

**KONVERSI SELULOSA DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca*
L) MENJADI GULA ALKOHOL MENGGUNAKAN KATALIS $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$**

(Skripsi)

Oleh

SHAFILINA FATICHA



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2023

ABSTRAK

KONVERSI SELULOSA DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L) MENJADI GULA ALKOHOL MENGGUNAKAN KATALIS Cr₂O₃/nGO

Oleh

Shafa Ilina Faticha

Pada penelitian ini telah dilakukan preparasi katalis Cr₂O₃ menggunakan metode presipitasi-gelasi dan preparasi nGO menggunakan metode Hummers termodifikasi. Preparasi katalis Cr₂O₃/nGO dilakukan dengan impregnasi menggunakan alat *ultrasonic cleaner* sesuai dengan tiga perbandingan massa Cr₂O₃/nGO yaitu 0,125/1 ; 0,25/1 ; 0,5/1. Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan katalis berukuran 28,19 ; 26,30 dan 26,31 nm. Analisis *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS) menunjukkan nilai energi celah pita sebesar 1,70 ; 1,77 dan 1,80 eV. Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa Cr₂O₃ terdistribusi merata pada permukaan nGO. Nanoselulosa telah dipreparasi menggunakan metode delignifikasi, *bleaching* dan hidrolisis asam sehingga diperoleh nanoselulosa berukuran 16,52 nm dan mempunyai indeks kristalinitas sebesar 33,03%. Nanoselulosa dikonversi menjadi gula alkohol menggunakan Cr₂O₃/nGO di bawah sinar UV disertai aliran gas H₂ dengan variasi waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Hasil konversi menunjukkan bahwa persentase nanoselulosa terkonversi tertinggi sebesar 36,38% pada variasi katalis 1 nGO : 0,5 Cr₂O₃ dengan waktu konversi selama 4 jam. Analisis *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) menunjukkan katalis Cr₂O₃/nGO mampu mengkonversi nanoselulosa menjadi glukosa dengan konsentrasi 56 ppm glukosa, namun belum mampu mengkonversi nanoselulosa menjadi gula alkohol.

Kata Kunci : Cr₂O₃, nGO, nanoselulosa, gula alkohol, konversi

ABSTRACT

CONVERSION OF CELLULOSE FROM KEPOK BANANA PEELS (*Musa paradisiaca* L) TO ALCOHOL SUGAR USING CATALYST Cr₂O₃/nGO

By

Shafa Ilina Faticha

In this research, the preparation of the Cr₂O₃ catalyst using the precipitation-gelation method and the preparation of nGO using the modified Hummers method were conducted. Furthermore, the preparation of the Cr₂O₃/nGO catalyst was carried out using the impregnation method with the help of an ultrasonic cleaner with three mass ratios of Cr₂O₃ to nGO which are 0.125/1, 0.25/1, and 0.5/1. X-Ray Diffraction (XRD) analysis showed the particle sizes of the catalyst were 28.19 nm, 26.30 nm, and 26.31 nm. Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS) analysis showed band gap energy values of 1.70 eV, 1.77 eV, and 1.80 eV. Scanning Electron Microscopy (SEM) study showed an even distribution on the surface of Cr₂O₃/nGO. Nanocellulose was prepared using delignification, bleaching, and acid hydrolysis methods to obtain nanocellulose with a particle size of 16.52 nm with a crystallinity index of 33.03%. Nanocellulose was converted to sugar alcohol using Cr₂O₃/nGO under UV light irradiation accompanied by H₂ gas flow with time variation of 1, 2, 3, 4, and 5 hours. The conversion results showed that the highest percentage of nanocellulose conversion was 36.38%, with a Cr₂O₃/nGO catalyst ratio of 0.5/1 and a reaction time of 4 hours. High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) analysis showed that Cr₂O₃/nGO catalyst could convert nanocellulose into glucose with a concentration of 56 ppm. Still, it was not able to convert nanocellulose into sugar alcohols.

Keyword : Cr₂O₃, nGO, nanocellulose, sugar alcohols, conversion

**KONVERSI SELULOSA DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca*
L) MENJADI GULA ALKOHOL MENGGUNAKAN KATALIS $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$**

Oleh

SHAFILINA FATICHA

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

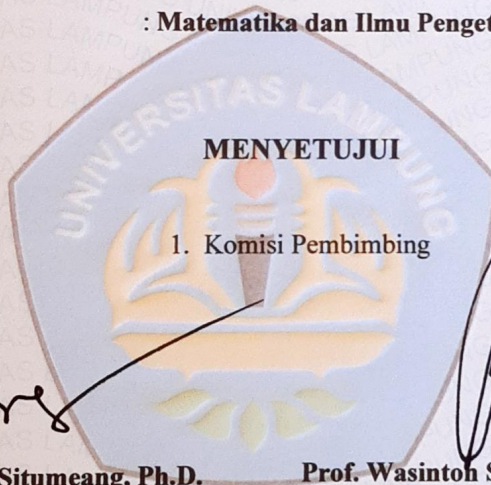
Judul Penelitian : **Konversi Selulosa dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L) menjadi Gula Alkohol menggunakan Katalis $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$**

Nama Mahasiswa : **Shafa Tina Faticha**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1817011087**

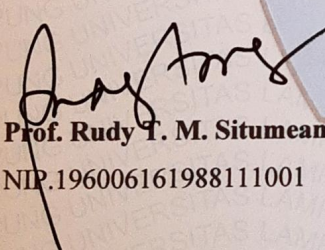
Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

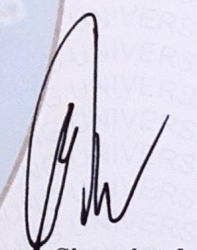


MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

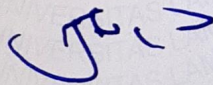

Prof. Rudy T. M. Situmeang, Ph.D.

NIP.196006161988111001


Prof. Wasinton Simanjutak, Ph.D.

NIP.195907061988111001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA



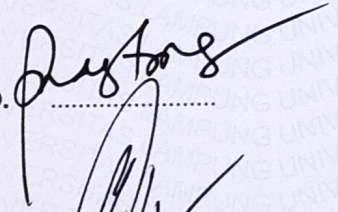
Mulyono, Ph.D.

NIP.197406112000031002

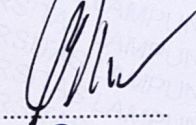
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

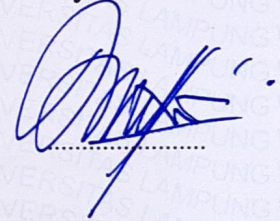
Ketua : Prof. Rudy T. M. Situmeang, Ph.D.



Sekretaris : Prof. Wasinton Simanjutak, Ph.D.

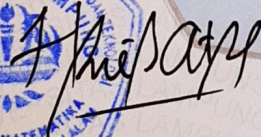


Penguji
Bukan Pembimbing : Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 05 Juni 2023

SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Shafa Ilina Faticha
Nomor Pokok Mahasiswa : 1817011087
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Konversi Selulosa dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L) menjadi Gula Alkohol menggunakan Katalis $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$ ”** adalah benar karya sendiri, baik gagasan, hasil, dan analisisnya. Saya tidak keberatan jika data dalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Bandar Lampung, 5 Juni 2023
Yang Menyatakan



Shafa Ilina Faticha
NPM. 1817011087

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Shafa Ilina Faticha dilahirkan di Palembang, 02 Mei 2000 yang merupakan anak pertama dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Ied Ismail Basuki dan Ibu Dessy Furbalia. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Ruwati pada tahun 2006 dan melanjutkan ke Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri Tugu 10 pada Tahun 2012, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 20 Jakarta lulus pada Tahun 2015, selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 13 Depok lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa kimia, penulis juga aktif berorganisasi mulai sebagai kader muda Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) periode 2019. Pada tahun 2019 penulis aktif di HIMAKI sebagai anggota Biro Usaha Mandiri (BUM). Penulis pernah mengikuti kegiatan sosial seperti Karya Wisata Ilmiah (KWI) BEM-FMIPA Unila di Desa Tanjung Tirto Kecamatan Way Bungur pada tahun 2018. Tahun 2021, penulis telah menyelesaikan praktik kerja lapangan (PKL) yang berjudul “Analisis Mutu Kadar Vanili Dan Kadar Air Pada Vanili Di Laboratorium General PT Sucofindo SBU Laboratorium” di Laboratorium General PT Sucofindo SBU Laboratorium. Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Tugu Kecamatan Cimanggis Kota Depok selama 38 hari pada bulan Februari - Maret 2021, serta pada bulan Mei - Desember 2023 penulis menyelesaikan penelitian yang dilakukan di Laboratorium

Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung yang diberi Judul “Konversi Selulosa dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L) menjadi Gula Alkohol menggunakan Katalis $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$ ”.

MOTTO

“Allah does not charge a soul except with that within its capacity ”

(Q.S. Al-Baqarah : 286)

“If you are grateful, I will surely increase you in favor ”

(Q.S. Ibrahim : 7)

“What has missed us will never be our destiny, and what is destined for us will never miss us ”

(Umar bin Khattab)

“If there’s something important to you, just to try. Even the results is failure ”

(Elon Musk)

“Working hard is important but there is something that matters even more ; believing in yourself ”

(Harry Potter)

“Being different isn’t a bad thing. It means you’re brave enough to be yourself ”

(Luna Lovegood)

SANWACANA



Segala puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT. yang senantiasa memberikan rahmat, hidayah, karunia dan limpahan ridho-Nya yang tiada tara, Shalawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul:

“Konversi Selulosa dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca L.*) menjadi Gula Alkohol menggunakan Katalis $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$ ”

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu mendengarkan doa dan mengabulkan doa penulis selama ini sepanjang hidup penulis dan melindungi penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan Skripsi ini.
2. Kepada kedua orang tua penulis Bapak Ied Ismail Basuki dan Ibu Dessy Furbalia tercinta yang selalu tak henti-hentinya memberikan doa, dukungan, kasih sayang, nasihat, semangat, motivasi, dan materi untuk keperluan kuliah dan sekolah penulis. Terima kasih atas perjuangan dan pengorbanan yang telah Papa dan Mama lakukan untuk mbak. Semoga Allah SWT. selalu memberikan perlindungan hingga menuju surga-Nya, diberikan kesehatan dan umur yang panjang agar bisa selalu mendampingi dan menyaksikan perjalanan hidup mbak untuk membahagiakan kalian kelak di dunia maupun

di akhirat dan dimudahkan rezekinya untuk kita sekeluarga; Aamiin Allahuma Aamiin.

3. Adikku Farid Irham Arrafi, Hadfina Inara Amalina, Catra Imrani Afza, Kafi Irsyad Arfandi yang telah memberikan semangat, keceriaan dalam hidup penulis sehingga dapat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan masukan, bimbingan, arahan, ilmu, nasihat, saran, keikhlasan, kemudahan dan kesabaran kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan keberkahan dan membalas kebaikan Bapak.
5. Bapak Prof. Wasinton Simanjuntak, Ph.D. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan masukan, bimbingan, arahan, ilmu, nasihat, saran, keikhlasan, kemudahan dan kesabaran kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan keberkahan dan membalas kebaikan Bapak.
6. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembahas yang memberikan bimbingan, saran, kritik dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT. membalas kebaikan Ibu dan diberikan yang terbaik baik di dunia maupun di akhirat kelak.
7. Bapak Syaiful Bahri, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik, penulis mengucapkan terimakasih atas ketersediaan Bapak dalam memberikan bimbingan perkuliahan, nasihat yang bermanfaat kepada penulis.
8. Bapak Mulyono, Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
9. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
10. Seluruh dosen Kimia FMIPA Unila terima kasih atas segala ilmu, pengalaman, motivasi dan nasihat selama perkuliahan. Semoga Allah SWT membalas kebaikan Bapak dan Ibu.

11. Seluruh civitas dan akademika Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam atas dukungan dan bantuan kepada penulis.
12. Ibu Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si. selaku Kalab Anorganik/Fisik dan Mbak Liza Apriliya, S.Si selaku laboran yang menyediakan alat di laboratorium dan kemudahan dalam mengurus berkas, semoga selalu diberkahi oleh Allah SWT.
13. Kakak senior Rudy *Research* yaitu Kak Della, Kak Arya, Kak Arya, dan Kak Gray, serta adik Rudy *Research* yaitu Donny, Alya, Aniska, dan Syangap terima kasih atas bantuan, arahan, dan dukungan sehingga penulis dapat menjalankan dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar. Semoga Allah SWT selalumembalas dengan kebaikan yang tak ternilai.
14. Rekan seperbimbingan *research* yaitu Grace Sola, Iin Indriani, dan Rifki Fadillah terima kasih sudah menjadi sahabat yang memberikan dukungan, motivasi, nasihat dan semangatnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga kalian dipermudah dalam segala urusannya. Aamiin.
15. Sahabat penulis yaitu Rizki Maulana terimakasih sudah memberikan dukungan, nasihat, masukan, keceriaan dan kebersamaannya dalam hidup penulis. Semoga kalian dipermudah dalam segala urusannya. Aamiin.
16. Sahabat sedari SMA penulis yaitu Tania Widyaningrum dan Ferinzani Asyifa terima kasih sudah memberikan nasihat, masukan, keceriaan, dan kebersamaannya dalam hidup penulis. Semoga kalian dipermudah dalam segala urusannya. Aamiin.
17. Sahabatku selama kuliah, DPO yaitu Savol, Qoqom, Sania, Putri, Tri, Zulfa, dan Elis, terimakasih selalu memberikan semangat, arahan, motivasi kepada penulis semasa kuliah. Semoga kalian dipermudah dalam segala urusannya. Aamiin.
18. Sahabat dan teman-teman seperjuangan penulis khususnya kelas C yaitu Ninid, Zhaafira, Wulandari, Phirena, Nur Mayana, Rizka Nalia, Ramah Nia, Wulandari Agustin, Reyzka, Salsabila, Yanesta, Salsabila Bethari, Vezhia,

Ofriani, Rista, Olivia, Risna, Reni, Polado, Bang Widi, Vincent, Sahrul, Randi, Reyhan, serta teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu-satu namanya. Terima kasih telah memberikan semangat, dukungan, nasihat, bantuan, keceriaan yang selalu membuat penulis termotivasi untuk mengerjakan skripsi ini.

19. Teman-teman Laboratorium Anorganik/Fisik yaitu Mba Nadya, Kak Azizah, Chetrine, Ester, Atika, Afra, Aliv, Jilda, Khairunisa, Gustin, Natasha, Nia Mardanti dan Mey Dhea terima kasih atas dukungan dan sudah banyak membantu penulis selama di Lab dan menyelesaikan skripsi ini.
20. Seluruh keluarga besar mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung Angkatan 2018 yang telah memberikan semangat dan bantuannya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar.
21. Almamater tercinta Universitas Lampung.
22. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala bantuan, dukungan, dan doa yang dipanjatkan. Semoga kebaikan yang telah diberikan selama ini mendapat balasan dari Allah SWT.

Bandar Lampung, Mei 2023

Penulis

Shafa Ilina Faticha

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
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. Metode Preparasi Katalis	5
2.2.1. Kalsinasi	6
2.2.2. Metode Sonokimia.....	6
2.3. Kromium	7
2.4. Limbah Bonggol Jagung	7
2.5. Karbon.....	8
2.6. Grafit	8
2.7. Metode Sintesis Natural Grafit	9
2.8. Grafena.....	10
2.9. Grafena Oksida	10
2.10. Sintesis Grafena Oksida	11
2.11. Karakterisasi Nanokatalis	13
2.11.1. Identifikasi Gugus Fungsi.....	13
2.11.2. Penentuan Fasa Kristalin Katalis.....	15
2.11.3. Penentuan morfologi permukaan katalis	17

2.11.4. Analisis Celah Pita.....	18
2.11.5. Analisis Luas Permukaan dan Pori.....	19
2.12. Kulit Pisang.....	19
2.13. Selulosa.....	19
2.14. Gula Alkohol.....	21
2.14.1. Manitol.....	21
2.14.2. Xylitol.....	22
2.14.3. Sorbitol.....	23
2.15. Reaksi Fotokatalitik.....	23
2.16. Analisis Konversi Nanoselulosa.....	24
2.16.1. Metode DNS.....	24
2.16.2. <i>High Performance Liquid Chromatography</i> (HPLC).....	24
III. METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Waktu dan Tempat.....	26
3.2. Alat dan Bahan.....	26
3.3. Prosedur Penelitian.....	27
3.3.1. Preparasi Nanokatalis Cr ₂ O ₃ /nGO.....	28
3.3.2. Karakterisasi Nanokatalis Cr ₂ O ₃ /nGO.....	30
3.3.3. Preparasi Nanoselulosa.....	32
3.3.4. Karakterisasi Nanoselulosa.....	33
3.3.5. Uji Aktivitas Fotokatalitik Cr ₂ O ₃ /nGO.....	33
3.3.6. Analisis Hasil Konversi.....	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1. Preparasi Nanokatalis Cr ₂ O ₃ /nGO.....	36
4.1.1. Preparasi Grafit dari Bonggol Jagung.....	36
4.1.2. Preparasi Grafit.....	37
4.1.3. Sintesis nano Grafena Oksida (nGO).....	38
4.1.4. Sintesis Nanokatalis Cr ₂ O ₃ /nGO.....	39
4.2. Karakterisasi Nanokatalis Cr ₂ O ₃ /nGO.....	41
4.2.1. Analisis Gugus Fungsi dan Interaksi Nanokatalis.....	41
4.2.2. Analisis Struktur Kristal Nanokatalis.....	44
4.2.3. Analisis Morfologi Nanokatalis.....	49
4.2.4. Analisis Energi Celah Pita Nanokatalis.....	49
4.2.5. Analisis Luas Permukaan.....	52

4.3. Preparasi Nanoselulosa dari Kulit Pisang Kepok.....	53
4.3.1. Isolasi Selulosa dari Kulit Pisang Kepok	53
4.3.2. Sintesis Nanoselulosa	54
4.4. Uji Aktivitas Fotokatalitik Cr ₂ O ₃ /nGO	56
4.5. Analisis Hasil Konversi	57
4.5.1. Analisis Kuantitatif Hasil Konversi.....	57
4.5.2. Analisis dengan <i>High Performance Liquid Chromatography</i> (HPLC).....	60
V. SIMPULAN DAN SARAN	62
5.1. Simpulan	62
5.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi elemen bonggol jagung (% massa)	8
2. Korelasi antara jenis vibrasi gugus fungsi dengan frekuensi	14
3. Karbonisasi Tongkol Jagung.....	37
4. Variasi $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$	41
5. Puncak Representatif nGO.....	45
6. Puncak Representatif Cr_2O_3	46
7. Puncak Representatif Cr_2O_3 dalam acuan JCPDS.....	47
8. Puncak Representatif 1 nGO : 0,125 Cr_2O_3	48
9. Puncak Representatif 1 nGO : 0,25 Cr_2O_3	48
10. Puncak Representatif 1 nGO : 0,5 Cr_2O_3	48
11. Ukuran Partikel Nanoselulosa.....	56
12. Persentase Nanoselulosa Terkonversi	57
13. Konsentrasi Glukosa pada Hasil Konversi.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur grafit	9
2. Struktur grafena.....	10
3. Struktur sederhana dari satu lapisan grafena oksida	11
4. Reaksi oksidasi grafit menjadi grafena oksida.....	13
5. Spektrum FTIR dari <i>nano hollow</i> grafena oksida (NHGO), grafena oksida <i>nanosheets</i> (GONs) dan grafit (NG)	15
6. Difraktogram natural grafit dari bonggol jagung	16
7. Difraktogram grafena oksida dan <i>nano hollow</i> grafena oksida	16
8. Difraktogram Cr ₂ O ₃ dan Cr ₂ O ₃ /GO	17
9. SEM Cr ₂ O ₃ dan GO.....	18
10. Struktur selulosa.....	20
11. Skema konversi katalitik selulosa atau selobiosa menjadi sorbitol dan manitol	21
12. Struktur Manitol	22
13. Struktur xylitol	22
14. Struktur sorbitol	23
15. Reaksi DNS	24
16. Kromatogram dari gula alkohol, monosakarida dan disakarida.....	25
17. Diagram Alir Penelitian	27
18. Arang.....	36
19. Grafit	38
20. Nano Grafena Oksida	39
21. Cr ₂ O ₃	40

22. Katalis Cr ₂ O ₃ /nGO	40
23. Spektra FTIR (A) nGO dan (B) grafit.....	42
24. Spektra FTIR (A) 1 nGO : 0,125 Cr ₂ O ₃ (B) 1 nGO : 0,25 Cr ₂ O ₃ (C) 1 nGO : 0,5 Cr ₂ O ₃	44
25. Difraktogram (A) Grafit (B) nGO.....	44
26. Difraktogram Cr ₂ O ₃	45
27. Hasil Pencocokan Otomatis dengan Aplikasi <i>Match!</i>	46
28. Difraktogram (a) nGO (b) Cr ₂ O ₃ (c) 1 nGO : 0,125 Cr ₂ O ₃ (d) 1 nGO : 0,25 Cr ₂ O ₃ (e) 1 nGO : 0,5 Cr ₂ O	47
29. Mikrograf SEM nanokatalis 1 nGO : 0,5 Cr ₂ O ₃	49
30. Spektrum Absorbansi (a) nGO (b) Cr ₂ O ₃ (c) 1 nGO : 0,125 Cr ₂ O ₃ (d) 1 nGO : 0,25 Cr ₂ O ₃ (e) 1 nGO : 0,5 Cr ₂ O ₃	50
31. Grafik Nilai Energi Celah Pita (A) nGO (B) 1 nGO: 0,125 Cr ₂ O ₃ (C) 1 nGO: 0,25 Cr ₂ O ₃ (D) 1 nGO: 0,5 Cr ₂ O ₃ (E) Cr ₂ O ₃	51
32. Hasil Grafik BET (A) Adsorpsi (B) Desorpsi.....	52
33. Selulosa kulit pisang setelah <i>freeze-dryer</i>	54
34. Nanoselulosa	55
35. Difraktogram Nanoselulosa	55
36. Hasil Konversi Nanoselulosa	56
37. Analisis Gula Pereduksi dengan Pereaksi DNS	58
38. Kurva Standar Glukosa Koreksi.....	58

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara agraris yang berarti sebagian besar penduduknya bekerja dalam sektor pertanian. Salah satu penyumbang dalam sektor pertanian di Indonesia adalah pisang dan jagung, terutama di provinsi Lampung. Data Badan Pusat Statistik (2020), tahun 2019 produksi pisang di Indonesia mencapai 7,280 juta, dan tahun 2020 produksi pisang di Indonesia mencapai 8,182 juta.

Pemanfaatan kulit pisang saat ini untuk pupuk kompos, pakan ternak, dan sebagainya. Menurut data Balai Besar Litbang Industri, kulit pisang memiliki kandungan selulosa yang tinggi (60-65%), hemiselulosa 6-8%, dan lignin 5-10%.

Pada tahun 2019 produksi jagung di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 20,5 juta ton pertahun, produksi jagung pada tahun 2020 mencapai 21,53 juta ton. Penelitian sebelumnya telah mengungkapkan bahwa tongkol jagung banyak digunakan sebagai arang aktif (Mas'udah *et al.*, 2020). Seiring dengan perkembangan IPTEK tongkol jagung yang telah diproses menjadi arang melalui proses pembakaran dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan nanoteknologi khususnya dalam mensintesis grafena oksida (GO) (Bete *et al.*, 2019).

Limbah kulit pisang merupakan biomassa yang mengandung berbagai zat, salah satunya adalah selulosa. Selulosa termasuk produk ramah lingkungan dan produk *biocompatible* karena hal ini permintaan menjadi meningkat.

Selulosa dapat dimodifikasi menjadi nanoselulosa yang memiliki sifat yang lebih baik, dengan ukuran kurang dari 100 nm. Nanoselulosa memiliki keunggulan dibandingkan dengan selulosa, antara lain densitasnya rendah, memiliki reaktivitas kimia yang tinggi, kekuatan dan modulusnya tinggi. Sifat-sifat tersebut membuat nanoselulosa memiliki potensi dengan nilai guna tinggi dan dapat diaplikasikan lebih meluas (Biao *et al.*, 2011).

Selulosa dapat dikonversi menjadi gula pereduksi melalui beberapa metode, antara lain proses termal, hidrolisis secara enzimatik, *steam explosion* dan juga fotokatalitik. Pada proses konversi secara termal membutuhkan beberapa tahapan proses dan bahan yang lebih banyak, memerlukan suhu tinggi dan waktu yang cukup lama. Pada metode *steam explosion* menggunakan larutan asam kuat dan eksploitasi uap yang menghasilkan produk samping seperti fulfural yang dapat menghambat proses fermentasi, mencemari lingkungan karena menghasilkan residu berupa gipsum (Anita *et al.*, 2020). Dalam penelitian ini menggunakan metode fotokatalitik. Konversi dengan memanfaatkan reaksi fotokatalisis dapat dilakukan pada suhu ruang dan tekanan atmosfer. Waktu yang dibutuhkan lebih singkat dan membutuhkan energi yang lebih sedikit dibandingkan proses termal dan enzimatik.

Konversi selulosa menjadi gula alkohol menggunakan katalis logam transisi telah dilakukan sebelumnya dan memberikan hasil yang cukup besar serta efektif. Konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol menggunakan nanokatalis LaCrO_3 yang diirradiasi sinar UV menghasilkan sebanyak 620 ppm glukosa, 260 ppm xylitol, 150 ppm manitol, dan 210 ppm sorbitol dengan waktu kontak 45 menit (Situmeang *et al.*, 2019). Konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol menggunakan katalis $\text{LaCr}_{0,99}\text{Mo}_{0,01}\text{O}_3$ menghasilkan sorbitol dengan rendemen yaitu 19,05% (Pertiwi, 2017), Nanokomposit 1% V/ LaCrO_3 memiliki aktivitas katalitik untuk mengkonversi nanoselulosa dengan persentase yaitu 20,18% untuk variasi waktu 120 menit (Sari, 2019).

Pada penelitian ini menggunakan katalis Cr_2O_3 yang didistribusikan ke dalam grafena oksida (GO) yang diharapkan akan memperoleh aktivitas konversi

nanoselulosa lebih baik. Katalis ini dipilih karena memiliki energi celah pita pada rentang sinar UV-visible (Situmeang *et al.*, 2019). Katalis Cr_2O_3 diharapkan dapat secara efektif dan efisien memutus ikatan β -1,4-glukosida polimer selulosa menjadi senyawa target (gula pereduksi).

Salah satu penelitian terbaru menunjukkan bahwa Ag_2CrO_4 menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang baik untuk degradasi polutan organik baik dalam larutan berair maupun udara (Xu *et al.*, 2015). Cr_2O_3 pada dasarnya digunakan dalam beberapa aplikasi sebagai bahan refraktor (Helal *et al.*, 2021). Pada penelitian (Ali *et al.*, 2020) katalis $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{GO}$ menunjukkan aktivitas yang tinggi dan stabilitas untuk oksidasi CO.

Katalis Cr_2O_3 dapat ditingkatkan efektivitas katalisnya, dengan menggunakan material lain sebagai pendukung salah satunya material berbasis karbon (Alam *et al.*, 2017). Material berbasis karbon yang lebih menjanjikan adalah Grafena Oksida (GO) yang disintesis dari grafit. Grafena oksida (GO) mempunyai sifat oksidasi, asam, luas permukaan yang tinggi, stabilitas kimia dan stabilitas termal hal ini membuat GO digunakan sebagai katalis untuk berbagai reaksi kimia (Dreyer *et al.*, 2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa GO dalam Ag_2CO_3 dapat meningkatkan luas permukaan dan meningkatkan penyerapan cahaya tampak, menghasilkan peningkatan besar dalam aktivitas fotokatalitik dan stabilitas (Li *et al.*, 2015). Dengan demikian, GO sesuai untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja katalis sebagai material pendukung konversi fotokatalitik pada selulosa.

Pada umumnya, Grafena Oksida (GO) disintesis dari grafit murni yang dijual secara komersil. Akan tetapi, grafit dengan tingkat kemurnian tinggi sangat mahal dan sulit didapatkan. Sehingga, dikembangkan cara untuk mensintesis GO dari bahan alam yang murah dan mudah didapat, salah satunya limbah bonggol jagung (Akhavan *et al.*, 2014). Sehingga, dalam penelitian ini limbah bonggol jagung akan digunakan sebagai bahan baku dalam sintesis grafit dan GO. Dalam penelitian ini diharapkan grafen oksida yang disintesis membentuk nano Grafena Oksida (nGO). Ukuran nano pada Grafena oksida

diharapkan membuat peningkatan luas permukaan material yang dapat meningkatkan reaktivitas kimia (Budianto, 2016).

Setelah nGO yang diharapkan terbentuk, nanokatalis Cr_2O_3 akan didistribusikan ke dalamnya, di mana diharapkan nGO akan meningkatkan aktivitas katalis dalam mengkonversi selulosa. Nanokatalis Cr_2O_3 diimpregnasi ke dalam nGO dengan metode sonokimia, metode sonokimia dipilih karena diketahui akan menghasilkan katalis dengan aktivitas katalitik yang tinggi, yang selanjutnya akan digunakan untuk konversi nanoselulosa menjadi gula pereduksi dibantu dengan tambahan sinar UV dengan variasi waktu 1 sampai 5 jam.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh grafena oksida dari limbah tongkol jagung dengan ukuran nano.
2. Memperoleh selulosa berukuran nano dari kulit pisang kapok (*Musa paradisiaca* L).
3. Memperoleh nanokatalis $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$.
4. Mengetahui aktivitas katalitik nanokomposit $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$ sebagai katalis untuk konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Potensi pemanfaatan limbah kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* L) yang mengandung selulosa untuk diolah menjadi gula alkohol.
2. Memberikan informasi mengenai penggunaan nanokatalis $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$ untuk mengkonversi selulosa menjadi gula alkohol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Katalis

Katalis ditemukan oleh J.J. Berzelius pada tahun 1836 sebagai komponen yang dapat meningkatkan laju reaksi kimia, namun tidak ikut bereaksi. Katalis pada umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut yaitu aktivitas, stabilitas, selektivitas, umur, regenerasi dan kekuatan mekanik. Secara umum katalis mempunyai 2 fungsi yaitu mempercepat reaksi menuju kesetimbangan atau fungsi aktivitas dan meningkatkan hasil reaksi yang dikehendaki atau fungsi selektivitas.

Nanokatalis adalah katalis yang berukuran 1-100 nm. Keunggulan pada nanokatalis yaitu ukurannya yang kecil membuat nanokatalis memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanokatalis bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain dan ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum.

2.2. Metode Preparasi Katalis

Karakteristik katalis sangat dipengaruhi oleh setiap proses preparasi katalis yang dilakukan. Pemilihan metode preparasi katalis yang tepat dan sesuai akan memberikan karakteristik katalis yang diinginkan seperti

mempunyai aktivitas, selektivitas dan stabilitas yang tinggi. Tujuan utama dari metode preparasi katalis adalah mendapatkan struktur definit, stabil, mempunyai luas permukaan yang tinggi dan situs aktif yang lebih terbuka. Beberapa tahapan metode preparasi katalis adalah sebagai berikut:

2.2.1. Kalsinasi

Kalsinasi adalah proses pemanasan zat padat pada suhu tinggi di bawah titik lelehnya yang dilakukan secara bertahap dengan laju dan derajat kenaikan yang konstan untuk menghasilkan keadaan dekomposisi termal. Kalsinasi digunakan pada zat padat seperti katalis untuk dapat mengubah ukuran kristal menjadi lebih kecil. Peristiwa yang terjadi dalam 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 di antara $100^{\circ}C$ dan $300^{\circ}C$.
2. Pelepasan gas CO_2 berlangsung pada suhu sekitar $600^{\circ}C$, akan terjadi pengurangan berat secara berarti dan terjadi reaksi antara oksida yang terbentuk dengan penyangga.
3. Sintering komponen prekursor. Pada proses ini struktur kristal sudah terbentuk namun ikatan di antara partikel serbuk belum kuat dan mudah lepas.

2.2.2. Metode Sonokimia

Prinsip metode sonokimia adalah memanfaatkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi sangat tinggi yang diiradiasikan ke dalam larutan. Ketika suatu larutan diiradiasi dengan gelombang ultrasonik, maka dalam larutan tersebut terjadi tumbukan antar partikel penyusun larutan yang bertekanan tinggi. Ketika antar partikel penyusun kecil ini saling bertumbukan, maka suhu lokal bisa mencapai 5000 K dengan laju pendinginan 1011 K/s . Selain metodenya lebih mudah dan jalur reaksinya lebih cepat, metode sonokimia juga memiliki kelebihan dapat memecah agregat kristal berukuran besar menjadi agregat kristal berukuran kecil hingga dapat berskala nano. Fenomena fisik sonokimia mendasari mendorong

reaksi yang membutuhkan energi tinggi, dengan menghasilkan suhu tinggi, tekanan dan laju pendinginan secara lokal. Oleh karena itu, sonokimia sintesis telah dilaporkan dan terbukti sebagai teknik yang berguna untuk memproduksi nanokomposit baru.

2.3. Kromium

Senyawa kromium (III) oksida, Cr_2O_3 berbentuk bubuk warna hijau dengan titik lebur yang tinggi yaitu 2450°C , tidak larut dalam air, bersifat amfoter dan jenis ikatan ionik. Kromium (III) oksida (Cr_2O_3) adalah zat yang disukai untuk beberapa kegunaan karena memiliki ketahanan korosi sangat baik, kekerasan, dan ketahanan resistansi yang tinggi. Cr_2O_3 , memiliki celah pita lebar (~ 3.0 eV), memiliki konduktivitas listrik yang rendah. Masalah seperti itu dapat diperbaiki dengan hibridanya dengan grafena oksida (GO), yang meningkatkan transfer elektron dan berfungsi sebagai dukungan yang menarik untuk melindungi nanokatalis yang tumbuh di tempat dari aglomerasi. Aktivitas fotokatalitik nanopartikel Cr_2O_3 adalah ditentukan dengan mengukur laju degradasi metil orange dengan menggunakan nanopartikel sebagai katalis (Su *et al.*, 2014).

2.4. Limbah Bonggol Jagung

Selama ini, masyarakat pedalaman cenderung memanfaatkan limbah bonggol jagung sebagai bahan bakar, dan terkesan terbuang percuma. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian guna mengurangi volume limbah bonggol jagung dan meningkatkan nilai tambahnya. Salah satu upaya yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah pertanian tersebut ialah diolah menjadi arang aktif yang selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben. Kandungan senyawa berkarbon, yaitu selulosa (41%) dan hemiselulosa (36%) yang cukup tinggi mengindikasikan bahwa bonggol jagung berpotensi sebagai bahan pembuat arang aktif (Hidayati dan Yulianti, 2016).

Tabel 1. Komposisi elemen bonggol jagung (% massa)

Elemen	Massa(%)
Karbon	46,8
Nitrogen	0.9
Hidrogen	6.0
Oksigen	46.3

Sumber: (Tsai *et al.*, 2001)

Dari data pada Tabel 1, diketahui karbon merupakan salah satu unsur kimia yang paling banyak terkandung di dalam tongkol jagung. Material karbon merupakan bahan utama yang dibutuhkan untuk sintesis natural grafit dan GO. Sehingga, limbah tongkol jagung berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku sintesis natural grafit dan GO (Tsai *et al.*, 2001).

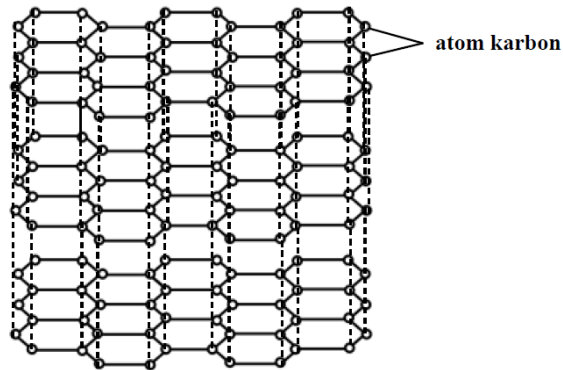
2.5. Karbon

Karbon memiliki polimorf dalam tiga bentuk, yaitu berlian, grafit dan *fullerene*. Perbedaan utama antara berlian dan grafit adalah bahwa ikatan karbon melibatkan hibridisasi sp^3 (tetrahedral) dalam berlian dan hibridisasi sp^2 (trigonal) dalam grafit. Karbon adalah pilihan yang baik sebagai pendukung katalis karena stabilitasnya yang sangat baik di bawah kondisi hidrotermal dan luas permukaan yang besar untuk komponen aktif terdispersi (Fukuoka and Dhepe, 2006).

2.6. Grafit

Grafit berbentuk serbuk berwarna hitam dengan struktur lapisan yang terdiri atas cincin atom karbon yang beranggotakan 6 atom yang mirip benzena yang terkondensasi tanpa atom hidrogen. Secara garis besar, grafit diklasifikasikan menjadi 2 yaitu sintetis grafit dan natural grafit. Sintetis grafit diperoleh dengan proses pemanasan karbon pada suhu tinggi yang menjadikan struktur karbon terkonversi menjadi struktur grafit. Sementara, natural grafit dapat ditemukan secara alamiah di lingkungan atau disintesis dari bahan alami. Ukuran partikel kristal pada natural grafit beragam tergantung pada jenis sumbernya. Natural

grafit berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi material grafena oksida (GO), yang mana material ini sangat banyak diminati karena memiliki banyak kegunaan (Gao, 2012).

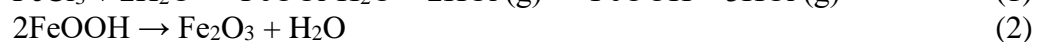
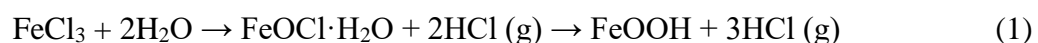


Gambar 1. Struktur grafit

2.7. Metode Sintesis Natural Grafit

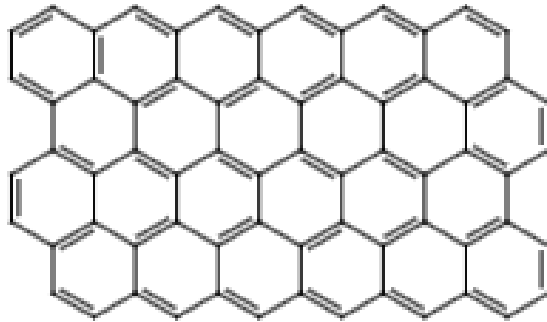
Metode sintesis natural grafit telah banyak dikembangkan seperti CVD (*Chemical Vapor Deposition*), *direct graphitization*, dan *catalytic graphitization*. Namun, metode yang paling banyak diterapkan adalah metode *catalytic graphitization*. Beberapa kelebihan dari metode *catalytic graphitization* yaitu proses sintesis dapat berlangsung secara mudah, biaya yang dibutuhkan rendah (ekonomis), dan dapat berlangsung pada suhu *moderate* atau relatif rendah. Sehingga, metode ini dapat diterapkan untuk sintesis skala besar (Thambiliyagodage *et al.*, 2018).

Catalytic graphitization merupakan metode yang menggunakan katalis (logam transisi) untuk meningkatkan kristalinitas karbon hingga membentuk material grafit dengan melibatkan reaksi kimia antara karbon dan logam transisi (sebagai katalis grafitisasi). Pada penelitian ini, logam transisi yang digunakan adalah Fe (Iron), berasal dari $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Selain itu, prekursor karbon yang digunakan berasal dari hasil karbonisasi limbah tongkol jagung. Reaksi dekomposisi $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ menjadi Fe dapat dilihat pada persamaan 1 – 5 (Xu *et al.*, 2020).



2.8. Grafena

Grafena merupakan alotrop karbon yang berbentuk lembaran datar tipis dimana setiap atom karbon memiliki ikatan sp^2 dan dikemas rapat dalam bentuk kisi kristal seperti sarang lebah. Grafena juga dapat dianggap sebagai molekul aromatik sangat besar yang merupakan kelompok senyawa hidrokarbon polisiklik aromatik datar.



Gambar 2. Struktur grafena (Kamel *et al.*, 2020)

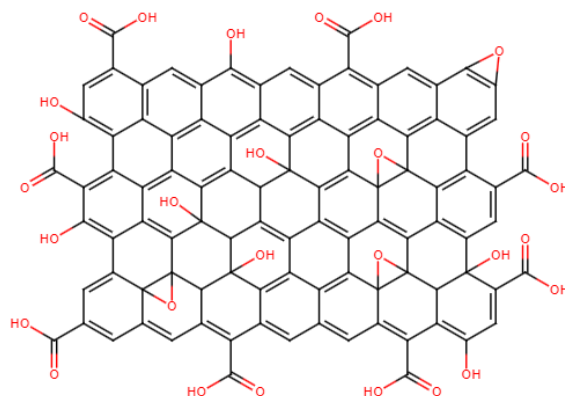
Karena struktur dan geometrinya yang unik, grafena memiliki sifat fisik-kimia yang luar biasa, termasuk modulus young yang tinggi, kekuatan fraktur tinggi, konduktivitas listrik dan termal yang sangat baik, mobilitas pembawa muatan yang cepat, luas permukaan spesifik yang besar dan biokompatibilitas. Keunggulan grafena yang dimanfaatkan pada aplikasi-aplikasi tersebut adalah karena grafena memiliki struktur poros, kemampuan transfer elektron yang cepat, luas permukaan spesifik yang besar, konduktivitas yang tinggi dan kapasitas penyimpanan energi yang sangat besar (Fan *et al.*, 2015).

2.9. Grafena Oksida

Grafena oksida mempunyai ikatan dengan gugus fungsi oksigen reaktif, yang menjadikannya pilihan yang tepat untuk digunakan dalam banyak aplikasi (Tohamy *et al.*, 2020). Grafena oksida menunjukkan rasio aspek permukaan volume yang tinggi, karena adanya struktur cacat kekosongan karbon dan gugus fungsi yang berbeda, ion logam dapat mudah teradsorpsi ke permukaan grafena oksida, membentuk material komposit yang stabil secara termal. Berdasarkan sifat

uniknya, grafena oksida digunakan sebagai bahan pendukung untuk berbagai katalis heterogen (Li *et al.*, 2012).

Gugus fungsi yang mengandung oksigen pada grafena oksida seperti gugus karboksil ($-\text{COOH}$), karbonil ($-\text{C}=\text{O}$), dan gugus fenol pada tepi lembaran, serta gugus epoksi ($\text{C}-\text{O}-\text{C}$), dan hidroksil ($-\text{OH}$) pada bidang basal memberikan sifat hidrofilik untuk grafena oksida. Oleh karena itu, grafena oksida mengandung atom karbon hibridisasi sp^2 yang berasal dari grafit murni (tidak teroksidasi) dan hibridisasi sp^3 yang berasal dari bagian grafena teroksidasi dan bersifat isolator. Struktur grafena oksida ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur sederhana dari satu lapisan grafena oksida (Pyun, 2011)

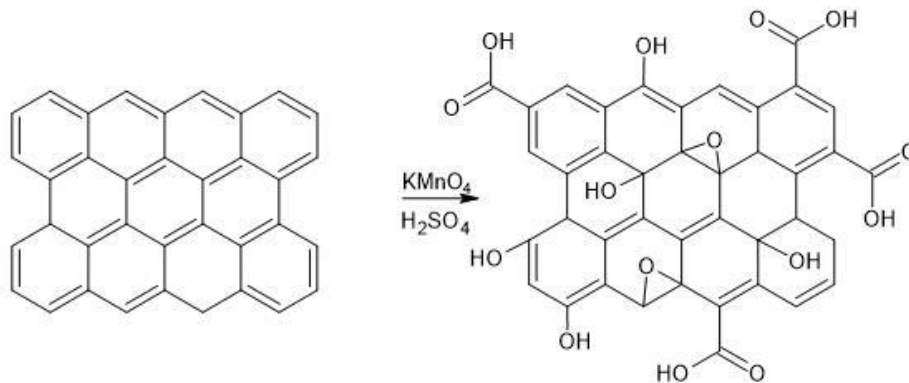
2.10. Sintesis Grafena Oksida

Grafena oksida dapat disintesis dari oksidasi grafit dengan berbagai metode seperti Brodie, Staudenmaier, dan Hummers. Metode brodie merupakan metode pertama yang ditemukan untuk proses sintesis grafena oksida. Pada metode ini masih terdapat banyak kekurangan yaitu proses oksidasi berlangsung sangat lama sekitar 3-4 hari (diulang hingga 4 kali percobaan). Selain itu, penggunaan bahan KClO_3 sangat berbahaya karena dapat menyebabkan ledakan dan HNO_3 dapat menghasilkan gas-gas beracun seperti NO_2 . Selanjutnya terdapat metode Staudenmaier yang menggantikan penggunaan HNO_3 dengan H_2SO_4 dan berhasil menjadikan proses oksidasi berlangsung lebih cepat, namun pada metode ini masih digunakan KClO_3 (Marcano *et al.*, 2010). Sehingga, dikembangkanlah metode yang lebih praktis, aman, dan efisien waktu yaitu metode Hummers.

Pada metode Hummers, proses oksidasi bisa dilakukan dalam satu kali percobaan sehingga proses sintesis jauh lebih cepat dibandingkan metode lainnya. Bahan KClO_3 digantikan dengan KMnO_4 untuk mencegah ledakan spontan yang mungkin terjadi selama proses oksidasi dan bahan HNO_3 diganti dengan NaNO_3 untuk mencegah terbentuknya kabut asam. Berdasarkan penelitian (Marcano *et al.*, 2010), diketahui bahwa metode Hummers secara konvensional masih memiliki kekurangan yaitu penggunaan NaNO_3 mampu menghasilkan gas-gas beracun seperti NO_2 dan N_2O_4 . Oleh karena itu, dikembangkan metode lain yaitu Hummers termodifikasi.

Beberapa bahan kimia utama yang digunakan pada metode Hummers termodifikasi adalah KMnO_4 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 . Penggunaan bahan kimia ini menjadikan metode Hummers termodifikasi memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan metode lainnya, yaitu:

1. Menghilangkan evolusi akibat ClO_2 yang bersifat eksplosif (penggunaan oksidan dengan KMnO_4 bukan KClO_3). Selain itu, penggunaan larutan H_2O_2 dapat menetralkan sisa KMnO_4 dari proses oksidasi dan menghasilkan garam *manganese sulfate* yang tidak beracun (Brisebois and Siaj, 2020).
2. Penggunaan H_3PO_4 mampu menghasilkan yield GO yang lebih besar, mengurangi defect pada struktur GO, dan tidak menghasilkan gas-gas beracun berbahaya (biasanya timbul pada metode lain yang menggunakan NaNO_3) (Brisebois and Siaj, 2020).
3. Waktu yang dibutuhkan untuk proses oksidasi sangat cepat yaitu pada rentang 1 – 12 jam dan proses berlangsung pada suhu rendah (50°C) (Husnah *et al.*, 2017).
4. Menghasilkan derajat oksidasi yang lebih tinggi (Marcano *et al.*, 2010).



Gambar 4. Reaksi oksidasi grafit menjadi grafena oksida (Taufantri *et al.*, 2016)

2.11. Karakterisasi Nanokatalis

Karakterisasi katalis ini digunakan untuk memperoleh informasi mengenai katalis yang dibuat yaitu sifat kimia dan sifat fisika. Pada karakterisasi kimia untuk mengetahui jumlah kandungan logam dalam katalis, ikatan kimia dan kristalinitas. Sedangkan karakterisasi fisika untuk mengetahui luas permukaan, diameter pori, volume pori, kekerasan dan distribusi logam pada katalis.

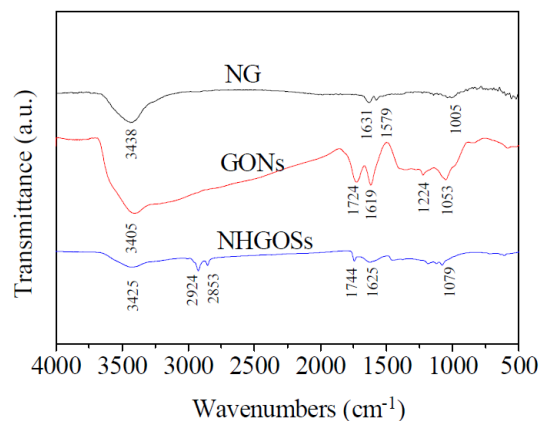
2.11.1. Identifikasi Gugus Fungsi

Spektroskopi inframerah merupakan metode yang didasarkan pada interaksi radiasi inframerah dengan sampel. Radiasi Inframerah dilewatkan melewati sampel, panjang gelombang spesifik diserap karena ikatan kimia pada material (*contracting*), dan pembengkokan (*bending*). Gugus fungsi yang ada dalam suatu molekul cenderung menyerap radiasi inframerah pada kisaran bilangan gelombang yang sama terlepas dari struktur lain dalam molekul. Puncak spektrum juga diturunkan dari absorbansi perubahan energi vibrasi pada daerah inframerah. Jadi, ada hubungan antara posisi pita inframerah dan struktur kimia dalam molekul.

Tabel 2. Korelasi antara jenis vibrasi gugus fungsi dengan frekuensi

Gugus	Jenis vibrasi	Frekuensi (cm⁻¹)	Intensitas
C-H	Alkana (ulur)	3000-2850	Kuat
	CH ₃ (tekuk)	1450 dan 1375	Medium
	CH ₂ (tekuk)	1465	Medium
	Alkena (ulur)	3100-3000	Medium
	Alkena (tekuk, keluar bidang)	1000-650	Kuat
	Aromatis (ulur)	3150-3050	Kuat
	Aromatis (tekuk, keluar bidang)	900-690	Kuat
	Alkana (ulur)	± 3300	Kuat
	Aldehid	2900-2800	Lemah
		2800-2700	Lemah
C-C	Alkana	1200	Sedang
C=C	Alkena	1680-1600	Medium-lemah
	Aromatis	1600 dan 1475	Medium-lemah
C≡C	Alkana	2250-2100	Medium-lemah
C=O	Aldehid	1740-1720	Kuat
	Keton	1725-1705	Kuat
	Asam karboksilat	1725-1700	Kuat
	Ester	1750-1730	Kuat
C-O	Alkohol, eter, ester, asam karboksilat, anhidrida	1300-1000	Kuat
O-H	Fenol Bebas	3650-3600	Medium Medium
	Terikat hydrogen	3400-3200	Medium
	Asam-asam karboksilat	3400-2400	

Sumber : Rohman and Yusof, 2014

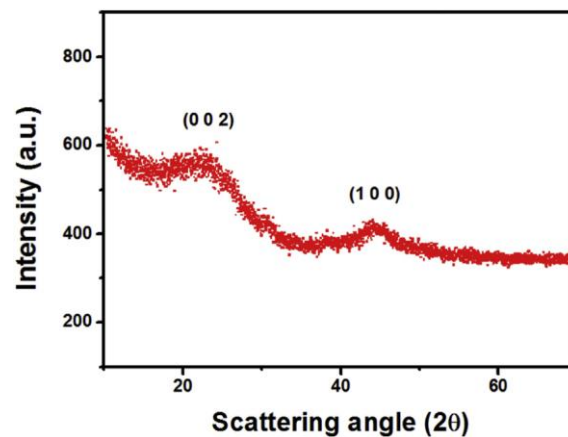


Gambar 5. Spektrum FTIR dari nano *hollow* grafena oksida (NHGO), grafena oksida nanosheets (GONs) dan grafit (NG) (Li *et al.*, 2013)

2.11.2. Penentuan Fasa Kristalin Katalis

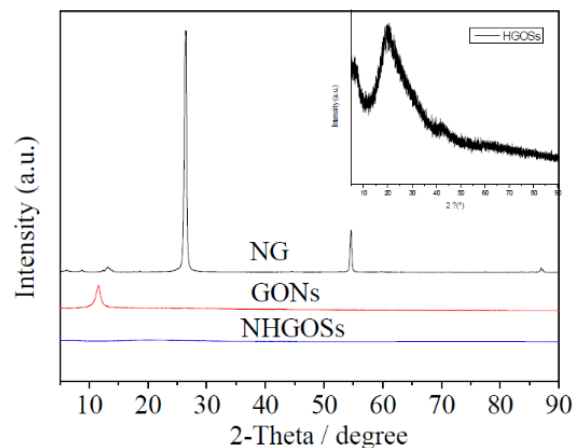
Analisa *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengidentifikasi keberadaan suatu senyawa dengan mengamati pola pembiasan cahaya sebagai akibat dari berkas cahaya yang dibiaskan oleh material yang memiliki susunan atom pada kisi kristalnya. Prinsip kerja dari XRD yaitu setiap senyawa terdiri dari susunan atom-atom yang membentuk bidang tertentu. Jika sebuah bidang memiliki bentuk yang tertentu, maka partikel cahaya (foton) yang datang dengan sudut tertentu hanya akan menghasilkan pola pantulan maupun pembiasan yang khas. Kekhasan pola difraksi yang tercipta inilah yang dijadikan landasan dalam analisa kualitatif untuk membedakan suatu senyawa dengan senyawa yang lain menggunakan instrumen XRD. Pola unik yang terbentuk untuk setiap difraksi cahaya pada suatu material seperti halnya *fingerprint* (sidik jari) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda (Setiabudi *et al.*, 2012).

Analisis struktur kristal katalis dilakukan menggunakan instrumentasi *X-ray Diffraction* (XRD). Dalam karakteristik katalis, pola difraksi terutama digunakan untuk mengidentifikasi fase kristalografi yang hadir dalam katalis. Teknik ini memberikan informasi tentang struktur, fase, orientasi kristal yang disukai (tekstur), dan parameter struktural lainnya, seperti ukuran butir rata-rata, kristalinitas, regangan, dan cacat kristal. Gambar difraktogram untuk natural grafit dari bonggol jagung dapat dilihat pada Gambar 6.



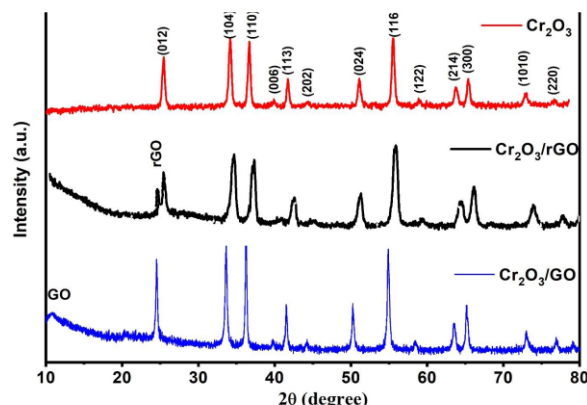
Gambar 6. Difraktogram natural grafit dari bonggol jagung (Yu *et al.*, 2014)

Pada gambar 6 ditunjukkan dengan jelas ada dua puncak lebar pada $21,8^\circ$ dan $43,7^\circ$ untuk grafit sesuai dengan (002) dan (100) bidang grafena (Yu *et al.*, 2014). Gambar difraktogram untuk grafena oksida dan nano *hollow* grafena oksida dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Difraktogram grafena oksida dan nano *hollow* grafena oksida (Li *et al.*, 2013)

Perubahan struktural dari grafit alam menjadi nano grafena oksida diselidiki dengan pengukuran XRD, dan polanya ditunjukkan pada Gambar 7. Pola XRD dari grafit alam menunjukkan puncak karakteristik (002) dari grafit pada $26,52^\circ$. Setelah oksidasi, puncak (002) grafit menghilang dan puncak tambahan pada $11,56^\circ$ diamati, yang sesuai dengan puncak difraksi (001) lembaran nano grafena oksida (Li *et al.*, 2013). Gambar difraktogram untuk nanokatalis $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$ dapat dilihat pada Gambar 8.

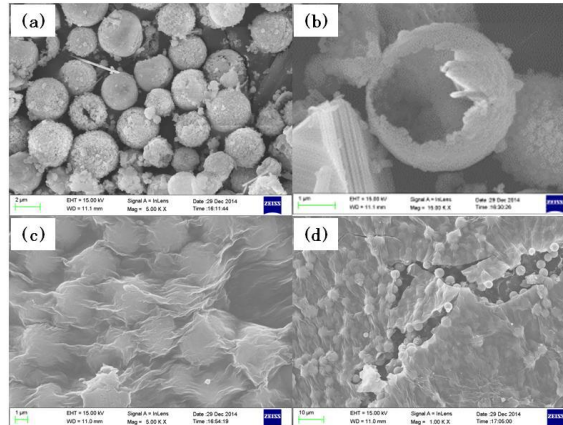


Gambar 8. Difraktogram Cr_2O_3 dan $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{GO}$ (Ali *et al.*, 2020)

Pada Gambar 8. $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{GO}$ memiliki puncak pada $10,6^\circ$ ini adalah puncak dari grafena oksida sedangkan sisanya adalah puncak dari Cr_2O_3 (Ali *et al.*, 2020).

2.11.3. Penentuan morfologi permukaan katalis

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah suatu alat yang digunakan untuk mengetahui morfologi atau struktur mikro permukaan dari suatu bahan/material. SEM dilengkapi dengan detektor dispersi energi (EDX) sehingga dapat digunakan untuk mengetahui komposisi elemen-elemen pada sampel yang dianalisis. Analisa struktur mikro dilakukan terutama untuk melihat ukuran dan bentuk partikel yang dihasilkan. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) biasa digunakan untuk bubuk yang relatif kasar, sedangkan untuk yang lebih halus (skala nanometer) digunakan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Metode SEM merupakan pemeriksaan dan analisa permukaan atau lapisan yang tebalnya sekitar $20\mu\text{m}$ dari permukaan. Hasilnya berupa topografi dengan segala tonjolan dan bentuk permukaan. Gambar topografi diperoleh dari penangkapan pengolahan elektron sekunder yang dipancarkan dari spesimen. Prinsip kerja SEM adalah pemindaian berkas elektron yang seperti “menyapu” permukaan spesimen, titik demi titik dengan membentuk sapuan garis demi garis, mirip seperti gerakan mata membaca.



Gambar 9. SEM Cr₂O₃ dan GO

Pada Gambar 9 (a). menunjukkan Cr₂O₃ dengan ukuran yang seragam sekitar 2 μm dan berbentuk *hollow* pada Gambar 9 (b). Pada Gambar 9 (c). menunjukkan lembaran yang menandakan Grafena Oksida dan ditunjukkan pada Gambar 9 (d). struktur dan komposisi antara Cr₂O₃ dan GO.

2.11.4. Analisis Celah Pita

Energi celah pita semikonduktor menggambarkan energi yang dibutuhkan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Penentuan energi celah pita yang akurat sangat penting dalam memprediksi fotofisika dan sifat fotokimia semikonduktor. Parameter ini sering disebut ketika fotokatalitik sifat semikonduktor dibahas (Makula *et al.*, 2018). Pengukuran celah pita penting dalam industri semikonduktor dan nanomaterial. Energi celah pita dapat digunakan untuk memprediksi kekuatan dan stabilitas kompleks logam transisi, serta warna yang dihasilkannya dalam larutan.

Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk menentukan celah pita, salah satunya adalah dengan *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS). Ketika suatu sampel dikenai cahaya, maka sebagian akan diteruskan (menembus sampel) dan sebagian yang lain akan dipantulkan. Pada metode DRS, cahaya yang menembus sampel akan dikembalikan ke permukaan sampel dan kembali keluar. Radiasi cahaya inilah yang dianggap sebagai pantulan yang terdifusi. DRS adalah metode yang cocok, tidak merusak, dan sederhana untuk penyelidikan, terutama penting dalam pemeriksaan berpori, bahan nanokristalin dan gel.

2.11.5. Analisis Luas Permukaan dan Pori

Luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori dapat dianalisis secara spesifik menggunakan metode BET (*Brunauer Emmett Teller*). Metode ini dapat memberikan penjelasan mengenai adsorpsi fisik molekul gas pada suatu permukaan padat. Prinsip kerja alat ini menggunakan mekanisme adsorpsi gas pada permukaan suatu bahan padat pada berbagai tekanan dan suhu yang konstan (isoterm). Pada umumnya, gas yang digunakan berupa helium (H_2) dalam ukuran mikropori ($< 20 \text{ \AA}$), nitrogen (N_2) dalam ukuran mesopori (20-500 \AA), dan argon (Ar) dalam ukuran makropori ($> 500 \text{ \AA}$). Analisis diawali dengan memasukkan sejumlah volume gas yang diketahui ke dalam tabung sampel, sensor tekanan akan memberikan data tekanan proses yang bervariasi. Data volume gas yang dimasukkan yang telah diketahui jumlahnya dan data hasil kenaikan tekanan dibuat sebagai persamaan BET (Rosyid *et al.*, 2012).

2.12. Kulit Pisang

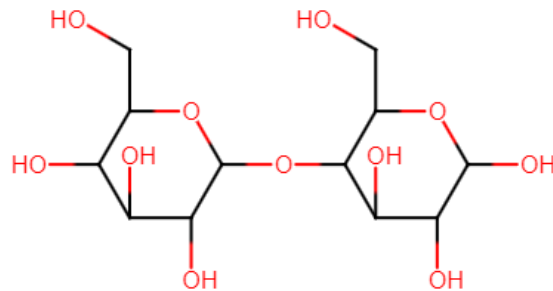
Pisang dalam jumlah besar (102 juta ton buah segar) diproduksi setiap tahun. Kulitnya menyumbang sekitar 35% dari seluruh berat buah, oleh karena itu sekitar 36 juta ton kulit pisang dihasilkan setiap tahun dan ini merupakan bahan potensial untuk pemanfaatan lebih lanjut. Namun, sebagian besar kulit pisang biasanya dibuang ke tempat pembuangan akhir atau dengan sampah umum.

Kulit pisang dimanfaatkan untuk kompos pada lahan pertanian dapat mengurangi pencemaran karena berkurangnya kebutuhan pemakaian pupuk kimia yang berlebihan. Kulit pisang kepek mengandung polimer seperti lignin, selulosa, hemiselulosa dan pektin (Klemm *et al.*, 2018). Kulit pisang kepek juga mengandung selulosa sebesar 18,71% (Hariani *et al.*, 2016).

2.13. Selulosa

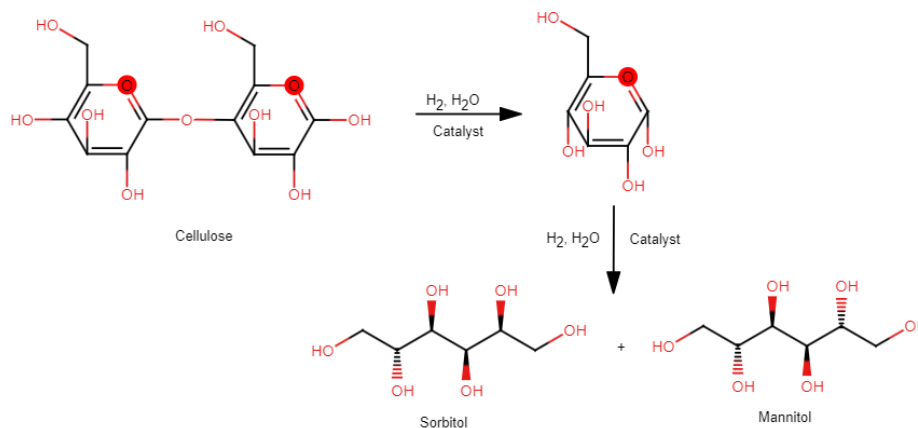
Selulosa $[C_6H_{10}O_5]_n$ merupakan polisakarida linier dengan unit berulang dari unit selobiosa, yang terdiri atas unit β -D-glukopiranososa yang terikat bersama-sama

oleh ikatan (1,4)-glikosida, dan ada hidrogen intramolekul atau antarmolekul yang kuat ikatan antara unit glukosa yang berdekatan dalam rantai yang sama atau rantai yang berbeda melalui gugus hidroksil terbuka yang ada di unit monomer glukosa (Sharma *et al.*, 2019). Selulosa mengandung karbon (44,44%), hidrogen (6,17%), dan oksigen (49,39%). Pada umumnya, kandungan selulosa berkisar ~40–50% dari berat kering bahan berlignoselulosa (Chen, 2014).



Gambar 10. Struktur selulosa

Nanoselulosa memiliki keunggulan dibandingkan selulosa yaitu adanya peningkatan kristalinitas, aspek rasio, luas permukaan, dan peningkatan kemampuan disperse serta biodegradasi. Sejak penelitian dari (Fukuoka and Dhepe, 2006) tentang konversi selulosa menjadi sorbitol dan manitol dengan katalis Pt dan Ru yang didukung di bawah tekanan H_2 , banyak penelitian tentang degradasi selulosa menjadi sorbitol atau etilen glikol menggunakan berbagai katalis logam yang didukung di bawah tekanan tinggi H_2 (> 5 MPa). Banyak katalis seperti, Pt/ Al_2O_3 , Ru/carbon *nanotubes*, Ru/*activated carbon*, dan NixP, Pt/Na(H)- ZSM-5 telah digunakan untuk mengubah selulosa atau selobiosa menjadi sorbitol secara langsung. Namun demikian, beberapa katalis padat dapat memperoleh sorbitol dengan hasil tinggi ketika selulosa mikrokristalin digunakan sebagai bahan baku kecuali dalam kondisi reaksi yang keras (Wang *et al.*, 2014).



Gambar 11. Skema konversi katalitik selulosa atau selobiosa menjadi sorbitol dan manitol (Wang *et al.*, 2014)

2.14. Gula Alkohol

Gula alkohol juga dikenal sebagai alkohol polihidrat (atau poliol), dapat diperoleh dengan reduksi gugus aldehid atau karbonil karbohidrat menjadi gugus hidroksil atau dengan hidrogenasi gula. Sebagian besar zat ini berasal dari gula aldosa yang sesuai dan disebut alditol. Misalnya, reduksi gugus aldehid glukosa menghasilkan sorbitol, sedangkan reduksi gugus karbonil manosa menghasilkan manitol. Secara umum, gula alkohol dapat dikategorikan tergantung pada jenis gula yang dihidrogenasi (Hong *et al.*, 2019).

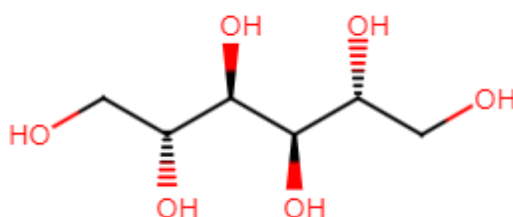
Di antara berbagai gula alkohol yang dapat diperoleh langsung dari selulosa dan hemiselulosa (xilan), sorbitol dan xylitol adalah dua yang paling menarik, keduanya berada dalam 12 produk yang bernilai tinggi yang dapat diperoleh dari biomassa. Berbagai gula alkohol ditemukan dalam aplikasi industri makanan sebagai pengganti gula konvensional dan dalam kombinasi dengan pemanis buatan untuk melawan rasa manis yang lebih rendah dibandingkan dengan glukosa (Ruppert *et al.*, 2012).

2.14.1. Manitol

Manitol memiliki rumus kimia $C_6H_{14}O_6$ dan berat molekul 182,17g/mol. Bentuk dari manitol adalah bubuk kristal putih bersifat non-kariogenik, tidak berbau. Manitol adalah pemanis dan gula alkohol kedua yang banyak digunakan. Manitol

tidak larut dalam keton, eter dan hidrokarbon sementara sedikit larut dalam etanol. Manitol memberikan rasa dingin yang manis yang membantu menutupi rasa tidak enak rasa banyak obat (Zada *et al.*, 2017).

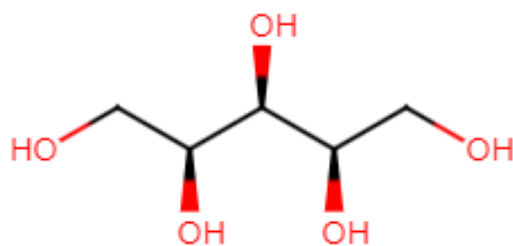
Manitol sebagian besar dapat digunakan dalam sintesis surfaktan, resin dan biofuel. Dalam pengobatan, manitol digunakan sebagai diuretik osmotik yang kuat (Zada *et al.*, 2017). Ini juga efektif untuk mengurangi pembengkakan otak yang disebabkan oleh cedera kepala. Manitol hipertonik meningkatkan transport obat melintasi penghalang darah-otak untuk pengobatan penyakit otak akut.



Gambar 12. Struktur Manitol

2.14.2. Xylitol

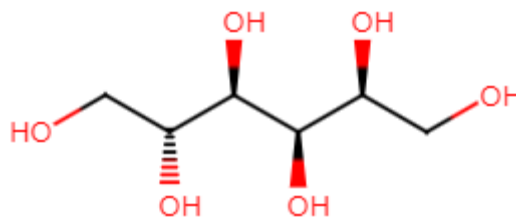
Xylitol adalah gula alkohol rantai lima karbon yang memiliki lebih sedikit kalori dibandingkan dengan sukrosa. Xylitol mengandung kalori 40% lebih sedikit daripada gula putih dan aman untuk diabetes. Xylitol adalah gula alkohol alami yang sebagian besar ditemukan dalam bahan tanaman seperti sayuran dan buah-buahan. Xylitol biasa digunakan sebagai alternatif gula untuk pembuatan bahan yang dapat dimakan “bebas gula” seperti mint, permen karet dan permen lainnya.



Gambar 13. Struktur xylitol

2.14.3. Sorbitol

Sorbitol dan manitol adalah isomer, memiliki rumus kimia yang sama ($C_6H_{14}O_6$) dan berat molekul (182,17g/mol). Keduanya non-kariogenik, tidak berbau, dan bubuk kristal putih. Sorbitol memiliki banyak aplikasi dan dapat digunakan sebagai pemanis, agen pendispersi dan humektan dalam farmasi, kosmetik, dan tekstil, serta bahan kimia platform untuk sintesis senyawa kimia seperti isosorbid, 1,4-sorbitan, glikol, asam laktat, gliserol, vitamin C, dll (Ruppert *et al.*, 2012).



Gambar 14. Struktur sorbitol

2.15. Reaksi Fotokatalitik

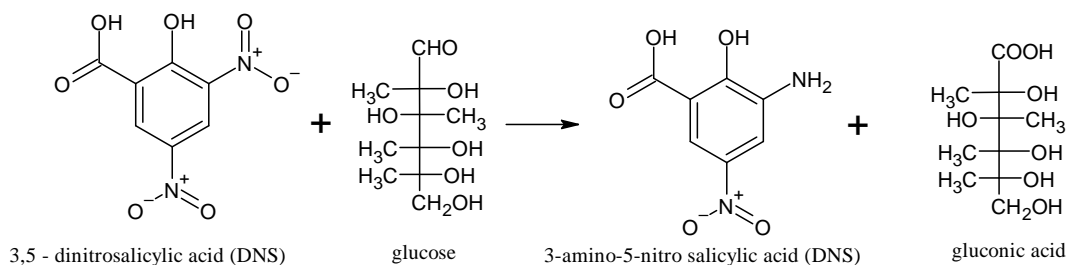
Fotokatalis adalah katalis yang dapat berfungsi saat dikenai sinar radiasi sehingga elektron terdorong dari tingkat HOMO ke tingkat LUMO karena terjadi reaksi. Senyawa yang dapat digunakan sebagai fotokatalis adalah material yang memiliki energi celah pita pada kisaran radiasi cahaya yang diterapkan (Pierpaoli *et al.*, 2018). Fotokatalis adalah bahan yang menghasilkan oksidator kuat (superoksida dan radikal hidroksil) dengan lubang elektronik dengan adanya air dan UV atau cahaya tampak.

Fotokatalisis menjadi semakin penting karena perannya yang efisien di bidang energi dan juga dalam remediasi lingkungan, seperti yang dijelaskan dalam ulasan baru-baru ini. Teknologi baru ini bersih, efektif, hemat energi, sederhana, ramah lingkungan, dan tidak mahal. Fotokatalisis muncul sebagai alternatif yang menarik untuk metode lain produksi H_2 seperti *steam reforming* komponen biomassa dan gasifikasi biomassa, yang relatif kompleks dan energi intensif karena persyaratan suhu tinggi atau tekanan (Kondarides *et al.*, 2007).

2.16. Analisis Konversi Nanoselulosa

2.16.1. Metode DNS

DNS merupakan senyawa aromatis yang jika bereaksi dengan gula pereduksi akan membentuk asam 3-amino-5-nitrosalisilat, yakni senyawa yang dapat menyerap radiasi gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang maksimum 540 nm. Semakin tinggi kadar gula pereduksi yang terdapat dalam sampel, maka akan semakin banyak pula molekul asam 3-amino-5-nitrosalisilat yang terbentuk, sehingga absorbansi sampel akan semakin tinggi. Reaksi gula pereduksi dengan reagen DNS merupakan reaksi redoks dimana gugus aldehyd yang bertindak sebagai pereduksi akan teroksidasi menjadi karboksil, sedangkan DNS yang bertindak sebagai oksidator akan tereduksi membentuk asam 3-amino-5-nitrosalisilat. Apabila terdapat gula pereduksi pada sampel, maka larutan DNS yang awalnya berwarna kuning bereaksi dengan gula pereduksi akan menimbulkan warna jingga kemerahan. Reaksi ini berlangsung pada suasana basa dan suhu 100°C (Oktavia *et al.*, 2018).



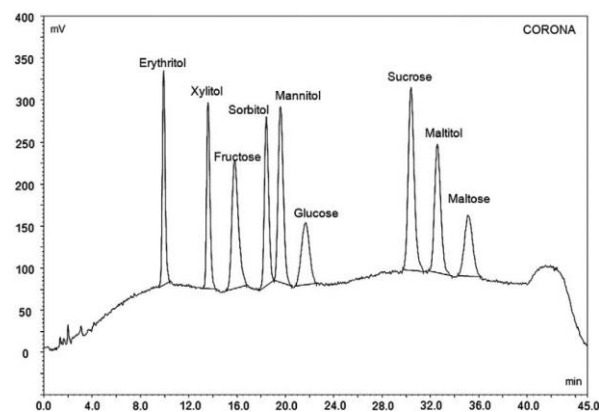
Gambar 15. Reaksi DNS

2.16.2. *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC)

Metode kromatografi lebih banyak diterapkan untuk tujuan analisis karena lebih sederhana dan memiliki sensitivitas yang tinggi. Teknik kromatografi yang digunakan adalah *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) (Oktavia *et al.*, 2018). Secara umum, metode HPLC adalah analisis yang mudah dan akurat metode yang cocok untuk berbagai sampel termasuk senyawa organik dan anorganik. Kromatografi cair memiliki keunggulan dalam akurasi analisis dan

sensitivitas yang tinggi serta cocok untuk memisahkan senyawa non volatil yang tidak tahan terhadap pemanasan (Skoog *et al.*, 2017).

Kromatografi cair kini telah menjadi metode pilihan untuk sebagian besar jenis analisis gula, mulai dari menentukan gula umum dalam makanan hingga mengidentifikasi sampel dengan sensitivitas tinggi yang lebih kompleks. Senyawa yang dipisahkan dengan kromatografi cair memiliki mekanisme yang sama dengan jenis kromatografi lainnya, yaitu dengan mengikat perbedaan gaya antar molekul dalam sampel dengan fase gerak dan fase diamnya (Skoog *et al.*, 2017).



Gambar 16. Kromatogram dari gula alkohol, monosakarida dan disakarida (Grembecka *et al.*, 2014)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Mei-Desember 2022 di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik FMIPA Universitas Lampung. Proses *freeze-dry* dan analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung. Analisis *X-Ray Diffraction* XRD dilakukan di Universitas Negeri Padang (UNP). Analisis *Diffuse Reflectance Spectroscopy UV-Vis* (DRS UV-Vis), *Brunauer-Emmett-Teller* (BET) dan *Fourier-transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dilakukan di Laboratorium UI-Chem, Universitas Indonesia. Uji konversi selulosa dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik FMIPA Unila, dan kadar gula alkohol dianalisis dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) di BRIN, Bogor.

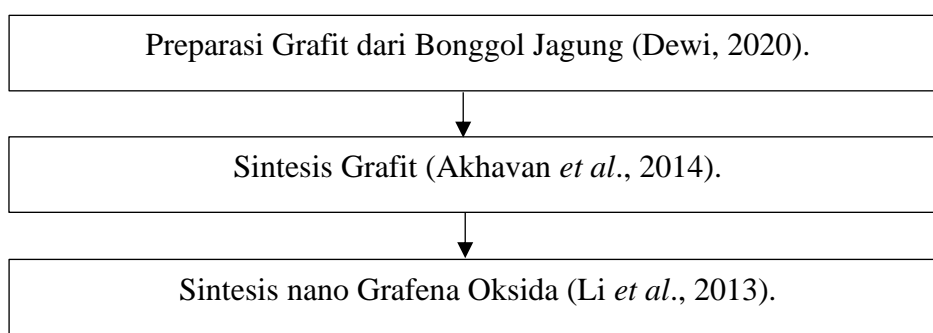
3.2. Alat dan Bahan

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, pipet 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, corong gelas, labu Erlenmeyer (250 mL), gelas kimia (100 mL - 1000 mL), gelas ukur (10 mL - 500 mL), labu ukur (25 mL - 1000 mL), mortar dan alu, botol vial (20 mL), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS), *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC), serta ultrasonik (D68H).

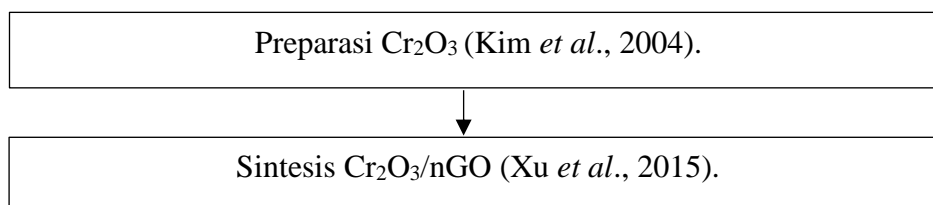
Bahan-bahan yang digunakan adalah Kromium (III) nitrat nonahidrat $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Merck™), NH_4OH (Merck™), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck™), HCl 1 M dan HCl 5%, H_2SO_4 pekat (Merck™), KMnO_4 (Merck™), H_2O_2 30%, minyak zaitun, akuades, kulit pisang kepok, tongkol jagung, buffer asetat, pH indikator, gas Hidrogen (BOC 99,99%), NaOH 4%, NaClO 5,25% , HNO_3 35%, reagen fehling, dan asam 2-hidroksi-3,5-dinitrosalisilat/DNS (Sigma-Aldrich™).

3.3. Prosedur Penelitian

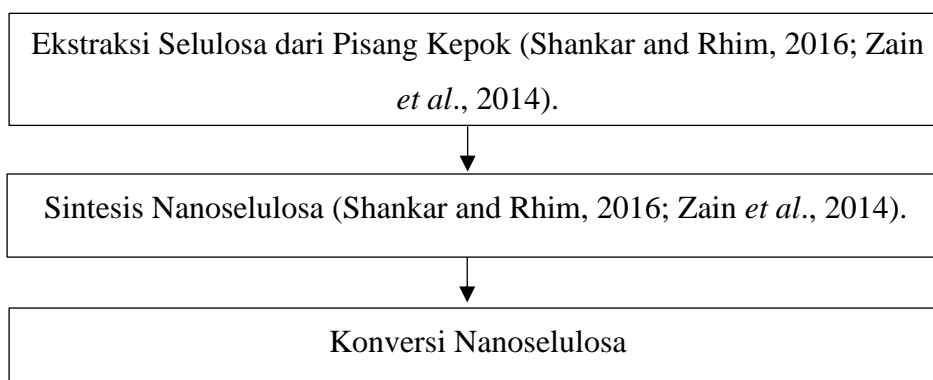
Tahap 1. Sintesis nano Grafena Oksida



Tahap 2. Sintesis Katalis $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$



Tahap 3. Uji Aktivitas Fotokatalitik



Gambar 17. Diagram Alir Penelitian

3.3.1. Preparasi Nanokatalis Cr₂O₃/nGO

3.3.1.1. Preparasi Grafit dari Bonggol Jagung

Preparasi nanokatalis Cr₂O₃/nGO dimulai dengan preparasi nGO selanjutnya diimpregnasi dengan Cr₂O₃. Preparasi nanokatalis diawali limbah tongkol jagung dicuci hingga bersih kemudian dipotong kecil dan dijemur di bawah sinar matahari. Tongkol jagung kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 1,5 jam. Tongkol jagung dihaluskan menggunakan alat penggiling sampai halus. Serbuk yang telah halus dimasukkan ke dalam cawan krus dan ditutup lalu di *furnace* dengan suhu 350°C selama 2 jam dengan *heating rate* 10°C/menit, dilakukan pada suhu 350°C. Arang yang telah diperoleh didinginkan ke dalam desikator selama 15 menit, kemudian dihaluskan menggunakan mortar untuk dapat digunakan pada tahap selanjutnya (Hartanto dan Ratnawati, 2010).

3.3.1.2. Sintesis Grafit

Arang hasil karbonisasi ditimbang sebanyak 5 gram kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 mL lalu ditambahkan aquades sebanyak 500 mL dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* menggunakan kecepatan 600 rpm. Selanjutnya, ditambahkan larutan FeCl₃·6H₂O sebanyak 4 mL dan ditambahkan kecepatan putaran sampai 900 rpm pada suhu ruang. Lalu pH larutan diubah hingga mendekati pH 2 dengan penambahan HCl 1 M secara perlahan. Setelah itu dilakukan pengadukan pada suhu 60°C selama 5 jam. Kemudian, larutan disentrifugasi untuk memisahkan supernatan dari endapan natural grafit (Akhavan *et al.*, 2014).

Endapan dicuci dengan aquades hingga pH ~7 (netral). Selanjutnya, endapan akhir (sampel natural grafit) dikeringkan di dalam oven pada suhu 50°C semalaman dan dilanjutkan dengan suhu 110°C selama 5 jam. Kemudian, sampel yang telah dioven dimasukan ke dalam desikator selama 15 menit untuk didinginkan (Akhavan *et al.*, 2014). Hasil pengeringan berupa serbuk natural grafit lalu dikarakterisasi dengan XRD dan digunakan sebagai bahan baku sintesis GO.

3.3.1.3. Sintesis nano Grafena Oksida (nGO)

Sintesis nano grafena oksida menggunakan metode Hummers modifikasi. Pertama timbang 5 gram grafit lalu dimasukkan kedalam gelas kimia dalam lemari asam dan ditambahkan dengan 2,5 gram NaNO_3 , kemudian ditambahkan 120 mL H_2SO_4 pekat dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit dalam penangas es sampai suhu dibawah 10°C . Ditambahkan 15 gram KMnO_4 secara perlahan dan suhu dipertahankan di bawah 10°C lalu direaksikan selama 3 jam dalam penangas es. Sampel ditambahkan aquades hingga mencapai 400 mL secara perlahan sehingga mengalami kenaikan suhu hingga 98°C , lalu tambahkan 15 mL larutan H_2O_2 30% sambil diaduk selama 15 menit. Suspensi yang terbentuk dicuci berulang kali dengan larutan HCl 5% sampai sulfat menghilang, diuji dengan barium klorida lalu dicuci dengan aquades secara berulang hingga pH 5 (Li *et al.*, 2013).

Endapan yang dihasilkan didispersikan dalam 450 mL aquades dan disonikasi selama 2 jam agar ukuran grafena oksida yang dihasilkan berukuran nano. Endapan lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C sampai kering sehingga terbentuk nano grafena oksida, kemudian dianalisis dengan menggunakan XRD, FTIR, BET, DRS (Li *et al.*, 2013).

3.3.1.4. Sintesis Nanokatalis $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$

3.3.1.4.1. Sintesis Cr_2O_3

100 mL kromium (III) nitrat nonahidrat ($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) 0.5 M diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* lalu ditambahkan dengan NH_4OH 2.1 M sampai pH larutan mencapai 10.5, diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 90 menit. Setelah itu, disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 20 menit. Endapan yang dihasilkan dicuci dengan aquades sebanyak 3 kali. Kemudian, kromium(III) hidroksida diubah menjadi kromium(III) oksida dengan kalsinasi pada suhu 500°C selama 2 jam (Kim *et al.*, 2004), kemudian dianalisis dengan XRD dan diimpregnasi dengan nGO.

3.3.1.4.2. Impregnasi Cr₂O₃/nGO

Impregnasi Cr₂O₃/nGO, dilakukan variasi antara Cr₂O₃ dengan nGO yaitu 0,5 (Cr₂O₃) : 1 (nGO); 0,25 (Cr₂O₃) : 1 (nGO), dan: 0,125 (Cr₂O₃) : 1 (nGO), disiapkan dengan suspensi larutan homogen nGO yang didispersikan ke dalam 500 mL dispersi nGO (0,5 mg/mL) kemudian ditambahkan Cr₂O₃ sesuai variasi lalu diultrasonikasi selama 30 menit (Xu *et al.*, 2015). Campuran tersebut dioven dengan suhu 60°C sampai kering, kemudian dianalisis dengan XRD, FTIR, dan DRS.

3.3.2. Karakterisasi Nanokatalis Cr₂O₃/nGO

3.3.2.1. Identifikasi Gugus Fungsi

Sampel natural grafit dan nGO dikarakterisasi dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) Thermo Scientific iS5 menggunakan metode pellet KBr. Perbandingan massa sampel terhadap KBr untuk karakterisasi ini yaitu 9:1 (50 mg). Karakterisasi FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada hasil sintesis natural grafit dan nGO. Kemudian, hasil karakterisasi diolah pada software origin untuk memudahkan pembacaan spektra FTIR hasil sintesis natural grafit dan nGO (Dewi, 2020).

Spektra FTIR dari sintesis natural grafit digunakan untuk mengetahui jenis ikatan pada natural grafit yang paling sesuai dengan standar materialnya. Sementara, spektra FTIR nGO digunakan untuk mengetahui gugus fungsional baru yang menunjukkan bahwa natural grafit telah terfungsionalisasi menjadi nGO (Dewi, 2020).

3.3.2.2. Analisis Struktur

Penentuan struktur kristal dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dengan tipe alat Rigaku SmartLab. Analisis dilakukan menggunakan radiasi CuK_α (1,541862 Å), tabung sinar-X dioperasikan pada 40 kV dan 30 mA. Rentang difraksi diukur (2θ) dalam rentang 10-90°, dengan *scan step size* 0,01°/menit.

Sampel padat diletakkan pada *sample holder*. Kemudian sumber sinar bergerak mengelilingi sampel sambil menyinari sampel. Sampel akan memantulkan sinar dan ditangkap oleh detektor. Alat perekam merekam intensitas pantulan sinar untuk tiap sudut tertentu. Puncak-puncak yang terdapat pada difraktogram kemudian diidentifikasi menggunakan metode Search Match dengan standar file data yang terdapat dalam program Match Crystal Impact dan data standar pada JCPDF. Ukuran partikel dihitung menggunakan persamaan Scherrer sebagai berikut:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (6)$$

Di mana:

D = ukuran partikel (nm)

k = konstanta (0,9)

λ = 1,541862 Å

β = radian (FWHM)

θ = lebar puncak

3.3.2.3. Analisis Morfologi

Penentuan morfologi katalis dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Sampel yang dianalisis terlebih dahulu dilapisi emas, kemudian sampel dianalisis menggunakan analisis area. Sampel kemudian ditembak dengan elektron. Berkas yang menembus sampel dibaca oleh detektor dan diolah menjadi gambar.

3.3.2.4. Analisis Energi Celah Pita

Pengukuran energi celah pita (E_g) dilakukan menggunakan *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS). Pada metode ini, bahan yang terdiri banyak partikel disinari dengan cahaya ultraviolet dan sinar tampak. Sebagian cahaya akan menembus sampel dan sebagian yang lain akan dipantulkan oleh permukaan partikel.

Perhitungan energi celah pita dengan persamaan Kubelka-Munk:

$$\begin{aligned} (hvF(R\infty))^2 &= A(hv - E_g) \\ F(R\infty) &= \frac{(1 - R)^2}{2R} \end{aligned} \quad (7)$$

Energi celah pita dari Cr₂O₃ adalah 1,6 eV dan 1,8 eV (Khalaji, 2021). Energi celah pita dari struktur katalis dapat bervariasi antara 2 sampai lebih dari 5 eV tergantung dari perbedaan elektronegativitas antara oksigen dan logam.

3.3.2.5. Analisis Luas Permukaan

Katalis ditimbang sebanyak 0,3 gram untuk analisis luas permukaan. Pertama analisis dengan memasukkan sejumlah volume gas nitrogen (N₂) ke dalam tabung sampel, sensor tekanan akan memberikan data tekanan proses yang bervariasi. Data volume gas yang dimasukkan telah diketahui jumlahnya dan data hasil kenaikan tekanan dibuat sebagai persamaan BET (Rosyid *et al.*, 2012).

3.3.3. Preparasi Nanoselulosa

3.3.3.1. Isolasi Selulosa dari Kulit Pisang Kepok

Ekstraksi selulosa dimulai dengan cara memotong kulit pisang kepok kuning menjadi ukuran yang lebih kecil, kemudian dicuci hingga bersih dan dijemur di bawah sinar matahari hingga kering, setelah kering kulit pisang digiling sehingga didapatkan serbuk kulit pisang berwarna coklat kehitaman. Kemudian sebanyak 50 gram bubuk yang dihasilkan dimasukkan ke dalam labu bundar lalu ditambahkan larutan NaOH 4%. Setelah itu campuran tersebut direfluks pada suhu 100-120°C selama 2 jam. Hasil dari proses refluks tersebut kemudian disaring dan dicuci dengan aquades beberapa kali untuk memisahkan lignin dan hemiselulosa (Shankar and Rhim, 2016; Zain *et al.*, 2014).

Selanjutnya dilakukan proses *bleaching* dengan cara memasukkan selulosa hasil refluks ke labu bundar lalu ditambahkan 400 mL larutan NaClO 5,25% dan buffer asetat (pH 5). Kemudian direfluks pada suhu 110-120°C selama 4 jam. Hasil refluks kemudian didinginkan dan dicuci dengan akuades hingga diperoleh

padatan putih selulosa. Selulosa lalu dikeringkan menggunakan *freeze dryer* pada suhu -39°C sampai kering (Shankar and Rhim, 2016; Zain *et al.*, 2014).

3.3.3.2. Sintesis nanoselulosa

Nanoselulosa kulit pisang kepek dibuat dengan cara memasukkan 10 gram sampel selulosa ke dalam labu bundar 1 L, ditambahkan 200 mL larutan HNO_3 50%, disonokasi selama 25 jam, dan direfluks selama 45 menit dengan suhu 60°C sambil diaduk. Selanjutnya ditambahkan 200 ml aquabides dan didinginkan. Kemudian disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 3500 rpm dan dilakukan pencucian hingga pH cairan mendekati 7. Lalu dikeringkan menggunakan *freeze-dryer*. Nanoselulosa yang telah didapat dianalisis dengan XRD, lalu disimpan pada suhu 4°C sebelum digunakan (Shankar and Rhim, 2016; Zain *et al.*, 2014).

3.3.4. Karakterisasi Nanoselulosa

Analisis derajat kristalinitas nanoselulosa dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Sampel nanoselulosa dipindai dengan monokromator sumber radiasi $\text{Cu-K}\alpha$ ($\lambda = 1,54186 \text{ \AA}$) dengan sudut 2θ dari $10^{\circ} - 50^{\circ}$ 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 di antara puncak 200 dan 110 (I_{am} , $2\theta = 18^{\circ}$) menggunakan metode Segal (Zain *et al.*, 2014). I_{002} menunjukkan material kristalin, sedangkan I_{am} menunjukkan material amorf.

$$\left[\frac{(I_{002} - I_{am})}{I_{002}} \right] \times 100 \quad (8)$$

3.3.5. Uji Aktivitas Fotokatalitik $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$

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 $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$ sebanyak 0,1 gram dan dialirkan gas hidrogen dengan laju 10 mL/menit. Setelah itu dipasangkan

lampu sinar UV (125 Watt), dimana posisi lampu sinar UV dengan rentang jarak 10-15 cm ke permukaan reaktor (Manurung *et al.*, 2015).

Waktu proses irradiasi sinar UV pada konversi selulosa yaitu 1, 2, 3, 4, 5 jam, kemudian hasil konversi didiamkan selama 2 jam dan disentrifius untuk memisahkan filtrat dan endapan. Filtrat hasil konversi diperoleh larutan berwarna kuning membayang. Larutan tersebut kemudian dipekatkan dengan pemanasan pada suhu 40 – 45 °C hingga volume larutan menjadi 25 ml untuk diuji lebih lanjut dengan menggunakan HPLC untuk mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif kandungan gula alkohol yang terbentuk, hasilnya larutan menjadi berwarna kuning membayang.

3.3.6. Analisis Hasil Konversi

3.3.6.1. Analisis kuantitatif hasil konversi

Konversi Analisis kuantitatif untuk hasil konversi dilakukan menggunakan reagen DNS (asam 3-amino-5-nitrosalisilat) dan diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sampel hasil uji konversi diambil 0,5 mL ditambahkan 1 mL pereaksi asam dinitrosalisilat, lalu dididihkan selama 10 menit dalam penangas air dan didinginkan. Adanya gula reduksi dapat dilihat dari warna kuning kecoklatan yang menunjukkan terbentuk asam 3-amino-5-nitrosalisilat. Setelah dingin, serapannya diukur pada kisaran panjang gelombang 540 nm (Keharom *et al.*, 2016). Kadar glukosa yang terbentuk ditentukan dengan menggunakan kurva standar glukosa.

3.3.6.2. Analisis dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi

Hasil uji katalitik dianalisis dengan menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) Shimadzu dengan parameter fase gerak air, kolom Shimpack 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, manitol, dan xylitol). Analisis kuantitatif dilakukan dengan membuat kurva standar hubungan antara luas area dengan konsentrasi deret standar, kemudian memasukkan nilai luas area yang didapat dari sampel ke dalam kurva standar tersebut, hingga didapat konsentrasi glukosa dan gula alkohol dalam sampel.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Nano Grafena Oksida dari limbah tongkol jagung dipreparasi menghasilkan grafena oksida berukuran nano dengan ukuran kristal sebesar 23,95 nm.
2. Selulosa dari limbah kulit pisang kepok dipreparasi menghasilkan selulosa berukuran nano dengan ukuran kristal sebesar 16,52 nm dan indeks kristalinitas sebesar 33,03%.
3. Katalis Cr_2O_3 dan nGO diimpregnasi dengan ultrasonikasi menghasilkan $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{nGO}$ dengan 3 variasi yaitu 1 nGO : 0.125 Cr_2O_3 , 1 nGO : 0.25 Cr_2O_3 dan 1 nGO : 0.5 Cr_2O_3 masing masing berukuran 28,19 nm, 26,30 nm dan 26,31 nm.
4. Hasil uji kuantitatif menggunakan reagen DNS menunjukkan bahwa konversi nanoselulosa menjadi gula alkohol dengan konsentrasi terbesar yaitu 96,79 ppm pada variasi 1 nGO : 0.5 Cr_2O_3 dengan waktu selama 4 jam.
5. Hasil analisis HPLC dari nanokatalis 1 nGO : 0.5 Cr_2O_3 dengan waktu selama 4 jam terbukti mampu mengkonversi nanoselulosa menjadi glukosa sebanyak 56 ppm dengan waktu retensi 9,172 menit, namun belum mampu mengkonversi nanoselulosa menjadi gula alkohol.

5.2. Saran

Untuk meningkatkan mutu penelitian ini, maka penulis memberikan saran yaitu melakukan analisis uji kromatografi cair kinerja tinggi tidak terlalu lama dari uji aktivitas fotokatalitik nanoselulosa dan tidak perlu dilakukan pengenceran pada sampel saat uji kromatografi cair kinerja tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhavan, O., Bijanzad, K., and Mirsepah, A. 2014. Synthesis of graphene from natural and industrial carbonaceous wastes. *RSC Advances*. 4(39). 20441–20448.
- Ali, A. A., Madkour, M., Sagheer, F. al, Zaki, M. I., and Nazeer, A. A. 2020. Low-Temperature Catalytic CO Oxidation Over Non-Noble, Efficient Chromia in Reduced Graphene Oxide and Graphene Oxide Nanocomposites. *Catalysts* 202. 10(1). 105.
- Anita, S. H., Fitria, Solihat, N. N., Sari, F. P., Risanto, L., Fatriasari, W., and Hermiati, E. 2020. Optimization of Microwave-Assisted Oxalic Acid Pretreatment of Oil Palm Empty Fruit Bunch for Production of Fermentable Sugars. *Waste and Biomass Valorization*. 11(6). 2673–2687.
- Badan Pusat Statistik. 2020. Tanaman Pisang Per Provinsi. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Bete, Y. I., Bukit, M., Zicko, A., Dan, J., dan Pingak, R. K. 2019. Kajian Awal Sifat Optik Graphene Oxide Berbahan Dasar Arang Tongkol Jagung Yang Disintesis Dengan Metode Liquid Phase Exfoliation (LPE). *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*. 4(2). 114–120.
- Biao, H., Li-rong, T., Da-song, D., Wen, O., Tao, L., and Xue-rong, C. 2011. Preparation of Nanocellulose with Cation–Exchange Resin Catalysed Hydrolysis. *Biomaterials Science and Engineering*. 6(1). 139-152.
- Brisebois, P. P., and Siaj, M. 2020. Harvesting graphene oxide – years 1859 to 2019: a review of its structure, synthesis, properties and exfoliation. *Journal of Materials Chemistry C*. 8(5). 1517–1547.
- Bumajdad, A., Al-Ghareeb, S., Madkour, M., and Sagheer, F. al. 2017. Non-noble, efficient catalyst of unsupported α -Cr₂O₃ nanoparticles for low temperature CO Oxidation. *Scientific Reports*. 7(1). 1-9.
- Chen, H. 2014. Chemical Composition and Structure of Natural Lignocellulose. *Biotechnology of Lignocellulose*. 1(1). 25–71.

- Condon, B. D., Nam, S., French, A. D., Condon, B. D., and Concha, M. 2015. Segal crystallinity index revisited by the simulation of X-ray diffraction patterns of cotton cellulose I β and cellulose II. *Carbohydrate Polymers*. 135. 1-9.
- Dehno, Khalaji. 2021. Structural, Optical and Magnetic Studies of Cr₂O₃ Nanoparticles Prepared by Microwave-Assisted. *Nanochemistry Research*. 6(1). 18–24.
- Dreyer, D. R., Todd, A. D., and Bielawski, C. W. 2014. Harnessing the chemistry of graphene oxide. *Chemical Society Reviews*. 43(15). 5288–5301.
- Fan, Y., Shen, N. H., Koschny, T., and Soukoulis, C. M. 2015. Tunable Terahertz Meta-Surface with Graphene Cut-Wires. *ACS Photonics*. 2(1). 151–156.
- Fukuoka, A., and Dhepe, P. L. 2006. Catalytic conversion of cellulose into sugar alcohols. *Angewandte Chemie (International Ed. in English)*. 45(31). 5161–5163.
- Gao, W. 2012. *Graphite Oxide: Structure, Reduction and Applications*. The Department of Textile Engineering Chemistry & Science, College of Textiles, North Carolina State University. Los Alamos.
- Grembecka, M., Lebidzińska, A., and Szefer, P. 2014. Simultaneous separation and determination of erythritol, xylitol, sorbitol, mannitol, maltitol, fructose, glucose, sucrose and maltose in food products by high performance liquid chromatography coupled to charged aerosol detector. *Microchemical Journal*. 117. 77–82.
- Hariani, P. L., Riyanti, F., and Asmara, R. D. 2016. Extraction Of Cellulose From Kepok Banana Peel (*Musa Parasidiaca* L.) For Adsorption Procion Dye. *Molekul*. 11(1). 135–142.
- Hartanto, S., dan Ratnawati, R. 2010. Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(1). 12–16.
- Helal, A., Harraz, F. A., and Ismail, A. A. 2021. One-step synthesis of heterojunction Cr₂O₃ nanoparticles decorated Bi₂S₃ nanorods with enhanced photocatalytic activity for mineralization of organic pollutants. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 419(49). 1-10.
- Henriksson, G., Zhang, L., Li, J., Ljungquist, P., Reitberger, T., Pettersson, G., and Johansson, G. 2000. Is cellobiose dehydrogenase from *Phanerochaete chrysosporium* a lignin degrading enzyme? *Biochimica et Biophysica Acta (BBA). Protein Structure and Molecular Enzymology*. 1480(1-2). 83–91.
- Hidayati, F. C., dan Yulianti, I. 2016. Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai (Jelantah) dengan Menggunakan Arang Bonggol Jagung. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*. 1(2). 67–70.

- Hong, S. J., Ahn, M. H., Sangshetti, J., and Arote, R. B. 2019. Sugar alcohol-based polymeric gene carriers: Synthesis, properties and gene therapy applications. *Acta Biomaterialia*. 97. 105–115.
- Hou, Y., Lv, S., Liu, L., and Liu, X. 2020. High-quality preparation of graphene oxide via the Hummers' method: Understanding the roles of the intercalator, oxidant, and graphite particle size. *Ceramics International*. 46(2). 2392–2402.
- 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). 1-5.
- Irawan, D., dan Arifin, Z. 2012. Sintesa Gula Dari Sampah Organik Dengan Proses Hidrolisis Menggunakan Katalis Asam. *Reaktor*. 14(2). 118-122.
- Kamble, B. B., Naikwade, M., Garadkar, K. M., Mane, R. B., Sharma, K. K. K., Ajalkar, B. D., and Tayade, S. N. 2019. Ionic liquid assisted synthesis of chromium oxide (Cr₂O₃) nanoparticles and their application in glucose sensing. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. 30(15). 13984–13993.
- Kamel, S., El-Sakhawy, M., Anis, B., and Tohamy, H. A. S. 2020. Graphene's Structure, Synthesis and Characterization; A brief review. *Egyptian Journal of Chemistry*. 63. 593–608.
- Keharom, S., Mahachai, R., and Chanthai,. 2016. The optimization study of α -amylase activity based on central composite design-response surface methodology by dinitrosalicylic acid method. *International Food Research Journal*. 23(1). 10–17.
- Kim, D. W., Shin, S. il, Lee, J. D., and Oh, S. G. 2004. Preparation of chromia nanoparticles by precipitation-gelation reaction. *Materials Letters*. 58(12–13). 1894–1898.
- Klemm, D., Cranston, E. D., Fischer, D., Gama, M., Kedzior, S. A., Kralisch, D., Kramer, F., Kondo, T., Lindström, T., Nietzsche, S., Petzold-Welcke, K., and Rauchfuß, F. 2018. Nanocellulose as a natural source for groundbreaking applications in materials science: Today's state. *Materials Today*. 21(7). 720–748.
- Kondarides, D. I., Daskalaki, V. M., Patsoura, A., and Verykios, X. E. 2007. Hydrogen Production by Photo-Induced Reforming of Biomass Components and Derivatives at Ambient Conditions. *Catalysis Letters*. 122(1), 26–32.
- Li, F., Zhao, D. L., Bai, L. Z., and Zhang, D. D. 2013. Fabrication of nano hollow graphene oxide spheres via water-in-oil emulsion. *Applied Mechanics and Materials*. 320. 540–543.
- Li, J., Wei, L., Yu, C., Fang, W., Xie, Y., Zhou, W., and Zhu, L. 2015. Preparation and characterization of graphene oxide/Ag₂CO₃ photocatalyst

- and its visible light photocatalytic activity. *Applied Surface Science*. 358. 168–174.
- Li, Y., Yu, Y., Wang, J. G., Song, J., Li, Q., Dong, M., and Liu, C. J. 2012. CO oxidation over graphene supported palladium catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*. 125. 189–196.
- 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.
- Manurung, P., Situmeang, R., Ginting, E., and Pardede, I. 2015. Synthesis and Characterization of Titania-Rice Husk Silica Composites as Photocatalyst. *Indonesian Journal of Chemistry*. 15(1). 36–42.
- Marcano, D. C., Kosynkin, D. v., Berlin, J. M., Sinitskii, A., Sun, Z., Slesarev, A., Alemany, L. B., Lu, W., and Tour, J. M. 2010. Improved Synthesis of Graphene Oxide. *ACS Nano*. 4(8). 4806–4814.
- Marjani, A., Nakhjiri, A. T., Adimi, M., Jirandehi, H. F., and Shirazian, S. 2020. Effect of graphene oxide on modifying polyethersulfone membrane performance and its application in wastewater treatment. *Scientific Reports*. 10(1). 1-11.
- Mas'udah, K. W., Taufiq, A., and Sunaryono, S. 2020. A Study on Phase and Microstructure of Reduced Graphene Oxide Prepared by Heating Corncobs. *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*. 5(2). 66–70.
- Oktavia, B., Azhar, M., and Kimia, J. 2018. Determination of Fructose Content resulted by Inulin Hydrolysis with DNS as Oxidizer. *Eksakta : Berkala Ilmiah Bidang MIPA (E-ISSN : 2549-7464)*. 19(1), 14–23.
- Pierpaoli, M., Favoni, O., Fava, G., and Letizia Ruello, M. I. 2018. A Novel Method for the Combined Photocatalytic Activity Determination and Bandgap Estimation. *Methods and Protoc*. 1(22). 1-12.
- Pyun, J. 2011. Graphene oxide as catalyst: Application of carbon materials beyond nanotechnology. *Angewandte Chemie - International Edition*. 50(1). 46–48.
- Rohman, A. C., and Yusof, F. M. 2014. The Use of FTIR Spectroscopy and Chemometrics for Rapid Authentication of Extra Virgin Olive Oil. *Journal of The American Oil Chemists Society*. 91(2). 207-213.
- Ruppert, A. M., Weinberg, K., and Palkovits, R. 2012. Hydrogenolysis Goes Bio: From Carbohydrates and Sugar Alcohols to Platform Chemicals. *Angewandte Chemie International Edition*. 51(11). 2564–2601.
- Setiabudi, A., Hardian, R., & Muzakir, A. 2012. *Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia (Vol. 1)*. UPI Press. Bandung.

- Shankar, S., and Rhim, J. W. 2016. Preparation of nanocellulose from micro-crystalline cellulose: The effect on the performance and properties of agar-based composite films. *Carbohydrate Polymers*. 135. 18–26.
- Sharma, A., Thakur, M., Bhattacharya, M., Mandal, T., and Goswami, S. 2019. Commercial application of cellulose nano-composites – A review. *Biotechnology Reports*. 21. 1-18.
- Situmeang, R., Romiyati, R., Yuwono, S. D., Manurung, P., Firdaus, I., and Sembiring, S. 2022. The effect of vanadium addition in $Ni_{1-x}V_xFe_2O_4$ nano photocatalysts on remazol golden yellow degradation under visible light irradiation. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*. 13(3). 1-9.
- 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). 1-8.
- Skoog, D.A., Holler, F.J. and Crouch, S.R. 2017. *Principal of Instrumental Analysis. 7th Edition, Sunder College Publisher*. New York.
- Su, J., Xue, H., Gu, M., Xia, H., and Pan, F. 2014. Synthesis of spherical Cr_2O_3 nanoparticles by a microwave refluxing method and their photocatalytic properties. *Ceramics International*. 40(9). 15051–15055.
- Taherzadeh Höskolan Borås, M. J., Karimi, K., and Taherzadeh, M. J. 2007. Enzyme-based ethanol. In *BioResources*. 2(4). 707-738.
- Taufantri, Y., Irdhawati, I., and 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.
- Thambiliyagodage, C. J., Ulrich, S., Araujo, P. T., and Bakker, M. G. 2018. Catalytic graphitization in nanocast carbon monoliths by iron, cobalt and nickel nanoparticles. *Carbon*. 134. 452–463.
- Tohamy, H. A. S., Anis, B., Youssef, M. A., Abdallah, A. E. M., El-Sakhawy, M., and Kamel, S. 2020. Preparation of eco-friendly graphene oxide from agricultural wastes for water treatment. *Desalination and Water Treatment*. 191. 250–262.
- Tsai, W. T., Chang, C. Y., Wang, S. Y., Chang, C. F., Chien, S. F., and Sun, H. F. 2001. *Cleaner production of carbon adsorbents by utilizing agricultural waste corn cob*. 32. 43–53.
- Wang, D., Niu, W., Tan, M., Wu, M., Zheng, X., Li, Y., and Tsubaki, N. 2014. Pt Nanocatalysts Supported on Reduced Graphene Oxide for Selective Conversion of Cellulose or Cellobiose to Sorbitol. *ChemSusChem*. 7(5). 1398-1406.

- Xu, D., Wang, W., Yu, J., Bei Cheng, ac, Zhang, J., and Ho, W. 2015. Photocatalytic activity of Ag_2MO_4 (M = Cr, Mo, W) photocatalysts. *Article in Journal of Materials Chemistry*. 3. 20153-20166.
- Xu, H., Zeng, M., and Li, J. 2015. Graphene-wrapped Cr_2O_3 hollow nanospheres with enhanced electrochemical performances for lithium-ion batteries Photocatalytic *Int. J. Electrochem. Sci.* 10. 7361–7370.
- Xu, Z., Zhou, Y., Sun, Z., Zhang, D., Huang, Y., Gu, S., and Chen, W. 2020. Understanding reactions and pore-forming mechanisms between waste cotton woven and FeCl_3 during the synthesis of magnetic activated carbon. *Chemosphere*. 241. 1-8.
- Yu, J., Zhao, Y., and Li, Y. 2014. Utilization of corn cob biochar in a direct carbon fuel cell. *Journal of Power Sources*. 270. 312–317.
- Zain, N. M., Yusop, S. M., and Ahmad, I. 2014. Preparation and Characterization of Cellulose and Nanocellulose From Pomelo (*Citrus grandis*) Albedo. *Undefined*. 5(1). 1-4.