., and Rungrodnimitchai, S. 2008. Extraction of Pectin from Sugar Palm Meat. *Thammasat Int. J. Sc. Tech*. 13:44–47.
- Zaaba, N. I., Foo, K. L., Hashim, U., Tan, S. J., Liu, W. W., and Voon, C. H. 2017. Synthesis of Graphene Oxide using Modified Hummers Method: Solvent Influence. *Procedia Engineering*. 184:469–477.
- Zhaafirah, H., Fitriyano, G., dan Hasyim, U. H. 2017. Pengaruh kecepatan

pengadukan terhadap rendemen dan identifikasi selulosa asetat hasil asetilasi dari limbah kulit pisang kepok. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*. 1–8.

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(8):1673–1676.