

**PENGARUH BERAT Ni/BIOCHAR & H₂O₂ DARI LIMBAH KULIT
JERUK PERAS DENGAN METODE PIROLISIS SEBAGAI
FOTOKATALIS METIL VIOLET**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**



Diajukan oleh:

ANAS ZAHRA FAUZIYYAH

NIM. 19612101

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

**PENGARUH VARIASI BERAT Ni/BIOCHAR & H₂O₂ DARI LIMBAH
KULIT JERUK PERAS DENGAN METODE PIROLISIS SEBAGAI
FOTOKATALIS METIL VIOLET
SKRIPSI**

Yang diajukan oleh :

ANAS ZAHRA FAUZIYYAH

No Mhs : 19612101

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi Prodi Ilmu Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 15 Mei 2023

Dewan Penguji

Tanda Tangan

1. Prof. Dr. Is Fatimah, S.Si., M.Si.
2. Nurcahyo Iman Prakoso, M.Sc., Ph.D.
3. Ika Yanti, M.Sc.



الجامعة الإسلامية
الاستاذة

Mengetahui.

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Anas Zahra Fauziyyah

NIM : 19612101

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul Pengaruh Berat Ni/Biochar & H₂O₂ Dari Limbah Kulit Jeruk Peras Dengan Metode Pirolisis Sebagai Fotokatalis Metil Violet bersifat asli dan tidak berisi material yang diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang disebutkan di dalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulisan ini, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam skripsi ini.

Apabila dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab

Yogyakarta, 15 Mei 2023



Anas Zahra Fauziyyah

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil alamin segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Berat Ni/Biochar Dari Limbah Kulit Jeruk Peras Dengan Metode Pirolisis Sebagai Fotokatalis Metil Violet” dapat terselesaikan tepat waktu. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Sains Strata 1 pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

Selama proses penyusunan skripsi ini penulis telah mendapat bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak baik berupa material maupun non material. Pada kesempatan ini dengan kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT karena atas petunjuk, rahmat, dan hidayah-Nya penulis diberi kemudahan untuk menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu.
2. Kedua OrangTua dan keluarga tercinta Bapak Arief Setyawan, Ibu Nur Faizah Yustin, Mba Meilina Ika Pusiptawati, Mas Komar Mutanto, Aisyah Ayudya Pratiwi dan Meizura Elshanum Pratiwi yang telah membantu mendoakan dan memberikan dukungan semangat serta nasihat dalam mengerjakan skripsi ini.
3. Prof. Riyanto, S.P.d., M.Si., Ph.D selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Gani Purwiandono, S. Si., M. Sc., Ph. D selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
5. Prof. Dr. Is Fatimah selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan ilmu, arahan, nasihat, dan saran-saran dalam melakukan perencanaan dan penelitian sehingga dapat terealisasikannya skripsi ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Kimia, staf pengajar, laboran, dan staf akademik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia

7. Teman-teman penelitian Laboratorium MEE (*Material for energy and Environment*) yang selalu membantu dan menemani selama penelitian.
8. Para sahabat lama saya di Bogor Indah Lestari S, Inda Apriani, dan Oktaviani yang memberikan saya support dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini
9. Para sahabat saya di Yogyakarta Naurah Fitiah Salsabila, Azizah Jihan Fariha, Tengku Oliviyasya Da Lingga, Nadhra Charis Maulida, Naura Azzahra yang selalu memberikan dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini, serta selalu mendengarkan keluh kesah saya selama mengerjakan skripsi
10. Mas Muhammad Ridha yang sudah menemani serta memberikan saya nasehat dan arahan dalam berproses untuk menyelesaikan skripsi ini
11. Teman-Teman KKN Unit 253 Farhan, Razak, Hafizh, Novri, Mia, Putri, Mita, dan Oca yang sudah menemani dan berjuang bersama pada setiap proses yang dilalui bersama
12. Terakhir, terimakasih untuk diri sendiri, yang sudah berjuang semaksimal mungkin dalam mengerjakan hingga menyelesaikan skripsi ini. Dan terimakasih sudah mau bertahan dalam setiap proses yang sudah dilewati. Saya hebat.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan arahan, kritik, dan saran yang membangun agar kedepannya skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat sebagai ilmu pengetahuan bagi para pembaca.

**PENGARUH BERAT Ni/BIOCHAR & H₂O₂ DARI LIMBAH KULIT
JERUK PERAS DENGAN METODE PIROLISIS SEBAGAI
FOTOKATALIS METIL VIOLET**

INTISARI

ANAS ZAHRA FAUZIYYAH

19612101

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis Ni/BC dari limbah kulit jeruk peras dan aplikasinya sebagai fotokatalis metil violet (MV). Oksidasi fotokatalitik adalah metode populer untuk pengolahan air limbah yang mengandung pewarna sehingga dapat diaplikasikan untuk degradasi MV. Dalam penelitian ini, fotokatalis yang stabil dan biaya rendah didukung nikel biochar (Ni/BC) yang dibuat dari limbah kulit jeruk peras yang disintesis. Pembuatan Ni/BC dengan pirolisis langsung ion nikel (II) yang diimpregnasi ke kulit jeruk peras dengan suhu 400 °C selama 2 jam untuk menghasilkan serbuk Ni/BC berwarna hitam. Karakterisasi fisikokimia Ni/BC dilakukan dengan menggunakan analisis instrumental termasuk *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscopy – Energy Diverse X-Ray (SEM-EDX)*, *Gas Sorption Analyzer (GSA)*, dan Spektrofotometer *UV-Visible*. Hasil menunjukkan bahwa Ni/BC berhasil disintesis yang ditunjukkan dengan pola XRD yang sesuai dengan struktur FCC dan memiliki ukuran rata-rata partikel 22,02 nm. Kemudian hasil SEM menunjukkan morfologi yang memiliki ukuran pori seragam berwarna putih terang, dan EDX menunjukkan Ni merupakan unsur kandungan utama dengan kadar sebesar 33,18%. GSA menunjukkan luas permukaan Ni/BC sebesar 18,35 m²/g dengan ukuran pori 12,88 nm. Hasil Spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa fotokatalis Ni/BC menghasilkan % degradasi yang signifikan yaitu sebesar 99,91% dengan reaksi mengikuti orde 2.

Kata Kunci: *Nikel, Biochar, Metil violet, Fotokatalis, Kulit jeruk peras*

EFFECT OF WEIGHT Ni/BIOCHAR & H₂O₂ FROM ORANGE PRESS WASTE USING THE PYROLYSIS METHOD AS A METHYL VIOLET PHOTOCATALYST

ABSTRACT

ANAS ZAHRA FAUZIYYAH

19612101

Research has been carried out on the synthesis of Ni/BC from squeezed orange peel waste and its application as a methyl violet (MV) photocatalyst. Photocatalytic oxidation is a popular method for the treatment of dye-containing wastewater that can be applied for MV degradation. In this study, a stable and low-cost photocatalyst supported by nickel biochar (Ni/BC) prepared from squeezed orange peel waste was synthesized. Production of Ni/BC by direct pyrolysis of nickel (II) ions impregnated with squeezed orange peels at 400 °C for 2 hours to produce black Ni/BC powder. Physicochemical characterization of Ni/BC was carried out using analytical instruments including X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX), Gas Adsorption Analyzer (GSA), and UV-Visible Spectrophotometer. The results showed that Ni/BC was successfully synthesized as indicated by the XRD pattern which corresponds to the FCC structure and has an average particle size of 22.02 nm. Then the SEM results showed a morphology that had a bright white uniform pore size, and EDX showed Ni was the main constituent element with a content of 33.18%. GSA showed a Ni/BC surface area of 18.35 m²/g with a pore size of 12.88 nm. The results of the UV-Vis spectrophotometer showed that the Ni/BC photocatalyst produced a significant % degradation of 99.91% with the reaction following order 2.

Keywords: *Nickel, Biochar, Methyl violet, Photocatalyst, Orange peel*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Fotokatalis Berbasis Ni	6
2.2 Magnetik	8
2.3 Biochar Magnetik.....	8
BAB III DASAR TEORI	10
3.1 Kulit Jeruk Peras	10
3.2 Biochar	11
3.3 MV	11
3.4 Fotokatalis	12
3.5 X-Ray Diffraction (XRD)	13
3.6 Scanning Electron Microscopy- <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> (SEM-EDX)	15
3.7 Gas Sorption Analyzer (GSA)	16
3.8 Spektrofotometer UV-Vis	17
BAB IV METODE PENELITIAN	20
4.1 Alat.....	20
4.2 Bahan.....	20
4.3 Cara Kerja	20
4.3.1 Pembuatan Ni/BC	20
4.3.2 Karakterisasi Ni/BC	20
4.3.3 Uji Fotoaktivitas Sintesis Fotokatalis Ni/BC	21
4.3.3.1 Pembuatan Larutan Induk MV.....	21

4.3.3.2 Pembuatan Larutan MV 20 ppm.....	21
4.3.3.3 Fotokatalis Ni/BC 400 °C dengan penambahan H ₂ O ₂	21
4.3.3.4 Fotokatalis Ni/BC 400 °C tanpa penambahan H ₂ O ₂	21
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	23
5.1 Proses Preparasi Sampel Kulit Jeruk Peras.....	23
5.2 Preparasi Ni/BC	23
5.3 Karakterisasi	25
5.3.1 Karakterisasi dengan XRD	25
5.3.2 Karakterisasi dengan SEM-EDX	26
5.3.3 Karakterisasi dengan GSA.....	27
5.4 Uji Aktivitas Fotokatalisis pada Fotodegradasi MV.....	29
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Klasifikasi Bahan Magnetik	3
Gambar 2. Kulit Jeruk Peras	10
Gambar 3. Struktur molekul MV	13
Gambar 4. Ilustrasi material fotokatalis dan Ilustrasi elektron tereksitasi (a) dan rekombinasi (b)	14
Gambar 5. Ilustrasi instrumen XRD	15
Gambar 6. Difraksi sinar pada XRD	15
Gambar 7. Ilustrasi instrumen SEM-EDX	16
Gambar 8. Alat GSA NOVA 1200e	17
Gambar 9. Skema Kerja UV-Vis	19
Gambar 10. Hasil Pirolisis suhu 400 ^o C	24
Gambar 11. Hasil Analisis XRD	25
Gambar 12. Citra SEM	26
Gambar 13. Hasil Analisis EDX	26
Gambar 14. (a) Grafik Isoterm, (b) Grafik Distribusi Pori Dari Material Ni/BC	29
Gambar 15. Parameter Waktu Pada Variasi Berat Katalis dan Pengaruh (a) penambahan H ₂ O ₂ (b) tanpa H ₂ O ₂	29
Gambar 16. Perbandingan Persentase Degradasi MV Terhadap Pengaruh H ₂ O ₂	31
Gambar 17. Perubahan warna MV Terhadap Waktu dengan Penambahan H ₂ O ₂ pada Variasi Massa Katalis (a) 0,1 gram (b) 0,3 gram (c) 0,5 gram	32
Gambar 18. Perubahan warna MV Terhadap Waktu Tanpa Penambahan H ₂ O ₂ pada Variasi Massa Katalis (a) 0,1 gram (b) 0,3 gram (c) 0,5 gr	32

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Unsur dalam	27
Tabel 2. Karakteristik Pori	28
Tabel 3. Data Orde Reaksi Fotodegradasi MV Penambahan H ₂ O ₂	33
Tabel 4. Data Orde Reaksi Fotodegradasi MV Tanpa Penambahan H ₂ O ₂	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri yang semakin pesat tetapi tidak diseimbangi dengan pengolahan limbah yang baik sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. Pengolahan limbah sangat penting untuk kehidupan manusia dan lingkungan secara global. Limbah cair merupakan permasalahan yang cukup rumit terutama limbah yang dihasilkan dari industri tekstil, cat, maupun industri lainnya. Air limbah yang mengandung pewarna tekstil dapat mengurangi kualitas air, mengganggu fotosintesis, menghambat pertumbuhan tanaman masuk ke dalam rantai makanan, memicu rekalsitransi dan bioakumulasi, serta dapat meningkatkan toksisitas dan lainnya (Lelis *et al.*, 2019). Sebagian besar industri tekstil menggunakan pewarna sintetis yang dapat menimbulkan permasalahan dalam limbah yang dihasilkan sulit terdegradasi. Limbah pewarna tekstil yang dihasilkan tidak boleh langsung dibuang ke saluran air karena 10% hingga 15% zat pewarna yang sudah dipakai harus segera dibuang (Ruzicka, 2014).

Zat warna sintetik merupakan bahan berbahaya yang sering ditemukan dalam limbah tekstil. Jika limbah zat warna ini tidak ditangani lebih lanjut akan bertahan di alam dalam jangka waktu yang lama sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan. Menurut (Kant, 2012) meneliti suatu material koloid yang bercampur dengan limbah pewarna akan mengakibatkan air menjadi keruh dan buruk serta berbau dan mencegah penetrasi sinar matahari. Selain itu, jika limbah mengalir secara terus menerus menyebabkan pori-pori tanah tersumbat sehingga mengakibatkan produktivitas tanah berkurang bahkan hilang. Salah satu zat warna sintetis yang digunakan adalah metil violet (MV), yang memiliki sifat toksik, mutagenik dan karsinogenik, jika zat tersebut mengalir ke lingkungan menjadi limbah maka diperlukan penanganan yang lebih serius (Hadel *et al.*, 2014).

Berbagai teknologi dalam pengolahan limbah zat warna telah dikembangkan, salah satunya cara konvensional yang dilakukan para peneliti

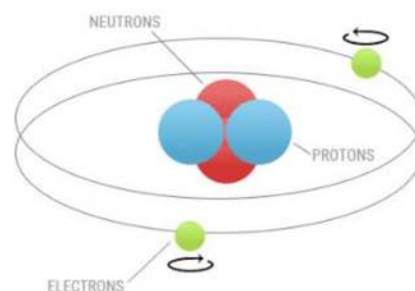
antara lain klorinasi, ozonisasi, dan biodegradasi. Kelemahan metode tersebut biaya operasional tinggi dan relatif tinggi (Utubira *et al.*, 2006). Proses adsorpsi yang banyak digunakan juga kurang efektif karena zat warna tekstil yang teradsorpsi dapat terakumulasi dalam adsorben sehingga menimbulkan masalah baru. Sebagai alternatif nya dikembangkan metode fotokatalis untuk mendegradasi limbah zat warna. Fotokatalitik memiliki keuntungan dengan metode konvensional atau metode adsorpsi antara lain hasil limbah yang tidak berbahaya, dan lebih hemat dalam pemakaian bahan kimia serta energi. Fotokatalitik ekonomis dibandingkan dengan metode adsorpsi, serta memiliki biaya yang rendah (Fatimah *et al.*, 2022).

Pemanfaatan material alami yang melimpah ini menunjukkan potensi untuk kebutuhan yang berguna, limbah pertanian maupun perhutanan dianggap sebagai limbah yang tidak digunakan secara luas dan tersedia banyak serta ramah lingkungan sehingga potensi tersebut dapat digunakan sebagai biochar yang bermanfaat sebagai produk yang dihasilkan dari limbah biomassa (Widiastuti dan Lantang, 2017). Biomassa berasal dari sisa tumbuhan yang tersedia berlimpah, lestari dan ramah lingkungan, tetapi keberadaan limbah biomassa dapat mengganggu lingkungan setempat. Oleh karena itu keberadaan limbah biomassa perlu diolah menjadi suatu yang bermanfaat. (Ridhuan *et al.*, 2018). Terdapat limbah pertanian yang bisa digunakan dalam mengadsorpsi zat warna diantaranya ampas tebu (Ferreira *et al.*, 2015); sekam padi (Masoumi *et al.*, 2016); kulit jeruk (Khaled *et al.*, 2009) dan kulit pisang (Amela *et al.*, 2012). Jeruk Peras merupakan jenis jeruk yang banyak ditemui di perkotaan dan dijumpai dalam jumlah yang besar, yang bisa dimanfaatkan untuk dijadikan biochar karena mengandung pektin yang didalamnya terdapat banyak gugus fungsional, seperti gugus karboksil pada protein dan polisakarida yang berperan dalam proses adsorpsi logam berat (Solika *et al.*, 2017).

Dalam permasalahan ini fotokatalis berbasis biochar telah membuktikan potensinya sebagai bahan karbon dengan berbiaya rendah sebagai pengemban fotokatalis logam/oksida logam aktif (Santosa *et al.*, 2022). Untuk uji aktivitas

fotokatalitik digunakan MV sebagai contoh pewarna yang digunakan dalam proses degradasi zat warna ini dalam industri tekstil, tinta, cat, dan industri lainnya (Kooh *et al.*, 2017). Proses pembuatan biochar disebut metode pirolisis yang merupakan sebuah dekomposisi material oleh suhu yang dimulai pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen. Pirolisis biomassa secara umum merupakan dekomposisi bahan organik menghasilkan bahan padat berupa arang aktif (Ristianingsih *et al.*, 2015). Biochar yang dihasilkan dapat menjadi solusi bagi pengendalian dampak dari pencemaran lingkungan sehingga dapat digunakan sebagai pengemban fotokatalis untuk mendegradasi limbah zat warna yang tercemar di lingkungan.

Salah satu tipe fotokatalis yang dinilai ramah lingkungan adalah fotokatalis yang memiliki sifat magnetik. Magnetik merupakan benda yang dapat ditarik oleh suatu medan magnet, dalam suatu material magnetik dapat ditentukan oleh jumlah elektron yang tak berpasangan di setiap atom. Atom dari sebagian unsur yang ada terdapat elektron yang berpasangan dengan masing-masing elektron yang berputar dengan arah yang berbeda menyebabkan medan magnet tersebut batal mengenai satu sama lain, sehingga tidak menghasilkan medan magnet total. Namun, terdapat medan magnet total jika elektron yang tidak berpasangan tersebut memiliki reaksi yang lebih besar terhadap medan magnet luar. Sehingga, klasifikasi dari sebagian bahan yaitu feromagnetik, diamagnetik, atau paramagnetik.



Gambar 1. Klasifikasi Bahan Magnetik

Feromagnetik yaitu suatu bahan yang dapat ditarik secara kuat oleh medan magnet, seperti kobalt, besi, baja, nikel, alnico, alcomax. Sedangkan pada diamagnetik merupakan bahan yang ditolak oleh magnet, sebagian besar unsur

dalam tabel periodik bersifat diamagnetik seperti bismut, seng, emas, timah hitam, dan garam dapur. Paramagnetik merupakan bahan yang ditarik lemah oleh suatu medan magnet. Terdapat banyak unsur berada, tetapi hanya empat dari keseluruhan unsur yang bersifat feromagnetik yaitu Fe, Co, Ni, dan Gd. Diantara beberapa fotokatalis magnetik, nanopartikel Ni dinilai memiliki keunggulan dalam hal tersebut yakni mudah dipisahkan karena ditarik oleh medan magnet, kemudian Ni juga memiliki tingkat stabilitas yang lebih baik daripada Fe karena Fe dapat menyebabkan karat.

Berdasarkan paparan tersebut, maka dilakukan penelitian terhadap pembuatan biochar dari kulit jeruk peras yang dimodifikasi dengan material magnetik, selanjutnya disebut untuk fotokatalis MV. Pada penelitian ini NiCl_2 yang digunakan sebagai prekursor dalam biochar dengan metode pirolisis akan diuji aktivitas fotokatalis dalam degradasi zat warna MV dengan menggunakan variasi berat, serta penyinaran matahari. Proses fotodegradasi akan terlihat dari penurunan absorbansi larutan MV yang dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis. Untuk mengkaji lebih lanjut akan dipelajari pengaruh berat fotokatalis pada efektivitas proses fotodegradasi. Sehingga, untuk mengkaji lebih lanjut akan dipelajari pengaruh berat fotokatalis pada efektivitas proses fotodegradasi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses pembuatan Ni/BC dari limbah kulit jeruk peras ?
2. Bagaimana hasil karakterisasi Ni/BC yang terembankan ?
3. Bagaimana pengaruh variasi berat Ni/BC dan H_2O_2 terhadap fotokatalis degradasi zat warna MV ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui proses pembuatan Ni/BC dari biomassa limbah kulit jeruk peras.
2. Mengetahui hasil karakterisasi Ni/BC yang terembankan.
3. Mengetahui pengaruh variasi berat Ni/BC dan H_2O_2 terhadap fotokatalis degradasi zat warna MV.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait Ni/BC terhadap fotokatalis degradasi MV. Jika memiliki aktivitas fotokatalitik, material dapat dimanfaatkan pada pengolahan limbah yang lebih kompleks seperti limbah zat warna dari industri tekstil, cat, tinta, dan industri lainnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotokatalisis Berbasis Ni

Fotokatalis berasal dari dua kata yaitu foto dan katalis, foto yang berarti cahaya, dan katalis berarti bahan yang digunakan. Katalis yang digunakan dapat mempengaruhi laju reaksi tanpa ikut bereaksi, sehingga dapat diartikan fotokatalisis merupakan reaksi dari fotokimia dengan suatu katalis, dimana reaksi tersebut melibatkan suatu cahaya. Pengolahan limbah zat warna dapat dilakukan dengan metode fotodegradasi berbasis fotokatalitik (Kumar *et al.*, 2017). Fotodegradasi yang dibantu oleh fotokatalis melalui proses terbentuknya elektron-hole positif (e^- ; h^+) pada partikel semikonduktor. Setelah itu, reaksi redoks terjadi pada pasangan elektron-hole positif sehingga menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet OH$). Sehingga diduga radikal hidroksil dapat mendegradasi polutan organik berbahaya (Sakti *et al.*, 2013). Dalam meningkatkan laju fotodegradasi dapat diuji dengan material semikonduktor yang bersifat oksida logam. Menurut penelitian (Miyake *et al.*, 2015; Emin, S. *et al.*, 2015; Yuan *et al.*, 2015; Irieb *et al.*, 2015) dalam pengolahan limbah air dari metode fotokatalis memberikan hasil dimana polutan akan diubah menjadi O_2 dan H_2 yang ramah lingkungan, karena dapat mengubah energi cahaya menjadi energi kimia serta hasil dari radikal hidroksil akan bereaksi dengan redoks dan senyawa organik (polutan) sehingga air menjadi jernih.

Pada fotokatalis biasanya menggunakan NiO sebagai semikonduktor tipe-p dengan celah pita yang lebar di antara pita valensi dan konduksi (Augusto *et al.*, 2010) NiO salah satu bahan semikonduktor dengan stabilitas kimia dan sifat adsorpsi yang lebih baik dari yang lain (Delgado *et al.*, 2019). NiO dapat membatasi efisiensi fotokatalitik karena memiliki penyerapan yang lebih sedikit di daerah tampak (Bu dan Chen, 2014; Jiajia Wang *et al.*, 2019). Beberapa penelitian terkait NiO yang teremban sebagai fotokatalis diantaranya yaitu, hasil dari penelitian (Hanafi *et al.*, 2020) meneliti NiO dibuat menggunakan metode elektrokimia dengan elektrolit daun rambutan dapat mempengaruhi struktur NiO. Dapat diketahui NiO 3,0 g/L mendegradasi 10

mg/L remazol brilliant blue sebanyak 83,7% dengan optimal selama 1 jam pada pH 3 dibawah penyinaran lampu neon. Sehingga NiO yang disintesis memiliki potensi besar sebagai fotokatalisis pada pengolahan air limbah. Selain itu, menurut penelitian (Sabouri *et al.*, 2020) mengatakan bahwa nanopartikel NiO dapat dilakukan sintesis menggunakan metode sol-gel dengan nikel nitrat ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dan putih telur. Hasil yang diperoleh dari nanopartikel NiO menunjukkan aktivitas fotokatalitik dengan mendegradasi metilen blue di bawah penyinaran lampu UV. Sedangkan pada penelitian (Sabouri *et al.*, 2018) menyatakan bahwa Ni nanopartikel dapat mendegradasi 80% metilen blue di bawah penyinaran lampu UV selama 270 menit. Hasil tersebut diperoleh dari metode *green co-precipitation* menggunakan nikel nitrat heksahidrat dan pati, masing-masing sebagai prekursor Ni dan zat penstabil, sedangkan amonia berfungsi sebagai zat kompleks. Celah pita NiO nanopartikel menjadi 3,55 eV dan sampel ini merupakan bahan semikonduktor yang dapat digunakan sebagai fotokatalis.

Menurut (Youssef *et al.*, 2016) MV yang didegradasi dengan katalis ZnO-TiO₂ dapat dipengaruhi beberapa faktor diantaranya pH dari limbah zat warna dan % doping TiO₂ sebagai katalis, serta lama waktu degradasi. Degradasi akan meningkat seiring bertambahnya waktu sampai tercapainya kontak optimum antara foton dengan katalis serta pada saat H₂O₂ sudah terbentuk akan mengalami penurunan. Selain itu, MV dapat mengalami absorpsi terhadap katalis karena pengaruh dari pH, saat pH rendah permukaan katalis lebih mudah mengabsorpsi MV sehingga akan menghambat penyinaran terhadap katalis yang dapat mempengaruhi proses degradasi (Dini *et al.*, 2014). Penelitian menggunakan metode fotokatalitik untuk degradasi limbah cair tekstil buatan antara lain penelitian penurunan zat warna sintesis *C. I acid blue 40* untuk tekstil menggunakan kitosan biopolimer dan TiO₂ dengan lampu UV, penurunan warna dilakukan dengan mengukur absorbansinya menggunakan alat spektrofotometer UV-VIS (Chen *et al.*, 2010).

2.2 Magnetik

Magnetik adalah suatu benda yang dapat ditarik oleh suatu medan magnet, sifat-sifat kemagnetan yaitu diamagnetik yang memiliki efek yang sangat kecil bila dibandingkan dengan paramagnetik dan ferromagnetik. Hal tersebut dikarenakan sifat diamagnetik yang terjadi pada sebuah atom spin dan orbital nya saling menghilangkan sehingga atom tersebut memiliki momen magnetik sebesar 0. Namun, sifat paramagnetik yang terjadi spin dan orbital pada sebuah atom hanya menghilangkan sebagian sehingga atom akan mempunyai momen magnetik permanen. Ferromagnetik memiliki sifat yang lebih kuat dibandingkan dengan diamagnetik dan paramagnetik. Hal tersebut berhubungan dengan unsur besi, nikel, dan kobalt serta mineral-mineral besi oksida lainnya yang tidak terisi pada subkulit 3d, kisi kristal pada ferromagnetik dimana atom-atom saling mendekati sehingga orbit-orbit elektronnya akan overlapping dan interaksi menjadi kuat. Fenomena tersebut exchange coupling artinya selain secara acak arahnya, momen magnetik dari atom di dalam kisi menjadi terarahkan sehingga memberikan magnetisasi yang kuat (Evans, 2003)

Katalis bisa digunakan dari logam transisi karena dapat mengisi orbital 3d dan memiliki elektron yang tidak berpasangan sehingga mudah berikatan dengan atom yang lain (Bakri dan Ridia, 2008). Jika mengikuti aturan Hund logam nikel memiliki orbital 3d yang belum terisi penuh, sehingga terdapat elektron-elektron yang tidak berpasangan di orbital d. Hal tersebut dapat menentukan sifat-sifat nikel yaitu sifat magnetiknya, struktur padatnya, dan kemampuan logam nikel yang membentuk senyawa kompleks (Tsani, 2011). Katalis nikel banyak digunakan karena reaktivitasnya yang besar setelah paladium ($Pd > Ni > Co > Fe > Cu$) (Johnstone dan Johnstone, 1961).

2.3 Biochar Magnetik

Biochar merupakan suatu residu berbentuk padat yang stabil dihasilkan dari proses pirolisis biomassa dengan cara pemanasan tanpa oksigen. Biochar magnetik dibuat dengan menggabungkan biochar dengan bahan magnetik. Dalam mengatasi kekurangan biochar untuk mengatasi pencemaran, maka logam transisi seperti (Fe, Co, Ni, dan lain-lain) dimasukkan untuk membentuk

biochar magnetik (Zhang *et al.*, 2019). Hal tersebut menjadi solusi yang efektif, karena biochar magnetik bisa dilakukan secara sederhana dan cepat dengan pemisahan magnetik. Biochar magnetik merupakan adsorben yang efektif dalam menghilangkan logam berat serta senyawa organik yang berada di limbah air (Dong *et al.*, 2018). Keuntungan dari penggunaan biochar magnetik yaitu terletak pada pemisahan yang menyederhanakan isolasi serta pencucian yang diikuti dengan redispersi. Pada biochar magnetik yang dilakukan dengan pirolisis ditemukan dalam kandungan karbon berbanding terbalik dengan suhu, tetapi pada kandungan besi sebanding dengan suhu (Yin *et al.*, 2018)

Menurut (TA Ghezzehei *et al.*, 2014) dalam lingkup pengolahan air limbah, biochar dapat dibantu dengan proses adsorpsi yaitu dengan penyaringan karbon. Hal tersebut dapat membuktikan bahwasannya filter biochar aktif paling efektif dalam menghilangkan bau, sedimen, senyawa organik volatil (VOC), klorin, dan rasa. Sehingga pada penelitian (Tong *et al.*, 2011) meneliti tentang biochar yang diperoleh dari sisa tanaman kedelai, sekam padi, dan canola terhadap uji perbandingan kapasitas adsorpsi biochar yang dilakukan pirolisis pada suhu 350 °C untuk mengadsorpsi zat warna metilen violet. Dimana hasil biochar yang diperoleh dari kapasitas adsorpsi kacang, canola, dan jerami kedelai lebih besar dari sekam padi ini diketahui memiliki kemampuan dalam menghilangkan MV dari air limbah. Hasil percobaan menunjukkan hampir sepenuhnya 156 gram arang sekam padi dapat menghilangkan MV dari 18,2 Liter air yang mengandung 1,0 mmol/L MV.

Biochar dihasilkan menggunakan metode pirolisis, pada penelitian yang dilakukan oleh (Oguntunde *et al.*, 2004) faktor yang mempengaruhi stabilitas pirolisis yaitu (suhu, waktu, dan lain-lain), hal tersebut diketahui pada kenaikan fosfor total yang tinggi (151%) yang dihasilkan selama produksi arang menunjukkan bahwa fosfor tidak menguap di suhu tinggi. Sedangkan terkait penggunaan bahan bakar alternatif, menyatakan bahwa kualitas arang ditentukan oleh penentuan temperature. Selain itu (Debdoubi *et al.*, 2005)

menyimpulkan bahwa nilai kalor yang dihasilkan akan meningkat jika temperatur karbonisasi nya tinggi.

Biochar magnetik yang dilakukan dari jenis feromagnetik seperti Fe, Co, Ni, tetapi bahan yang digunakan sebagai fotokatalis yaitu pada logam Ni. Katalis yang digunakan dapat berasal dari logam-logam transisi karena logam transisi yang telah mengisi orbital 3d seperti logam Ni belum penuh karena sesuai aturan hund terdapat elektron yang tidak berpasangan sehingga mudah berikatan dengan atom lain, keadaan seperti ini menentukan sifat-sifat dari Ni yaitu sifat magnetik, struktur padatnya, dan kemampuan logam Ni membentuk senyawa kompleks. Hal tersebut menjadikan logam Ni mudah dalam membentuk ikatan kovalen koordinat sehingga pembentukan senyawa antara permukaan katalis menjadi lebih mudah (Tsani,2011). Digunakan logam Ni karena sifat magnetik yang diperoleh dari oksida logam seperti besi (Fe_3O_4 , Fe_2O_3), bahwa Ni lebih stabil daripada logam lain seperti Fe yang memiliki kelemahan yaitu tidak stabil, dan mudah berkarat. Sehingga agar sifat magnetiknya tetap tinggi, maka dibuat komposit dengan nikel membentuk NiFe_2O_3 . Dalam membuat fotokatalis yang murah dan stabil yaitu fotokatalis yang bersifat magnetik, dan juga memiliki kinerja yang tinggi, salah satunya nikel nanopartikel yang digunakan dalam bentuk irit dan lebih awet dengan dibuatnya komposit menggunakan biochar. Menurut beberapa penelitian faktor yang dapat mempengaruhi proses fotokatalisis yaitu pH, penambahan hidrogen peroksida, intensitas sinar UV, konsentrasi awal limbah, dan jenis air limbah. Hal tersebut dapat diamati pada penelitian ini terkait seberapa pengaruh hidrogen peroksida terhadap laju degradasi air limbah secara fotokatalisis.

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Kulit Jeruk Peras

Jeruk peras merupakan salah satu jenis buah jeruk yang banyak ditemukan di Indonesia, yang biasa ditemukan dan tersedia dalam jumlah yang besar. Penggunaan jeruk peras biasa dilakukan dalam pemanfaatan sebagai jus. Hal ini dibuktikan bahwa di pinggir jalan banyak ditemukan penjual minum jeruk peras. Namun, dalam pembuatan jeruk peras kulit jeruk tersebut tidak digunakan sehingga seringkali dibuang dan menjadi limbah organik. Walaupun sampah organik dari kulit jeruk ini tidak menimbulkan bahaya bagi lingkungan, tetapi jika tidak ditangani dengan tepat maka dapat menimbulkan masalah. Penelitian (Friatna *et al.*, 2011) menyatakan bahwa pemanfaatan limbah kulit jeruk bisa digunakan sebagai masker wajah, pupuk organik (Marjenah, 2017), dan lainnya.

Kulit jeruk peras yang dihasilkan dari limbah organik dalam kondisi kering memiliki ciri khas bau wangi, namun jika didiamkan beberapa hari kulit jeruk peras akan busuk karena meningkatnya kadar air yang tinggi. Pada penelitian yang dilakukan didapatkan hasil karbon aktif pada kulit jeruk peras yang sesuai dengan karakteristik dengan standar(SNI) 06-3730-1995 meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat (Seliaprillia *et al.*, 2019). Limbah dari kulit jeruk tersebut bisa dimanfaatkan untuk dijadikan biochar karena mengandung pektin yang didalamnya terdapat banyak gugus fungsional, seperti gugus karboksil pada protein dan polisakarida yang berperan dalam proses adsorpsi logam berat karena dapat mengikat logam (Solika *et al.*, 2017). Kulit jeruk peras dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kulit Jeruk Peras (Sumber Pribadi)

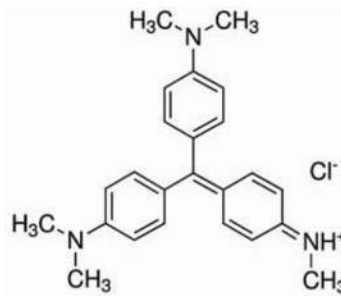
3.2 Biochar

Biochar merupakan metode yang efektif yang banyak digunakan dalam menghilangkan senyawa organik serta memiliki kandungan karbon aktif yang tinggi. Biochar dapat menghilangkan logam beracun secara efisien dari air limbah untuk memenuhi standar pembuangan ke air permukaan. Dapat dihasilkan dari limbah tanaman dan kotoran ternak, biochar dari limbah tanaman biasanya memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi, luas permukaan lebih besar, dan kapasitas tukar kation lebih rendah dari kotoran ternak pada kondisi pirolisis yang sama (Li *et al.*, 2019).

Biochar yang dihasilkan dapat memiliki kualitas yang bagus yang dapat dipengaruhi oleh jenis biomassa dan proses pirolisis. Setiap biomassa memiliki senyawa kimia yang berbeda, dikarenakan proses fotosintesis yang dilakukan tumbuhan dalam menghasilkan energi dan nutrisi selama masih hidup. Dalam biomassa memiliki suatu komposisi yang berbeda sebagai penentu utama dalam kualitas biochar (Mawardiana, *et al.*, 2013). Selain itu, pembuatan biochar perlu diperhatikan teknologi pirolisis yang digunakan. Pirolisis adalah suatu peristiwa kompleks, di dalam biomassa yang terdapat senyawa organik akan terkonversi dengan pemanasan tanpa oksigen yang terbatas. Sehingga hanya bagian volatile matter yang terlepas, tetapi karbon tetap nya yang ditinggal (Iskandar dan Rofiatin, 2017).

3.3 MV

Salah satu zat warna yang digunakan dalam pewarna tekstil serta tinta yaitu MV. MV adalah suatu zat warna dari jenis trifenil metana, berwarna ungu. MV ini sulit terdegradasi di perairan karena memiliki tingkat stabilitas yang tinggi. Zat warna ini termasuk kedalam kationik yang sifatnya toksik, mutagenik, dan karsinogenik (Astuti *et al.*, 2017). Ketika dilarutkan dalam air zat warna menjadi biru-violet dengan absorbansi maksimum 590 nm.

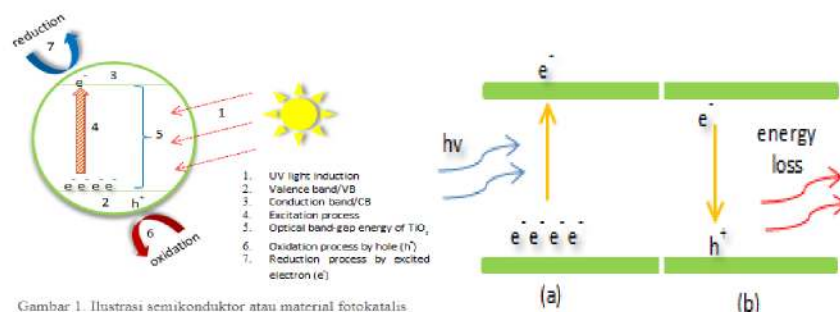


Gambar 3. Struktur molekul MV (Astuti, 2018)

MV jika dihirup menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan, muntah, diare, sakit kepala. Sedangkan jika terkena paparan dalam jangka panjang menyebabkan kerusakan pada selaput lendir dan saluran pencernaan (Ghosh dan Bhattacharyya, 2002)

3.4 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan suatu metode reaksi kimia yang dilakukan dengan bantuan katalis dan disinari cahaya sehingga katalis tersebut menjadi aktif (Abdullah, 2011). Fotokatalis yang sering digunakan yaitu dari bahan semikonduktor oksida logam sebagai katalis seperti TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , dan SrTiO_3 . Nilai band gap yang cukup kecil pada semikonduktor menyebabkan proses eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dapat secara mudah dilakukan dengan energi yang tak terlalu besar. Ukuran partikel yang sangat kecil dapat meningkatkan fotokatalitik oksida logam, karena nilai energi celah pita (E_g) akan semakin besar jika ukuran partikel nya kecil (Wijaya *et al.*, 2005).



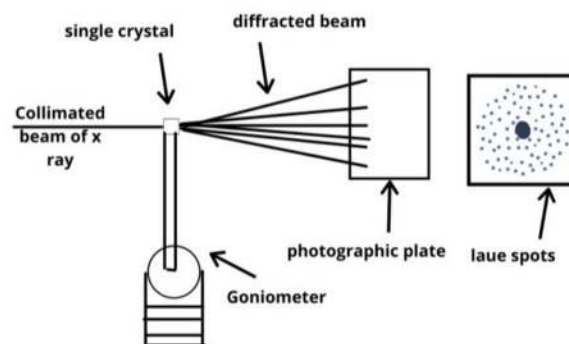
Gambar 1. Ilustrasi semikonduktor atau material fotokatalis

Gambar 4. Ilustrasi material fotokatalis dan Ilustrasi elektron tereksitasi dan rekombinasi (Sakti et al., 2013)

Pada proses fotokatalitik diawali dengan terbentuknya pasangan *electron hole* positif (e^- , h^+) dalam partikel semikonduktor. Pasangan *electron hole* positif mengalami reaksi reduksi oksidasi menghasilkan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) yang diduga dapat mendegradasi polutan organik berbahaya (Sakti *et al.*, 2013). Sedangkan, yang terjadi pada elektron di pita konduksi dapat mereduksi molekul oksigen, hidrogen peroksida, atau oksidator lainnya dalam suatu larutan. Sehingga terjadinya reaksi oksidasi-reduksi yang diakibatkan dari lampu UV, dan fotodegradasi terjadi karena adanya semikonduktor pada suatu katalis (Setyawan dan Handoko, 2001). Fotokatalis memiliki keuntungan yaitu terjangkau, proses reaksi yang cepat, tidak beracun, serta dapat digunakan dalam jangka yang panjang (Fatimah *et al.*, 2006)

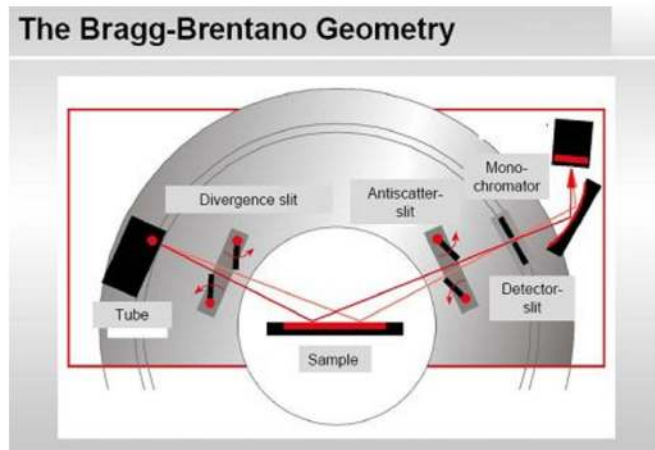
3.5 X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) suatu instrumen yang menganalisis material kristalit berupa struktur kristalit (kualitatif) dan fasa kristal (kuantitatif) dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Struktur kristal dapat ditentukan dengan metode difraksi. Difraksi merupakan metode yang dilakukan dengan cara hamburan elastis, dimana energi tersebut diabaikan (Bunaciu *et al.*, 2015)



Gambar 5. Ilustrasi instrumen XRD

Prinsip dasar XRD yaitu dengan mendifraksikan suatu cahaya melalui celah kristal. Dimana cahaya tersebut akan terdifraksi oleh kisi-kisi apabila difraksi tersebut dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom yaitu sekitar 1 Angstrom. Radiasi berupa sinar-X, elektron, dan neutron yang biasa digunakan (Munasir *et al.*, 2012)



Gambar 6. Difraksi sinar-X pada XRD

Difraksi sinar-X merupakan metode untuk mengidentifikasi bahan suatu material kristal, serta menentukan ukuran kristal dari partikel hasil sintesis. Pada setiap kristal memberikan pola yang memberikan posisi puncak dalam difraktogram sebagai petunjuk keberadaan senyawa tertentu (Alvianny *et al.*, 2018). Hukum Bragg menjelaskan bahwa hubungan antara sinar-X yang ditembakkan ke dalam, dan yang dipantulkan dari permukaan kristal. Ketika sinar X ditembak mengenai sampel yang diuji, menyebabkan energi yang ditembakkan oleh sinar X sangat besar karena dapat menembus sampel uji dan sinar tersebut akan terdifraksi ke seluruh arah pergerakan sinar yang memenuhi hukum bragg. Selanjutnya detektor akan bergerak sesuai kecepatan sudut konstan untuk mendeteksi berkas cahaya sinar X dari sampel. Pada setiap kisi memiliki masing-masing sudut sehingga memenuhi hukum bragg :

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

n : orde difraksi (1,2,3,4,5,...)

λ : panjang sinar X

d : jarak kisi

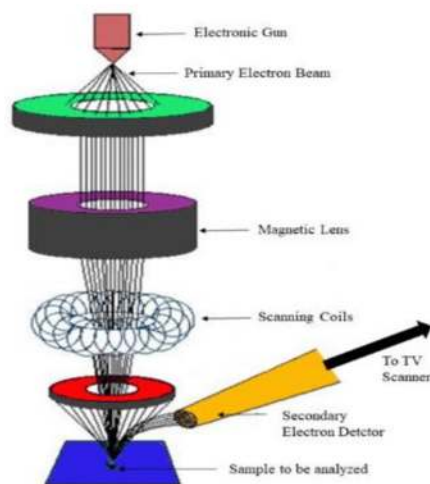
θ : Sudut difraksi

Dari persamaan bragg tersebut, terdapat sinar X pada sampel kristal yang menyebabkan sinar x terbiaskan pada bidang kristal dan memiliki panjang gelombang yang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal.

3.6 Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDX)

Karakterisasi menggunakan metode SEM-EDX ini memberikan informasi mengenai kandungan unsur maupun oksidasinya serta memahami sifat fisik dan kimia suatu material (Srivastava dan Vinod, 2012). SEM-EDX merupakan suatu alat karakterisasi untuk analisis kuantitatif dan kualitatif berdasarkan analisis spektral radiasi sinar-X yang terpancarkan dari atom sampel pada iradiasi dengan berkas elektron yang difokuskan SEM. Pada SEM-EDX ini proses kerja yang dilakukan dengan menghilangkan molekul udara dalam alat tersebut karena jika terdapat udara, elektron yang sangat kecil dan ringan ini akan terpancar oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran (Julinawati, 2015).

Sistem kerja yang dilakukan yaitu berkas elektron akan mengenai sampel dan mentransfer sebagian energinya ke atom sampel. Energi ini dapat digunakan oleh elektron atom untuk "melompat" ke kulit energi dengan energi yang lebih tinggi atau terlepas dari atom. Jika transisi seperti itu terjadi, elektron akan meninggalkan lubang. Lubang tersebut memiliki muatan positif kemudian langkah kedua dari proses, menarik elektron bermuatan negatif dari kulit berenergi lebih tinggi. Ketika sebuah elektron dari kulit berenergi lebih tinggi mengisi lubang kulit berenergi lebih rendah, perbedaan energi transisi ini dapat dilepaskan dalam bentuk sinar-X. Dapat dilihat pada Gambar 3.

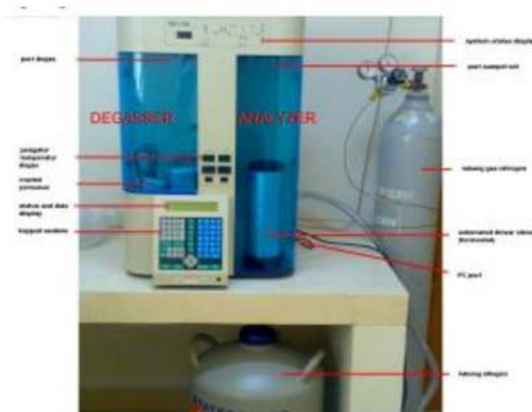


Gambar 7. Ilustrasi instrumen SEM-EDX

Setelah sampel terkena sinar elektron, terjadinya interaksi-interaksi pada sampel yang disinari yang selanjutnya akan terdeteksi dan diubah dalam sebuah gambar oleh SEM serta data yang dihasilkan dari EDX berupa spektrum dengan puncak yang sesuai pada elemen yang berbeda yang terdapat dalam sampel. EDX digunakan untuk analisis kualitatif berupa jenis unsur nya serta kuantitatif berupa persentase konsentrasi setiap unsur sampel. EDX memiliki empat komponen utama dari setup EDS yaitu pada sumber sinar, detektor sinar-X, prosesor pulsa, dan analisis (Mohammed dan Abdullah, 2018).

3.7 Gas Sorption Analyzer (GSA)

GSA (Gas Sorption Analyzer) merupakan suatu analisis karakterisasi bahan dengan melakukan pengukuran suatu material untuk menentukan luas permukaan, jari-jari serta volume pori (Paskalia *et al.*, 2017). Syarat dari suatu sampel yang bisa dikarakterisasi dengan GSA yaitu padatan berpori. Prinsip dari GSA yaitu berdasarkan adsorpsi dari permukaan suatu bahan padat pada tekanan dan suhu yang konstan (isoterm), gas yang digunakan yaitu helium yang biasa digunakan untuk ukuran mikropori ($<20 \text{ \AA}^0$), nitrogen ukuran mesopori ($20\text{-}500 \text{ \AA}^0$), dan argon untuk makropori ($> 500 \text{ \AA}^0$) (Somorjai dan Klerer, 1972).



Gambar 8. Alat GSA NOVA 1200e (Sudarlin, 2012)

Pada rangkaian alat ini terdiri dari dua bagian utama yakni degasser dan analyzer. Fungsi dari degasser yaitu menghilangkan zat-zat pengotor (seperti air, mineral, dan zat volatile lainnya) yang sekiranya terperangkap

dalam permukaan padatan tersebut, sehingga proses ini disebut proses degassing. Pada proses ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dalam kondisi flow atau vakum, kondisi flow gas ini dilakukan dengan cara gas dialirkan kedalam sampel sel, sehingga zat-zat pengotor yang ada akan terdesak. Sedangkan, pada kondisi vakum dengan cara meminimalkan bahkan mengurangi tekanan agar pengotor yang ada bisa terlepas (Sudarlin, 2012).

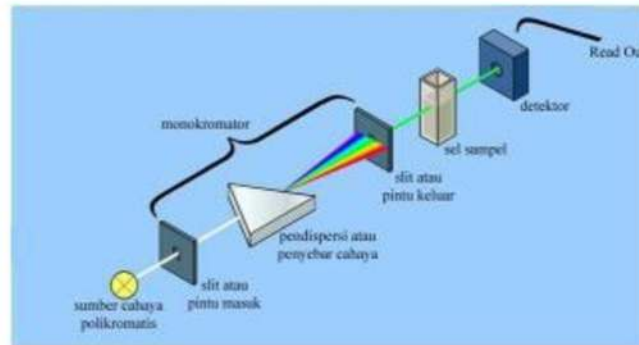
Jika menggunakan gas nitrogen, saat analisa berlangsung gas tersebut akan dialirkan melalui port gas ke dalam tabung sampel yang sesuai dengan tekanan yang disetup sebelumnya. Jumlah gas nitrogen yang diadsorpsi berbanding lurus dengan tekanan. Hubungan dari kedua tersebut diplot sebagai grafik V Vs P/P_0 (Sumorjai dan Klerer, 1972).

3.8 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer adalah metode analisis yang berdasarkan pengukuran serapan sinar monokromatis oleh lajur larutan berwarna pada pengukuran panjang gelombang yang spesifik menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi detektor fototube. Analisis spektrofotometri memiliki tiga daerah panjang gelombang elektromagnetik yaitu daerah UV (200-380 nm), daerah *visible* (380-700 nm), dan daerah inframerah (700-3000 nm) (Maramis *et al.*, 2013).

Spektrofotometer Uv-Vis dilakukan pengukuran di daerah ultraviolet dan daerah tampak. Prinsip kerja yang dilakukan yaitu jika cahaya monokromatik melewati suatu media larutan, sebagian cahaya tersebut diserap (I), dipantulkan (I_r), dan sebagian dipancarkan (I_t) (Yanlinastuti, 2016). Sumber cahaya akan mengenai monokromator untuk mengubah sinar polikromatis menjadi sinar monokromatis sesuai yang dibutuhkan dari pengukuran, kemudian cahaya di filter untuk masuk ke dalam sampel cell yang dalamnya terdapat sampel dan cahaya tersebut akan diserap oleh sampel sehingga mengalami absorb. Energi cahaya yang diserap atom akan bereksitasi ke tingkat energi elektronik yang lebih tinggi. Selanjutnya, ketika sampel sudah dilewati oleh cahaya dan sampai di detektor, ada yang mengubah energy cahaya menjadi listrik dan ada yang dilanjutkan ke

pengganda (amplifier) sehingga sampai di suatu sistem baca yang menyatakan dalam bentuk % Transmittan (%T) maupun Absorbansi (A) (Maramis *et al.*, 2013).



Gambar 9. Skema Kerja UV-Vis (Grasse *et al.*, 2016).

Spektrofotometer dalam pengukurannya dilandaskan dengan Hukum Lambert-Beer, dimana suatu cahaya monokromatis yang dilewati oleh media yang transparan, intensitas cahaya yang ditransmisikan sebanding dengan tebal media yang digunakan. Sehingga dapat dituliskan persamaannya sebagai berikut :

$$A = \log I/I_0 \text{ atau } A = a.b.c$$

Keterangan:

A = absorbansi

a = koefisien serapan molar

b = tebal media cuplikan yang dilewati sinar

c = konsentrasi unsur dalam larutan cuplikan

I_0 = intensitas sinar mula-mula

I = intensitas sinar yang diteruskan

Hipotesis

Dari uraian diatas, maka hipotesis pada penelitian ini bahwa dari biomassa limbah kulit jeruk peras dapat diaplikasikan sebagai katalis dalam proses fotokatalis degradasi terhadap zat warna MV.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat pirolisis, statif dan klem, glasswool, loyang, oven, mortar dan alu, sendok sungu, sarung tangan, gelas arloji, gelas beaker 250 ml dan 500 ml (herma), pipet tetes, pengaduk gelas, labu ukur 100 ml dan 250 ml (herma), gelas ukur 50 ml (herma), erlenmeyer 250 ml (herma), corong gelas, neraca analitik, magnetic stirrer, batang magnet, reaktor, lampu UV , rangkaian alat fotokatalis, *X-Ray Diffraction* (XRD), Spektrofotometer *UV-Visible* HITACHI U-2010, *Gas Sorption Analyzer* (GSA) NOVA 1200e.

4.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kulit jeruk peras, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, isopropanol, aquadest, MV, kertas saring, tissue, dan plastic wrap

4.3 Cara Kerja

4.3.1 Pembuatan Ni/BC

Pembuatan Ni/BC diawali dengan mengeringkan kulit jeruk peras di bawah sinar matahari, kemudian dipotong kecil-kecil lalu dimasukkan ke dalam oven pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ sampai kulit jeruk menjadi kering. Selanjutnya, kulit jeruk peras kering ditimbang sebanyak 25 gram dan dicampurkan dengan larutan $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam 100 ml aquades. Campuran diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 1 jam, dilanjutkan perendaman 24 jam. Pelarut diuapkan pada temperatur $100\text{ }^\circ\text{C}$ sehingga diperoleh padatan kering. Padatan kering selanjutnya diperlakukan pirolisis pada suhu $400\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam dengan aliran gas Nitrogen.

4.3.2 Karakterisasi Ni/BC

Karakterisasi Ni/BC dilakukan dengan menggunakan instrumen XRD untuk mengkarakterisasi struktur kristal, serta ukuran kristal dari biochar yang diperoleh. SEM digunakan untuk mengetahui karakteristik morfologi dari

suatu material sehingga dapat melihat komposisi unsur permukaan dan informasi kristalografi. GSA digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu permukaan material dari ukuran atau volume pori, dan tipe pori

4.3.3 Uji Fotoaktivitas

4.3.3.1 Pembuatan Larutan Induk MV

Pembuatan larutan MV 100 ppm dilakukan dengan cara ditimbang sebanyak 0,025 gram serbuk MV lalu dilarutkan dengan aquades dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL, ditambahkan aquades hingga tanda batas. Setelah itu, larutan digojog hingga homogen sehingga diperoleh MV dengan konsentrasi 100 ppm.

4.3.3.2 Pembuatan Larutan MV 20 ppm

Pembuatan larutan MV 20 ppm dilakukan dengan cara diambil sebanyak 50 mL dari larutan induk MV 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL, dan ditambahkan aquades hingga tanda batas. Setelah itu, larutan digojog hingga homogen sehingga diperoleh MV 20 ppm.

4.3.3.3 Fotokatalis Ni/BC 400 °C dengan penambahan H₂O₂

Proses Fotokatalis Ni/BC dilakukan dengan dimasukkan larutan MV 20 ppm ke dalam labu ukur lalu dicairkan dengan 250 mL aquades, setelah itu ditimbang katalis Ni/BC 400 °C dengan variasi berat 0,1 gram, 0,3 gram, dan 0,5 gram, lalu di pipet 2 mL H₂O₂ dan dimasukkan ke dalam reaktor fotokatalis. Kemudian, dinyalakan reaktor fotokatalis dan diaduk menggunakan magnetic stirrer. Selanjutnya, dilakukan sampling sebanyak 5 mL pada variasi waktu 0, 15, 30, 60, 90, 120 menit lalu diamati dengan perubahan warna yang terjadi. Selanjutnya hasil dari larutan yang di degradasi dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum MV.

4.3.3.4 Fotokatalis Ni/BC tanpa penambahan H₂O₂

Proses Fotokatalis Ni/BC dilakukan dengan dimasukkan larutan MV 20 ppm ke dalam labu erlenmeyer lalu dicairkan dengan 250 mL aquades,

setelah itu ditimbang katalis Ni/BC 400 °C dengan variasi berat 0,1 gram, 0,3 gram, dan 0,5 gram, lalu dimasukkan ke dalam reaktor fotokatalis. Kemudian, dinyalakan reaktor fotokatalis dan diaduk menggunakan magnetic stirrer. Selanjutnya, dilakukan sampling sebanyak 5 mL pada variasi waktu 0, 15, 30, 60, 90, 120 menit lalu diamati dengan perubahan warna yang terjadi. Selanjutnya hasil dari larutan yang di degradasi dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum MV.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi berat Ni/BC dari kulit jeruk peras terhadap aktivitas fotokatalisis degradasi zat warna MV. Biochar yang merupakan suatu bahan padat yang dihasilkan dari pirolisis, dengan sifat bahan yang dapat teradsorpsi dikarenakan memiliki struktur karbon yang relatif tingkat porositas yang tinggi serta luas permukaan yang luas. Dalam penelitian ini biochar terembankan oleh Ni yang bersifat magnetik, sehingga dapat mempermudah dalam proses pemisahan karena dapat ditarik oleh batang magnet. Nikel nanopartikel yang digunakan memiliki ukuran partikel lebih kecil dibandingkan material bulk, sehingga ukuran luas permukaan nanopartikel lebih besar. sebagai fotokatalis degradasi zat warna MV biasa digunakan sebagai salah satu zat warna sintesis yang bersifat toksik, mutagenik, dan karsinogenik sehingga dilakukan uji aktivitas fotokatalisis. Hasil dari fotokatalisis akan dianalisis dengan instrumen Spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan nilai panjang gelombang MV. Ni/BC yang dihasilkan dari pirolisis akan dilakukan karakterisasi menggunakan beberapa instrumen yaitu XRD, SEM-EDX, dan GSA.

5.1 Proses Preparasi Sampel Kulit Jeruk Peras

Pada penelitian ini sampel yang digunakan berasal dari limbah kulit jeruk peras yang diperoleh dari kedai es jeruk peras di sekitar area kampus. Jeruk peras yang dikumpulkan lalu dipilih jeruk yang tidak busuk kemudian dilakukan preparasi dengan cara dipisahkan daging dengan kulit nya. Kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari dan oven pada suhu ± 100 °C menghilangkan kandungan air yang terdapat di dalam kulit jeruk peras. Kulit jeruk peras dipotong kecil-kecil untuk memperluas luas permukaan nya, dan dimasukkan kedalam wadah yang bersih.

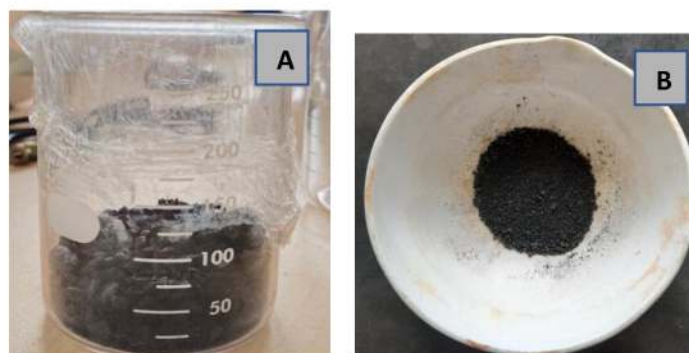
5.2 Preparasi Ni/BC

Biochar dari kulit jeruk peras dilakukan dengan dimasukkan material logam kedalam lalu dilanjutkan dengan merendam sampel padatan dengan larutan prekursor tersebut. Ni merupakan suatu material magnetit yaitu suatu benda yang dapat ditarik oleh medan magnet, material tersebut dipilih karena sifatnya yang

mudah ditarik oleh benda yang bersifat magnet sehingga proses pemisahan adsorpsi menjadi lebih mudah. Di dalam limbah kulit jeruk peras terdapat pektin sehingga memiliki banyak gugus fungsional, seperti gugus karboksil pada protein dan polisakarida yang berperan dalam proses adsorpsi logam berat karena dapat mengikat logam.

Tahapan yang dilakukan untuk mensintesis yaitu kulit jeruk yang sudah dipreparasi ditimbang sebanyak 25 gram dan dicampurkan dengan larutan $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam 100 mL aquades, campuran diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 1 jam agar Ni dengan sampel tercampur sempurna. Perendaman dilakukan selama 24 jam bertujuan untuk melarutkan logam Ni pada sampel kulit jeruk peras serta memaksimalkan reaksi yang terjadi. $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ berfungsi sebagai prekursor, yaitu suatu senyawa dalam reaksi kimia yang berpartisipasi menghasilkan senyawa lain. Dalam prekursor $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ tersebut terdapat Ion logam Ni^{2+} yang akan mengalami reduksi menjadi ion logam Ni^0 .

Sampel yang sudah direndam kemudian dimasukkan kedalam oven pada temperatur $100\text{ }^\circ\text{C}$ sampai kering untuk menghilangkan kandungan air dari sampel. Selanjutnya dilakukan pirolisis Ni/BC sebanyak 25 gram pada suhu $400\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam, dilakukan pada suhu $400\text{ }^\circ\text{C}$ karena biochar yang baik diperoleh dengan pirolisis lambat pada suhu $400\text{ }^\circ\text{C}$ - $600\text{ }^\circ\text{C}$ (Kinney *et al.*, 2012). Setelah dilakukan proses pirolisis terbentuknya kulit jeruk peras berwarna hitam yang merupakan hasil dari Ni/BC . Hasil pirolisis dihaluskan dengan mortar dan alu sehingga dihasilkan dalam bentuk serbuk. hasil pirolisis dapat dilihat pada Gambar 10.



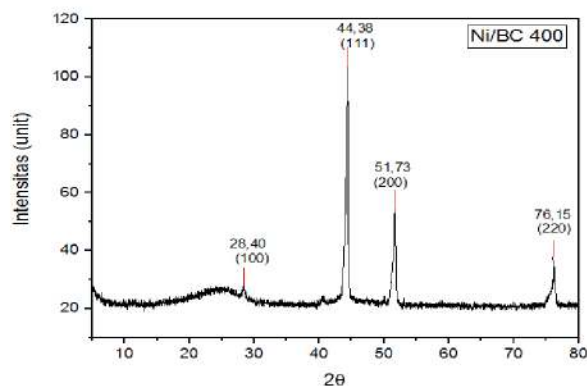
Gambar 10. Hasil (a) Pirolisis suhu $400\text{ }^\circ\text{C}$, (b) Pirolisis dalam bentuk serbuk

5.3 Karakterisasi

yang diperoleh kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan instrumen XRD, SEM-EDX, dan GSA. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui kandungan, struktur dan morfologi dari pada suhu 400 °C.

5.3.1 Karakterisasi dengan XRD

Karakterisasi dengan XRD dilakukan untuk mengetahui struktur dari suatu kristal serta ukuran kristal yang terbentuk dari nilai 2θ . Sudut 2θ pada rentang 10-80⁰ menunjukkan intensitas puncak difraksi pada pola difraksi sinar-X



Gambar 11. Hasil Analisis XRD

Pada Gambar 11. Dapat diketahui BC yang terembankan oleh Ni menjadi terlihat dengan adanya puncak-puncak 2θ karakteristik Ni yaitu pada 28,40° ; 44,38° ; 51,73° ; 76,15° yang mengacu pada JCPDS Nomor 03-1051 (Taghizadeh,2016). Nilai hkl pada masing-masing sudut yaitu (100), (111), (200), (220), dari sudut refleksi tersebut berkaitan dengan nikel yang memiliki struktur a-FCC sehingga dimungkinkan nanopartikel nikel tunggal tersebar ke permukaan biochar (Sahoo, 2015).

Ukuran partikel ditentukan dengan cara persamaan Debye-Scherrer:

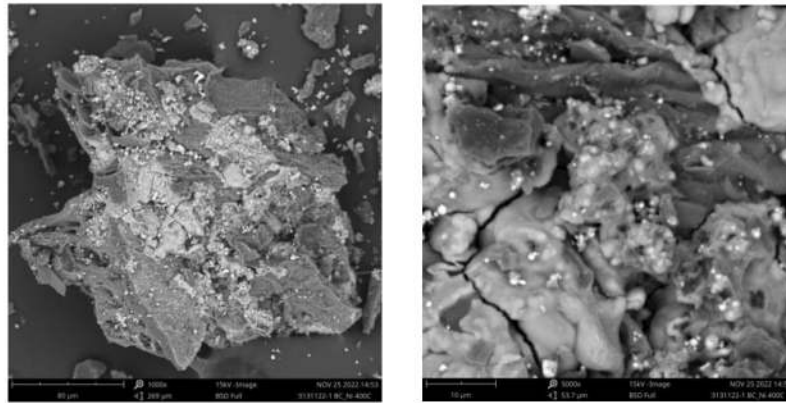
$$D = \frac{0,94 \alpha}{\beta \cos \theta}$$

D merupakan ukuran kristal rata-rata (diameter), α yaitu panjang gelombang dari sinar-X (0,154 nm) θ sudut difraksi dan β yaitu dari *Full Width at Half Maximum* (FWHM). Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa memiliki

ukuran partikel rata-rata sebesar 22,02 nm. Sehingga diindikasikan bahwa partikel yang dianalisis termasuk ke dalam nanopartikel.

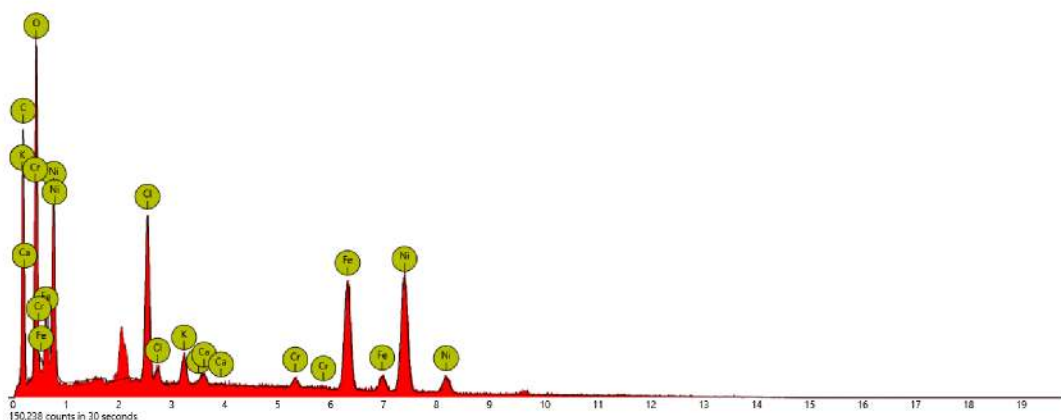
5.3.2 Karakterisasi dengan SEM-EDX

Scanning Electron Microscope (SEM-EDX) dilakukan untuk mengetahui struktur morfologi dari suatu material dan Energy Dispersive X-Ray (EDX) untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung dalam material tersebut.



Gambar 12. Citra SEM

Pada Gambar 12. Terlihat morfologi yang memiliki ukuran pori seragam berwarna putih terang. Hal tersebut membuktikan sifat magnetik yang terdapat pada nanopartikel Ni menempel pada permukaan biochar tersebut. Untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung pada sampel dilakukan menggunakan EDX dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil Analisis EDX

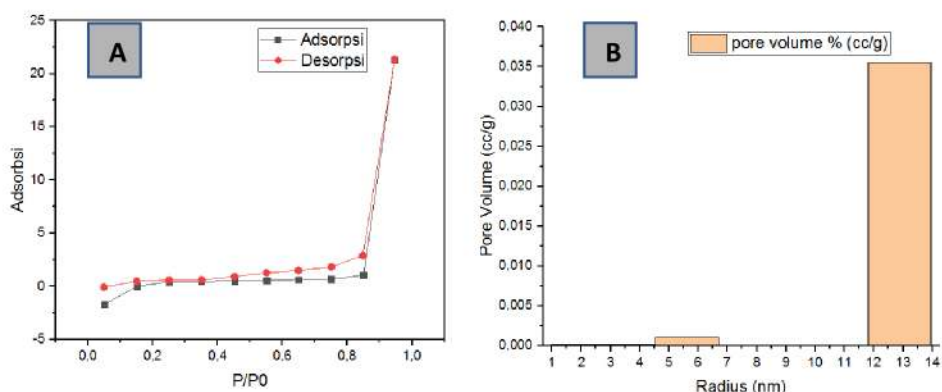
Tabel 1. Kandungan Unsur dalam

Unsur	Kandungan (%)
Ni	33,18
C	26,90
Fe	16,70
O	15,80
Cl	5,09
K	1,07
Cr	0,80
Ca	0,46

Pada Tabel 1. Terdapat komponen penyusun utama yaitu unsur Ni sebesar 33,18%, selain unsur Ni yang dominan yaitu unsur karbon (C) sebesar 26,90% , unsur besi (Fe) sebesar 16,70%, unsur oksigen (O) sebesar 15,80%. Hasil tersebut dapat diketahui bahwa unsur Ni yang paling dominan dari yang lain sehingga dapat diketahui bahwa Ni telah terikat dengan baik pada permukaan BC dan terbentuknya Ni/BC.

5.3.3 Karakterisasi dengan GSA

Karakterisasi Gas Sorption Analyzer (GSA) dilakukan untuk menentukan luas permukaan spesifik, volume pori, ukuran pori, serta distribusi pada sampel yang dianalisis.



Gambar 14. (a) Grafik Isoterm (b) Grafik Distribusi Pori dari Material Ni/BC

Berdasarkan klasifikasi IUPAC kurva isoterm sampel merupakan tipe ukuran mesopori IV dengan ukuran (2-50 nm). Grafik kurva isoterm pada tekanan relatif awal (P/P_0) teradsorpsi relatif sedikit kemudian naik secara perlahan, tetapi saat tekanan relatif diturunkan untuk proses desorpsi terjadi loop histerisis sehingga pada tekanan relatif sedang hingga tinggi jumlah gas yang terdesorpsi tidak sama dengan jumlah gas yang teradsorpsi di awal (Greag dan Sing, 1982).

Tabel 2. Karakteristik Pori

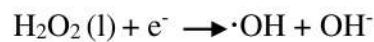
Sampel	Luas Permukaan Spesifik (m^2/g)	Volume Pori (cc/g)	Ukuran pori (nm)
Ni/BC	18,35	$3,30 \times 10^{-2}$	12,88

Pada Tabel 2. Karakteristik dari suatu pori, metode *Brunauer Emmet Teller* (BET) digunakan untuk menentukan luas permukaan, sedangkan metode *Barret Joyner Hallenda* (BJH) digunakan untuk menentukan volume pori dan ukuran pori. BC yang terembankan Ni memiliki luas permukaan spesifik sebesar $18,35 m^2/g$ dengan volume pori sebesar $3,30 \times 10^{-2} cc/g$. Ukuran pori pada masing-masing sebesar 12,88 nm sehingga hal tersebut sesuai dengan teori bahwa daerah mesopori tipe IV yang memiliki ukuran pori 2-50 nm (Kaneko, 1994).

5.4 Uji Aktivitas Fotokatalisis pada Fotodegradasi MV

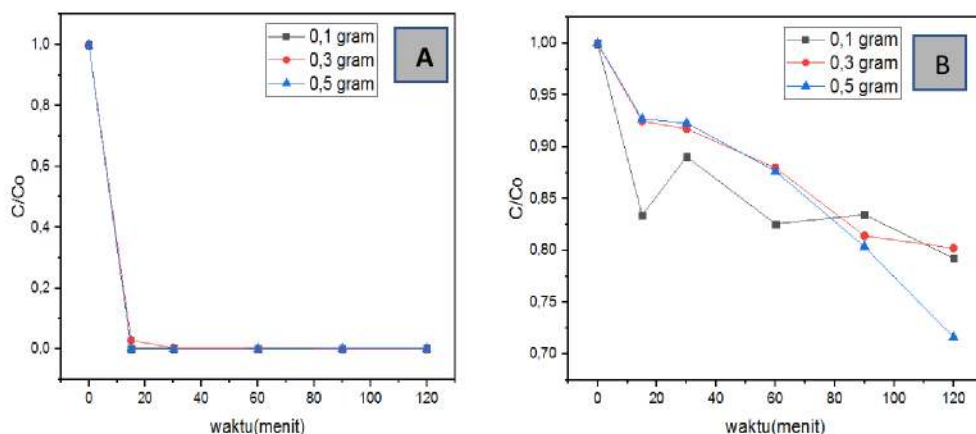
Penelitian ini dilakukan fotokatalisis dengan menggunakan Ni/BC. Pengolahan limbah zat warna biasanya menggunakan MV untuk uji aktivitas fotokatalitik. MV salah satu zat warna yang memiliki sifat toksik, mutagenik dan karsinogenik, jika zat tersebut mengalir ke lingkungan menjadi limbah maka diperlukan penanganan yang lebih serius karena menyebabkan pencemaran lingkungan. Pada penelitian ini konsentrasi MV yang digunakan sebanyak 20 ppm. Dalam aktivitas fotokatalitik katalis yang digunakan dengan variasi berat 0,1 gram, 0,3 gram, dan 0,5 gram. Kemudian katalis dimasukkan ke dalam reaktor yang sudah terisi larutan MV sebanyak 250 mL. Selanjutnya dilakukan perbandingan variasi dengan penambahan Hidrogen

Peroksida (H₂O₂) sebanyak 2 mL dan tanpa Hidrogen Peroksida (H₂O₂). H₂O₂ bertindak sebagai prekursor atau oksidator kuat senyawa organik maupun anorganik karena H₂O₂ merupakan suatu reagen fenton. Proses fenton terjadi dari reaksi antara hidrogen peroksida (H₂O₂) dengan ion besi (Fe²⁺ atau Fe³⁺) yang dapat menghasilkan suatu gugus hidroksil radikal yang dapat mengoksidasi suatu senyawa organik maupun anorganik (Guo *et al.*, 2018), selain itu reaksi fenton juga meningkatkan radikal hidroksil lebih tinggi apabila terkena radiasi sinar UV sehingga proses fotodegradasi lebih cepat (Dincer *et al.*, 2008). Reaksi yang terjadi yaitu :



Fotodegradasi yang dilakukan pada variasi waktu yang berbeda yaitu 0, 15, 30, 60, 90 dan 120 menit dalam penyinaran cahaya UV. Fotokatalis yang dilakukan dengan penggunaan variasi massa katalis serta penambahan H₂O₂ dan tanpa H₂O₂. Kemudian sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang 200-800 nm sebagai daerah sinar tampak untuk mengetahui panjang gelombang maksimum MV. Panjang gelombang maksimum merupakan suatu senyawa yang menghasilkan serapan (absorbansi) paling besar, panjang gelombang maksimum MV sebesar 582 nm.

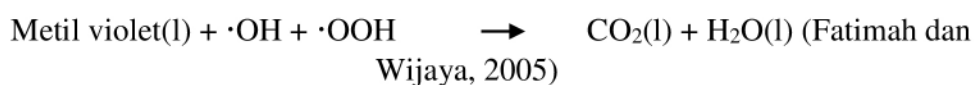
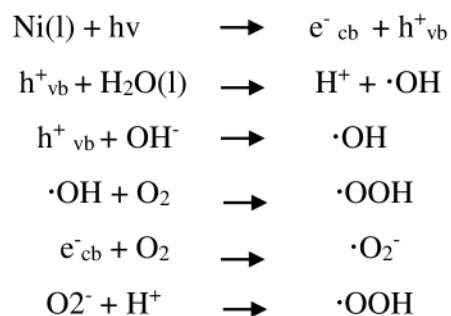
Analisis MV pada perlakuan fotokatalis dengan variasi massa katalis serta variasi H₂O₂ ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Parameter Waktu Pada Variasi Berat Katalis dan Pengaruh (a) penambahan H₂O₂ (b) tanpa H₂O₂

Pada Gambar 15. Grafik konsentrasi dengan sumbu x yaitu waktu penyinaran cahaya UV, sedangkan sumbu y merupakan C/Co yang mana C ialah suatu konsentrasi MV pada saat diukur dan CO adalah konsentrasi awal. Terlihat perbedaan fotokatalis penambahan H₂O₂ dengan tanpa H₂O₂ yaitu pada dengan penambahan H₂O₂ terlihat bahwa MV terdegradasi secara sempurna dan cepat dalam waktu singkat sehingga tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap massa katalis, sedangkan tanpa H₂O₂ grafik mengalami naik turun yang kurang stabil. Hal tersebut dikarenakan terdapat sumber foton yaitu sinar UV serta katalis yang efektif dan oksidator yang kuat dalam mempercepat oksidasi MV. Sesuai dengan teori menurut (Wardhani *et al.*, 2015) mengenai tingkatan degradasi MV yang meningkat seiring dengan waktu kontak yang bertambah jika terkena paparan sinar UV energi yang mengenai fotokatalis semakin besar sehingga radikal OH yang dihasilkan lebih banyak serta lebih aktif mendegradasi zat warna.

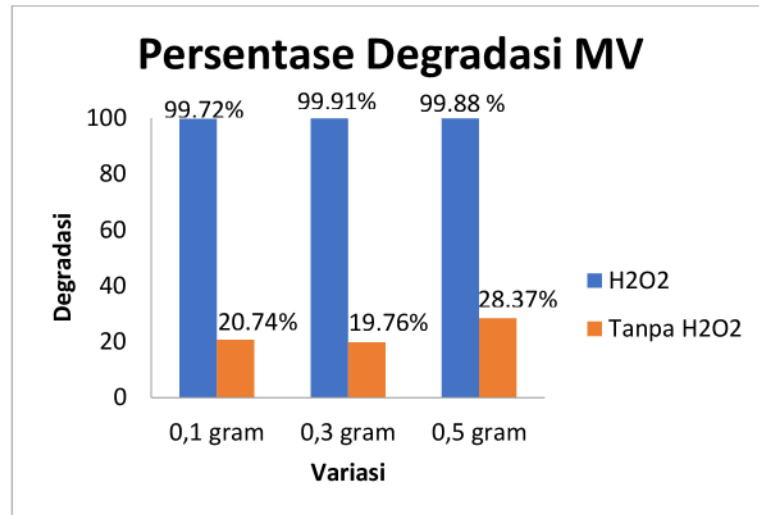
Ni/BC yang disinari oleh cahaya dengan energi lebih besar dari energi celah pita (*band-gap*) Ni akan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Pada pita valensi akan terbentuk hole atau lubang bermuatan positif karena adanya eksitasi elektron yang kemudian berinteraksi dengan air (H₂O), sehingga akan menghasilkan radikal OH (\cdot OH) sebagai oksidator kuat dalam menguraikan zat warna (Fatimah dan Wijaya, 2005). Reaksi yang terjadi yaitu :



Fotodegradasi MV diukur menggunakan rumus berikut :

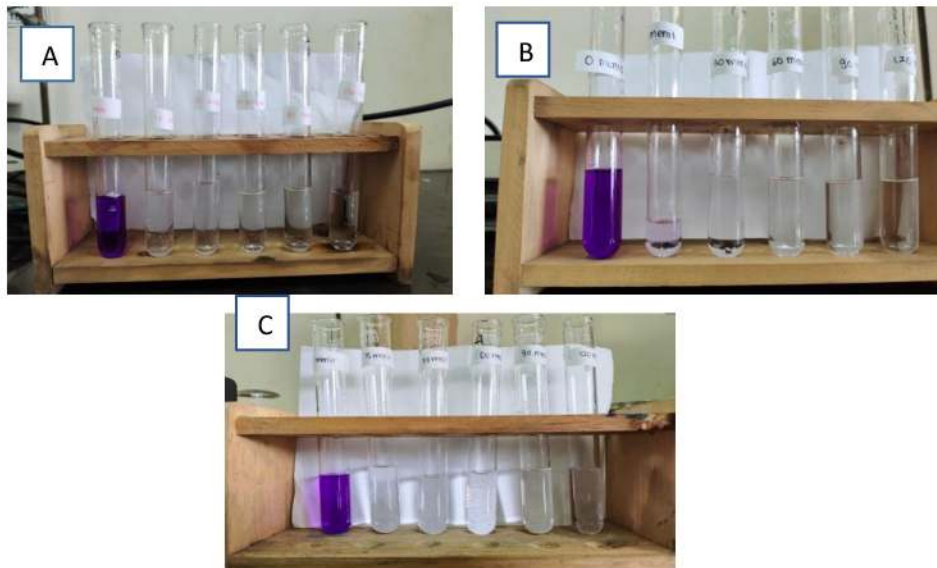
$$\% \text{ degradasi} = \frac{\text{absorbansi awal} - \text{absorbansi akhir}}{\text{absorbansi awal}} \times 100\%$$

Rumus diatas didapatkan persen degradasi untuk variasi massa terhadap larutan MV yang dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Perbandingan Persentase Degradasi MV Terhadap Pengaruh H₂O₂

Pada Gambar 16. Fotokatalis dapat menurunkan konsentrasi MV secara signifikan dengan penambahan dari variasi berat katalis, persen degradasi optimum pada penambahan H₂O₂ dengan berat katalis 0,3 gram sebesar 99,91%, kemudian 0,5 gram sebesar 99,88%, dan 0,1 gram sebesar 99,72%. Namun, persentase degradasi tanpa adanya penambahan H₂O₂ membuktikan bahwa katalis dapat menurunkan konsentrasi MV tetapi tidak signifikan, persen degradasi yang diperoleh dari variasi berat katalis yaitu 0,1 gram sebesar 20,74%, kemudian 0,3 gram 19,76%, dan 0,5 gram sebesar 28,37%. Hasil degradasi MV Penambahan H₂O₂ dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Perubahan warna MV Terhadap Waktu dengan Penambahan H₂O₂ pada Variasi Massa Katalis (a) 0,1 gram (b) 0,3 gram (c) 0,5 gram

Fotokatalis dengan penambahan H₂O₂ pada variasi massa katalis 0,1 gram dan 0,5 gram terlihat perubahan warna larutan dari ungu pekat menjadi tidak berwarna pada menit ke 15 tetapi pada 0,3 gram pada menit ke 15 larutan masih terdapat warna ungu namun sedikit memudar. Hal tersebut dimungkinkan masih terdapat kontaminasi di tabung reaksi, serta batang magnet yang terlalu kecil untuk mengaduk larutan sehingga kurang maksimal dalam proses fotokatalis. Selanjutnya degradasi MV tanpa penambahan H₂O₂ dapat dilihat pada Gambar 18.





Gambar 18. Perubahan warna MV Terhadap Waktu Tanpa Penambahan H₂O₂ pada Variasi Massa Katalis (a) 0,1 gram (b) 0,3 gram (c) 0,5 gram

Pada Gambar 18. Uji fotokatalis tanpa penambahan H₂O₂ ini menunjukkan bahwa dari menit awal sampai akhir tidak terjadi perubahan warna. Hal tersebut karena tidak adanya H₂O₂ yang masuk sebagai oksidator kuat yang dapat meningkatkan radikal hidroksil yang lebih tinggi saat disinari UV sehingga proses fotodegradasi yang dilakukan tidak menguraikan zat warna secara sempurna.

Pengaruh fotodegradasi MV dengan variasi massa katalis dan H₂O₂ dapat diketahui dengan pendekatan kinetika kimia yaitu orde reaksi. Orde reaksi merupakan besarnya pengaruh konsentrasi pereaksi pada laju reaksi (Yozanna, 2016). Orde reaksi dicari untuk mengetahui aktivitas molekul saat terjadi tumbukan antar molekul lain, laju reaksi dapat dipengaruhi salah satunya oleh konsentrasi, apabila nilai konsentrasi semakin besar maka laju reaksinya semakin cepat. Orde reaksi terhadap variasi uji dengan melihat koefisien determinasi (R²) tertinggi dan mendekati 1.

Tabel 3. Data Orde Reaksi Fotodegradasi MV Penambahan H₂O₂

Variasi (Penambahan H ₂ O ₂)	Orde 1		Orde 2	
	R ²	Slope	R ²	Slope
0,1 gram	0,2679	-0,0291	0,0906	0,0975
0,3 gram	0,0361	-0,0101	0,3389	-0,7361
0,5 gram	0,2007	-0,0285	0,0040	-0,0525

Pada Tabel 3. Dapat diketahui bahwa fotokatalis dengan penambahan H₂O₂ mengikuti orde 2 dengan nilai koefisien determinasi atau R² sebesar 0,3389 pada variasi berat katalis 0,3 gram. Reaksi orde dua merupakan suatu reaksi pada kecepatan adsorpsi berbanding lurus dengan dua konsentrasi pengikutnya (Bulut *et al.*, 2008). Kinetika orde 2 dapat diartikan bahwa radikal bebas yang dihasilkan lebih besar dari molekul pada MV. Radikal yang besar mengakibatkan proses fotodegradasi zat warna akan berlangsung cepat. Selanjutnya konstanta laju reaksi pada fotokatalis 20 ppm diperoleh sebesar -0,7361 menit⁻¹. Pada penambahan H₂O₂ mengikuti orde reaksi 2 karena reaksinya jauh lebih cepat dari orde 1. Hal tersebut disebabkan pengaruh H₂O₂ yang tercampur sebagai oksidator kuat yang dapat meningkatkan radikal hidroksil yang lebih tinggi sehingga reaksi oksidasi itu akan berlangsung lebih cepat.

Tabel 4. Data Orde Reaksi Fotodegradasi MV Tanpa Penambahan H₂O₂

Variasi (Tanpa Penambahan H ₂ O ₂)	Orde 1		Orde 2	
	R ²	Slope	R ²	Slope
0,1 gram	0,5766	-0,0014	0,5933	8x10 ⁻⁵
0,3 gram	0,9389	-0,0017	0,9482	1x10 ⁻⁴
0,5 gram	0,9646	-0,0025	0,9541	0,0002

Pada Tabel 4. Dapat diketahui bahwa tanpa penambahan H₂O₂ mengikuti orde 1 karena R² nya paling mendekati nilai 1 yaitu sebesar 0,9646 pada variasi berat katalis 0,5 gram. Reaksi orde satu merupakan reaksi yang bergantung pada salah satu zat yang bereaksi atau sebanding dengan salah satu pangkat reaktannya (Bulut *et al.*, 2008). Selanjutnya konstanta laju reaksi pada fotokatalis 20 ppm diperoleh sebesar -0,0025 menit⁻¹. Tanpa penambahan H₂O₂ mengikuti orde reaksi 1 karena reaksinya jauh lebih lambat dari orde 2. Hal tersebut disebabkan tidak ada H₂O₂ yang tercampur sebagai oksidator kuat yang dapat meningkatkan radikal hidroksil yang lebih tinggi sehingga reaksi oksidasi itu masih tetap berlangsung tetapi tidak sebanyak dengan penambahan H₂O₂ yang menghasilkan radikal hidroksil lebih tinggi sehingga reaksi berjalan lebih lambat.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian Pengaruh Variasi Berat Ni/Biochar Dari Limbah Kulit Jeruk Peras Dengan Metode Pirolisis Sebagai Fotokatalis MV yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Ni/BC Telah dibuat dari limbah kulit jeruk peras dengan penambahan prekursor $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan dilakukan metode pirolisis pada suhu 400°C selama 2 jam. Hasil dari pirolisis yaitu terbentuknya kulit jeruk peras berwarna hitam yang merupakan hasil dari Ni/BC yang kemudian dihaluskan dengan mortar dan alu sehingga dihasilkan dalam bentuk serbuk.
2. Hasil karakterisasi dari instrumen XRD, SEM-EDX, dan GSA menunjukkan bahwa Ni sudah terikat pada BC pada ukuran partikel 22,02 nm, morfologi yang memiliki ukuran pori beragam berwarna putih terang dengan kadar Ni sebesar 33,18% dan luas permukaan sebesar $18,35 \text{ m}^2/\text{g}$ dengan ukuran pori 12,88 nm sehingga termasuk kedalam tipe ukuran mesopori (IV).
3. Fotokatalis dapat menurunkan konsentrasi MV secara signifikan dengan penambahan dari variasi berat katalis, persen degradasi optimum pada penambahan H_2O_2 dengan berat katalis 0,3 gram sebesar 99,91% dengan reaksi mengikuti orde 2.

6.2 Saran

Penelitian terhadap Ni/BC tergolong jarang dilakukan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mempelajari lebih jauh bagaimana efektivitas katalis dari hasil pengolahan limbah yang dipakai secara berulang pada fotokatalis dalam mendegradasi zat warna.

DAFTAR PUSTAKA.

- A. Bunaciu, E. gabriela Udriștioiu, dan H. Y. Aboul-Enein, 2015, "X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications," *Crit. Rev. Anal. Chem.*, vol. 45, no. 4, hlm. 289–299.
- Abdullah, M. Arutanti, O. Isnaeni, V.A. Fitria, I. Amalia. Maturi. Aliah, H. dan Khairurijjal., 2011, Pengolahan Air Limbah dengan Material Struktur Nanometer, *Jurnal Seminar Kontribusi Fisika*, INV05.
- Alviany, R., Marbun, M. P., Kurniawansyah, F., & Roesyadi, A., 2018, Proses Produksi Katalis $\text{-Al}_2\text{O}_3$ Menggunakan Metode Impregnasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(2), 64–68.
- Astuti, W., dan Fatin, D.M., 2017, Adsorption Of Methyl Violet Dye By Thermally Modified Ceiba Pentandra Sawdust, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 6 (2), 183-189.
- Astuti W., Handayani D.A., Wulandari A, D., 2018, Adsorpsi Methyl Violet oleh Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl_2 Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol 13, No. 2
- Augusto, F., Carasek, E., Silva, R. G. C., Rivellino, S. R., Batista, A. D., & Martendal, E., 2010, New Sorbents For Extraction And Microextraction Techniques. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2533–2542.
- Bakri H dan Ridia S. (2008). Kaoline Sebagai Sumber SiO_2 Untuk Pembuatan Katalis Ni/SiO_2 : Karakterisasi dan Uji Katalis Pada Hidrogenasi Benzena Menjadi Sikloheksana. *Makara Sains*, 12(1): 37-43.
- Bu, Y., & Chen, Z., 2014, Role Of Polyaniline On The Photocatalytic Degradation And Stability Performance Of The Polyaniline/Silver/Silver Phosphate Composite Under Visible Light. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 6(20), 17589–17598.
- Bulut, Emrah., Ozacar, Mahmut., Sengil, Ayhan., 2008, Adsorption of Malachite Green Onto Bentonite : Equilibrium and Kinethics Studies And Process Design, *Microporous And Mesoporous Materials*, Elsevier, 115.234-256
- Chen, S. M., M. Shien Yen, and Y. Hwei Shen, 2010, Effect Of Chitosan Biopolymer And UV/ TiO_2 Method For The Decoloration Of Acid Blue 40 Simulated Textile Wastewater. *African Journal of Biotechnology* 9 (34) : 5575 – 5580.
- D. Ghosh, K.G. Bhattacharyya, 2002, Adsorption Of Methylene Blue On Kaolinite, *Appl. Clay Sci.* 20. 295–300.

- Delgado, D., Sanchís, R., Cecilia, J. A., Rodríguez-Castellón, E., Caballero, A., Solsona, B., & Nieto, J. M. L., 2019, Support Effects On NiO-Based Catalysts For The Oxidative Dehydrogenation (ODH) Of Ethane. *Catalysis Today*, 333, 10–16.
- Debdoubi, A., El amarti, A., dan Colacio, E., 2005, Production of Fuel Briquettes from Esparto Partially Pyrolyzed, *Energy Conversion and Management Journal* Vol. 46, pp. 1877-1884.
- Dini, Eka Wahyu Putri dan Sri Wardhani, 2014, Degradasi Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. *Chem Prog.* Vol 7. No 1.
- Dincer, A. R., Karakaya, N., Gunes, E., & Gunes, Y. (2008). Removal of COD from oil recovery industry wastewater by the advanced oxidation processes (AOP) based on H₂O₂. *Global Nest Journal*, 10(1), 31–38.
- Dong XW, He LZ, Hu H, et al., 2018, *Penghapusan 17-Estradiol Dengan Menggunakan Adsorpsi Tinggi Nanopartikel Biochar Magnetik Dari Larutan Air*. *Chem Eng J*, 352, 371-379.
- Emin S.; M.de Respinis; M. Fanettia; W. Smith; M. Valanta; B. Damb, 2015, A Simple Route For Preparation Of Textured WO₃ Thin Films From Colloidal W Nanoparticles And Their Photoelectron Chemical Water Splitting Properties. *Applied Catalysis B: Environmental*, 166–167, 406–412.
- Evans, Michael. 2003. Environmental Magnetism. California, USA: *Academic Press*
- Fatimah, Is, Karna W., Pengaruh Metode Preparasi Terhadap Fisiokimiawi Montmorillonit Termodifikasi ZrO₂, *Akta Kimindo* Vol. 1, 2006, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
- Fatimah, I.; Purwiandono, G.; Hidayat, A.; Sagadevan, S.; Kamari, 2022, A Mechanistic Insight Into The Adsorption And Photocatalytic Activity Of A Magnetically Separable γ -Fe₂O₃/Montmorillonite Nanocomposite For Rhodamine B Removal. *Chem. Phys. Lett.*, 792, 139410. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2022.139410>.
- Fatimah, I., & Wijaya, K. (2005). Sintesis TiO₂/Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Teknoin*, 10(4), 257–267. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol10.iss4.art4>
- Ferreira, B.C.S., Teodoro, F.S., Mageste, A.B., Gil, L.F., Freitas, P., and Gurgel, L.V.A., 2015, Application of A New Carboxylate-Functionalized Sugarcane Bagasse for Adsorptive Removal of Crystal Violet from Aqueous Solution: Kinetic, Equilibrium and Thermodynamic Studies, *Ind. Crop. Prod.*, 65, 521–534.

- Friatna, Eza Ria, et al., 2011, "Uji Aktivitas Antioksidan pada Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*) sebagai Alternatif Bahan Pembuatan Masker Wajah". *Jurnal Pelita*. Vol. 1(2).
- Grasse, E. K., Torcasio, M. H., & Smith, A. W., 2016, Teaching UV–Vis Spectroscopy With A 3D-Printable Smartphone Spectrophotometer. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 146–151.
- Gregg SJ & Sing KSW. 1982. Adsorption, Surface Area and Porosity. 2nd Edition, London: Academic Press.
- Guo, Y., Xue, Q., Zhang, H., Wang, N., Chang, S., Wang, H., PanG, H., dan Chen, H. 2018. *Treatment of Real Benzene Dye Intermediates Wastewater by The Fenton Method: Characteristics and MultiResponse Optimization*. The Royal Society of Chemistry. 80–90.
- Hanafi, M. F., Harun, N. F. C., Sapawe, N., & Raidin, A., 2020, Electrobiosynthesis Of Nio Using Rambutan Leaves For Photodegradation Of Remazol Brilliant Blue Dye. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 24(2), 227–235.
- Hardeli., Afrianti Ramadhani., Desy Kurniawati., Nopri Andriko., Hary Sanjaya, 2014, Degradasi Methil Violet dan Methilen Blue oleh Fotokatalis TiO₂. *Eksakta*. Vol 1.
- Irieb, Hiroshi dan Satoshi Tanigawa, 2015, *Visible-Light-Sensitive Two-Step Overall Water-Splitting Based On Band Structure Control Of Titanium Dioxide*. Applied Catalysis B: Environmental Catalys.
- Iskandar dan Rofiatin, 2017, Karakteristik Biochar Berdasarkan Jenis Biomassa dan Parameter Proses Pirolisis, *Jurnal Teknik Kimia* Vol 12, No.1.
- Johnstone SJ dan Johnstone MG. (1961). *Mineral for the Chemical and Allied Industries*. London: Chapman and Hall.
- Julinawati., Marlina., Nasution R., Sheilatina, 2015, Applying SEM-EDX Techniques To Identifying The Types Of Mineral Of Jades (GIOK) TAKENGON, ACEH, *Jurnal Natural*. Vol 15, No 2.
- K. Kaneko, 1994, Determination Of Pore Size and Pore Size Distribution 1. Adsorbent and Catalyst, *Journal Of Membrane Science*. Vol 96, 59-89
- Kant, R, 2012, Textile Dyeing Industry An Environmental Hazard, *Natural Science*, 04(01), 22–26, <https://doi.org/10.4236/ns.2012.41004>.
- Khaled, A., Nemr, A.E., El-Sikaily, A., and Abdelwahab, O., 2009, Removal of Direct N Blue-106 from Artificial Textile Dye Effluent Using Activated Carbon from Orange Peel: Adsorption Isotherm and Kinetic Studies, *J.*

Hazard. Mater., 165, 100–110.

Kinney, T., Masiello, C., Dugan, B., Hockaday, W., Dean, M., Zygourakis, K., Barnes, R., 2012. *Hydrologic properties of biochars produced at different Temperatures. Biomass and Bioenergy.* 41, 34–43.

Kooh, M.R.R.; Dahri, M.K.; Lim, L.B.L. Removal Of The Methyl Violet 2B Dye From Aqueous Solution Using Sustainable Adsorbent *Artocarpus Odoratissimus* Stem Axis. *Appl. Water Sci.*, 7, 3573–3581. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0496-y>.

Lellis, B., Fávoro-Polonio, C. Z., Pamphile, J. A. & Polonio, J. C, 2019, Effects of Textile Dyes on Health and The Environment and Bioremediation Potential of Living Organisms. *Biotechnol. Res. Innov.* 3 (2). 275–290.

Li, S., Harris, S., Anandhi, A., Chen, G., 2019. Memprediksi Sifat Dan Fungsi Biochar Berdasarkan Bahan Baku Dan Suhu Pirolisis: Tinjauan Dan Sintesis Data. *J.Bersih.Melecut.* 215, 890–902. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.106>.

Maramis, R. K., Citraningtyas, G. and Wehantouw, F, 2013, Analisis Kafein Dalam Kopi Bubuk Di Kota Manado Menggunakan Spektrofotometri UVVis', *PHARMACON Jurnal Ilmiah Farmasi – UNSRAT*, 2(04), pp. 122– 128. doi: <https://doi.org/10.35799/pha.2.2013.3100>.

Marjenah, et al., 2017, Pemanfaatan Limbah Kulit Buah-buahan sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Organik Cair, *Jurnal Hutan Tropis.* Vol. 1(2).

Masoumi, A., Hemmati, K., and Ghaemy, M., 2016, Low-Cost Nanoparticles Sorbent from Modified Rice Husk and A Copolymer for Efficient Removal of Pb(II) and Crystal Violet from Water, *Chemosphere*, 146, 253-262.

Mawardiana., Sufardi., dan E. Husein, 2013, Pengaruh Residu Biochar dan Pemupukan.

Miyake, Michihiro; Takayuki Mano; Shunsuke Nishimoto; Yoshikazu Kameshima, 2015, Water treatment efficacy of various metal oxide semiconductors for photocatalytic ozonation under UV and visible light irradiation. *Chemical Engineering Journal*, 264, 221–229.

Mohammed, A. and Abdullah, A. 2018, Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review, *International Conference on Hydraulics and Pneumatics*, Romania.

N. Solika, M. Napitupulu, dan S. T. Gonggo. 2017. Bioadsorpsi Pb (II) Menggunakan Kulit Jeruk Siam (*Citrus Reticulata*). *Jurnal Akademika Kimia.* vol.6, no. 3, pp.160-164.

O. Yozanna, 2016, Kinetika Reaksi Transterifikasi Minyak Jelantah, Skripsi,

Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Ogutunde et al., 2004. "Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil, *Biology and Fertility of Soils*" 39: 295-299.
- Paskalia E., Syahbanu I., Shofiyani A., 2017, Adsorpsi Senyawa Fenolik Dalam Asap Cair Pada Arang Aktif Dari Cangkang Luar Buah Karet. *JKK* , Vol 7 (1).
- Ridhuan K, Irawan D, Zanaria Y, Adi N, 2018, Pengaruh Cara Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi Arang Asap Cair Yang Dihasilkan. *Seminar Nasional Teknologi Terapan*. Banda Aceh.
- Ristianingsih, Y., Ulfa, A. and K.S, R. S., 2015, Pengaruh suhu dan konsentrasi perekat terhadap karakteristik briket bioarang berbahan baku tandan kosong kelapa sawit dengan proses pirolisis (in Bahasa), *Jurnal Konversi*, 4(2), pp. 16–22.
- Ruzicka, O. dan L. Safira, 2014, *Aplikasi Fotokatalis Tio2 Pada Degradasi Limbah Cair Zat Warna Tekstil*. Lomba Karya Ilmiah Sumber Daya Air.
- Sakti, R.B., A. Subagio dan H. Sutanto, 2013, Sintesis Lapisan Tipis Nanokomposit TiO₂/CNT Menggunakan Metode Sol- Gel dan Aplikasinya untuk Fotodegradasi Zat Warna Azo Orange 3R. *Youngster Physics journal*. Vol 1(3) : 41-48.
- Santosa, D.A.; Tamyiz, M.; Sagadevan, S.; Hidayat, A.; Fatimah, I.; Doong, R., 2022, Magnetic Nanocomposite from Bauxite Mining Tailing Waste as Magnetically Separable Catalyst in Catalytic Wet Peroxidation of Tetracycline. *Environ. Nanotechnol. Monit. Manag.* 4.
- Sabouri, Z., Akbari, A., Hosseini, H. A., & Darroudi, M, 2018, Facile green synthesis of NiO nanoparticles and investigation of dye degradation and cytotoxicity effects. *Journal of Molecular Structure*, 1173, 931–936. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.07.063>.
- Sabouri, Z., Fereydouni, N., Akbari, A., Hosseini, H. A., Hashemzadeh, A., Amiri, M. S., Kazemi Oskuee, R., & Darroudi, M, 2020, Plant-based synthesis of NiO nanoparticles using salvia macrosiphon Boiss extract and examination of their water treatment. *Rare Metals*, 39(10), 1134–1144.
- Sahoo, Y. (2015). An aerosol-mediated magnetic colloid: Study of nickel nanoparticles. *Journal of Applied Physics*, 98(5), 054308.
- Seliaprillia., Susnawati D,L., Suharto B., 2019, Pemanfaatan Kulit Jeruk Peras (*Citrus sinesis L. Obbeck*) dan Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) Sebagai Karbon Aktif Terhadap pH dan BOD Pada Air Limbah Perikanan di Daerah Kabupaten Tulungagung, *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*,

Vol 6, No 1.

- Setyawan, D., P. Handoko, 2001, Preparasi Katalis Cr/Zeolit Melalui Modifikasi Zeolit Alam. *Jurnal Ilmu Dasar*.3(1), Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Jember, Jember; hal 15-23.
- Somorjai, G.A. and Klerer, J., 1972. Principles of Surface Chemistry. *Journal of The Electrochemical Society*, 119(9), pp.279C-279C.
- Srivastava, A., Vinod K.J., 2012, Applying SEM-EDX and XRD Techniques to Demonstrate the Overgrowth of Atmospheric Soot and Its Coalescence with Crystal Silicate Particles in Delhi, *Atmospheric and Climate Sciences*, 2, 89-93.
- Sudarlin , 2012, Prinsip dan Teknik Penggunaan Gas Sorption Analyzer (GSA), UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- TA Ghezzehei, DV Sarkhot, dan AA Berhe, 2014, Biochar Dapat Digunakan untuk Menangkap Nutrisi Esensial dari Air Limbah Susu dan Meningkatkan Sifat Fisiko-Kimia Tanah. *Bumi Padat*, p. 953–962.
- Taghizadeh, F. (2016). The Study of Structural and Magnetic Properties of NiO Nanoparticles. *Optics and Photonics Journal*, 6(8), 164– 169.
- Tong, X. J., Li, J. Y., Yuan, J. H., & Xu, R. K, 2011, Adsorption Of Cu(II) By Biochars Generated From Three Crop Straws. *Chemical Engineering Journal*, 172(2–3), 828–834. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.06.069>.
- Tsani F. (2011). Preparasi dan Karakterisasi Katalis NiMo/ γ -Al₂O₃ untuk sintesis Bahan Bakar Bio dari Minyak Jarak melalui Pirolisis Berkatalis. *Skripsi: Fakultas Teknik Universitas Indonesia*.
- Utubira, Y. K. Wijaya, Triyono and E. Sugiharto, 2006, Preparation and Characterization Of TiO₂-Zeolite and Its Application To Degrade Textille Wastewater By Photochatalytic Method. *Indo J. Chem.* 6(3) : 231-237.
- Wardhani, S., Triandi, R. T., Deka, P. T., & Jannah, A. R. (2015). Sintesis Fotokatalis Fe₂O₃-Zeolit Untuk Uji Fotodegradasi Zat Warna Jingga Metil. *Prosiding SEMIRATA*, 700–709.
- Widiastuti, D. M. M. dan Lantang, B., 2017, *Pelatihan Pembuatan Biochar dari Limbah Sekam Padi Menggunakan Metode Retort Kiln*. Universitas Masamus. Merauke.
- Wijaya, K. Dhamayanti Y. ., dan Iqmal T., 2005, Fotodegradasi Zat Warna Metyhl Orange Menggunakan Fe₂O₃- Montmorilonit dan Sinar Ultraviolet, Laboratorium Kimia Fisika Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Yanlinastuti, & Fatimah, S, 2016, Pengaruh Konsentrasi Pelarut untuk Menentukan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-Zr dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *PIN Pengelolaan Instalasi Nuklir*, 1(17), 22–33.
- Yin ZH, Liu YG, Liu SB, et al., 2018, *Biochar Magnetik Aktif Dengan Sintesis Satu Langkah: Peningkatan Adsorpsi Dan Koadsorpsi Untuk 17 β -Estradiol Dan Tembaga*. *Sci Total Lingkungan* , 639, 1530-1542.
- Youssef, N. A., Seham A. Shaban., Fatma A. Ibrahim., Aya S. Mahmoud., 2016. Degradation of Methyl Orange using Fenton catalytic reaction. *Egypt. J. Petrol.*
- Yuan, Wenxia; Da Wang; Zhongnan Guo; Yuan Peng., 2015, Visible light induced photocatalytic overall water splitting over micro-SiC driven by the Z-scheme system. *Catalysis Communications*, 61, 53–56.
- Zhang L, Guo J, Huang X, et al., 2019, *MnFe₂O₄ Magnetik Yang Didukung Biochar Yang Difungsikan Nanokomposit Untuk Menghilangkan Pb(II) Dan Cd(II)*. *RSC Adv*, 9, 365-376.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan

1.1 Pembuatan larutan Ni 10% dalam 25 gram kulit jeruk peras

$$\begin{aligned}\text{Massa Ni} &= 10\% \times 25 \text{ gram} \\ &= 2,5 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa NiCl}_2 &= \frac{Mr \text{ NiCl}_2}{Ar \text{ Ni}} \times \text{massa Ni} \\ &= \frac{237,69 \text{ g/mol}}{59 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 4,0286 \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 10,071 \text{ gram}\end{aligned}$$

1.2 Pembuatan larutan induk MV 100 ppm dalam 250 mL

$$\begin{aligned}\text{ppm} &= \frac{\text{mg zat terlarut}}{\text{volume larutan (L)}} \times 100\% \\ 100 \text{ ppm} &= \frac{\text{mg zat terlarut}}{0,25 \text{ L}} \times 100\% \\ \text{mg zat terlarut} &= \frac{100 \text{ ppm} \times 0,25 \text{ L}}{100\%} \\ \text{mg zat terlarut} &= 25 \text{ mg} \\ \text{gram zat terlarut} &= 0,025 \text{ gram}\end{aligned}$$

1.3 Pembuatan larutan MV 20 ppm dalam 250 mL

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

Keterangan :

M_1 = Konsentrasi larutan sebelum pengenceran

V_1 = Volume larutan sebelum pengenceran

M_2 = Konsentrasi larutan setelah pengenceran

V_2 = Volume larutan setelah pengenceran

$$\begin{aligned}M_1 \cdot V_1 &= M_2 \cdot V_2 \\ 100 \text{ ppm} \cdot V_1 &= 20 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{20 \text{ ppm} \times 250 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}\end{aligned}$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

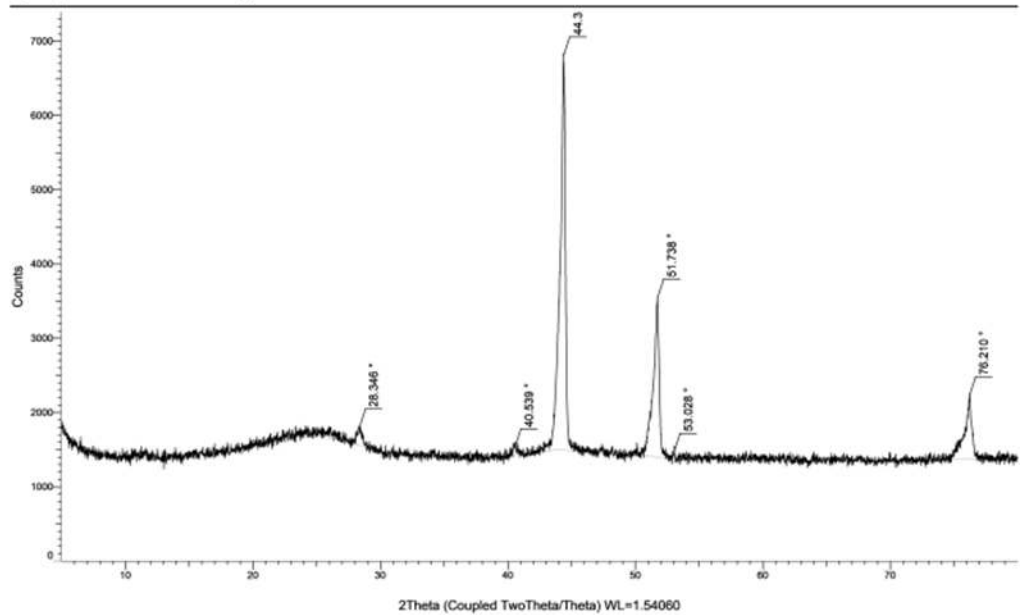
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi

1.1 Hasil karakterisasi menggunakan XRD

1.1.1 Grafik XRD

23131122-2 BC_Ni 400C.raw, 11/29/2022 8:50:58 AM

(Coupled TwoTheta/Theta)



23131122-2 BC_Ni 400C.raw, 11/29/2022 8:50:58 AM

Peak List #1

Visible	Icon	Color	Index	Name	Parent	Caption (display)	Scan	Angle
Yes	█	█	1	Peak #1	Peak List #1	28.346 °	23131122-2 BC_Ni 400C.raw #1	28.346 °
Yes	█	█	2	Peak #2	Peak List #1	40.539 °	23131122-2 BC_Ni 400C.raw #1	40.539 °
Yes	█	█	3	Peak #3	Peak List #1	44.372 °	23131122-2 BC_Ni 400C.raw #1	44.372 °
Yes	█	█	4	Peak #4	Peak List #1	51.738 °	23131122-2 BC_Ni 400C.raw #1	51.738 °
Yes	█	█	5	Peak #5	Peak List #1	53.028 °	23131122-2 BC_Ni 400C.raw #1	53.028 °
Yes	█	█	6	Peak #6	Peak List #1	76.210 °	23131122-2 BC_Ni 400C.raw #1	76.210 °

d Value	Net Intensity	Gross Intensity	Rel. Intensity	h,k,l	Match
3.14595 Å	236	1794	4.4%	n.a.	No
2.22351 Å	100	1523	1.9%	n.a.	No
2.03992 Å	5314	6805	100.0%	n.a.	No
1.76546 Å	2146	3542	40.4%	n.a.	No
1.72551 Å	106	1464	2.0%	n.a.	No
1.24825 Å	847	2225	15.9%	n.a.	No

1.1.2 Perhitungan Ukuran Kristal Ni/BC

Ukuran kristal rata rata (D) kristal dapat dihitung melalui persamaan Debye Scherrer

D = Ukuran kristal

K = Faktor bentuk dari kristal

λ = Panjang gelombang dari sinar-X

β = Nilai dari full width at half Maximum (FWHM) (rad)

θ = Sudut difraksi (derajat)

Tabel 1. Perhitungan ukuran kristal

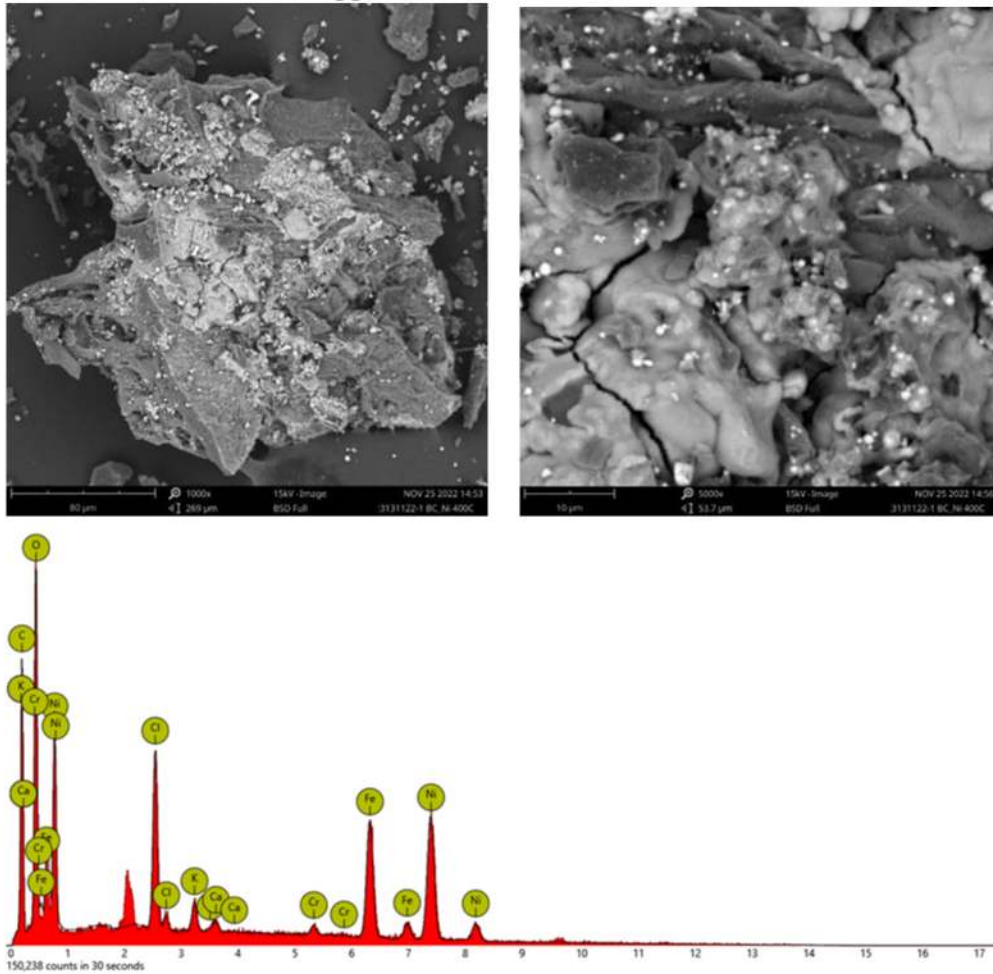
2 θ (°)	θ (°)	FWHM	θ (rad)	cos θ (rad)	B	d (Å)	D (nm)	d rata-rata (Å)	D rata-rata (nm)	cos
44,372	22,186	0,378	3,532803	0,9981	0,006597	2,04136	22,69706	2,04990	22,02320802	0,925
51,738	25,869	0,414	4,119268	0,997417	0,007226	1,76755	21,32611			0,899
76,21	38,105	0,408	6,067675	0,994398	0,007121	1,24849	24,7449			0,786
28,346	14,173	0,424	2,256847	0,999224	0,0074	3,14218	19,32476			0,969

2Theta	FWHM		D (nm)	Rata D (nm)
44,372	0,378		22,69706	22,02320802
51,738	0,414		21,32611	
76,21	0,408		24,7449	
28,346	0,424		19,32476	

Tabel 2. Perhitungan bidang kristal

Peak	2Theta	Theta	Radian	SinTheta	Sin2Theta	Ratio 1	Ratio 2	Ratio 3	h ² +k ² +l ²	M	hkl
1	44,372	22,186	0,387219	0,377615	0,142593	1	2	3		3	111
2	51,738	25,869	0,451499	0,436315	0,190371	1,335066	2,670133	4,005199		4	200
3	76,21	38,105	0,665058	0,617105	0,380818	2,670669	5,341338	8,012007		8	220
4	28,346	14,173	0,247366	0,244851	0,059952	0,420441	0,840881	1,261322		1	100

1.2 Hasil karakterisasi menggunakan SEM-EDX

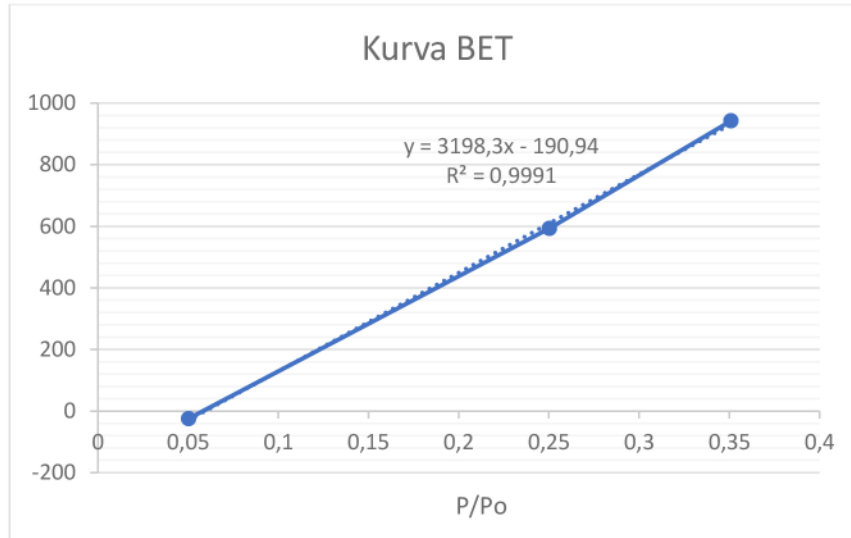


1.3 Hasil karakterisasi menggunakan GSA

a. Ni/BC

Diketahui :
 Csa : 1,62E-19
 Massa Sampel : 0,0560
 BM gas : 28,013

Tekanan Relatif (P/Po)	1/[W((P/Po)-1)]
0,0502084	-24,8862
0,250188	592,9168
0,350973	942,4274



Berdasarkan grafik BET diatas maka diperoleh :

a. Konstanta BET (C)

$$C = \frac{\text{Slope}}{\text{Intercept}} + 1$$

$$C = \frac{3198,3}{190,94} + 1$$

$$C = 17,75028805$$

b. Berat gas yang teradsorpsi

$$Wm = \frac{1}{\text{slope} + \text{intercept}}$$

$$Wm = \frac{1}{3198,3 + 190,94}$$

$$Wm = 0,000295051$$

c. Luas permukaan Total

$$SA = \frac{Wm \times N \times Csa}{BM \text{ Gas}}$$

$$SA = \frac{0,000295051 \times (6,023 \times 10^{23} \text{ Partikel/mol}) \times 1,62 \times m^2}{28,013 \text{ gram/mol}}$$

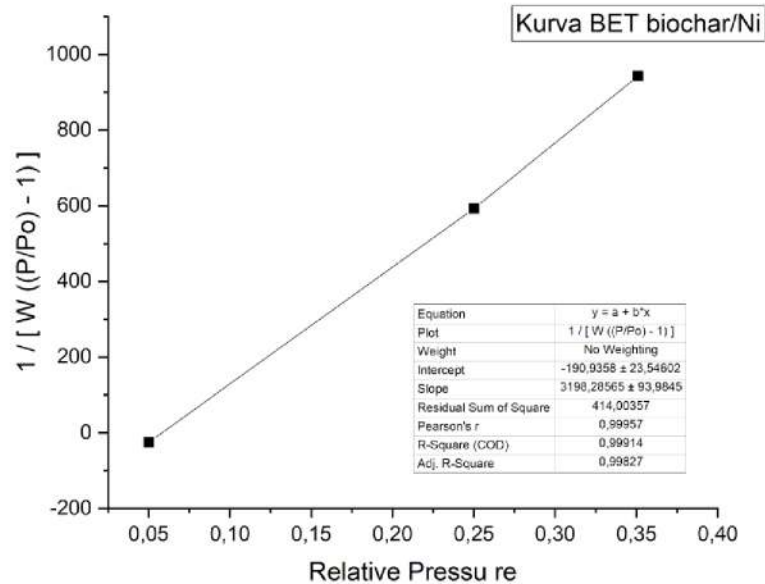
$$SA = 1,027698998 \text{ m}^2/\text{g}$$

d. Luas Permukaan Spesifik

$$SS = \frac{SA}{\text{Massa Sampel}}$$

$$SS = \frac{1,027698998 \text{ m}^2/\text{g}}{0,0560 \text{ gram}}$$

$$SS = 18,35176782 \text{ m}^2/\text{g}$$



1.4 Analisis data degradasi MV

1.4.1 Analisis data degradasi MV 20 ppm dengan variasi berat & H₂O₂

a. Penambahan H₂O₂

Waktu (Menit)	0,1 Gram		0,3 Gram		0,5 Gram	
	Abs	c/c	Abs	c/c	Abs	c/c
0	1,798	1	2,344	1	1,786	1
15	0,003	0,00167	0,069	0,02944	0,001	0,00056
30	0,004	0,00222	0,008	0,00341	0,001	0,00056
60	0,002	0,00111	0,002	0,00085	0,001	0,00056
90	0,003	0,00167	0	0	0,003	0,00168
120	0,005	0,00278	-0,001	0,00043	0,002	0,00112

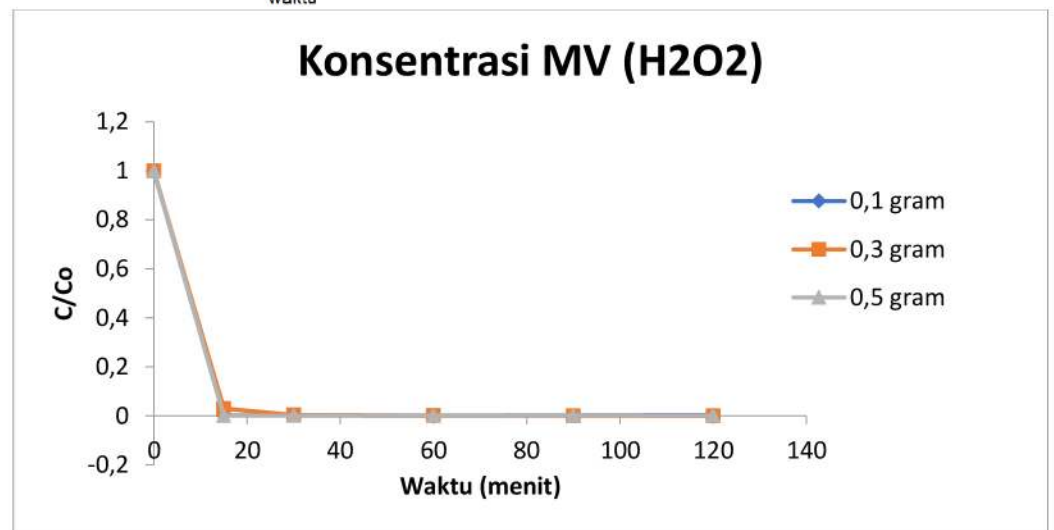
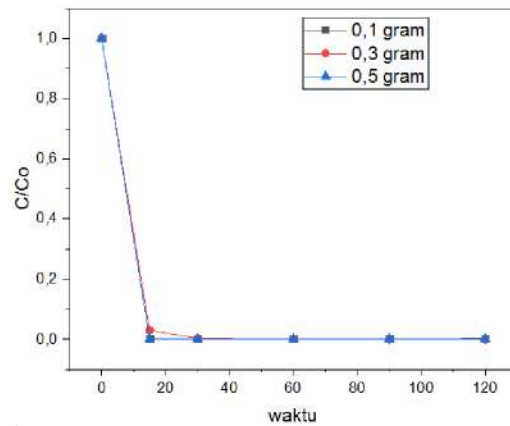
b. Tanpa H₂O₂

Waktu (Menit)	0,1 Gram		0,3 Gram		0,5 Gram	
	Abs	c/c	Abs	c/c	Abs	c/c

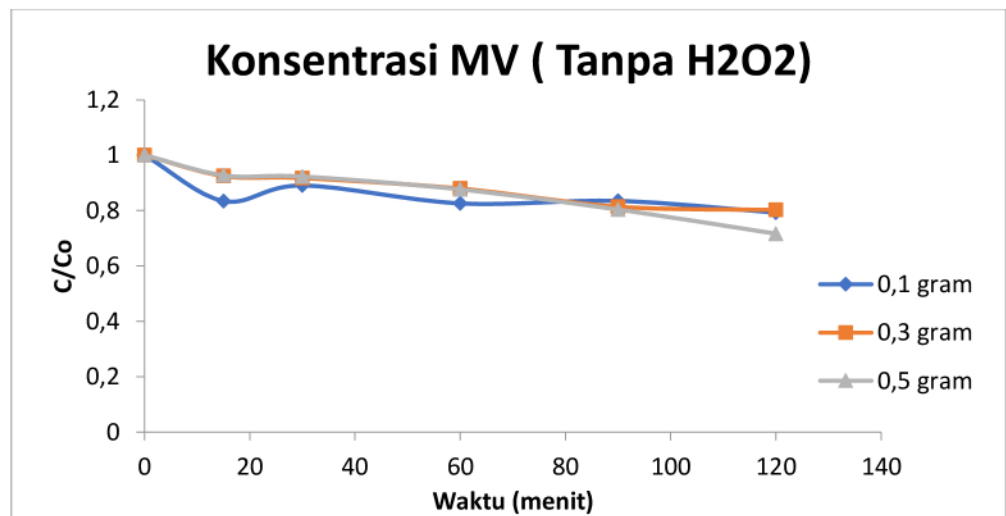
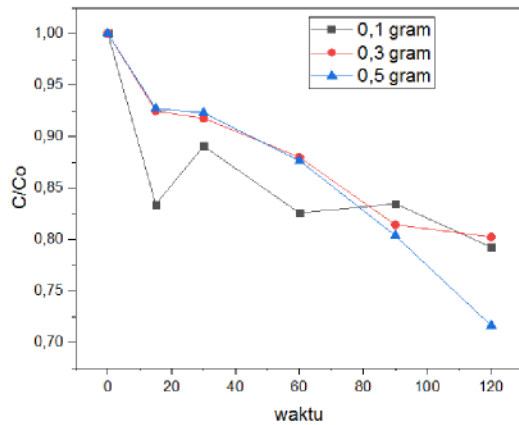
0	2,02	1	3,036	1	2,129	1
15	1,685	0,834158	2,808	0,924901	1,974	0,9272
30	1,799	0,890594	2,786	0,917655	1,965	0,9230
60	1,668	0,825743	2,671	0,879776	1,866	0,8765
90	1,686	0,834653	2,472	0,814229	1,711	0,8037
120	1,601	0,792574	2,436	0,802372	1,525	0,7163

1.4.2 Grafik penurunan konsentrasi hasil degradasi MV

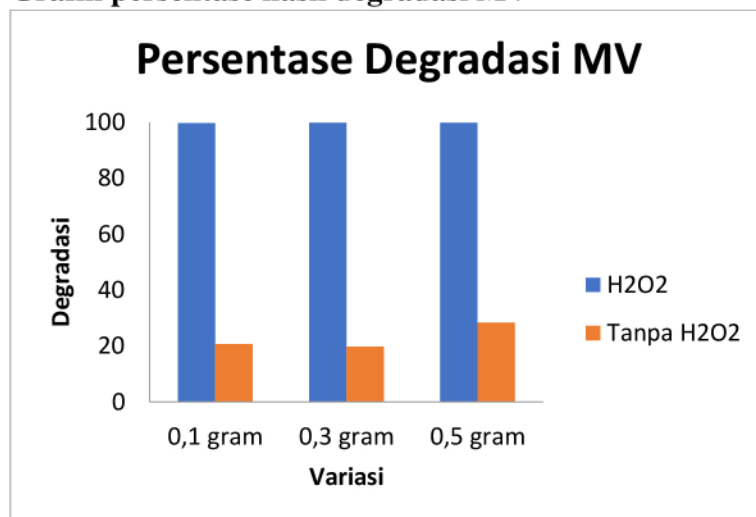
a. Penambahan H₂O₂



b. Tanpa H₂O₂



1.4.3 Grafik persentase hasil degradasi MV



1.4.4 Perhitungan persentase degradasi MV

$$\% \text{ Degradasi} = \left(\frac{\text{Absorbansi awal} - \text{absorbansi akhir}}{\text{Absorbansi awal}} \right) \times 100\%$$

a. Penambahan H₂O₂

1) % Degradasi metil violet berat 0,1 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \left(\frac{1,798 - 0,005}{1,798} \right) \times 100\% \\ &= 99,72\%\end{aligned}$$

2) % Degradasi metil violet berat 0,3 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \left(\frac{2,344 - (-0,001)}{2,344} \right) \times 100\% \\ &= 99,91\%\end{aligned}$$

3) % Degradasi metil violet berat 0,1 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \left(\frac{1,786 - 0,002}{1,786} \right) \times 100\% \\ &= 99,88\%\end{aligned}$$

b. Tanpa H₂O₂

1) % Degradasi metil violet berat 0,1 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \left(\frac{2,02 - 1,601}{2,02} \right) \times 100\% \\ &= 20,74\%\end{aligned}$$

2) % Degradasi metil violet berat 0,3 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \left(\frac{3,036 - 2,436}{3,036} \right) \times 100\% \\ &= 19,76\%\end{aligned}$$

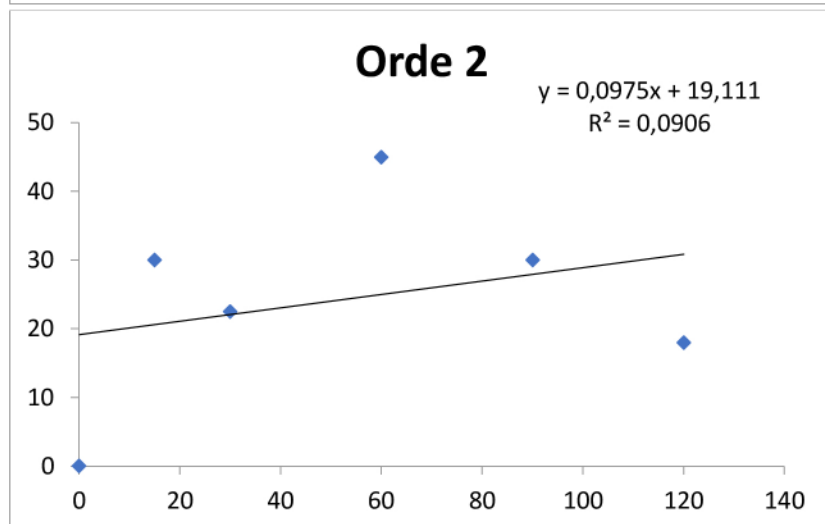
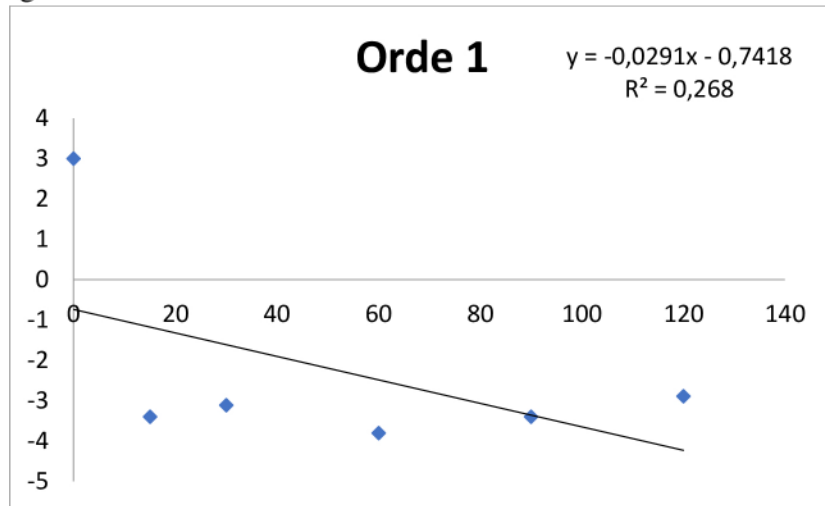
3) % Degradasi metil violet berat 0,5 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \left(\frac{2,129 - 1,525}{2,129} \right) \times 100\% \\ &= 28,37\%\end{aligned}$$

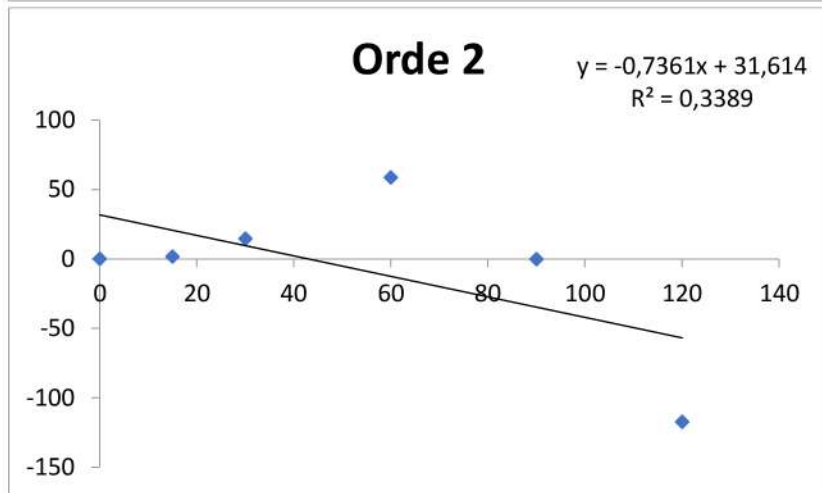
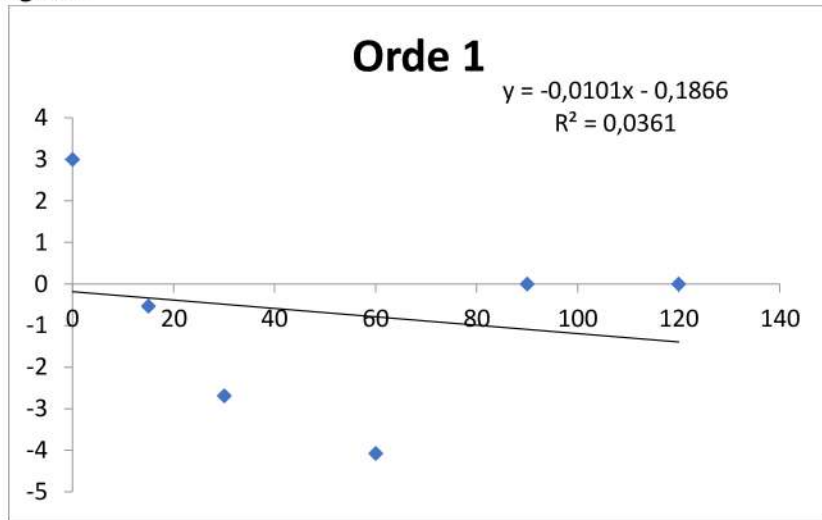
1.4.5 Perhitungan orde reaksi

a. Penambahan H₂O₂

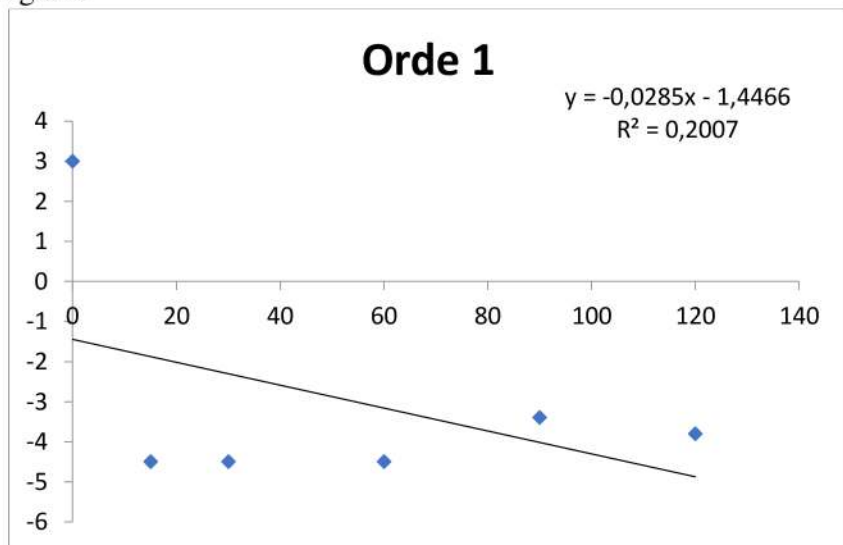
➤ 0,1 gram

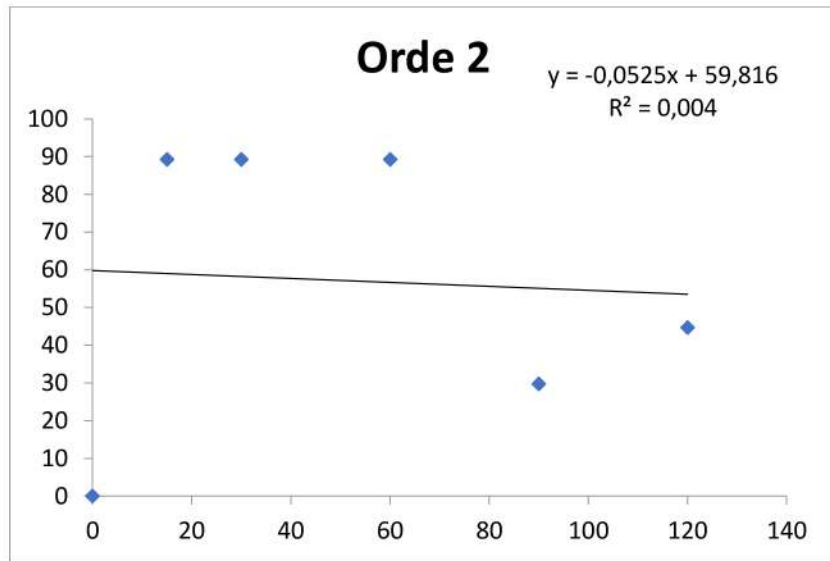


➤ 0,3 gram

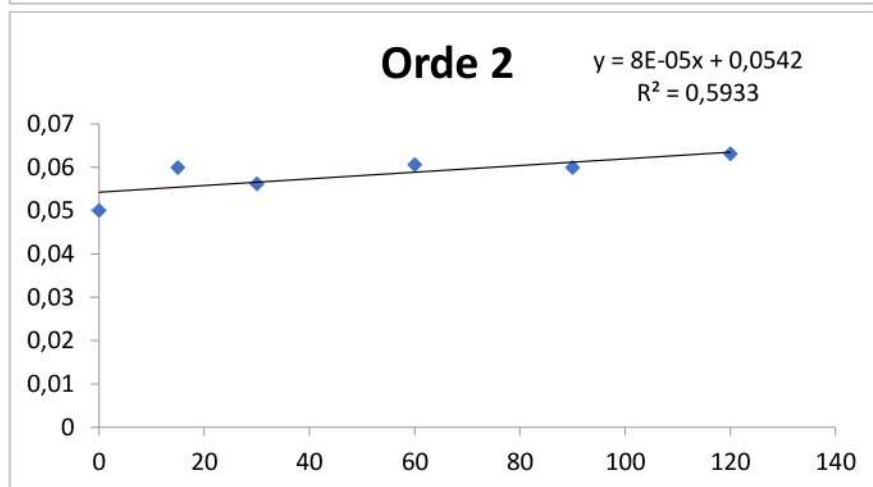
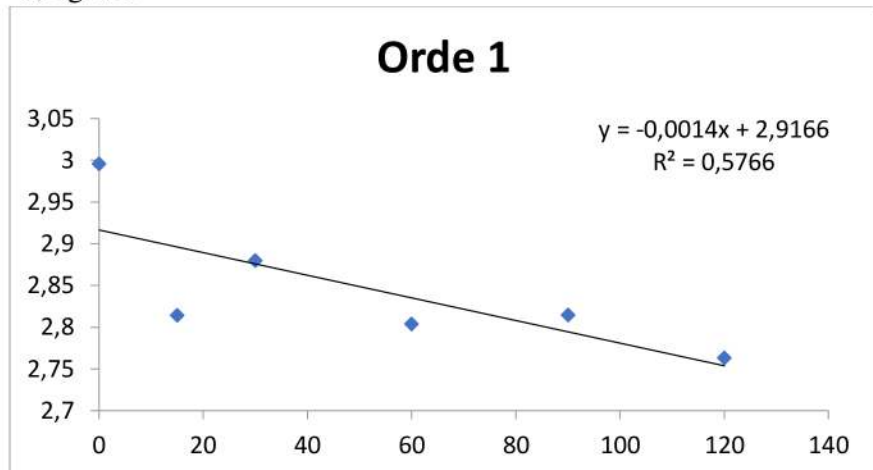


➤ 0,5 gram

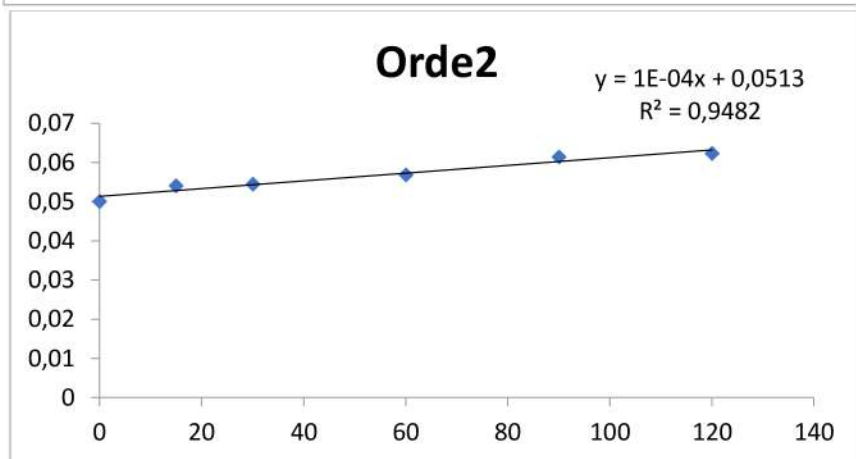
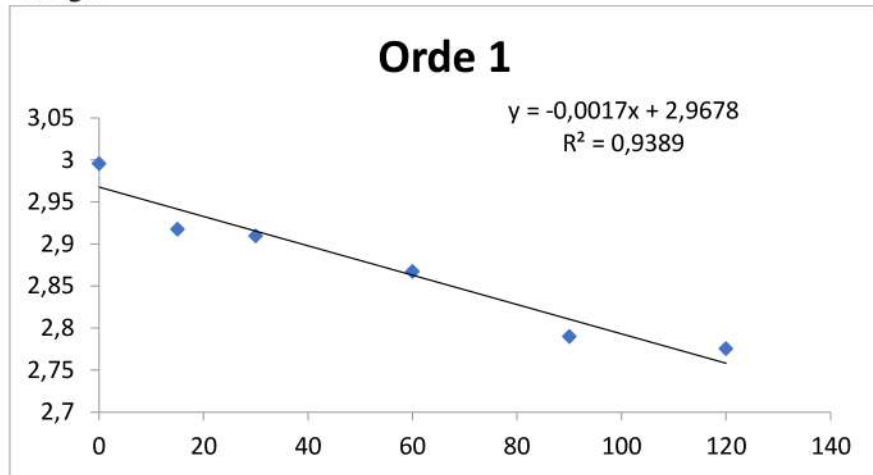




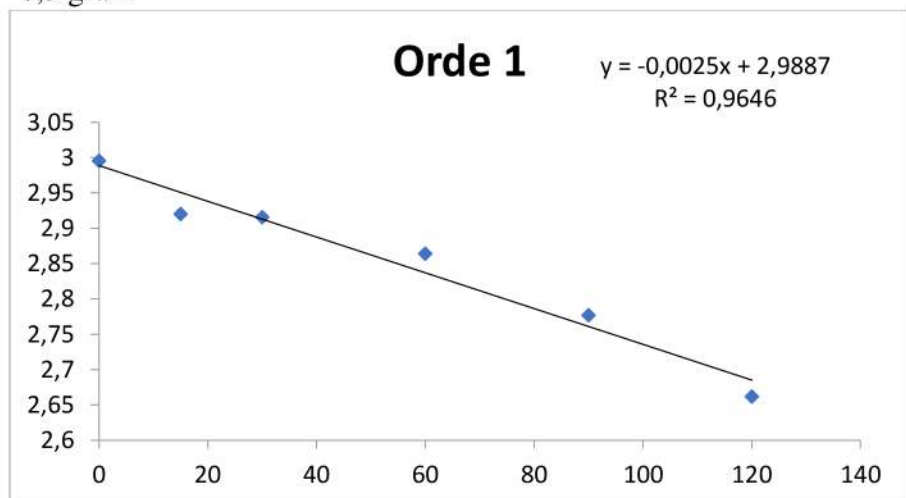
b. Tanpa H₂O₂
➤ 0,1 gram

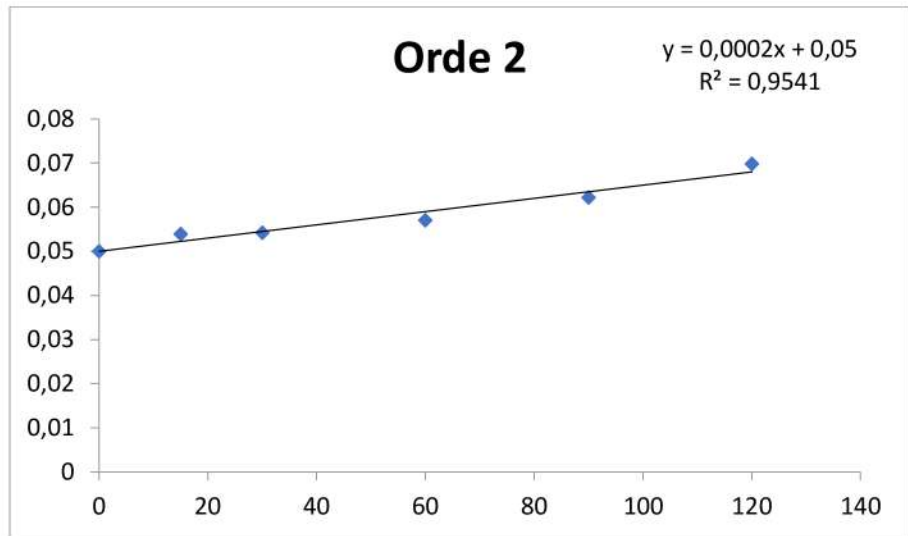


➤ 0,3 gram

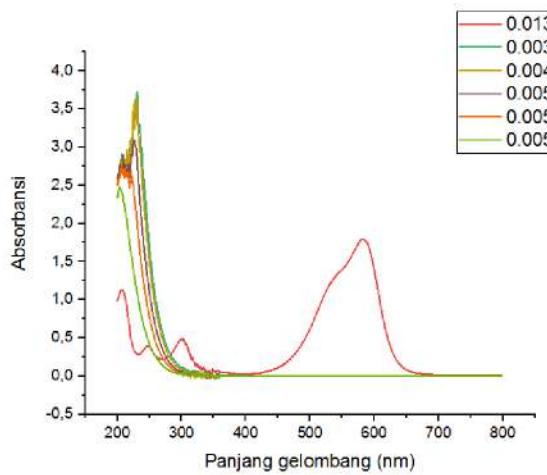


➤ 0,5 gram

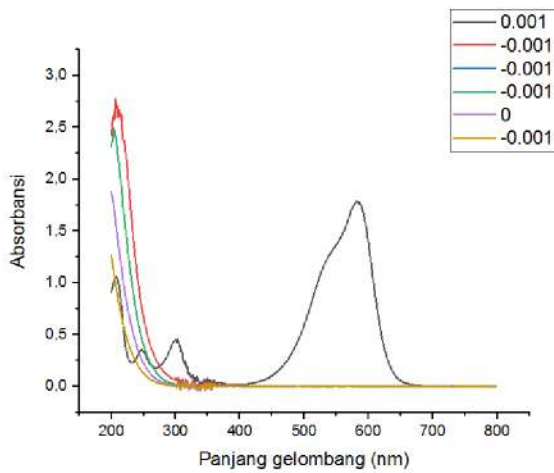




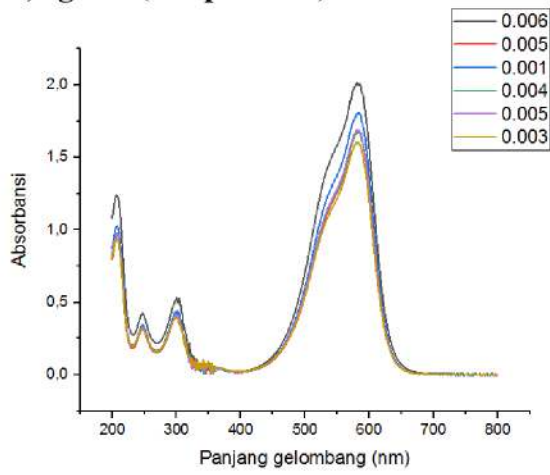
- **0,1 gram (H₂O₂)**



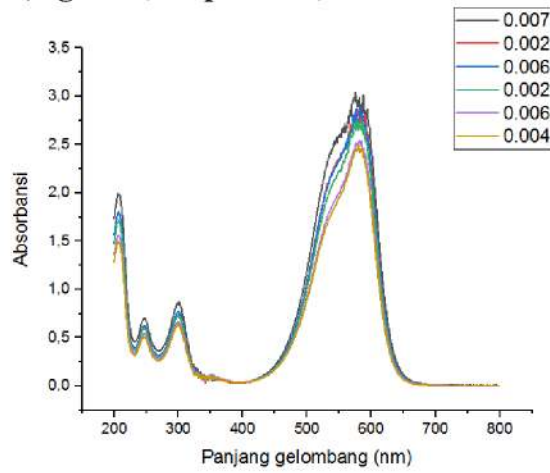
- **0,5 gram (H₂O₂)**



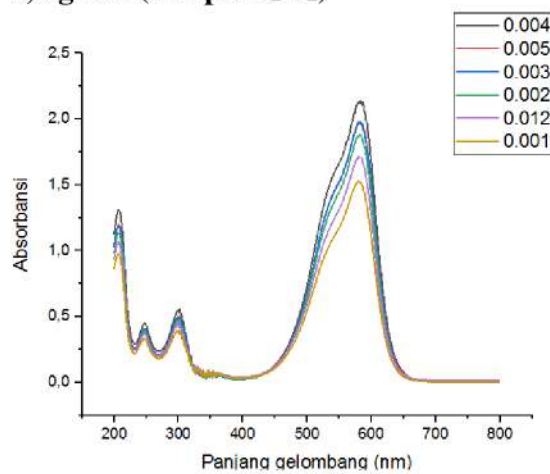
- **0,1 gram (Tanpa H₂O₂)**



- **0,3 gram (Tanpa H₂O₂)**



- **0,5 gram (Tanpa H₂O₂)**



Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian



