

TUGAS AKHIR – TL184834

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA rGO
TERHADAP SIFAT FOTOKATALITIK MATERIAL KOMPOSIT
CuO/rGO DALAM MENDEGRADASI LIMBAH PARASETAMOL**

MOHAMMAD ARJUN ARIF WIYANSYAH
NRP. 02511840000106

Dosen Pembimbing
Diah Susanti, S.T., M.T., PhD.
NIP. 197701162003122007
Azzah Dyah Pramata, ST., MT., M.Eng., PhD.
NIP. 1992202012023

Program Studi Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2022



TUGAS AKHIR – TL 184834

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA rGO
TERHADAP SIFAT FOTOKATALITIK MATERIAL
KOMPOSIT CuO/rGO DALAM MENDEGRADASI LIMBAH
PARASETAMOL**

MOHAMMAD ARJUN ARIF WIYANSYAH
NRP. 02511840000106

Dosen Pembimbing
Diah Susanti, S.T., M.T., PhD.
NIP. 197701162003122007
Azzah Dyah Pramata, ST., MT., M.Eng., PhD.
NIP. 1992202012023

Program Studi Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT – TL 184834

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDING rGO MASS ON
THE PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF CuO/rGO
COMPOSITE MATERIALS IN DEGRADING PARASETAMOL
WASTE**

MOHAMMAD ARJUN ARIF WIYANSYAH
NRP. 02511840000106

Advisor

Diah Susanti, S.T., M.T., PhD.

NIP. 197701162003122007

Azzah Dyah Pramata, ST., MT., M.Eng., PhD.

NIP. 1992202012023

Study Program of Materials Engineering
Departement of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

(This page is intentionally left blank)

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA rGO TERHADAP SIFAT FOTOKATALITIK MATERIAL KOMPOSIT rGO/CuO DALAM MENDEGRADASI LIMBAH PARASETAMOL

TUGAS AKHIR





Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **MOHAMMAD ARJUN ARIF WIYANSYAH**
NRP. 02511840000106

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D.
2. Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., PhD.
3. Sigit Tri Wicaksono, S.Si.,M.Si.,PhD.
4. Lukman Noerochiem, S.T.,M.Sc.Eng.PhD.




Pembimbing

Ko-Pembimbing

Penguji

Penguji

SURABAYA
Juli, 2022

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

APPROVAL SHEET

ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDING rGO MASS ON THE PHOTOCATALYST PROPERTIES OF rGO/CuO COMPOSITE MATERIALS IN DEGRADING PARASETAMOL WASTE

FINAL PROJECT





Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree of bachelor of engineering at
Undergraduate Study Program of Materials Engineering
Departement of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : **MOHAMMAD ARJUN ARIF WIYANSYAH**
NRP. 02511840000106

Approved by Final Project Examiner Team :

1. Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D.
2. Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., PhD.
3. Sigit Tri Wicaksono, S.Si.,M.Si.,PhD.
4. Lukman Noerochiem, S.T.,M.Sc.Eng.PhD.




Advisor

Co-Advisor

Examinor

Examinor

SURABAYA
July, 2022

(This page is intentionally left blank)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Mohammad Arjun Arif Wiyansyah/02511840000106
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing/NIP : Diah Susanti, S.T., M.T., PhD./197701162003122007

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA rGO TERHADAP SIFAT FOTOKATALITIK MATERIAL KOMPOSIT CuO/rGO DALAM MENDEGRADASI LIMBAH PARASETAMOL” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 15 Juli 2022

Mengetahui
Dosen Pembimbing



(Diah Susanti, S.T., M.T., PhD.)
NIP. 197701162003122007

Mahasiswa



(Mohammad Arjun Arif Wiyansyah)
NRP. 025118400000106

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student/NRP : MOHAMMAD ARJUN ARIF WIYANSYAH
Department : Materials dan Metalurgicals Engineering
Advisor/NIP : 197701162003122007

Hereby declare that the Final Project with the title of "ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDING rGO MASS ON THE PHOTOCATALYST PROPERTIES OF rGO/CuO COMPOSITE MATERIALS IN DEGRADING PARASETAMOL WASTE" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 15th July 2022

Acknowledged

Advisor



(Diah Susanti, S.T., M.T., PhD.)
NIP. 197701162003122007

Student



(Mohammad Arjun Arif Wiyansyah)
NRP. 025118400000106

(This page is intentionally left blank)

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA rGO TERHADAP SIFAT
FOTOKATALITIK MATERIAL KOMPOSIT CuO/rGO DALAM MENDEGRADASI
LIMBAH PARASETAMOL**

Nama : Mohammad Arjun Arif Wiyansyah
NRP : 02511840000106
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Pembimbing I : Diah Susanti, S.T., M.T., PhD.
Pembimbing II : Azzah Dyah Pramata, ST., MT., M.Eng., PhD.

Abstrak

Parasetamol merupakan limbah farmasi yang kadar konsentrasinya di lautan cukup tinggi. Hal tersebut dapat memberi dampak buruk pada biota laut, khususnya kerang. Limbah parasetamol dapat didegradasi menggunakan material fotokatalis komposit CuO/rGO. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan rGO terhadap sifat fotokatalis untuk mendegradasi parasetamol. Material CuO disintesis menggunakan metode sol gel. rGO menggunakan metode modified Hummer's. Komposit CuO/rGO menggunakan metode hidrotermal. Kemudian dilakukan pengujian fotokatalitik untuk mendegradasi parasetamol. Pengujian yang dilakukan meliputi diantaranya, XRD, FTIR, SEM/EDS dan UV-Vis. Komposit CuO/rGO berhasil disintesis, terbukti fasa CuO dan fasa rGO teridentifikasi pada pengujian XRD. Ikatan karbon dan CuO terdeteksi pada pengujian FTIR. Pada pengujian SEM, CuO berbentuk seperti bola kecil dan rGO berbentuk seperti lembaran. Unsur Oksigen, karbon dan Tembaga terdeteksi pada hasil EDS. Hasil pengujian fotokatalitik menunjukkan komposit rGO/CuO 15% menjadi katalis paling baik dalam mendegradasi parasetamol dengan persen degradasi sebesar 18% selama waktu fotokatalitik 60 menit.

Kata Kunci : CuO/rGO, Fotokatalis, Microwave, Parasetamol, Uv light

(halaman ini sengaja dikosongkan)

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITIONAL MASS OF rGO ON
PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF CuO/rGO COMPOSITE MATERIALS IN
DEGRADING PARASETAMOL WASTE**

Student Name : Mohammad Arjun Arif Wiyansyah
NRP : 02511840000106
Department : Material and Metallurgical Engineering
Supervisor : Diah Susanti, S.T., M.T., PhD.
Co-Supervisor : Azzah Dyah Pramata, ST., MT., M.Eng., PhD.

Abstract

Paracetamol is a pharmaceutical waste whose concentration levels in the ocean are quite high. This can have a negative impact on marine biota, especially shellfish. Paracetamol waste can be degraded using CuO/rGO composite photocatalyst material. This study aims to determine the effect of adding rGO to the photocatalyst properties to degrade paracetamol. CuO material was synthesized using the sol gel method. rGO uses the modified Hummer's method. CuO/rGO composite using hydrothermal method. Then a photocatalytic test was carried out to degrade paracetamol. The tests carried out include, among others, XRD, FTIR, SEM/EDS and UV-Vis. The CuO/rGO composite was successfully synthesized, it was proven that the CuO phase and rGO phase were identified on XRD testing. Carbon and CuO bonds were detected in the FTIR test. In the SEM test, CuO is shaped like a small ball and rGO is shaped like a sheet. Elements of Oxygen, Carbon and Copper were detected in the EDS results. The results of photocatalytic testing showed that 15% rGO/CuO composite became the best catalyst in degrading paracetamol with a degradation percentage of 18% during a photocatalytic time of 60 minutes.

Keywords : CuO/rGO, Microwave, Parasetamol, Photocatalyst, Uv light

(This page is intentionally left blank)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisis Pengaruh Penambahan Massa rGO Terhadap Sifat Fotokatalitik Material Komposit CuO/rGO Dalam Mendegradasi Limbah Parasetamol” untuk memenuhi Mata Kuliah Tugas Akhir sebagai salah satu syarat kelulusan di Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama proses penelitian, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dan memberi dukungan kepada penulis, diantaranya adalah:

1. Ibu Diah Susanti, S.T.,M.T.,PhD., selaku dosen pembimbing pertama yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
2. Ibu Azzah Dyah Pramata, S.T.,M.T.,M.Eng.,PhD. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
3. Orang Tua dan segenap keluarga yang sudah memberikan dukungan baik materi dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
4. Kepala Departemen DTMM FTIRS ITS, Bapak Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D. yang telah membantu proses Tugas Akhir sampai selesai.
5. Ibu Dian Mughni Fellicia, S.T.,M.Sc.. selaku dosen wali penulis selama menempuh perkuliahan di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FT-IRS ITS Surabaya.

Penulis berharap penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak. Penulis juga menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan.

Surabaya, 15 Juli 2022
Penulis



Mohammad Arjun Arif Wiyansyah

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

Abstrak	xiii
Abstract	xv
KATA PENGANTAR	xvii
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Parasetamol.....	3
2.1.1 Polutan Parasetamol.....	3
2.1.2 Produk Degradasi Parasetamol.....	3
2.2 Kurva Spektrofotometri Uv-Vis Parasetamol.....	4
2.3 Fotokatalis.....	5
2.3.1 Material Semikonduktor.....	5
2.3.2 Mekanisme Fotokatalis.....	5
2.3.3 Aplikasi Semikonduktor Sebagai Fotokatalis.....	6
2.4 CuO.....	7
2.5 Sintesis CuO.....	7
2.6 <i>Graphene Oxide</i> dan <i>Reduced Graphene Oxide</i>	8
2.6.1 Sintesis <i>Graphene oxide</i>	9
2.6.2 Sintesis <i>Reduced Graphene oxide</i>	9
2.7 Microwave.....	9
2.8 Prospek Aplikasi Fotokatalis.....	11
2.9 Penelitian Sebelumnya.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Bahan Penelitian.....	13
3.2 Alat Penelitian.....	13
3.3 Diagram Alir.....	14
3.3.1 Sintesis <i>Expanded Graphite</i>	14
3.3.2 Sintesis <i>Reduced Graphene Oxide</i>	15
3.3.3 Sintesis <i>Copper Oxide</i> (CuO).....	17
3.3.4 Sintesis CuO/rGO.....	18
3.4 Sintesis.....	19
3.4.1 Sintesis <i>Expanded Graphite</i> (EG).....	19
3.4.2 Sintesis Grafit Oksida (rGO).....	19
3.4.3 Sintesis <i>Copper Oxide</i> (CuO).....	19
3.4.4 Sintesis CuO/rGO.....	19
3.5 Pengujian.....	19
3.5.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	20
3.5.2 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	21
3.5.3 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	22
3.5.4 Spektrofotometri UV Vis.....	22
3.5.5 Pengujian Fotokatalitik.....	23
3.5.6 Metodologi Fotokatalitik.....	25
3.6 Rancangan Penelitian.....	26
3.7 Jadwal Penelitian.....	26
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	27

4.1	Pengujian X-ray Diffraction (XRD).....	27
4.2	Pengujian Fourier Transform Infrared (FTIR).....	30
4.3	Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) dan Energy Dispersive X-ray analysis (EDX).....	34
4.4	Pengujian Uv-vis Spektrofotometri	39
4.5	Pengujian Fotokatalitik	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		44
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN		49
UCAPAN TERIMA KASIH.....		61
BIODATA PENULIS		62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur dan Properti dari Parasetamol.....	3
Gambar 2.2 Produk Degradasi Parasetamol.....	4
Gambar 2.3 Hasil uji Uv-Vis parasetamol	4
Gambar 2.4 Kurva baku paracetamol.....	5
Gambar 2.5 Mekanisme Fotokatalis.....	6
Gambar 2.6 Struktur Krista CuO.....	7
Gambar 2.7 Skema Proses Sintesis CuO menggunakan metode de Sol Gel.....	8
Gambar 2.8 Perbandingan struktur kimia <i>graphene</i> , <i>GO</i> dan <i>rGO</i>	9
Gambar 3.1 Diagram Alir Sintesis <i>Expanded graphite</i> (EG)	14
Gambar 3.2 Diagram Alir sintesis <i>Reduced Graphene Oxide</i>	15
Gambar 3.3 Diagram Alir sintesis CuO	17
Gambar 3.4 Diagram Alir Sintesis CuO/rGO	18
Gambar 3.5 Instrumen Alat Uji XRD	20
Gambar 3.6 Alat uji SEM-EDX Inspect S-50.....	21
Gambar 3.7 Mekanisme Scanning Electron Microscopy kanisme Scanning Electron Microscopy	22
Gambar 3.8 Alat uji FTIR.....	22
Gambar 3.9 Alat Uji UV-Vis	23
Gambar 3.10 Pengujian Fotokatalitik Parasetamol.....	24
Gambar 3.11 Skema Pengujian Fotokatalis	25
Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRD Grafit, Expanded Graphite dan rGO.....	27
Gambar 4.2 (a) Hasil Pengujian XRD Copper Oxide dan (b) JCDPS CuO.....	28
Gambar 4.3 Hasil Pengujian XRD Komposit CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20% (CuO).....	29
Gambar 4.4 (a) JCPDS Komposit CuO/rGO 10%, (b) JCPDS Komposit CuO/rGO 15% dan (c) JCPDS Komposit CuO/rGO 20%.....	29
Gambar 4.5 Hasil Pengujian FTIR rGO.....	31
Gambar 4.6 Hasil Pengujian FTIR CuO.....	32
Gambar 4.7 Hasil Pengujian FTIR Komposit CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20%.....	34
Gambar 4.8 (a) Hasil Pengujian SEM <i>Reduced Graphene Oxide</i> (rGO) Pada Perbesaran 1500x dan (b) Hasil Pengujian SEM <i>Reduced Graphene Oxide</i> (rGO) Pada Perbesaran 5000x.....	35
Gambar 4.9 (a) Hasil Pengujian SEM Copper Oxide (CuO) Pada Pebesaran 10000x dan (b) Hasil Pengujian SEM Copper Oxide (CuO) Pada Pebesaran 20000x.....	35
Gambar 4.10 Hasil pengujian SEM untuk material komposit CuO/rGO dengan persentase rGO 10% pada perbesaran 3000x (a), perbesaran 7000x (b), rGO 15% pada perbesaran 3000x (c), perbesaran 10000x (d), dan rGO 20% pada perbesaran 3000x (e), perbesaran10000x(f).....	36
Gambar 4.11 Kurva EDS material Copper Oxide.....	37
Gambar 4.12 Kurva EDS material komposit CuO/rGO 10% (a), CuO/rGO 15% (b) dan CuO/rGO 20% (c).....	38
Gambar 4.13 Kurva regresi linear parasetamol.....	39
Gambar 4.14 Diagram absorbans hasil degradasi parasetamol oleh katalis CuO dan komposit CuO/reduced graphene oxide dengan variasi penambahan massa 10%, 15% dan 20%.....	40

Gambar 4.15 Kurva absorbans hasil degradasi parasetamol oleh katalis CuO dan komposit CuO/reduced graphene oxide dengan variasi penambahan massa 10%, 15% dan 20% dengan variasi waktu (0, 30 dan 60 menit).....42

Gambar 4.16 Persen degradasi parasetamol oleh material CuO, CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20%.....43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik CuO	7
Tabel 2.2 Real permittivity (ϵ') dan loss factor (ϵ'') dari pelarut organik pada beberapa frekuensi dan temperatur 20°C.....	10
Tabel 2.3 Penelitian Sebelumnya.....	12
Tabel 3.1 Informasi hasil Pengujian XRD.....	21
Tabel 3.2 Rancangan Penelitian.....	26
Tabel 3.3 Jadwal Penelitian.....	26
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Nilai Ukuran Kristal Sampel CuO, CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20%.....	31
Tabel 4.2 Perbandingan ikatan yang terdeteksi pada pengujian FTIR.....	34
Tabel 4.3 Persentase unsur pada pengujian EDS material CuO/rGO.....	37
Tabel 4.4 Nilai absorbansi parasetamol pada tiap konsentrasi yang diuji.....	39
Tabel 4.5 Nilai absorbansi hasil degradasi parasetamol dari material CuO, CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20%.....	40

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah farmasi (parasetamol) menjadi topik bahasan utama pada penelitian akhir tahun 2021. Penelitian tersebut dilakukan oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan University of Brighton UK. Dari penelitian tersebut dihasilkan, wilayah dengan konsentrasi parasetamol tertinggi yaitu terdapat pada Teluk Angke dengan konsentrasi sebesar (610 ng/L), diikuti dengan Teluk Ancol dengan konsentrasi sebesar (420 ng/L). Di dunia konsentrasi parasetamol tertinggi terdapat pada Laut Mediterania Barat diikuti dengan Laut Aegean dengan konsentrasi 200 µg/L dan 2.9 µg/L (Togola & Budzinski, 2008) (Nödler et al., 2014).

Parasetamol biasa digunakan sebagai pereda sakit kepala dan sakit saraf. Polusi parasetamol dapat berdampak ke dalam ekosistem lautan, yaitu terganggunya kemampuan reproduksi pada kerang. Hal ini akan nantinya akan berdampak pada populasi kerang tersebut (Koagouw et al., 2021).

Metode pengolahan limbah parasetamol dengan pengolahan limbah konvensional tidak dapat untuk mendegradasi parasetamol sepenuhnya (Rajoriya et al., 2019).

Metode fotokatalis semikonduktor dapat digunakan karena memiliki kelebihan toksitas rendah, kemampuan degradasi yang tinggi, kemampuan mineralisasi yang tinggi dan dapat bereaksi pada temperatur kamar. Fotodegradasi adalah sebuah proses yang terjadi pada fotokatalis semikonduktor dalam pemurnian senyawa organik dengan bantuan energi foton dan material semikonduktor sebagai fotokatalis (Raizada et al., 2020). Salah satu material semikonduktor yang baik untuk digunakan sebagai fotokatalis dalam proses fotodegradasi adalah tembaga (II) oksida atau kupri oksida (CuO). Tembaga oksida (CuO) merupakan logam semikonduktor jenis p dengan biaya rendah, sifat toksik yang rendah dan celah pita sempit (1.2-1.7 eV) sehingga dapat menyerap cahaya tampak secara menyeluruh (Shaabani et al., 2014). Sanjini dkk. ⁷berhasil mendegradasi methylene blue (MB) dan Rhodamine B (Rhb) dengan CuO selama 75 menit dan selama 120 menit. Sedangkan penerapan material CuO untuk degradasi parasetamol belum sepenuhnya dibahas.

Dibalik aplikasi material CuO yang beragam, CuO memiliki kelemahan sebagai fotokatalis diantaranya laju rekombinasi yang tinggi dari pasangan electron (e^-/h^+). Hal tersebut dapat direduksi dengan memadukan material penerima elektron dengan rGO.

Reduced graphene Oxide (rGO) dapat digunakan sebagai material penerima elektron. Dalam aplikasi fotokatalis, rGO digunakan karena mempunyai konduktivitas elektron yang tinggi dan luas permukaan yang besar (Xie et al., 2013). rGO dapat dibentuk dengan mereduksi *Expanded Graphite* (EG) menjadi *Reduced Graphene oxide* (rGO) (Y. Zhu et al., 2010). Dari sifat yang dimiliki rGO tersebut rGO dapat digunakan sebagai katalis pendukung untuk katalis CuO.

Material komposit CuO/rGO telah berhasil diterapkan sebagai fotokatalis dalam mendegradasi 2-Nitrophenol 100% selama 3 jam (Babu). Selain itu material tersebut dapat juga mendegradasi polutan Methylene Blue (MB) dan Congo Red (CR) dengan komposit CuO/rGO. Hasilnya MB dapat terdegradasi 77.7% selama 70 menit dan CR dapat terdegradasi 95.6% selama 90 menit (Sagadevan et al., 2021).

Metode sintesis material komposit CuO/rGO menggunakan *Hydrothermal-assisted modified hummer's method* masih belum banyak dibahas. Metode ini digunakan karena lebih simpel dan efektif. Setelah material terbentuk dilakukan pengujian karakterisasi XRD, SEM, FTIR, UV-Vis, dan GC-MS untuk mengetahui sifat, morfologi, beserta sifat fotokatalis dari material. Material CuO/rGO memiliki potensi yang besar dalam aplikasinya sebagai fotokatalis dalam mendegradasi polutan. Dalam penelitian ini, akan dilakukan sintesis dengan dua jenis prekursor tembaga. Selain itu, akan dianalisis pengaruh penambahan massa rGO pada komposit CuO/rGO dalam sifat fotokatalis untuk mendegradasi parasetamol. Diharapkan dengan adanya penelitian material

komposit CuO/rGO dalam mendegradasi parasetamol dapat menjadi alternatif dalam penanggulangan masalah limbah parasetamol ekosistem laut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan di atas, sehingga dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan massa rGO terhadap struktur dan morfologi komposit CuO/rGO dari hasil sintesis dengan *Hydrothermal-assisted modified hummer's method*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan massa rGO terhadap sifat fotokatalisis komposit CuO/rGO dalam mendegradasi parasetamol?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memperoleh hasil yang baik dan sesuai serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut::

1. Ukuran serbuk grafit dianggap homogen
2. Temperatur dan tekanan udara di sekitar dianggap konstan
3. Temperatur dan daya pada oven *microwave* dan *furnace* dianggap konstan
4. pH aquades dianggap netral
5. Tekanan dari *autoclave* dianggap konstan

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibahas sebelumnya, maka terdapat tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh penambahan massa rGO terhadap struktur dan morfologi CuO/rGO hasil sintesis dengan *Hydrothermal-assisted modified Hummer's method*.
2. Menganalisis pengaruh penambahan massa rGO terhadap sifat fotokatalis CuO/rGO dalam mendegradasi parasetamol.

1.5 Manfaat Penelitian

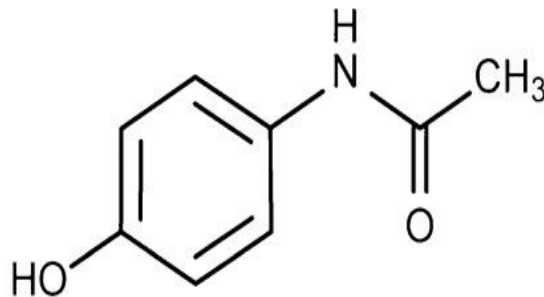
Penelitian ini dilakukan agar menjadi sumber referensi fotodegradasi parasetamol dengan material CuO/rGO dan sebagai langkah penanggulangan pencemaran air laut oleh limbah parasetamol guna melindungi ekosistem laut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Parasetamol

Acetaminophen (N-acetyl-p-aminophenol), umumnya dikenal sebagai parasetamol adalah obat analgesik-antipiretik (sekelompok obat pereda nyeri dan penurun panas) yang menjadi pilihan dan banyak digunakan sebagai obat untuk pengobatan nyeri dan demam (Goyal & Singh, 2006). Acetaminophen terdiri dari inti cincin benzena dengan satu gugus hidroksil dan gugus amida terlihat pada gambar 2.1. Menurut pedoman American College of Rheumatology (ACR), parasetamol dianggap sebagai terapi tahap pertama karena relatif lebih sedikit efek samping yang merugikan, kemanjuran dan harga yang terjangkau (Bertolini et al., 2006).

Saat ini parasetamol banyak dijual dalam parasetamol saja dan dikombinasikan dengan bahan aktif lain yang mengobati batuk, pilek, flu, dan kondisi yang berhubungan dengan nyeri. Parasetamol diakui sebagai analgesik yang paling sering digunakan di Inggris dan juga obat bebas yang paling banyak dipasarkan di dunia (Warwick, 2008). Namun demikian, konsumsi parasetamol meningkat secara signifikan selama pandemi COVID-19.



Gambar 2. 1 Struktur dan Properti dari Parasetamol (Seal et al., 2017)

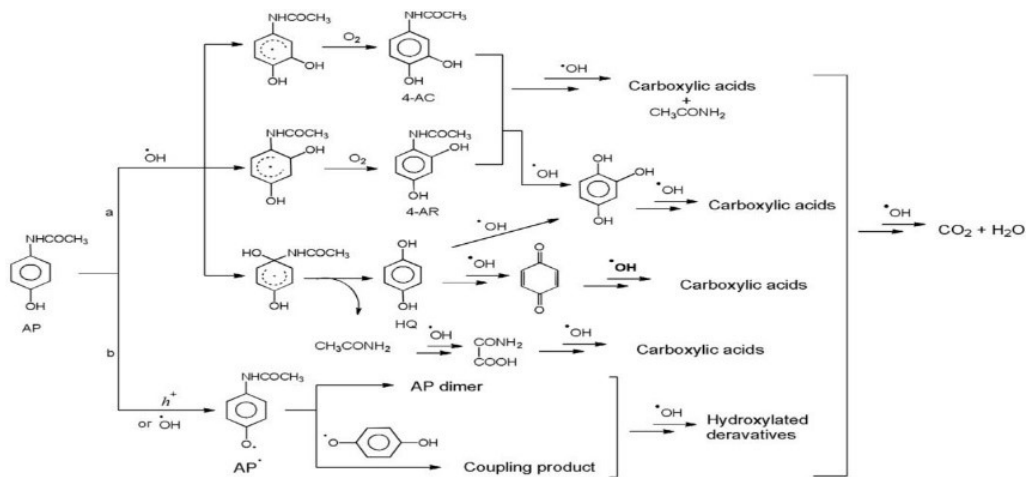
2.1.1 Polutan Parasetamol

Parasetamol merupakan salah satu limbah farmasi yang kandungannya cukup tinggi di perairan. Dalam perairan, parasetamol sering ditemukan di permukaan air pada dan terakumulasi ke dalam biota laut. Selain dikarenakan bakteri tidak dapat mendegradasi parasetamol yang menyebabkan pencemaran laut, parasetamol yang terakumulasi juga dapat menyebabkan dampak buruk pada biota laut. Salah satu biota laut yang terdampak adalah kerang (Koagouw & Ciocan, 2020).

Parasetamol dengan paparan jangka panjang dapat menimbulkan gangguan yang serius pada kerang. Kerang biru (*Mussel edulis*) menjadi topik penelitian Koagouw et al., untuk meneliti pengaruh konsentrasi parasetamol dan waktu paparan parasetamol. Hasilnya, jaringan gonad pada *Mussel* mengalami perubahan yang dapat menurunkan kemampuannya reproduksinya. Perubahan tersebut terjadi pada konsentrasi parasetamol yang tinggi ataupun yang rendah dengan jangka waktu yang panjang yaitu 24 hari (Koagouw et al., 2021).

2.1.2 Produk Degradasi Parasetamol

Parasetamol dapat terdegradasi melalui metode fotokatalis dengan penyinaran Solar maupun UV. Berikut ini merupakan proses fotodegradasi parasetamol:



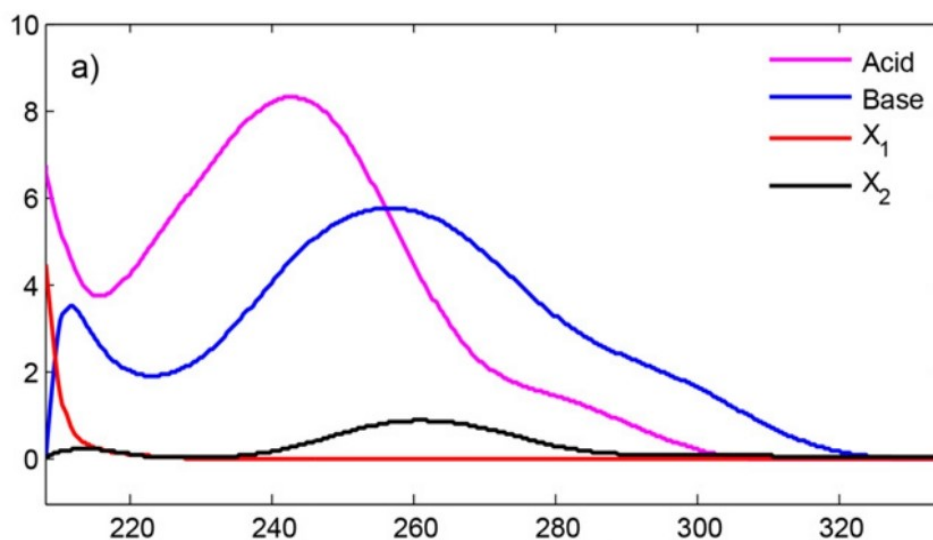
Gambar 2. 2 Produk Degradasi Parasetamol (Nasr et al., 2019)

Produk degradasi utama yang dihasilkan dari proses fotodegradasi adalah 4-acetamidocatechol, 4-acetamidoresorcinol and hydroquinone. Senyawa tersebut akan terus tereduksi menjadi senyawa karboksil yang kemudian direduksi oleh $\cdot\text{OH}$ menjadi CO_2 dan H_2O (Nasr et al., 2019).

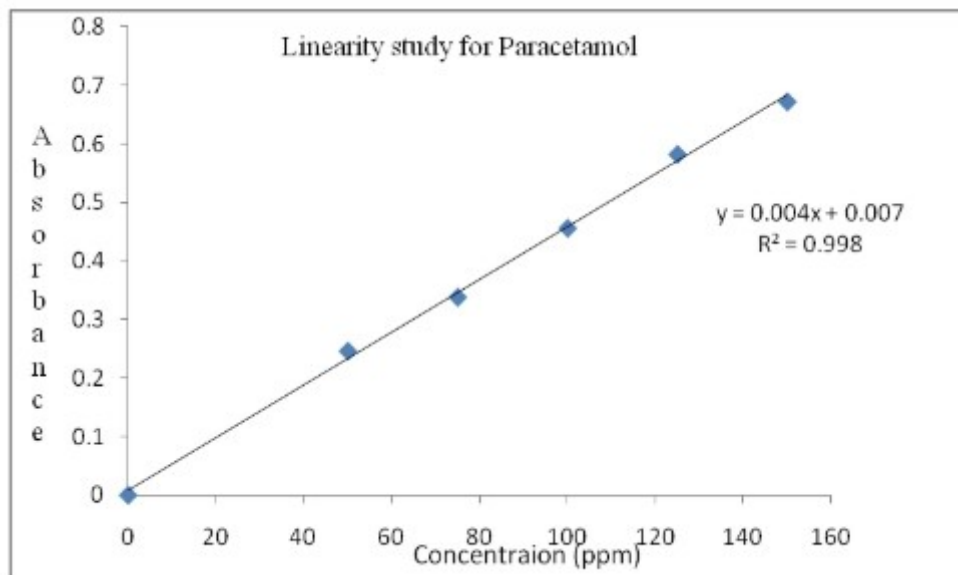
2.2 Kurva Spektrofotometri Uv-Vis Parasetamol

Kurva baku yang diperoleh dari pengujian spektrofotometri Uv-Vis berfungsi untuk membandingkan nilai absorban dengan nilai absorban hasil degradasi senyawa parasetamol. Suatu senyawa dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang yang berbeda-beda. Parasetamol cenderung dapat menyerap cahaya pada Panjang gelombang Uv (200-400 nm). (Dinç et al., 2020) melakukan pengujian Uv-Visible paracetamol dan berhasil mendapatkan nilai Panjang gelombang yaitu 243 nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa serapan maksimum yang dimiliki oleh parasetamol pada Panjang gelombang Uv.

Dengan berdasarkan Hukum Lambert-Beer, (Behera et al., 2012) mendapatkan kurva baku parasetamol menggunakan konsentrasi 20-160 ppm.



Gambar 2.3 Hasil uji Uv-Vis parasetamol (Dinç et al., 2020)



Gambar 2.4 Kurva baku paracetamol (Behera et al., 2012)

2.3 Fotokatalis

Sebuah proses dimana cahaya digunakan untuk mengaktifkan zat kimia yang bereaksi tanpa melibatkan dirinya sendiri terlibat dalam transformasi kimia disebut dengan fotokatalis. Secara bahasa, fotokatalis berasal dari bahasa Yunani, berasal dari kata foto (“phos” berarti cahaya) dan katalis (“katalyo” berarti pecah atau terurai). Suatu bahan dianggap sebagai katalis ketika mempercepat reaksi kimia tanpa dikonsumsi dalam reaksi, didenaturasi atau tidak berubah dan menurunkan entalpi aktivasi bebas reaksi. Fotokatalisis didefinisikan sebagai percepatan reaksi dengan adanya cahaya dan katalis yang sesuai. Fotokatalis didefinisikan sebagai bahan yang mempercepat reaksi kimia dengan adanya cahaya yang sesuai dan katalis yang sesuai tanpa digunakan yang menurunkan entalpi aktivasi bebas dari reaksi kimia (Ravelli et al., 2009).

2.3.1 Material Semikonduktor

Semikonduktor adalah bahan yang memiliki daerah energi kosong (void energy region) yang disebut celah pita (band gap) yang berada diantara konduktor dan isolator. Banyak jenis bahan semikonduktor yang tersedia secara komersial tetapi hanya sedikit yang cocok dipakai sebagai fotokatalis dalam menguraikan berbagai polutan organik (Litter, 1999).

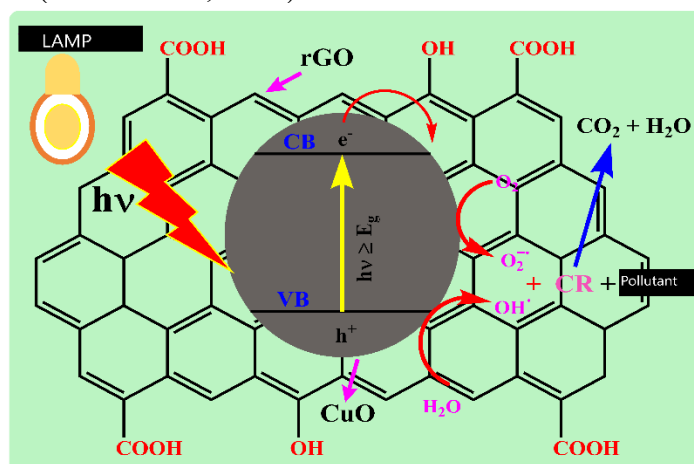
Fotokatalis semikonduktor menjadi salah satu penelitian yang aktif dipelajari untuk bidang yang berbeda seperti katalisis, fotokimia, elektrokimia, kimia anorganik dan organik, fisika dan polimer, kimia lingkungan; dan seterusnya. Semikonduktor seperti TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , CdS , CuO dan ZnS telah digunakan sebagai fotokatalis karena adanya kombinasi yang baik dari struktur elektronik mereka, sifat penyerapan cahaya, dan karakteristik transportasi muatan (Ameta & Ameta, 2016). Pada material semikonduktor, celah pita memerankan tahapan yang penting dalam mengontrol penyerapan cahaya.

Cahaya tampak dapat diserap dengan celah pita yang kecil, namun celah pita yang kecil menyebabkan rekombinasi yang cepat karena terbentuknya *electron-hole*. Selain itu, kebanyakan material semikonduktor memiliki celah pita yang lebar sehingga tidak dapat menyerap cahaya tampak secara menyeluruh (Belver et al., 2019).

2.3.2 Mekanisme Fotokatalis

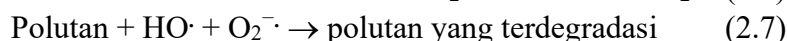
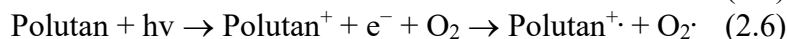
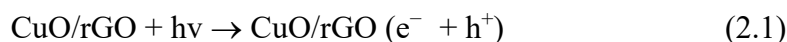
Fotokatalis disinari dengan cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai, sebuah elektron melompat dari pita valensi (*valence band*, VB), ke pita konduksi dan meninggalkan lubang

positif ke pita valensi (*valence band*, VB). Elektron di CB yang dapat dimanfaatkan untuk mereduksi substrat lain (Z. Zhu et al., 2018).



Gambar 2. 5 Mekanisme Fotokatalis (Y. Zhu et al., 2010)

Mekanisme CuO/rGO sebagai fotokatalis yaitu ketika disinari oleh sinar energi dengan celah pita yang lebih sempit, elektron dari CuO bergerak dari pita valensi ke pita konduksi. Pada proses tersebut terbentuk lubang elektron (h^+) dan pasangan elektron (e^-) di permukaan. Proton dan air membentuk radikal-radikal hidroksil OH. Disamping itu, oksigen dan elektron akan bergabung menghasilkan ion-ion radikal O_2^- . Oksigen sebagai oksidator yang kuat akan memutus ikatan dari senyawa-senyawa karbon dengan reaksi oksidasi-reduksi. Reaksi yang terjadi akan merubah senyawa organik seperti polutan menjadi karbondioksida dan air (Sagadevan et al., 2021). Berikut adalah persamaan fotokatalisis dengan CuO/rGO:



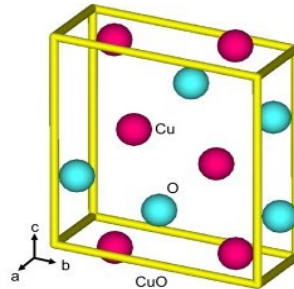
2.3.3 Aplikasi Semikonduktor Sebagai Fotokatalis

Aplikasi dari fotokatalis banyak digunakan dalam berbagai bidang meliputi pengolahan air, pengurangan/penghilangan logam berbahaya, pengurangan karbon dioksida dan pembentukan hidrogen dan pemisahan air. Proses fotokatalis pada penelitian ini berfokus pada proses penguraian polutan dari limbah parasetamol. Diketahui parasetamol dapat berdampak pada ekosistem perairan. Konsentrasi parasetamol yang terakumulasi pada ekosistem laut akan mengganggu kemampuan reproduksi kerang.

Material semikonduktor TiO_2 dan ZnO sering digunakan dalam aplikasi fotokatalitik untuk menghilangkan kontaminan organik dari air. Tetapi material tersebut memiliki kekurangan diantaranya karena celah pita yang besar ($>3,2$ eV) sehingga memerlukan penyerapan sinar UV yang besar. Sinar matahari hanya memiliki sinar UV sebanyak 5% jika dibanding dengan sinar tampak yang sebanyak 40%. Material CuO dipilih karena memiliki celah pita yang sempit sehingga dapat menyerap sinar tampak secara keseluruhan. Dengan mengkombinasikan CuO dan *Graphene* sebagai akseptor elektron dari CuO diharapkan akan dapat mendegradasi parasetamol dengan baik.

2.4 CuO

Tembaga (II) oksida atau cupric oxide adalah senyawa anorganik dengan rumus CuO. Padatan hitam, ini adalah salah satu dari dua oksida tembaga yang stabil, yang lainnya adalah Cu₂O atau tembaga oksida. Sebagai mineral, ia dikenal sebagai tenorite. Struktur nano oksida logam seperti seng oksida, titanium dioksida, oksida besi dan lain-lain telah menarik banyak perhatian karena sifat luar biasa mereka di berbagai bidang optik, optoelektronik, katalis, bahan sel surya dan sensor.



Gambar 2. 6 Struktur Krista CuO (Nödler et al., 2014)

Tembaga umumnya ditemukan dalam bentuk senyawa yaitu bijih mineral, chalcopyrite (CuFeS₂), copper glance atau chalcocite (Cu₂S), cuprite (Cu₂O), malachite (Cu₂(OH)₂CO₃) dan malaconite/tenorite (CuO). CuO merupakan semikonduktor jika terkena sinar atau cahaya dengan energi foton yang sama atau lebih besar dari energi eksitasi elektronnya ($h\nu \geq E_g$) akan membentuk elektron di pita konduksi dan hole di pita valensi. Hole di pita valensi dapat bereaksi dengan molekul air teradsorpsi di permukaan fotokatalis menghasilkan radikal hidroksil. Sedangkan elektron di pita konduksi dapat bereaksi dengan oksigen terlarut menghasilkan anion superoksida radikal. Radikal yang dihasilkan tersebut dapat mendegradasi senyawa organik. Contoh semikonduktor oksida logam adalah TiO₂, CuO, ZnO dan Fe₂O₃. Oksida logam CuO adalah semikonduktor tipe-p dengan energi celah pita yang sempit, yaitu 1,2-1,9 eV (Oku et al., 2011).

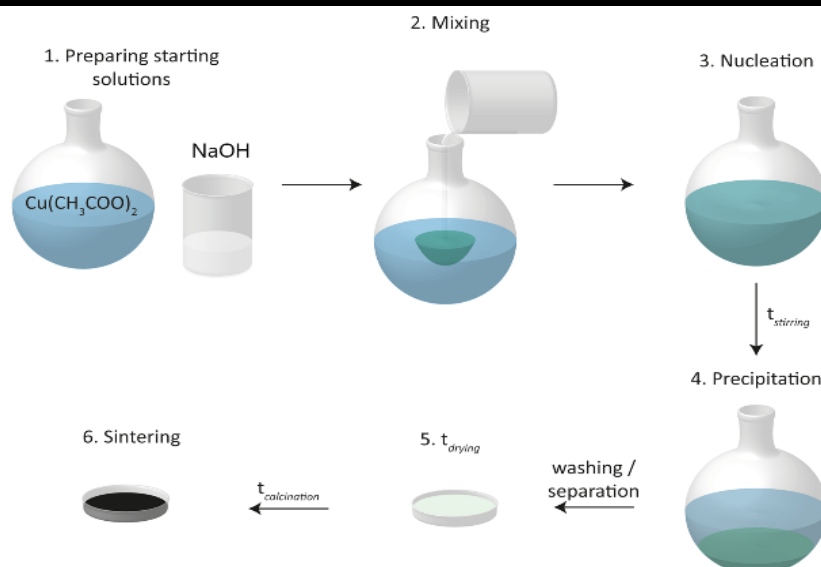
Tabel 2. 1 Karakteristik CuO (Baffl et al., 2017)

Appearance	Black Colour
Molecular Formula	CuO
Molecular Mass	79.55 gram/mole
Density	6.31 gram/cm ³
Melting Point	1201°C
Solubility in water	Soluble
Thermal Conductivity	76 W/mK

Kinerja nanokristalin CuO lebih unggul dibandingkan bulk. Sebagai semikonduktor tipe-p, konduksi muncul dari kehadiran lubang di pita valensi (VB). CuO baik sebagai penyerap surya selektif karena memiliki daya serap matahari tinggi dan daya pancar termal rendah.

2.5 Sintesis CuO

Sintesis CuO dilakukan dengan metode sol gel, Metode sol gel merupakan suatu metode yang digunakan untuk pembentukan senyawa-senyawa anorganik melalui suatu reaksi kimia pada temperatur yang relatif rendah. Selain itu, metode sol gel merupakan metode yang mudah dan telah banyak digunakan dalam sintesis senyawa organik maupun senyawa anorganik (Yulita et al., 2012).



Gambar 2. 7 Skema Proses Sintesi CuO menggunakan metode de Sol Gel (Dörner et al., 2019)

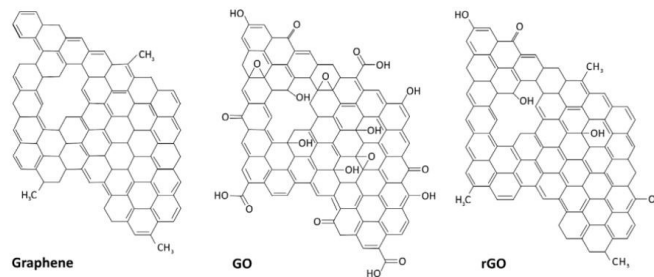
Metode sol gel banyak digunakan karena prosesnya lebih singkat, temperatur yang digunakan lebih rendah, dapat menghasilkan serbuk metal oksida dengan ukuran nano partikel dan dapat menghasilkan karakteristik yang lebih baik dari pada proses metalurgi serbuk. Selain itu keuntungan menggunakan metode sol gel yaitu homogenitasnya lebih baik, temperatur rendah, kemurnian lebih baik, hemat energi pencemaran rendah, menghindari reaksi dengan kontainer dan kemurnian tinggi, fase pemisahan cepat, kristalisasi cepat, padatan non kristalin keluar membentuk gelas pembentukan fase kristal baru dari padatan non kristal baru produk glass lebih baik ditentukan dengan sifat-sifat gel, produk film spesial (Widodo, 2010).

2.6 Graphene Oxide dan Reduced Graphene Oxide

Graphene merupakan salah satu alotrop karbon yang merupakan senyawa esensial dalam kehidupan organik. *Graphene* terdiri dari awalan "graph," yang berasal dari grafit, dan "ene," yang menggambarkan karbon/ikatan rangkap karbon (Penkov, 2020). Material turunan *Graphene* yang banyak diteliti diantaranya *Graphene oxide* dan *Reduced graphene oxide*.

Salah satu pendekatan untuk meningkatkan laju produksi graphene adalah fabrikasi dengan reduksi *graphene oxide* (GO) karena menunjukkan potensi produksi bahan berbasis graphene skala besar yang hemat biaya (Park & Ruoff, 2009). Sejak pertama kali disintesis pada abad ke-19, GO telah menjadi turunan graphene yang populer. GO adalah monolayer karbon tunggal dengan daerah aromatik yang terdistribusi secara acak (atom karbon sp^2) dan domain alifatik teroksidasi (atom karbon sp^3) yang mengandung gugus fungsi karbonil, karboksil, epoksi, dan hidroksil. Adanya gugus fungsi membuat GO menjadi hidrofilik (Ioniță et al., 2017).

Reduced graphene oxide (rGO) juga merupakan material setebal atom tunggal 2D. Ini seperti graphene, tetapi memiliki domain cincin karbon ekstra, cacat, dan sisa gugus yang mengandung oksigen (OH, -COOH, dll.) di permukaan (Gambar. 2.5). Tujuan awal pengurangan GO adalah untuk membuat bahan graphene yang sebanding dengan struktur dan sifat graphene murni yang dicapai dengan pengelupasan mekanis (Penkov, 2020).



Gambar 2. 8 Perbandingan struktur kimia *graphene*, *GO* dan *rGO* (Penkov, 2020)

2.6.1 Sintesis *Graphene oxide*

Pada penelitian kali ini, digunakan metode *modified hummer's*. Awalnya, metode Hummer mendapat perhatian besar karena efisiensinya yang tinggi dan keamanan reaksi yang memuaskan. Namun, masih memiliki beberapa kelemahan yang signifikan: (1) prosedur oksidasi melepaskan gas beracun seperti NO_2 dan N_2O_4 ; dan (2) sisa ion Na^+ dan NO_3 sulit dihilangkan dari air limbah yang terbentuk dari proses sintesis dan pemurnian GO (Chen et al., 2013). Dengan demikian, upaya signifikan diarahkan untuk mengembangkan metode sintesis GO yang ramah lingkungan.

Dimiev dkk. menemukan bahwa menghilangkan NaNO_3 , meningkatkan jumlah KMnO_4 , dan melakukan reaksi dalam campuran 9:1 dari $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_3\text{PO}_4$ memungkinkan peningkatan efisiensi proses oksidasi. Metode yang ditingkatkan ini memberikan jumlah material graphene teroksidasi hidrofilik yang lebih besar dibandingkan dengan metode Hummers klasik atau metode Hummers dengan tambahan KMnO_4 . Chen et al., juga mengusulkan metode Hummer's yang lebih baik tanpa menggunakan NaNO_3 untuk sintesis GO. Metode yang disempurnakan ini menghilangkan pembentukan gas beracun dan menyederhanakan prosedur pemurnian cairan limbah yang memungkinkan penurunan biaya sintesis GO. Dubey et al., juga melakukan modifikasi dengan mensintesis GO dengan membentuk *expanded graphite* (EG) melalui interkalasi dengan senyawa HNO_3 dan bantuan microwave.

2.6.2 Sintesis *Reduced Graphene oxide*

GO dapat dikonversi lebih lanjut menjadi rGO dengan reduksi kimia menggunakan berbagai zat pereduksi, termasuk hidrazin, natrium borohidrat dan zinc powder (Guex et al., 2017). Hidrazin adalah reduktor yang paling efisien, tetapi karena sifat toksiknya, ada permintaan yang tinggi untuk menggunakan reduktor hijau untuk sintesis rGO. Selain metode kimia, GO dapat direduksi secara fisik, misalnya menggunakan penyinaran UV atau reduksi termal (Wu et al., 2011). Dalam penelitian kali ini digunakan metode hidrotermal untuk menghasilkan komposit CuO/rGO dengan menggunakan bantuan serbuk zink sebagai agen pereduksi.

2.7 Microwave

Microwave adalah bentuk energi elektromagnetik dengan frekuensi antara 300 dan 0,3 GHz. Pemanasan microwave telah menemukan aplikasi dalam industri makanan, pengolahan air limbah, sintering keramik dan banyak lainnya karena pendekatannya yang cepat, non-kontak dan volumetrik. Pemanasan gelombang mikro berbeda dari pemanasan konvensional dalam dua cara: (i) penyebaran bagian depan pemanas: dalam pemanasan gelombang mikro bagian depan bergerak dari inti ke permukaan, sehingga inti tetap pada suhu yang lebih tinggi daripada permukaan. Kebalikannya berlaku untuk pemanasan konvensional. (ii) pemanasan bahan selektif yaitu kemampuan bahan untuk menjadi panas ketika terkena gelombang mikro tergantung pada sifat penyerapan gelombangnya (Sun et al., 2016). Sejak pemanasan gelombang mikro bergantung pada penetrasi gelombang dan sifat penyerapan bahan, ini lebih efektif dalam reaksi fase padat di

mana tanpa kehilangan energi untuk pengadukan mekanis atau pelarut, bahan dapat dipanaskan secara seragam dan efisien (Sridhar et al., 2010).

Carbonaceous adalah material penyerap dielektrik dan berbagai metode berbasis gelombang mikro mendapatkan popularitas dalam sintesis dan modifikasi graphene, nanotube karbon, karbon aktif dan komposit karbon. Grafit atau graphene murni mengandung elektron p terdelokalisasi yang melimpah yang dapat mengubah energi gelombang mikro menjadi energi panas secara efisien melalui pemanasan Joule. Pada oksidasi grafit, bidang atom karbon yang terikat sp² menjadi teroksidasi dengan gugus yang mengandung oksigen seperti karbonil, asam karboksilat, epoksi dan hidroksil. Akibatnya, Grafit Oksida yang diperoleh biasanya merupakan isolator (Jakhar et al., 2020).

Dalam kasus medan listrik dengan tingkat osilasi yang tinggi pada aplikasi *microwave*, konstanta dielektrik diubah menjadi permeabilitas yang kompleks ($\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon''$), yang merupakan ukuran kemampuan bahan dielektrik untuk menyerap dan menyimpan energi potensial listrik. Seperti konstanta dielektrik, yang umumnya digunakan untuk menggambarkan isolator yang baik, parameter *real permeability* (ϵ') mencirikan kemampuan material yang akan terpolarisasi oleh medan listrik dan dengan demikian kemampuan *microwave* untuk merambat. ke dalam material. Pada frekuensi rendah, nilai tersebut mencapai maksimumnya karena jumlah maksimum energi yang diberikan, dapat disimpan dalam material. Bagian imajiner dari permeabilitas listrik yang kompleks (ϵ'') biasanya disebut *loss factor* dan menunjukkan kemampuan bahan untuk menghilangkan energi yaitu efisiensi konversi radiasi elektromagnetik menjadi panas. *Loss factor* (ϵ'') mencapai maksimum ketika *real permeability* secara bertahap menurun. Tetapi, itu semua tergantung pada struktur molekul material, pada frekuensi di mana ϵ'' mencapai maksimum dan seberapa jelas nilai maksimum tersebut ditunjukkan (Kaatze, 1997). Nilai-nilai dari *real permittivity* (ϵ') dan *loss factor* (ϵ'') untuk beberapa pelarut organik yang umum disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2. 2 Real permittivity (ϵ') dan loss factor (ϵ'') dari pelarut organik pada beberapa frekuensi dan temperatur 20°C (Kaatze, 1997)

Solvent	3x10 ⁸ Hz		3x10 ⁹ Hz		1x10 ¹⁰ Hz	
	ϵ'	ϵ''	ϵ'	ϵ''	ϵ'	ϵ''
Air	77.	1.2	76.	12.0	55.	29.7
	5		7		0	
0.1 M NaCl	76.	59.0	75.	18.1	54.	30.0
Methanol	30.	2.5	23.	15.3	8.9	7.2
	9		9			
Ethanol	22.	6.0	6.5	1.6	1.7	0.11
	3					
Propanol	16.	6.7	3.7	2.5	2.3	0.20
	0					
Butanol	11.	6.3	3.5	1.6	0.2	
	5					
Hexane	1.9		1.9	2 x 10 ⁴	1.9	9 x 10 ³
	7		7		7	
Carbon tetrachloride	2.2		2.2	9 x 10 ⁴	2.2	3 x 10 ³

Kedalaman penetrasi dari material (Dp), digunakan untuk menunjukkan kedalaman di mana

kerapatan daya iradiasi *microwave* berkurang menjadi 37% dari nilai awalnya pada permukaan material.

2.8 Prospek Aplikasi Fotokatalis

Teknologi membran, dengan keuntungan tertentu dari instalasi kecil ukuran, konsumsi bahan kimia yang rendah, perawatan yang mudah, efisiensi pemisahan yang sangat baik, kualitas air yang tinggi, dan dampak lingkungan yang rendah, telah diterapkan secara luas dalam pemurnian air (Iglesias et al., 2016). Berbagai membran telah dikembangkan dengan baik, seperti membran polimer (misalnya, polietersulfon PES, poliakrilonitril PAN, polivinilidena fluorida PVDF dan poliester) dan membran anorganik (misalnya, Al_2O_3 , SiO_2 dan TiO_2) (Liu et al., 2010; Rahimpour et al., 2008). Namun, teknologi membran konvensional memiliki kelemahan yang melekat, termasuk kontaminan hanya pemisahan dari air tanpa perawatan lebih lanjut dan pengotoran membran yang disebabkan oleh: pengendapan foulant pada permukaan membran, menghasilkan penurunan fluks permeasi dan umur membran, serta peningkatan konsumsi energi dan biaya perawatan (Zhang et al., 2017).

Baru-baru ini, *Photocatalyst membrane* (PM) telah ditargetkan karena menggabungkan pemisahan membran dengan fotokatalisis dalam satu unit dan mengontrol produk dan produk sampingan [Leong, Sookwan]. PM bisa turun polutan dalam larutan umpan oleh spesies oksigen reaktif (ROS) dihasilkan oleh fotokatalis di bawah iradiasi cahaya, sehingga mencegah pembentukan lapisan kue pada permukaan membran, mengurangi pori-pori memblokir, menghalangi pengotoran membran sampai batas tertentu. Sementara itu, substrat membran menunjukkan peran simultan sebagai penghalang selektif bagi spesies yang akan disingkirkan dan sebagai pendukung untuk fotokatalis untuk menghindari langkah pemisahan (Shi et al., 2019).

Sebelumnya telah diterapkan dengan penggunaan katalis TiO_2 dan ZnO . PM berbasis TiO_2/ZnO , responsif terhadap UV telah banyak digunakan dalam banyak penelitian yang menyelidiki pengolahan air limbah dan memberikan desinfeksi dan penghilangan polutan yang baik. Terlepas dari keunggulan tersebut, PM yang responsif terhadap UV masih menghadapi tantangan. Dari sudut pandang energi, pemanfaatan energi matahari terbarukan menarik dalam industri air. Namun, pemanfaatan energi surya dibatasi oleh fotoefisiensi celah pita katalis TiO_2 dan ZnO menjadi hanya 3-4% dari energi surya. spektrum (wilayah UV), dan 44-47% cahaya tampak tidak digunakan. Selain itu, katalis berbasis TiO_2 dan ZnO memiliki kinerja fotokatalitik terbatas karena menunjukkan fotoaktivitas yang buruk di wilayah cahaya tampak.⁴⁰ Untuk menanggulangi hal tersebut digunakan katalis CuO dan dikompositkan dengan rGO. Harapannya jika digabungkan dengan membran polimer dan keramik dapat menjadi membran fotokatalis yang baik.

2.9 Penelitian Sebelumnya

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mensintesis material yang dapat mendegradasi parasetamol secara efektif. Namun penerapan material CuO/rGO dalam mendegradasi parasetamol tergolong masih sedikit.

Tabel 2. 3 Penelitian Sebelumnya

Peneliti, Tahun, dan Penerbit	Katalis	Polutan	Metode dan Variasi	Degradasi
(Palas et al., 2021) Elsevier	TCuO-GO (Tomato skin inspired copper oxide:graphene oxide)	Parasetamol	Catalytic wet air oxidation dengan Katalis 0.25-0.75 g/L, temperatur 120-180°C, dan tekanan 5-15 bar	96.2 % selama 1 jam
(Aminzadeh et al., 2021) John Wiley & Sons, Ltd.	Polyaniline/CuO nanocomposite	Parasetamol	Iradiasi sinar tampak lampu 60 W dengan dosis katalis 10-50 mg	90% selama 8 jam 70% selama 4 jam
(Katal et al., 2018) WILEY-VCH	Pd-CuO	Parasetamol	Iradiasi sinar tampak lampu Xenon lamp 150 W	92% selama 1 jam
(Chau et al., 2022) Elsevier	Cu ₂ O/ WO ₃ / TiO ₂	Parasetamol	Iradiasi dengan sinar lampu xenon 150 W	99% selama 1 jam
(Dutta et al., 2016) IOP Publishing (Sagadevan et al., 2021) MDPI	CuO-50%rGO CuO-rGO	Methylene blue Congo Red	Iradiasi dengan sinar lampu xenon 150 W Iradiasi dengan sinar lampu xenon 100 W	95.6% selama 1.5 jam

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu:

1. Akuades (H_2O)
2. Deionized Water
3. Serbuk Grafit
4. Tembaga (II) Nitrat Monohidrat ($Cu(NO_3)_2 \cdot H_2O$)
5. Asam sulfat (H_2SO_4)
6. Asam fosfat (H_3PO_4)
7. Asam Nitrat (HNO_3)
8. Pottasium permanganate
9. Parasetamol
10. Asam Klorida (HCl)
11. *Ice Cube*

3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian kali ini diantaranya:

1. Mikropipet

Pipet yang digunakan adalah mikropipet untuk mengambil larutan

2. Neraca Analitik (Mettler Toledo)

Alat ini digunakan untuk mengukur massa serbuk tembaga dan grafit

3. Pengaduk (Spatula)

Digunakan untuk mengaduk larutan

4. Hot Plate with Magnetic Stirrer

Alat ini digunakan untuk mencampur dan mengaduk larutan agar homogen serta untuk proses drying reduced

5. *Ice bath*

Wadah untuk pengadukan dalam temperatur ($0-5^\circ C$)

6. Erlenmeyer

Digunakan sebagai tempat larutan.

7. Thermometer

Digunakan untuk mengukur temperatur larutan.

8. Lampu Uv-C

Digunakan untuk menyinari larutan parasetamol

9. Gelas Beaker

Digunakan untuk tempat aktivitas kimia

10. Alat Maserator

Digunakan selama proses ekstraksi pelarut menggunakan metode maserasi

11. Kertas Saring no 42

Digunakan untuk menyaring serbuk grafit

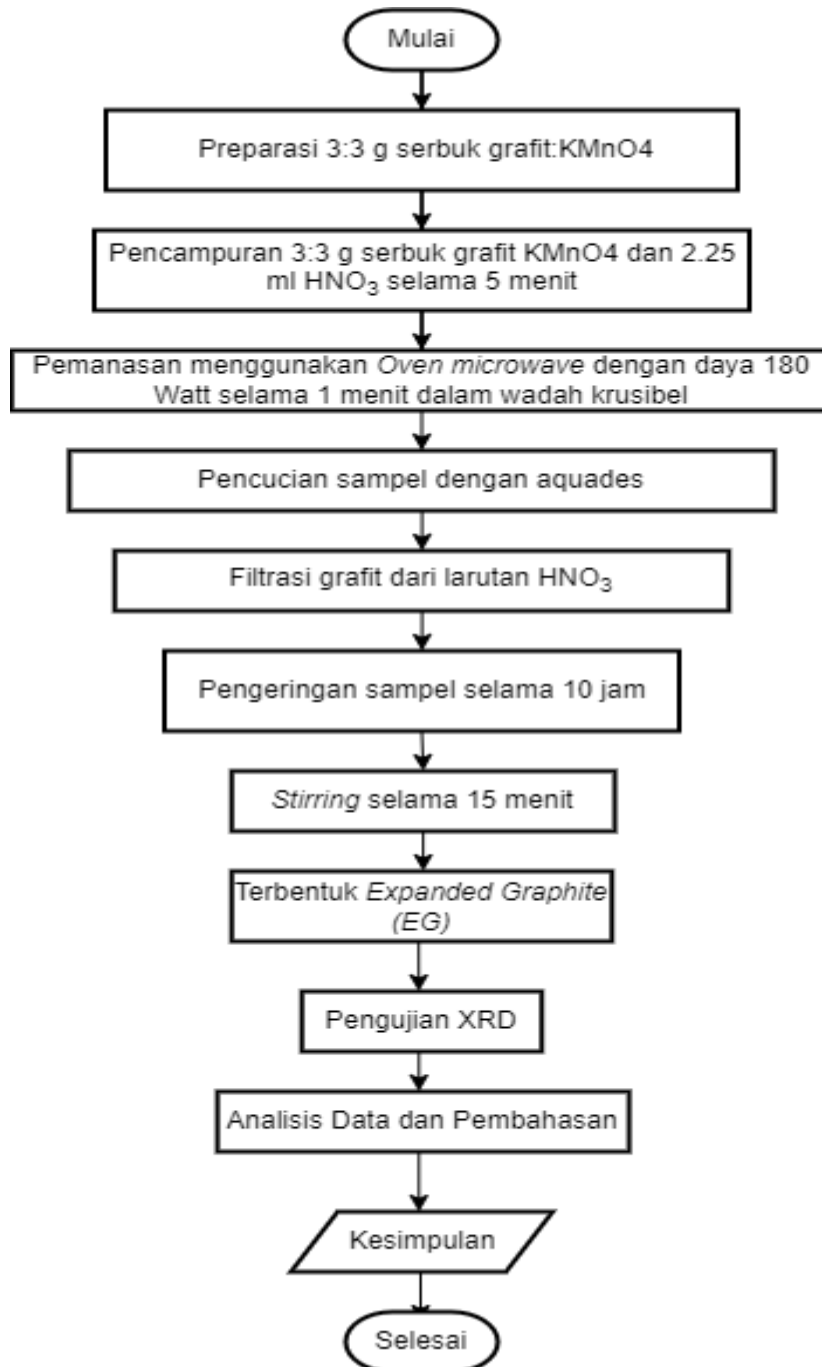
Instrumen Karakterisasi Material

- a) X-ray diffraction (XRD) untuk mengetahui senyawa yang terkandung dalam suatu sampel dan struktur kristalnya.
- b) Scanning Electron Microscope (SEM) dan EDS untuk menganalisis morfologi dan kadar unsur.
- c) Fourier Transform Infrared untuk mengetahui jenis gugus fungsi yang terkandung pada material
- d) UV Vis digunakan untuk mengeksplorasi sifat penyerapan cahaya dari sampel yang telah disiapkan

3.3 Diagram Alir

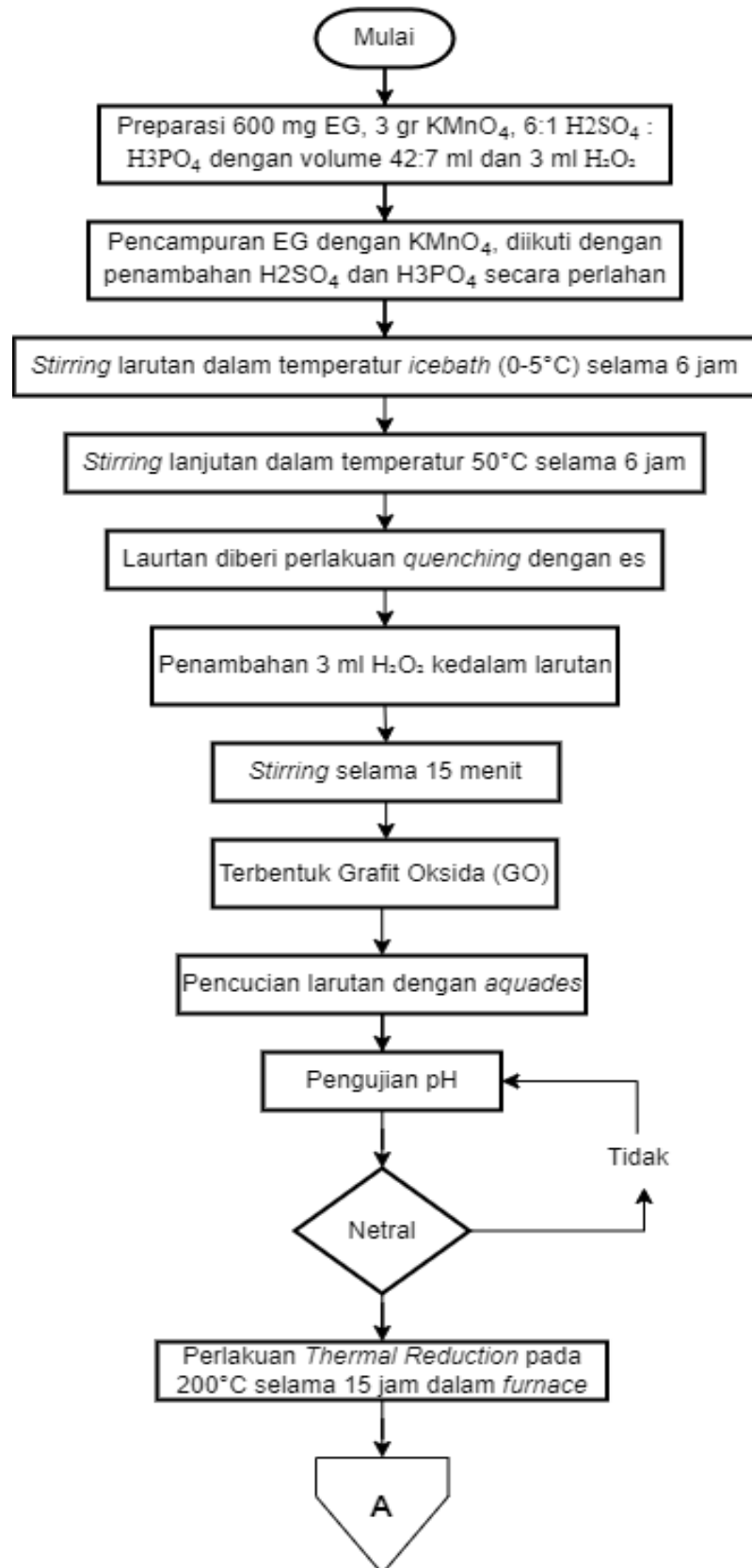
Adapau diagram alir yang digunakan pada penelitian kali, sebagai berikut:

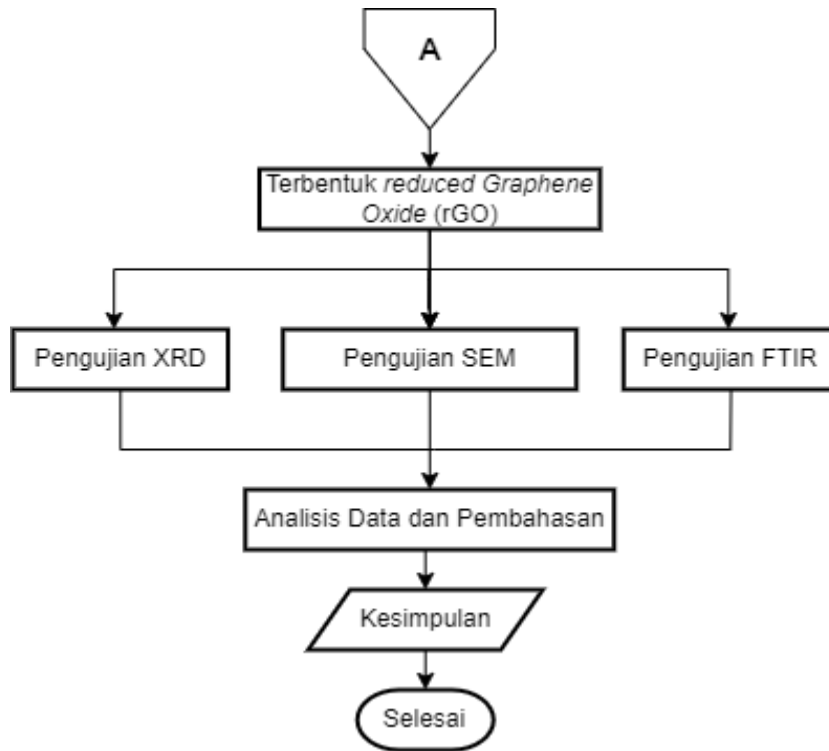
3.3.1 Sintesis *Expanded Graphite*



Gambar 3. 1 Diagram Alir Sintesis *Expanded graphite*(EG)

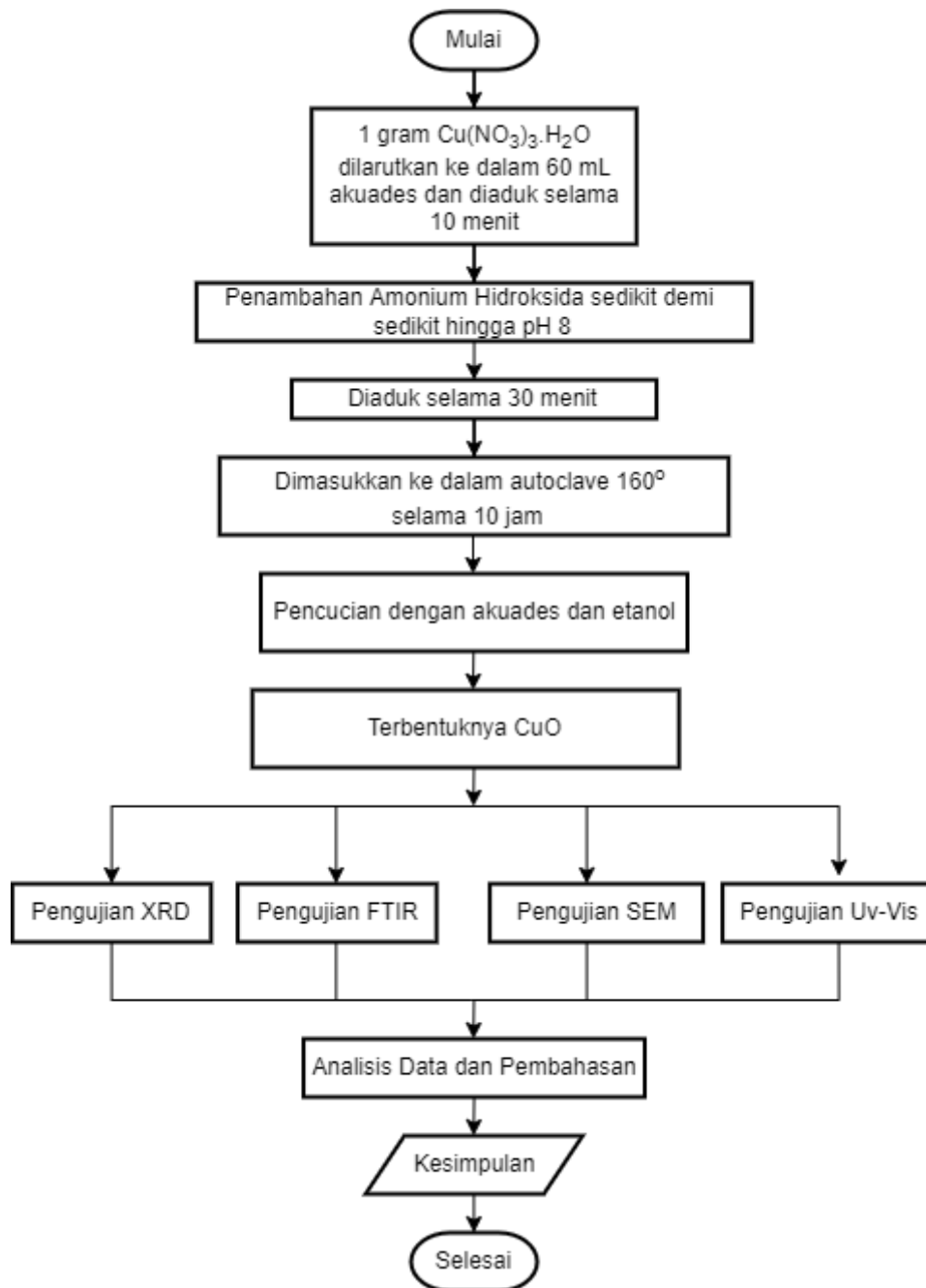
3.3.2 Sintesis *Reduced Graphene Oxide*





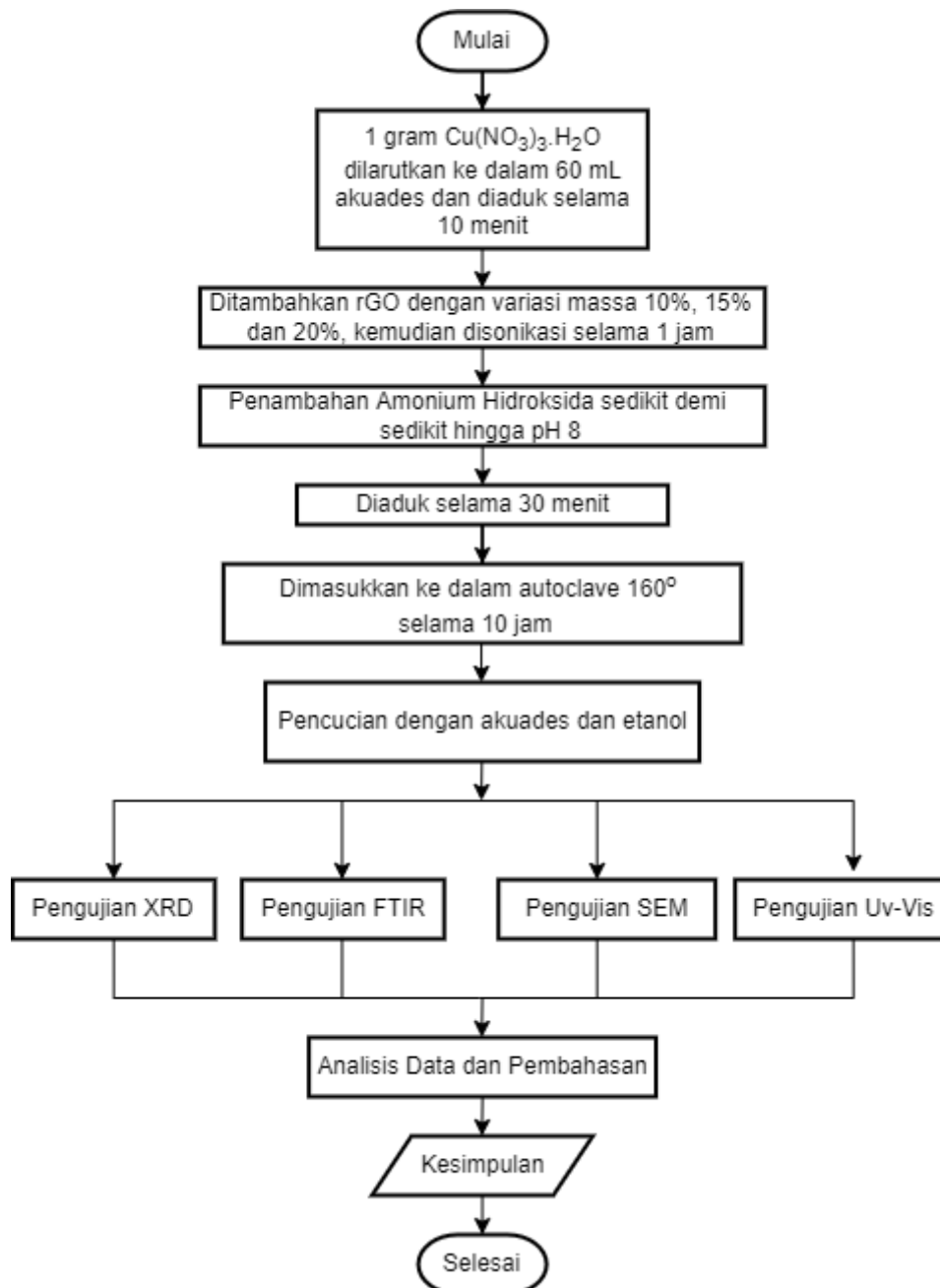
Gambar 3. 2 Diagram Alir Sintesis Grafit Oksida(GO)

3.3.3 Sintesis *Copper Oxide* (CuO)



Gambar 3.3 Diagram Alir sintesis CuO

3.3.4 Sintesis CuO/rGO



Gambar 3.4 Diagram Alir Sintesis CuO/rGO

3.4 Sintesis

3.4.1 Sintesis *Expanded Graphite* (EG)

Dalam mensintesis EG, digunakan serbuk grafit (3 g) dan KMnO_4 (3 g) serta senyawa interkalasi HNO_3 (2.25 ml). Ketiga bahan dicampur selama 5 menit. Selanjutnya, dipanaskan ke dalam *oven microwave* dengan daya 180 Watt selama 1 menit dalam wadah krusibel. Setelah itu, dilakukan pencucian sampel dengan aquades dan disaring menggunakan kertas saring nomor 42. Setelah disaring, sampel dikeringkan selama 10 jam.

3.4.2 Sintesis *Reduced Graphene Oxide* (rGO)

rGO disintesis dengan bahan diantaranya; sampel EG (600 mg), KMnO_4 (3 g), H_2SO_4 (42 ml) dan H_3PO_4 (7 ml). EG dan KMnO_4 dimasukkan kedalam, setelah itu ditambahkan H_2SO_4 dan H_3PO_4 secara perlahan. Setelah tercampur, di-*stirring* dalam ice bath ($0-5^\circ\text{C}$) selama 6 jam, sampai terbentuk dispersi hitam kehijauan. Kemudian *stirring* lanjutan dilakukan selama 6 jam pada temperatur 50°C . Setelah 6 jam, sampel di-*quench* dengan es. Setelah temperatur turun, ditambahkan H_2O_2 ke dalam larutan, untuk menghilangkan sisa KMnO_4 . Larutan di-*stirring* selama 15 menit. Kemudian larutan dicuci dengan aquades. Setelah Ph netral dilakukan proses *Thermal reduction* dengan dimasukkan ke dalam furnace dengan temperatur 200°C selama 15 jam.

3.4.3 Sintesis *Copper Oxide* (CuO)

Dalam prosedur sintesis, CuO dilakukan dengan mencampurkan 1 gram $(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$ dengan aquades 60 ml dengan magnetic stirrer selama 10-30 menit pengadukan. Selanjutnya ditambahkan ammonium hidroksida sampai pH 8 dan dimasukkan ke dalam autoclave dengan temperatur 160° selama 16 jam. Kemudian dicuci dengan aquades dan etanol.

3.4.4 Sintesis CuO/rGO

Cu nitrat ditambahkan ke aquades 60 mL dan terus diaduk selama 10 menit, kemudian ditambahkan rGO kemudian disonikasi selama 1 jam. Penambahan amonia dilakukan hingga pH mencapai 8. Kemudian diaduk selama 30 menit. Selanjutnya dimasukkan kedalam autoclave selama 10 jam, kemudian dicuci dengan aquades dan etanol dan dikeringkan dalam oven 500°C selama 8 jam.

3.5 Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa proses karakterisasi untuk mendukung penelitian ini serta melihat apakah penelitian ini dianggap berhasil atau tidak. Macam-macam pengujian yang dilakukan akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

3.5.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian XRD ini adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui senyawa atau unsur yang terbentuk pada sampel. Pengujian ini memanfaatkan difraksi dari sinar-X. Sinar-X merupakan salah satu bentuk radiasi elektromagnetik yang mempunyai energi antara 200 eV–1 MeV dengan panjang gelombang antara 0,5–2,5 Å. Panjang Difraksi sinar-X atau X-Ray diffraction (XRD) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui struktur kristal, perubahan fase dan derajat kristalinitas. Difraksi sinar-X oleh atom-atom yang tersusun di dalam kristal akan menghasilkan pola yang berbeda tergantung pada konfigurasi yang di bentuk oleh atom-atom dalam kristal. Prinsip XRD yaitu didasarkan pada difraksi sinar-X, hamburan cahaya dengan panjang gelombang λ saat melewati kisi kristal dengan sudut datang θ dan jarak antar bidang kristal sebesar d .⁴⁶

Data yang diperoleh dari proses karakterisasi XRD adalah sudut hamburan (Bragg angle) dan intensitas. Menurut teori difraksi, sudut difraksi tergantung pada lebar celah kisi, yang mempengaruhi pola difraksi, tetapi intensitas cahaya difraksi tergantung pada jumlah kisi kristal dengan orientasi yang sama. XRD dapat memberikan informasi umum tentang komposisi fasa dalam kristal secara kuantitatif dan kualitatif. Ada tiga informasi yang perlu diperhatikan yang dapat digunakan untuk meng-identifikasi fase-fase dalam suatu bahan yakni posisi sudut difraksi maksimum, intensitas puncak dan distri-busi intensitas sebagai fungsi dari sudut difraksi. Setiap bahan memiliki pola difraksi yang khas seperti sidik jari manusia. Puncak-puncak pola difraksi sinar-X berhubungan dengan jarak antar bidang. Syarat terjadinya difraksi harus memenuhi hukum Bragg pada Persamaan bragg di bawah ini:

$$2d \sin\theta = n\lambda \dots\dots\dots (3.1)$$

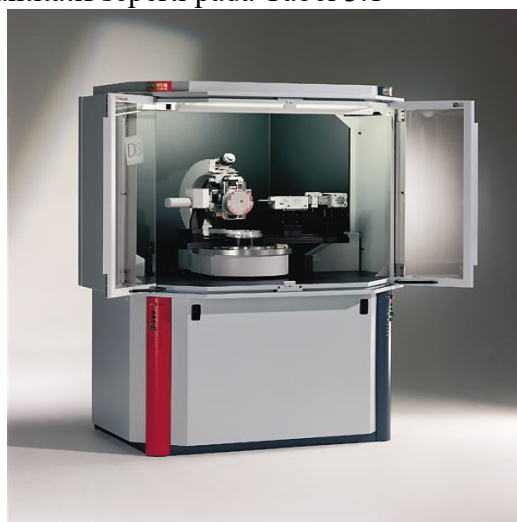
dimana,

n = orde difraksi (1,2,3 ,...) λ = panjang sinar-X (m)

d = jarak kisi (Å)

θ = sudut difraksi (radian)

Karakterisasi material menggunakan XRD menggunakan alat instrumen XRD PAN Alytcal yang ditunjukkan pada Gambar 3.7. Karakterisasi XRD menghasilkan beberapa data baik data kualitatif maupun data kuantitatif seperti pada Tabel 3.1



Gambar 3.5 Instrumen Alat Uji XRD (Chauhan, 2014)

Data hasil keluaran XRD dapat memberikan informasi untuk melihat ukuran kristal sampel. Hal ini dapat didapatkan dengan persamaan Scherrer pada Persamaan 3.2

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana,

D = Ukuran Kristal

λ = Panjang gelombang Cu-K α (1.54060 Å) B = FWHM (rad)

K = konstanta Scherrer dengan nilai 0.9

Bentuk keluaran dari difraktometer dapat berupa data analog atau digital. Rekaman data analog berupa grafik garisgaris yang terekam per meninya, dengan detektor dalam sudut 2 per menit. Sedangkan rekaman digital menginformasikan intensitas sinar-X terhadap jumlah intensitas cahaya per detik.

Tabel 3.1 Informasi hasil Pengujian XRD

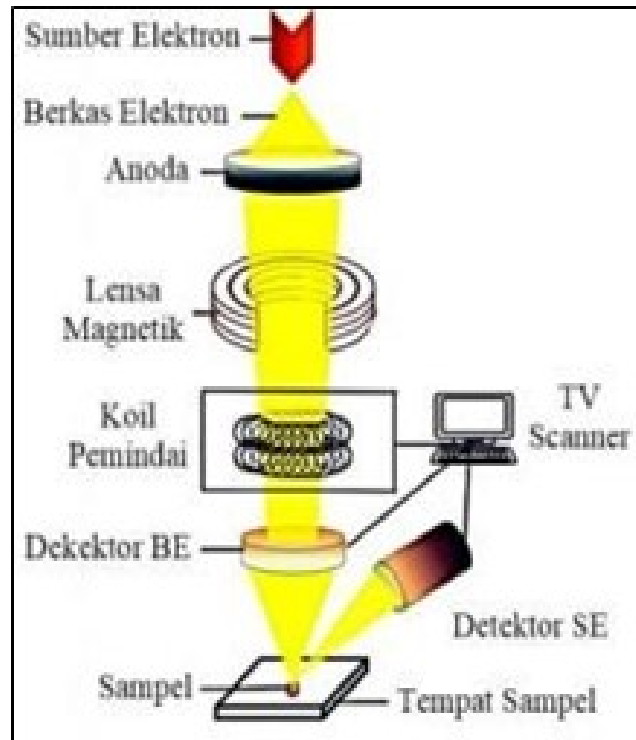
No	Karakter	Informasi dari Material
1	Tinggi (Intensitas) Puncak	Komposisi Hamburan Tak koleran Extinction Preferred orientation
2	Posisi Puncak (2θ)	Fasa Identifikasi Kristal Struktur Kristal Parameter Kisi Regangan Seragam
3	Lebar dan Bentuk Puncak	Ukuran kristal

3.5.2 Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Energy Dispersion Spectroscopy (EDS)

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari material tersebut. Pada prinsipnya Scanning Electron Microscopy (SEM), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.5 yang berfungsi sebagai tools (peralatan) untuk melihat struktur permukaan material dengan resolusi tinggi. Skema alat uji SEM ditunjukkan pada Gambar 3.6. Adapun cara kerja dari SEM adalah electron gun memproduksi electron beam, anoda menangkap electron beam untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, scanner membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari secondary dan back scattered electron untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.



Gambar 3.6 Alat uji SEM-EDX Inspect S-50



Gambar 3.7 Mekanisme Scanning Electron Microscopy
kanisme Scanning Electron Microscopy

3.5.3 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

FTIR merupakan alat yang digunakan untuk melakukan analisis kualitatif yaitu untuk mengetahui ikatan kimia (gugus fungsi) yang dapat ditentukan dari spektra vibrasi yang dihasilkan oleh suatu senyawa pada panjang gelombang tertentu. Pada spektroskopi infra merah, radiasi inframerah dipancarkan mengenai sampel. Sebagian radiasi infra merah diserap oleh sampel sebagian yang lain ditransmisikan. Hasil spektrum infra merah menggambarkan penyerapan molekul dan transmisi, menggambarkan ciri khas sampel. Setiap molekul memiliki penyerapan berbeda sesuai dengan pola vibrasi dan pola ikatan antar atomnya. Tidak ada dua molekul yang menghasilkan spektrum infra merah yang sama. Oleh karena itu spektroskopi infra merah sangat berguna untuk berbagai analisis. FTIR dapat memberikan informasi mengenai material yang belum diketahui (teridentifikasi), mengenai kualitas sampel, dan mengetahui jumlah komponen dalam suatu campuran. Gambar 3.6 memperlihatkan instrumen uji FTIR.



Gambar 3.8 Alat uji FTIR

3.5.4 *Spektrofotometri UV Vis*

Spektrofotometri Sinar Tampak (UV-Vis) adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu. Spektrofotometri UV-Vis merupakan

pengukuran interaksi antara radiasi elektromagnetik panjang gelombang tertentu yang sempit dan mendekati monokromatik, dengan molekul atau atom dari suatu zat kimia. Hal ini didasari pada molekul selalu mengabsorpsi cahaya elektromagnetik jika frekuensi cahaya tersebut sama dengan frekuensi getaran dari molekul tersebut.

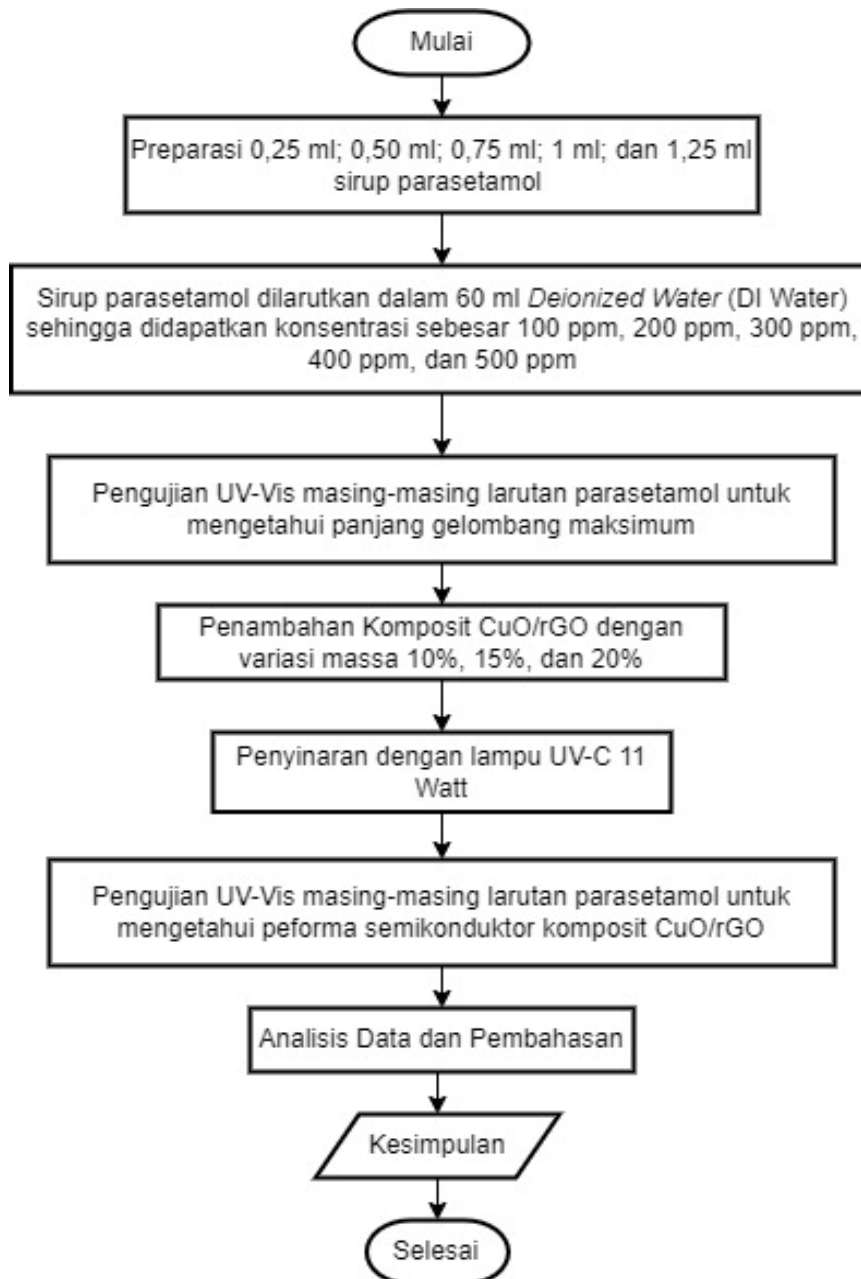


Gambar 3.9 Alat Uji UV-Vis

Elektron yang terikat dan elektron yang tidak terikat akan tereksitasi pada suatu daerah frekuensi, yang sesuai dengan cahaya ultraviolet dan cahaya tampak (UV-Vis). Gambar 3.9 menunjukkan alat uji UV-Vis. Spektrum absorpsi UV-Vis adalah sekitar 220 nm sampai 800 nm dan dinyatakan sebagai spektrum elektron. Suatu spektrum ultraviolet meliputi daerah bagian ultraviolet (190-380 nm), spektrum visible bagian sinar tampak (380-780 nm). Pengukuran menggunakan alat spektrofotometri UV-Vis ini didasari pada hubungan antara berkas radiasi elektromagnetik yang ditransmisikan (diteruskan) atau yang diabsorpsi dengan tebalnya cuplikan dan konsentrasi dari komponen penyerap. Berdasarkan hal inilah maka untuk dapat mengetahui konsentrasi sampel berdasarkan data serapan (A) sampel, perlu dibuat suatu kurva kalibrasi yang menyatakan hubungan antara berkas radiasi yang diabsorpsi (A) dengan konsentrasi (C) dari serangkaian zat standar yang telah diketahui.

3.5.5 Pengujian Fotokatalitik

Pengujian fotokatalitik dilakukan dengan menggunakan parasetamol yang akan didegradasi dengan material CuO, CuOA1 (variasi massa rGO 10%), CuOA2 (variasi massa rGO 20%) dan CuOA3 (variasi massa rGO 30%). Berikut merupakan diagram alir dari pengujian fotokatalis:



Gambar 3.10 Pengujian Fotokatalitik Parasetamol

3.5.6 Metodologi Fotokatalitik

Metodologi dari pengujian fotokatalis pada parasetamol terbagi menjadi beberapa tahapan:

1. Pembuatan Larutan Baku dan Pengukuran Spektrum Serapan dari Larutan Parasetamol

Preparasi sampel sirup parasetamol dengan volume; 0.25 ml, 0.5 ml, 0.75 ml, 1 ml dan 1.25 ml. Ditentukan konsentrasi sebesar 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm dari parasetamol dengan melarutkan sirup parasetamol dalam 60 ml Deionized Water (DI Water).

2. Penentuan Kurva Standar Parasetamol

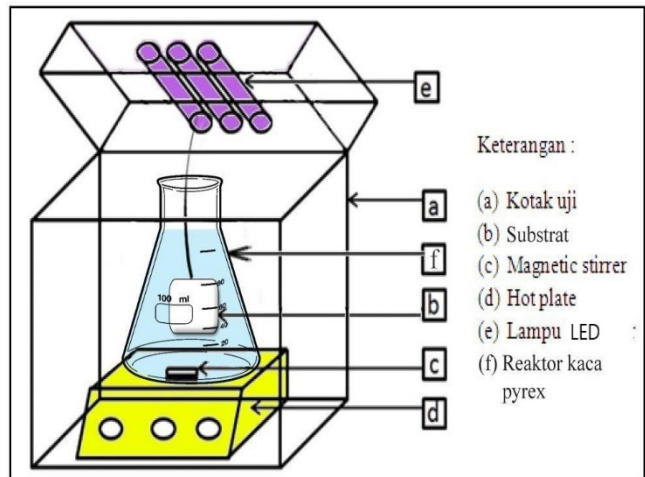
Larutan parasetamol dengan konsentrasi sebesar 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm kemudian diukur spektrum serapan dari masing-masing larutan dan dibuat kurva standar parasetamol dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-400 nm.

3. Degradasi Parasetamol secara Fotolisis Menggunakan Lampu LED

Proses fotodegradasi parasetamol dilakukan dengan menambahkan 0.1 g komposit CuO/rGO dan memakai lampu UV-C 11 Watt dengan waktu per 30 menit dan 1 jam, hasil degradasi dianalisis absorbansnya dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum. Selama proses fotodegradasi larutan diaduk menggunakan magnetic stirrer dan disaring menggunakan kertas saring. hasil degradasi dianalisis absorbansnya dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum. Hasil analisis dibandingkan antara sebelum dengan sesudah dan dapat ditentukan persentase degradasi zat warna dengan persamaan 3. Persentase degradasi parasetamol ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Persentase degradasi} = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(3.)$$

Dimana A_0 adalah nilai absorbansi awal dan A_t adalah nilai absorbansi pada waktu t . Berdasarkan hasil analisis, dibuat profil hubungan antara waktu degradasi dengan presentasi degradasi.



Gambar 3.11 Skema Pengujian Fotokatalis

3.6 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian pada penelitian dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Rancangan Penelitian

Sampel	Pengujian			
	XRD	FTIR	SEM	UV- Vis
rGO	✓	✓	✓	-
CuO	✓	✓	✓	✓
CuOR1	✓	✓	✓	✓
CuOR2	✓	✓	✓	✓
CuOR3	✓	✓	✓	✓
LBS	-	-	-	✓
LDS	-	-	-	✓

Variabel variasi:

CuOR1 = Komposit CuO dengan variasi massa rGO 10%

CuOR2 = Komposit CuO dengan variasi massa rGO 20%

CuOR3 = Komposit CuO dengan variasi massa rGO 30%

LBS = Larutan Parasetamol sebelum degradasi

LDS = Larutan Parasetamol setelah degradasi

3.7 Jadwal Penelitian

Adapun jadwal penelitian pada penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

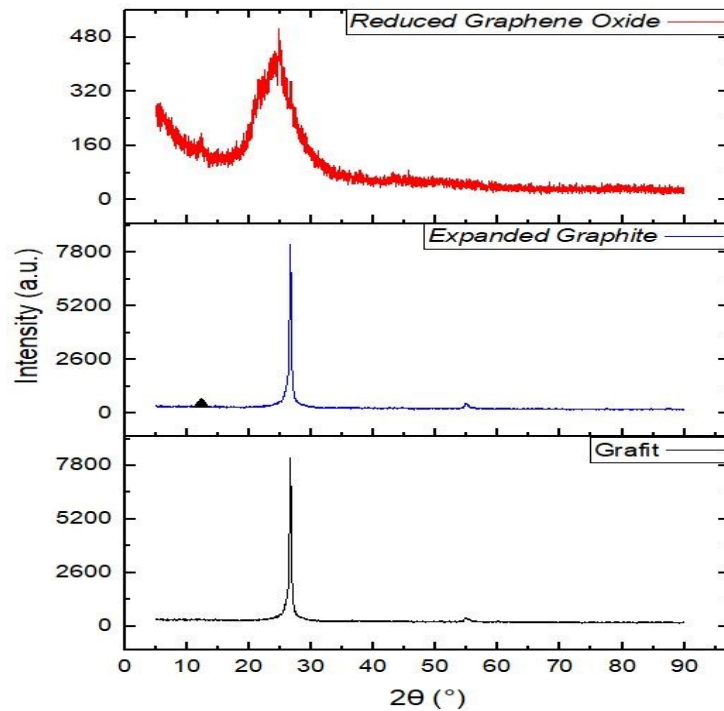
Tabel 3. 3 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Bulan																				
	Februari			Maret			April			Mei			Juni			Juli					
Studi Literatur	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Bimbingan dengan Dosen	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Persiapan Alat dan Bahan				█	█	█															
Sintesis rGO					█	█	█	█													
Sintesis CuO/rGO							█	█	█	█											
Karakterisasi CuO, rGO, dan Nanokomposit CuO/rGO							█	█	█	█	█										
Pengujian Fotokatalitik								█	█	█	█										
Karakterisasi Hasil Reaksi Fotokatalitik								█	█	█	█	█	█								
Analisis Data								█	█	█	█	█	█	█							
Pembuatan Laporan															█	█	█	█	█	█	

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian X-ray Diffraction (XRD)

Untuk memahami unsur-unsur yang ada dalam Grafit, *Expanded Graphite*, *Reduced Graphene oxide*, *Copper Oxide*, dan komposit rGO-CuO, analisis XRD digunakan. Hasil pengujian XRD dari Grafit dan *Expanded Graphite* dengan daya microwave 180 W dapat dilihat ditunjukkan oleh **Gambar 4.1**

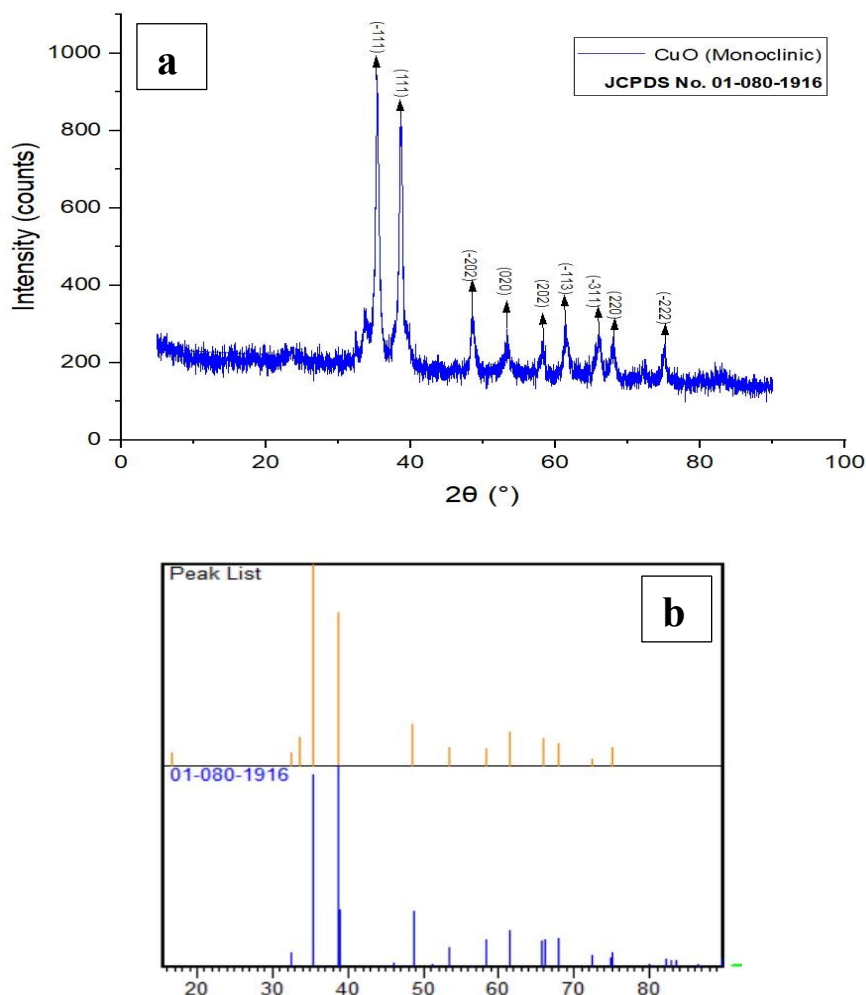


Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRD Grafit, *Expanded Graphite* dan rGO

Sampel grafit menunjukkan puncak [002] yang menonjol pada $2\theta = 26,63^\circ$ dengan intensitas tinggi dan nilai d_{spacing} sebesar $3,347 \text{ \AA}$, menunjukkan puncak dengan struktur kristal heksagonal (JCPDS 00-025-0284). *Expanded Graphite* yang menggunakan daya microwave 180 W menampilkan struktur grafit dalam grafik XRD. Hal tersebut ditunjukkan pada puncak kecil pada $42,4^\circ$, $44,3^\circ$ dan $54,5^\circ$ masing-masing sesuai dengan (1 0 0), (1 0 1) dan (0 0 4), juga pada puncak bertanda “▲” $12,3^\circ$, menunjukkan adanya grafit oksida.

Digunakan metode *Modified Hummer's* untuk melakukan proses oksidasi pada grafit, oksida grafit yang dihasilkan memiliki puncak [001] yang berbeda dari grafit pada posisi $2\theta = 12,3^\circ$ dengan intensitas yang lebih rendah dari grafit dan nilai d_{spacing} yang lebih besar yaitu $7,17 \text{ \AA}$. Proses oksidasi pada zat grafit yang menyebabkan grafit berikatan dengan oksigen membentuk oksida inilah yang menyebabkan turunnya nilai intensitas.

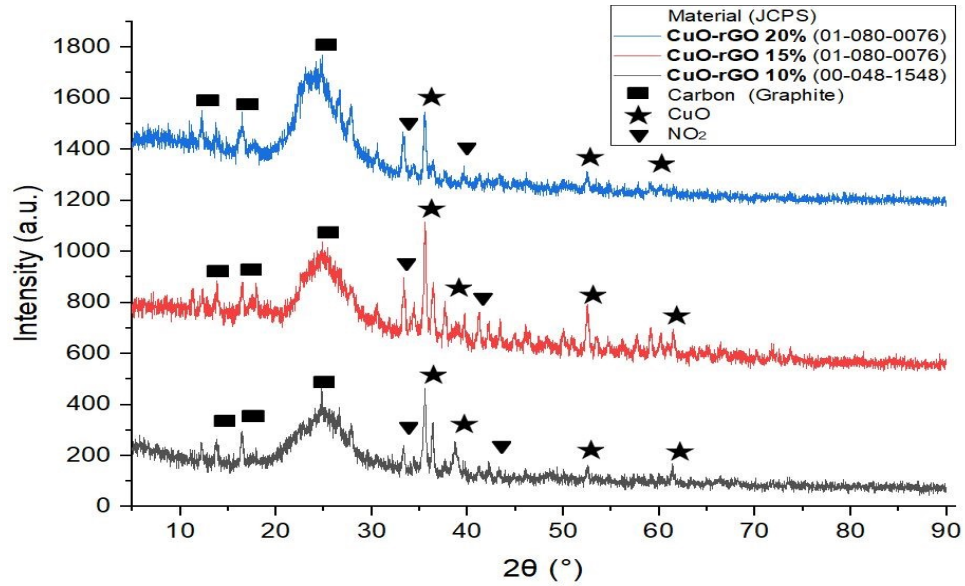
Setelah dilakukan proses oksidasi, dilakukan proses reduksi dengan *thermal reduction* untuk mendapatkan *Reduced graphene oxide* (rGO). Terdapat puncak pada posisi $2\theta = 24,79^\circ$ yang lebih lebar karena gugus fungsi yang mengandung oksigen sangat berkurang selama proses. Hal ini menunjukkan bahwa pada rGO telah berhasil didapatkan. Jika dibandingkan dengan struktur kristalisasi grafit yang tinggi, di mana terdapat puncak yang tajam dan kuat (002), keberadaan puncak yang lebar (002) untuk rGO menunjukkan bahwa fase kristal (002) tersusun secara acak. Selanjutnya pada **Gambar 4.2** dapat dilihat hasil XRD dari CuO.



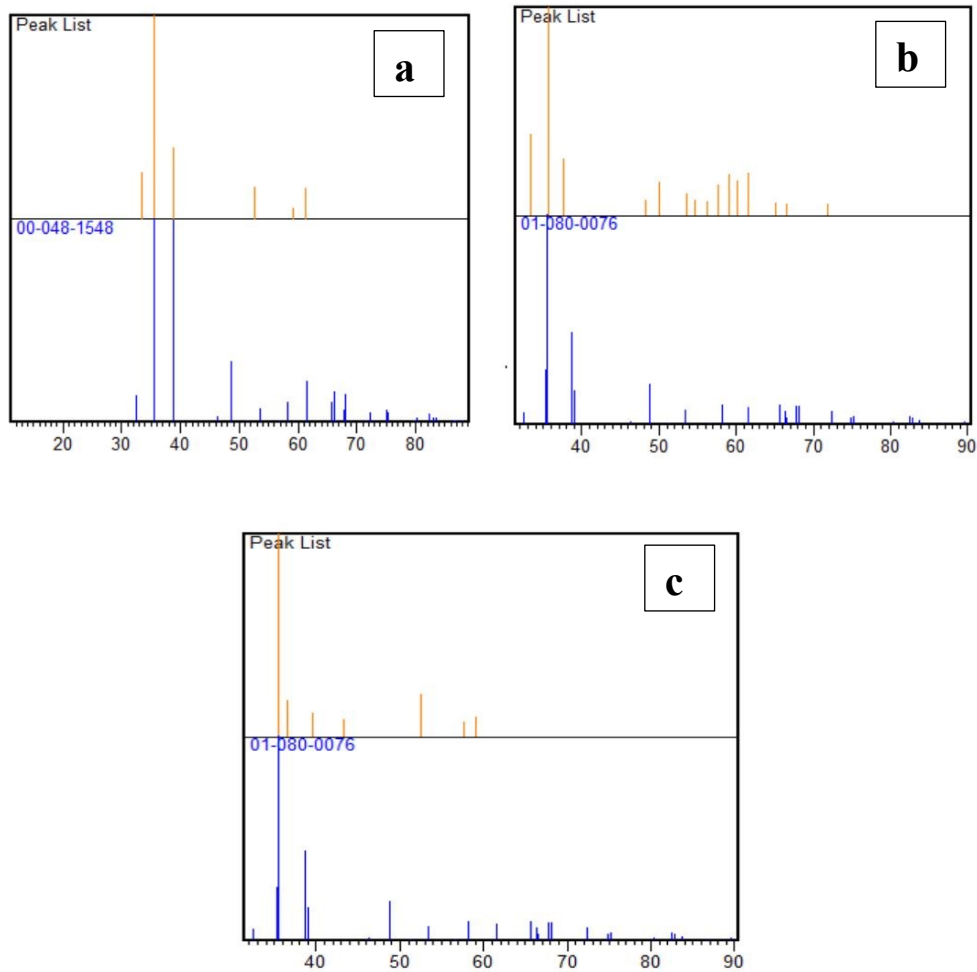
Gambar 4.2 (a) Hasil Pengujian XRD Copper Oxide (CuO) **(b)** JCPDS CuO

Pada hasil pengujian XRD diatas terdapat dua peak tertinggi yaitu pada $2\theta=35,39^\circ$ yang mewakili bidang (-111) dan pada $2\theta=38,57^\circ$ yang mewakili bidang (111). Peak tersebut yang mengindikasikan bahwa material CuO terbentuk. Puncak utama dari material CuO tersebut juga teridentifikasi pada penelitian sebelumnya dimana puncak material berada sekitar $2\theta=35^\circ$ dan 38° (Phiwdang et al., 2013). Puncak dari material CuO yang memiliki intensitas yang lebih rendah juga terdeteksi yaitu pada $2\theta=48,59^\circ$ yang mewakili bidang (-202) dan pada $2\theta=66,01^\circ$ (-311). Hal ini sesuai dengan JCPDS No. 01-080-1916 CuO bersifat monoklinik, dengan parameter kisi $a = 4,6927 \text{ \AA}$, $b = 3,4283 \text{ \AA}$, $c = 5,1370 \text{ \AA}$ dan $\beta = 99,5460^\circ$. Jarak antar lapisan material ini berkisar antara 1,37 hingga 2,75 \AA .

Material komposit CuO/rGO memiliki tiga variasi komposisi dengan rasio berat komposisi rGO sebesar; 10%, 15% dan 20%. Pada **Gambar 4.3** menunjukkan adanya peak dari material CuO pada $2\theta=35-38^\circ$ yang mewakili bidang (-111) dan (111) pada material komposit CuO/rGO10%. Pada komposit CuO/rGO 15% dan 20% juga ditemukan peak CuO dengan intensitas tinggi pada $2\theta=35^\circ$ yang mewakili bidang (-111). Struktur kristal utama CuO yang dideteksi adalah monoklinik sesuai dengan JCPDS no. 01-080-1916. Pada material komposit CuO/rGO 10%, 15% dan 20% terdapat puncak rGO pada $2\theta=26,5^\circ$ dengan nilai $d\text{spacing}= 3,3 \text{ \AA}$. Hal ini sesuai dengan JCPDS no. 00-026-1076. Puncak NO₂ yang juga ada dan terlihat pada $2\theta=33-34^\circ$ disebabkan oleh prekursor nitrat yang belum mengalami reduksi penuh. Selain itu, kombinasi CuO/rGO mengandung nitrogen dari amonia, yang berfungsi sebagai linker.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian XRD Komposit CuO/rGO 10%,
CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20%



Gambar 4.4 (a) JCPDS Komposit CuO/rGO 10%,
(b) JCPDS Komposit CuO/rGO 15% dan **(c)** JCPDS Komposit CuO/rGO 20%

Perhitungan jarak antar layer (*interlayer distance*) dari grafit, *reduced grafen oxide*, Copper oxide, dan rGO - CuO dapat dilakukan dengan menggunakan Hukum Bragg pada **Persamaan 3.2** Setelah dilakukan analisa, perbedaan jarak antar layer pada masing masing sampel dapat ditunjukkan pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Nilai Ukuran Kristal Sampel CuO, CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20%

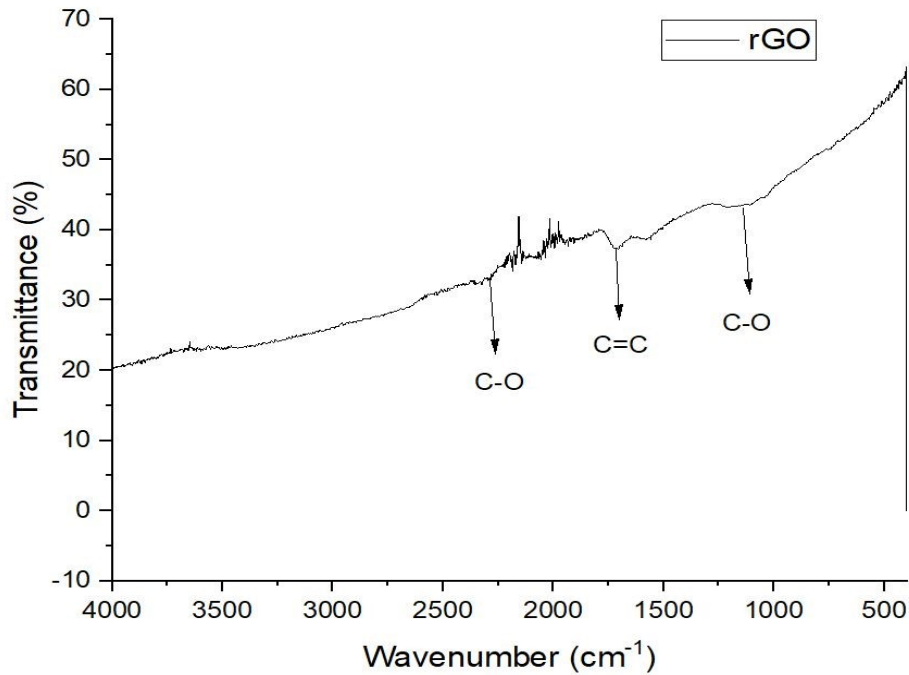
No.	Sampel	FWHM (rad)	2θ	Ukuran Kristal (nm)
1	CuO	0.2676	35.3935	31.16179
2	CuO/rGO10%	0.0836	35.5316	99.78601
3	CuO/rGO15%	0.1171	35.6811	71.26905
4	CuO/rGO20%	0.1673	35.5586	49.86695

Puncak tertinggi dari semua material CuO/rGO, dengan varians massa 10%, 15% dan 20%, berada di puncak $2\theta = 35^\circ$, menurut Tabel 4.2. Nilai Full Width Half Maximum (FWHM) berhubungan langsung dengan ukuran kristal material semikonduktor CuO. Seperti yang dapat diamati, puncak terbesar, yaitu 99.78601 nm, 71.26905 nm, 49.86695 nm, dan 31.16179 nm, diikuti oleh penurunan ukuran kristal.

4.2 Pengujian Fourier Transform Infrared (FTIR)

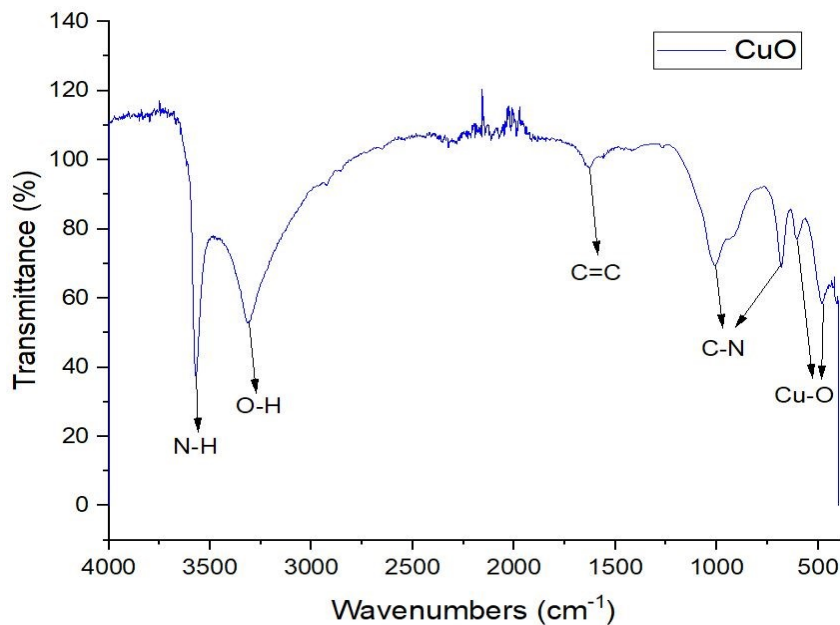
Pengujian FTIR dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi dalam senyawa kimia. Panjang gelombang beserta mesin yang digunakan adalah $500-4000\text{ cm}^{-1}$ dan mesin Nicolet IS10. Dilakukan analisis pada material copper oxide, rGO, dan Komposit CuO/rGO sehingga diperoleh gugus fungsi dari material tersebut. **Gambar 4.4** menunjukkan hasil dari pengujian FTIR dari material copper oxide dan rGO.

Beberapa puncak yang teridentifikasi selama proses reduksi menjadi *reduced graphene oxide*, dan bilangan gelombangnya dicatat sebagai ikatan C-O pada $1106,12\text{ cm}^{-1}$, C = C (aromatic) pada bilangan gelombang $1568,3\text{ cm}^{-1}$ dan ikatan C=O pada bilangan gelombang $2037,76\text{ cm}^{-1}$ dan $1932,94\text{ cm}^{-1}$. Keberadaan C=C (Aromatic) dengan panjang gelombang $1568,3\text{ cm}^{-1}$ yang teridentifikasi, menunjukkan terbentuknya rGO.

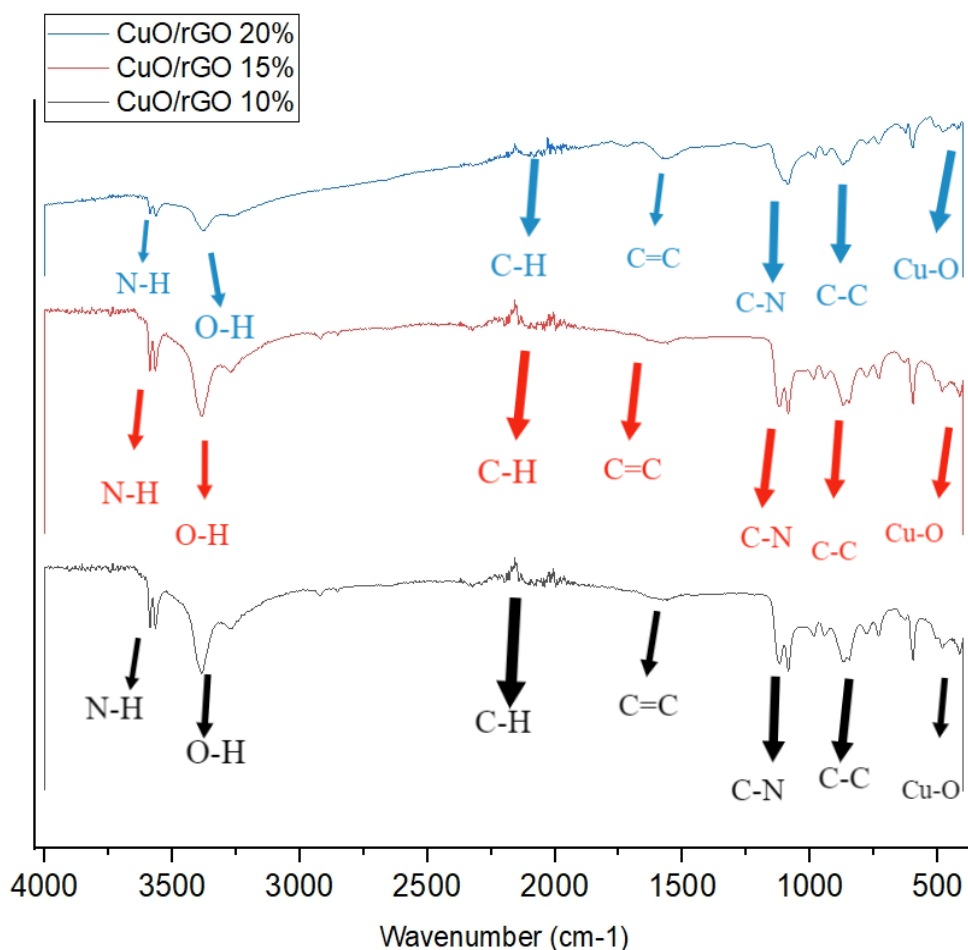


Gambar 4.5 Hasil Pengujian FTIR rGO

Pada spektrum FTIR material CuO yang teridentifikasi pada bilangan gelombang 482,92 dan 606,56 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang 680,4 cm⁻¹ merupakan sisa reaksi dari Cu₂O., C-H pada pita serapan 1006,64 cm⁻¹. Adanya ikatan C=C pada bilangan gelombang 1629,57 cm⁻¹ menandakan masih ada unsur asetat yang belum teroksidasi secara sempurna. Pada penelitian sebelumnya juga teridentifikasi peak dari material CuO sekitar 400-500 cm⁻¹ (Phiwdang et al., 2013)



Gambar 4.6 Hasil Pengujian FTIR CuO



Gambar 4.7 Hasil Pengujian FTIR Komposit CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20%

Pada komposit CuO/rGO 10%, ikatan Cu-O teridentifikasi pada panjang gelombang $483,24 \text{ cm}^{-1}$. Pada panjang gelombang $1065,06 \text{ cm}^{-1}$ terdapat ikatan C-N. Panjang gelombang $872,72 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan C-C dan pada panjang gelombang $3565,1 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan N-H. Komposit CuO/rGO 10% teridentifikasi ikatan O-H dari pencucian dengan alcohol. N-H yang menunjukkan adanya linker NH_4OH didalam CuO/rGO. Selain itu adanya ikatan C-C menunjukkan kehadiran rGO pada komposit CuO/rGO.

Selanjutnya, Pada komposit CuO/rGO 15%, ikatan CuO teridentifikasi pada panjang gelombang $480,57 \text{ cm}^{-1}$. Pada panjang gelombang $1065,92 \text{ cm}^{-1}$ terdapat ikatan C-N. Panjang gelombang $869,38 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan C-C dan pada panjang gelombang 3566 cm^{-1} menunjukkan ikatan N-H. Komposit CuO/rGO 10% teridentifikasi ikatan O-H dari pencucian dengan alcohol. N-H sebagai menunjukkan adanya linker NH_4OH didalam CuO/rGO.

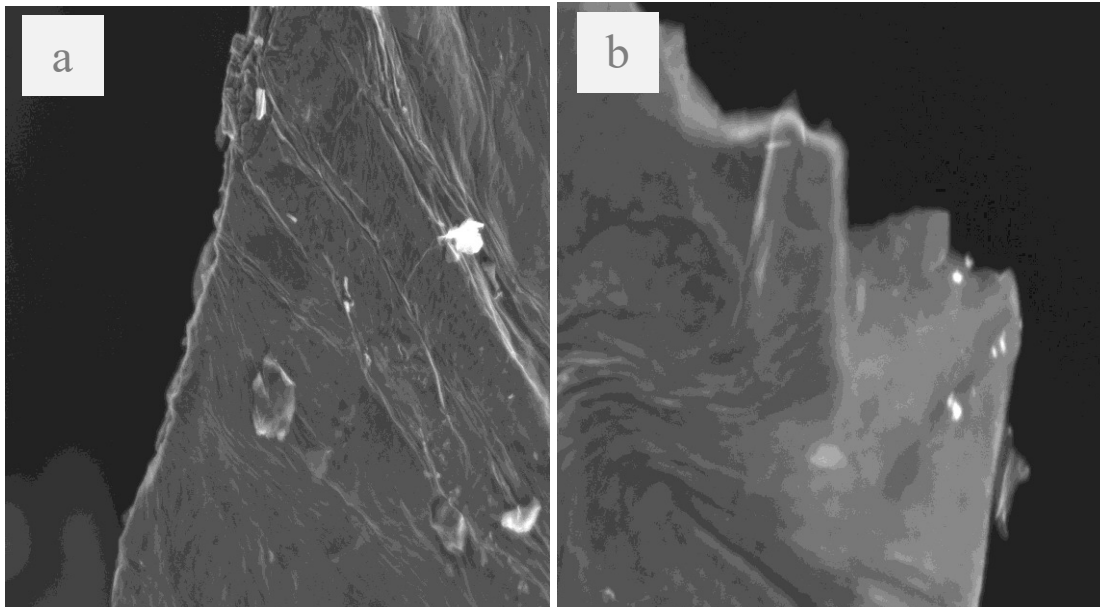
Selanjutnya, Pada komposit CuO/rGO 20%, ikatan CuO teridentifikasi pada panjang gelombang $481,58 \text{ cm}^{-1}$. Pada panjang gelombang $1115,32 \text{ cm}^{-1}$ terdapat ikatan C-N. Panjang gelombang $869,99 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan C-C dan pada panjang gelombang $3564,50 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan N-H. Komposit CuO/rGO 10% teridentifikasi ikatan O-H dari pencucian dengan alcohol. N-H yang merupakan *asymmetric dan symmetric stretches*, menunjukkan adanya linker NH_4OH didalam CuO/rGO. Berikut merupakan table perbandingan jenis ikatan dari material CuO, rGO dan komposit CuO/rGO.

Tabel 4.2 Perbandingan ikatan yang terdeteksi pada pengujian FTIR

Material	Wavenumber (Cm ⁻¹)	Jenis Ikatan
rGO	2037.76	C=O
	1568.33	C=C
	1106.12	C-O
CuO	3571.4	N-H
	3311.58	O-H
	1629.87	C=C
	1008.84	C-N
	482.92	Cu-O
CuO/rGO 10%	3565.51	N-H
	3379.91	O-H
	1566.36	C=C
	1065.06	C-N
	672.72	C-C
	483.24	Cu-O
CuO/rGO 15%	3566.21	N-H
	3365.55	O-H
	1559.61	C=C
	1085.92	C-N
	869.38	C-C
	480.57	Cu-O
CuO/rGO 20%	3564.50	N-H
	3382.06	O-H
	1568.10	C=C
	1115.32	C-N
	869.99	C-C
	481.56	Cu-O

4.3 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) dan Energy Dispersive X-ray analysis (EDX)

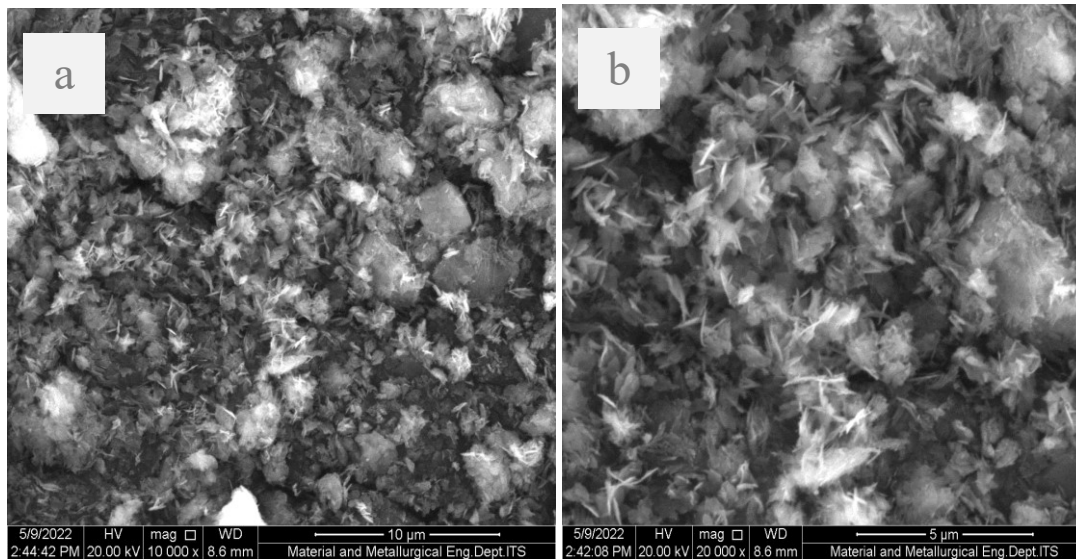
Pengujian SEM bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan sampel dari material yang dianalisis. Pada pengujian kali ini pengujian SEM dilakukan pada material CuO, rGO, komposit CuO/rGO 10%, komposit CuO/rGO 15% dan komposit CuO/rGO 20%.



Gambar 4.8 (a) Hasil Pengujian SEM *Reduced Graphene Oxide* (rGO) Pada Perbesaran 1500x dan **(b)** Hasil Pengujian SEM *Reduced Graphene Oxide* (rGO) Pada Perbesaran 5000x

Pada **Gambar 4.8 (a)** menunjukkan rGO yang sudah tereduksi terdiri dari beberapa layer yang sangat tipis dan transparan (*single layer*). Sedangkan pada **Gambar 4.8 (b)** morfologi rGO yang berbentuk lebih tipis dikarenakan adanya pengelupasan dari grafit oksida.

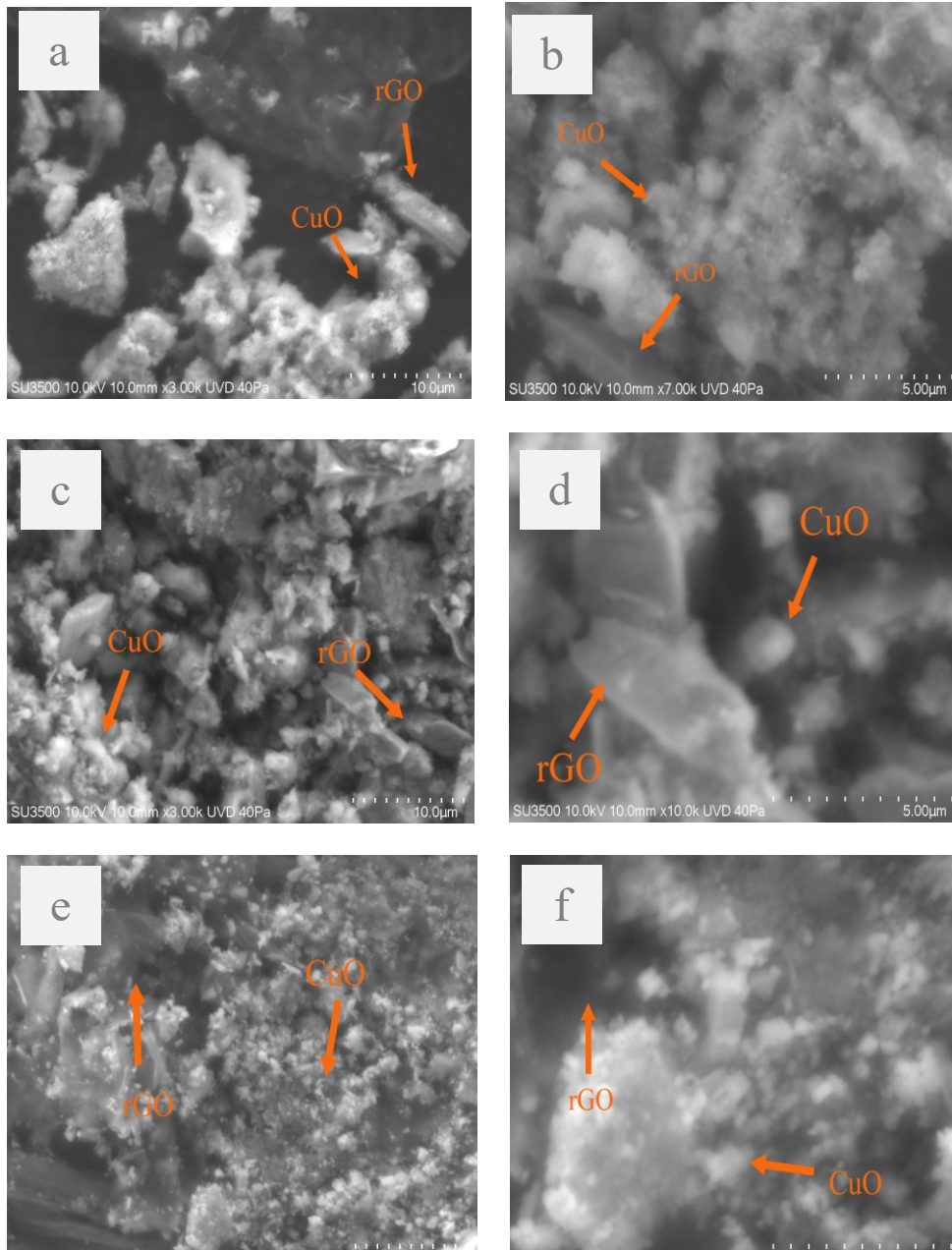
Pada **Gambar 4.9 (a)** menunjukkan morfologi dari CuO berbentuk abstrak dan tidak beraturan. **Gambar 4.9 (b)** menunjukkan seperti bola-bola bunga yang mempunyai jarum-jarum yang tajam pada ujungnya. Hal tersebut terjadi karena selama proses reaksi pembentukan terjadi reaksi eksoterm (Damastuti, 2018).



Gambar 4.9 (a) Hasil Pengujian SEM Copper Oxide (CuO) Pada Pebesarannya 10000x dan **(b)** Hasil Pengujian SEM Copper Oxide (CuO) Pada Pebesarannya 20000x

Pada **Gambar 4.10 (a)** merupakan pengujian SEM komposit CuO/rGO 10% pada perbesaran 3000x dapat terlihat serpihan rGO namun dan CuO yang berjarak. **Gambar 4.10 (b)** menunjukkan morfologi CuO yang menyerupai bola kecil dan terdapat lembaran tipis rGO. Pada **Gambar 4.10 (c)** pengujian SEM pada perbesaran 3000x terlihat bahwa morfologi CuO berbentuk seperti bola-bola seragam atau disebut *nanospheres structures* yang memiliki ukuran material yang kecil namun memiliki luas permukaan yang besar. Lalu pada **Gambar 4.10 (d)** terlihat morfologi CuO seperti bola kecil dan lembaran rGO. Pada **Gambar 4.10 (e)** merupakan hasil pengujian SEM dari komposit CuO/rGO 20% dapat dilihat bahwa morfologi CuO yang menyerupai bola kecil dan menyebar pada serpihan rGO. Sama halnya pada **Gambar 4.10 (f)**.

Kemudian untuk mengetahui kadar unsur-unsur yang terdapat pada sampel komposit CuO/rGO tersebut dilakukan pengujian EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). Pada **Gambar 4.12** dan **Tabel 4.3** menunjukkan hasil pengujian EDS dari CuO/rGO.



Gambar 4.10 Hasil pengujian SEM untuk material komposit CuO/rGO dengan persentase rGO 10% pada perbesaran 3000x (a), perbesaran 7000x (b), rGO 15% pada perbesaran 3000x (c), perbesaran 10000x (d), dan rGO 20% pada perbesaran 3000x (e), perbesaran 10000x (f)

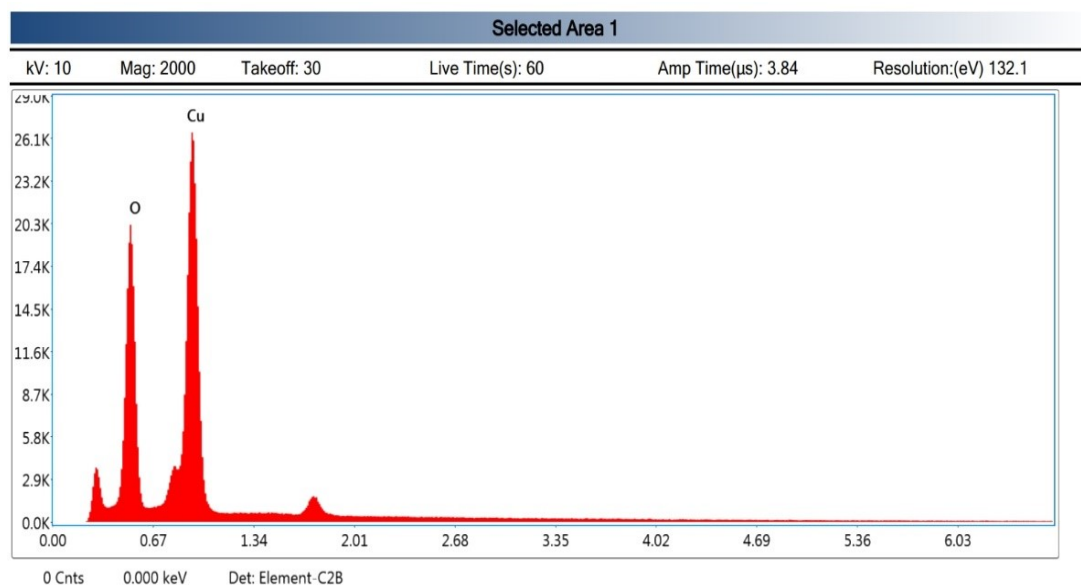
Kurva EDS dari material CuO ditunjukkan pada **gambar 4.11**. Hasil pengujian EDS, pada **Tabel 4.3**, menunjukkan bahwa kadar Copper oxide yang digunakan memiliki kadar Copper 70.69% dan Oksigen 29.31% yang berasal dari proses oksidasi dari precursor yang menyebabkan adanya oksigen yang bereaksi dengan Copper.

Hasil EDS komposit CuO/rGO pada **Gambar 4.12** menunjukkan bahwa unsur utama yang terdapat pada komposit CuO/rGO adalah tembaga, karbon dan oksigen. Persentase unsur C mengalami peningkatan seiring peningkatan jumlah rGO pada komposit. Persentase C meningkat dari 12.6% hingga 24.49%. Persentase O berkisar 31.38% hingga 42.73%. Oksigen tersebut berasal dari senyawa CuO dan Oksigen yang berasal dari rGO. Persentase Cu bervariasi berkisar antara 35.12% hingga 56.02%. Berdasarkan pengujian tersebut mengindikasikan bahwa CuO

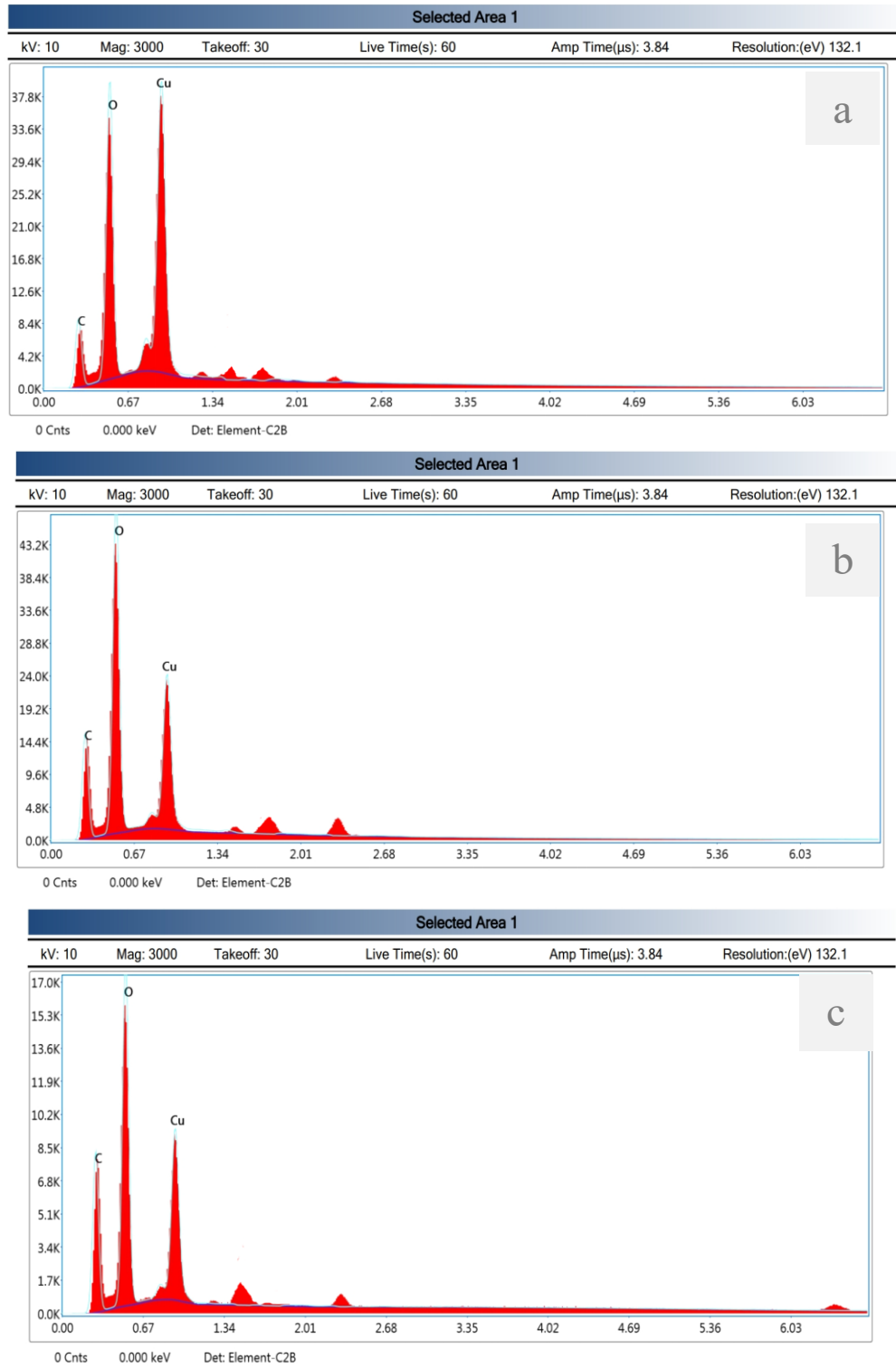
terbentuk selama sintesis material komposit CuO/rGO. Semakin meningkatnya %rGO atom karbon pada komposit mengalami peningkatan, adanya unsur karbon dapat meningkatkan luas permukaan yang dapat membantu proses fotokatalisis.

Tabel 4.3 Persentase unsur pada pengujian EDS material CuO/rGO

Element	Wt%			
	CuO	CuO/rGO 10%	CuO/rGO 15%	CuO/rGO 20%
CuL	70.69	56.02	37.65	35.12
O K	29.31	31.38	42.73	40.39
C K	-	12.6	19.62	24.49



Gambar 4.11 Kurva EDS material Copper Oxide



Gambar 4.12 Kurva EDS material komposit CuO/rGO 10% (a), CuO/rGO 15% (b) dan CuO/rGO 20% (c)

4.4 Pengujian Uv-vis Spektrofotometri

Spektrofotometri Uv-Vis merupakan sebuah metode analisis yang berdasarkan pada penurunan intensitas cahaya yang diserap oleh suatu media. Pengujian Uv-vis dilakukan agar dapat mengetahui panjang gelombang dari sampel parasetamol dan hasil degradasi dari pengujian fotokatalitik. Range panjang gelombang yang dipakai pada pengujian ini adalah 100-500 nm.

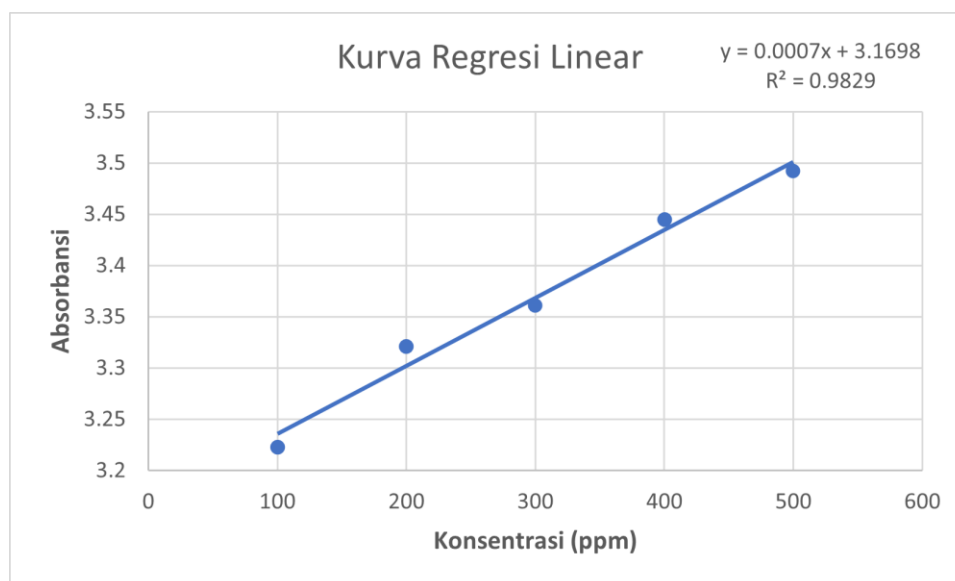
Panjang gelombang maksimum yang diperoleh akan digunakan dalam pengukuran absorbansi larutan parasetamol untuk pembuatan kurva kalibrasi dan penentuan absorbansi hasil degradasi.

Tabel 4.4 Nilai absorbansi parasetamol pada tiap konsentrasi yang diuji

No.	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	100	3.223
2	200	3.321
3	300	3.361
4	400	3.445
5	500	3.492

Pada **tabel 4.5** didapatkan nilai absorbansi dari larutan parasetamol dengan beberapa konsentrasi yaitu 100, 200, 300, 400 dan 500 ppm. Data tersebut kemudian akan diukur kurva regresi linear.

Pembuatan kurva kalibrasi hasil degradasi dibuat dengan mengolah data dari deret larutan standar 100, 200, 300, 400 dan 500 ppm. Besar nilai absorbansi yang didapat dari hasil pengujian uv-vis terhadap deret larutan ditunjukkan pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4.13 Kurva regresi linear parasetamol

Selanjutnya data nilai absorbansi tiap deret larutan dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear untuk mendapatkan nilai regresi dan koefisien determinasi dari data tersebut. Sehingga didapatkan persamaan regresi linear $y = 0.0007x + 3.1698$ dengan koefisien korelasi $R^2 = 0.9829$, dimana y adalah nilai absorbansi dan x adalah besar konsentrasi (ppm). Nilai R^2 mendekati satu menunjukkan bahwa hubungan yang linear antara konsentrasi dan absorbansi. Berdasarkan persamaan tersebut, konsentrasi larutan parasetamol dapat dihitung dengan memasukkan nilai absorbansinya. Kurva regresi linear dapat dilihat pada **Gambar 4.13**.

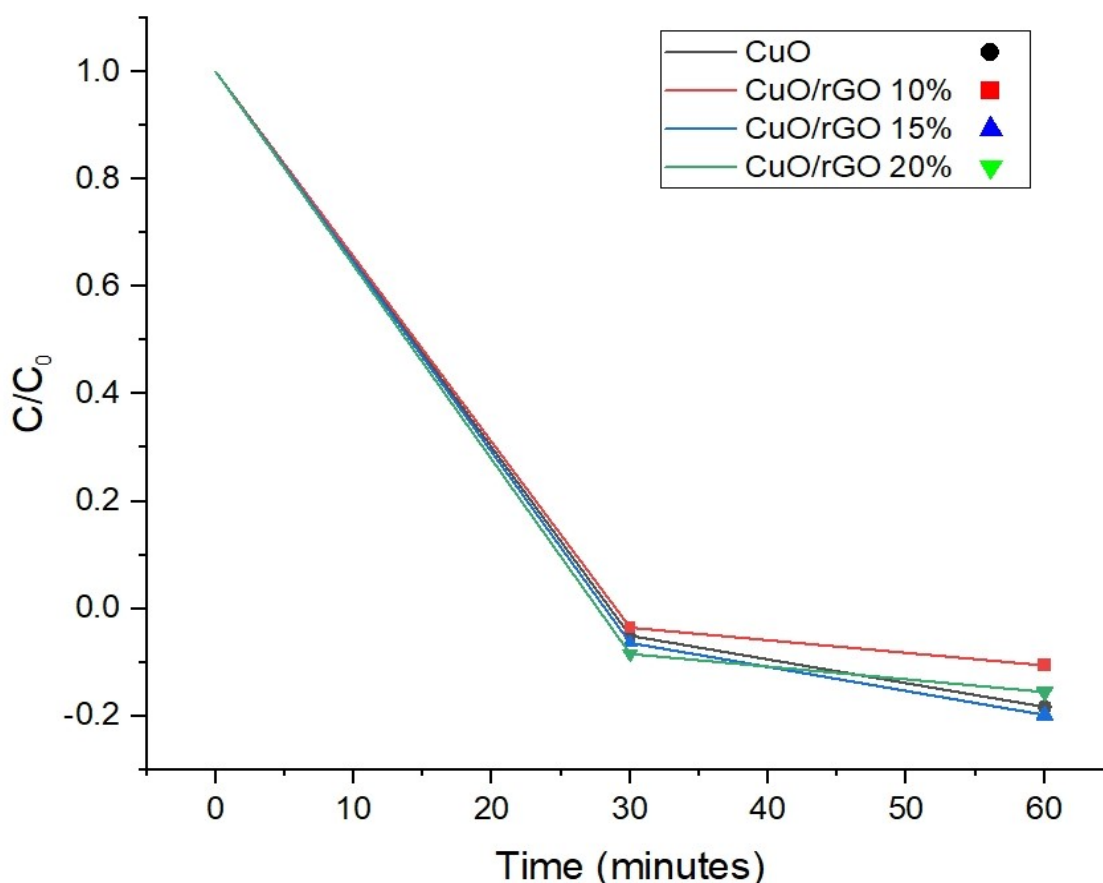
4.5 Pengujian Fotokatalitik

Pengujian fotokatalitik dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari kinerja rGO dengan variasi massa, yang telah dikompositkan dengan CuO. Pengujian ini dilakukan selang waktu 60 menit dengan menggunakan sinar UV.

Tabel 4.5 Nilai absorbansi hasil degradasi parasetamol dari material CuO, CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20%

Waktu Penyinaran (menit)	ABSORBANSI			
	CuO	CuO/rGO 10%	CuO/rGO 15%	CuO/rGO 20%
0	3.78522	3.741	3.919	3.741
30	3.599	3.6104	3.677	3.438
60	3.152	3.365	3.215	3.203

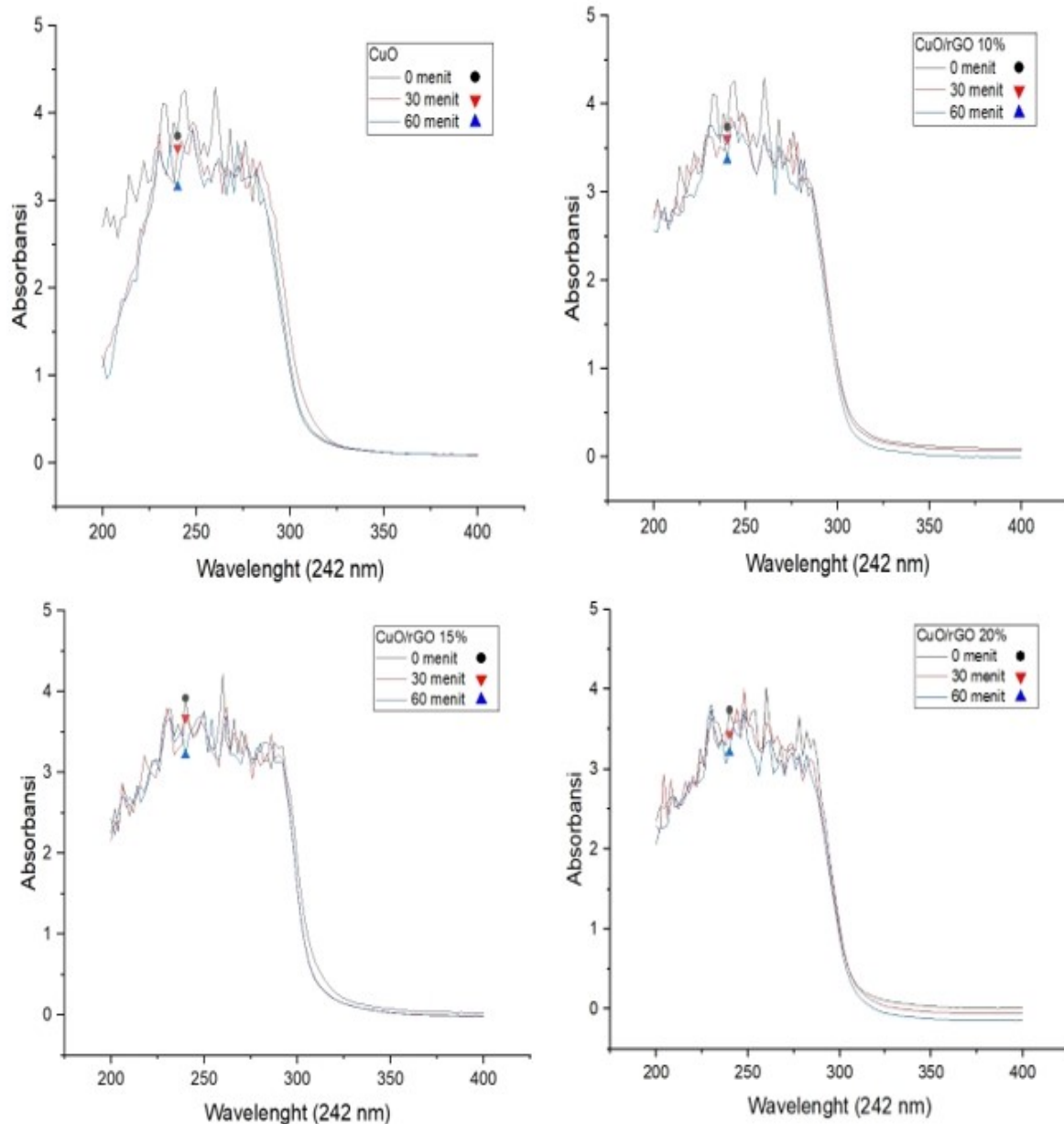
Tabel 4.5 menunjukkan hasil degradasi dari material CuO dan komposit CuO/rGO. Dari data tersebut dapat dilihat parasetamol terdegradasi tiap beberapa menitnya CuO murni ataupun dengan penambahan *Reduced Graphene Oxide*.



Gambar 4.14 Diagram absorbans hasil degradasi parasetamol oleh katalis CuO dan komposit CuO/reduced graphene oxide dengan variasi penambahan massa 10%, 15% dan 20%.

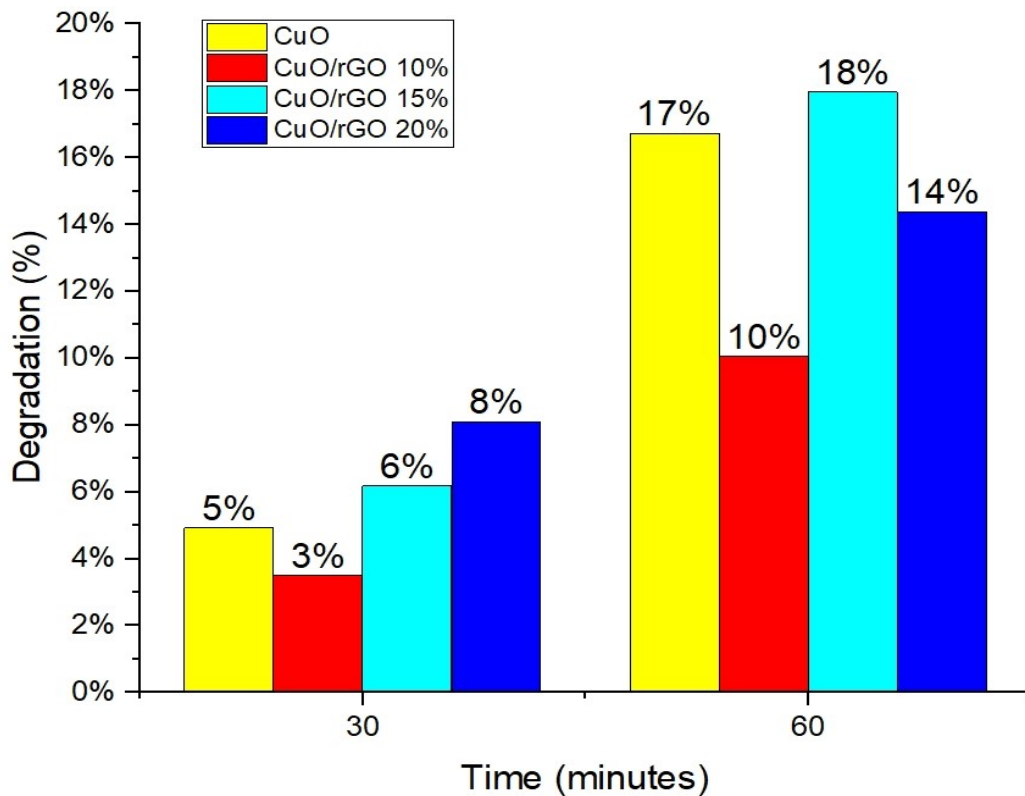
Nilai absorban **Tabel 4.5** digambarkan dalam diagram titik pada **Gambar 4.14**. Nilai tersebut didapat dari membagi absorban/C (30 dan 60 menit) tiap sampel degradasi dengan nilai absorban awal/ C_0 (0 menit) tiap sampel. Konsentrasi parasetamol menurun dengan penambahan waktu penyinaran, seperti yang dapat dilihat dengan menganalisis tren. Hal tersebut diindikasikan dengan nilai absorbansi menurun setiap menit radiasi.

Katalis CuO mengalami penurunan nilai absorbans ditiap jamnya. Nilai absorbans secara berturut dari 0 menit sampai dengan 60 menit yaitu: 3,78522, 3,599 dan 3,152. Dapat dilihat dari penurunan nilai absorbansi tersebut material semikonduktu CuO dengan baik mendegradasi parasetamol, hal ini dikarenakan material CuO memiliki rentang panjang gelombang di daerah UV. Komposit CuO/rGO 10% memiliki nilai absorban 3,41, 3,6104 dan 3,365 berturut-turut dari 0 menit sampai dengan 60 menit setelah pengujian fotokatalitik. Untuk komposit CuO/rGO 15% mempunyai nilai absorban yaitu 3,919, 3,677 dan 3,215. Setelah itu untuk komposit CuO dengan penambahan massa rGO 20% memiliki nilai absorban yaitu 3,741, 3,438 dan 3,203. Semakin kecil nilai absorban maka semakin besar kinerja katalis. Dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan massa rGO nilai absorban yang didapatkan semakin kecil pada tiap menit degradasi. Komposit CuO/rGO 15% menjadi yang paling efektif dengan memiliki nilai absorban yang paling kecil. Hal ini terjadi karena adanya bantuan dari reduced graphene oxide yang memiliki luas permukaan aktif yang luas yaitu sebesar 2600 m²/g sehingga pembentukan super anion dan OH. Semakin banyak dan mempercepat proses degradasi.(Singh et al., 2011).



Gambar 4.15 Kurva absorbans hasil degradasi parasetamol oleh katalis CuO dan komposit CuO/reduced graphene oxide dengan variasi penambahan massa 10%, 15% dan 20% dengan variasi waktu (0, 30 dan 60 menit)

Gambar 4.15 menjelaskan tentang perbandingan kurva absorban degradasi oleh material CuO, CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20% dengan variasi waktu (0 menit, 30 menit dan 60 menit) dan panjang gelombang yang digunakan adalah 242 nm. Dapat dilihat terjadi penurunan pada tiap kurva absorban yang ditunjukkan pada symbol penanda tiap kurva absorban tiap material. Hal tersebut menandakan telah terjadinya degradasi parasetamol oleh material CuO dan komposit CuO/rGO.



Gambar 4.16 Persen degradasi parasetamol oleh material CuO, CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20%

Gambar 4.16 menunjukkan percent degradasi parasetamol oleh material CuO, CuO/rGO 10%, CuO/rGO 15% dan CuO/rGO 20%. Material CuO pada waktu 30 menit dapat mendegradasi parasetamol sebesar 5% dan pada waktu 60 menit sebesar 17%. Selanjutnya pada komposit CuO/rGO 10% pada waktu 30 menit dapat mendegradasi sebesar 3% dan pada waktu 60 menit sebesar 10%. Komposit CuO/rGO 15% dapat mendegradasi sebesar 6% dan 18% pada waktu 30 dan 60 menit. Sedangkan komposit CuO/rGO 20% dapat mendegradasi sebesar 8% dan 14% pada waktu 30 dan 60 menit.

Hasil dari pengujian fotokatalitik parasetamol menunjukkan bahwa parasetamol masih sedikit terdegradasi bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. (Palas et al., 2021) mampu mendegradasi dengan baik dengan perlakuan temperatur dan tekanan. (Dutta et al., 2016) juga mampu mendegradasi dengan baik dengan lampu berdaya tinggi xenon 150 Watt. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa temperatur dan daya lampu yang diberikan sangat berpengaruh terhadap laju degradasi parasetamol. Penggunaan kuvet dan beserta waktu endapan larutan sebelum pengujian spektrofotometri Uv-vis dapat juga berpengaruh terhadap hasil uji. (Dutta et al., 2016) berhasil mensintesi CuO/rGO dengan variasi 20-80% dan variasi yang paling baik dalam mendegradasi adalah 50%. Hasil degradasi variasi diatas 50% cenderung menurun karena berkurangnya konsentrasi CuO. Material komposit yang memiliki unsur karbon yang lebih tinggi dari semikonduktornya tidak pasti memiliki kemampuan degradasi yang lebih baik.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Penelitian dengan variasi massa telah berhasil mensintesis rGO dan komposit CuO/rGO dibuktikan dengan terbentuknya fasa rGO dan CuO yang teridentifikasi XRD yaitu pada peak 26° dan 35° . Gugus fungsi Cu-O terdeteksi pada FTIR pada $400-500\text{ cm}^{-1}$. Persentase carbon juga bertambah tiap variasi komposit dibuktikan dengan hasil EDS.
2. Didapatkan bahwa hasil degradasi setelah penyinaran 1 jam pada komposit variasi CuO/rGO 10% memiliki persentase degradasi 10%. Pada variasi CuO/rGO 15% persentasenya sebesar 18%. Selanjutnya pada komposit CuO/rGO 20% persentasenya sebesar 14%. Variasi degradasi terbaik ada pada komposit CuO/rGO 15%.

5.2 Saran

Beberapa saran yang perlu diperharikan untuk penelitian berikutnya adalah:

1. Saat proses pencucian grafit oksida sebelum menjadi rGO agar ditutup rapat sehingga terhindar dari pengotor.
2. Dapat dilakukan degradasi parasetamol dengan parameter lain atau variasi lain.
3. Penggunaan kuvet dan blanko kalibrasi sangat berpengaruh terhadap hasil uji Uv-Vis
4. Menggunakan material semikonduktor lain selain Cu dan rGO
5. Menggunakan limbah obat lain selain parasetamol
6. Dalam proses penyinaran (fotodegradasi) beaker ditutup dengan aluminium foil

DAFTAR PUSTAKA

1. Togola, A. & Budzinski, H. Multi-residue analysis of pharmaceutical compounds in aqueous samples. *Journal of Chromatography A* **1177**, 150–158 (2008).
2. Nödler, K., Voutsas, D. & Licha, T. Polar organic micropollutants in the coastal environment of different marine systems. *Marine Pollution Bulletin* **85**, 50–59 (2014).
3. Koagouw, W., Stewart, N. A. & Ciocan, C. Long-term exposure of marine mussels to parasetamol: is time a healer or a killer? *Environmental Science and Pollution Research* **28**, 48823–48836 (2021).
4. Rajoriya, D., Shewale, S. R. & Hebbar, H. U. Refractance Window Drying of Apple Slices: Mass Transfer Phenomena and Quality Parameters. *Food and Bioprocess Technology* **12**, 1646–1658 (2019).
5. Raizada, P. *et al.* Engineering nanostructures of CuO-based photocatalysts for water treatment: Current progress and future challenges. *Arabian Journal of Chemistry* **13**, 8424–8457 (2020).
6. Shaabani, B., Alizadeh-Gheshlaghi, E., Azizian-Kalandaragh, Y. & Khodayari, A. Preparation of CuO nanopowders and their catalytic activity in photodegradation of Rhodamine-B. *Advanced Powder Technology* **25**, 1043–1052 (2014).
7. Sanjini, N. S., Winston, B. & Velmathi, S. Effect of Precursors on the Synthesis of CuO Nanoparticles Under Microwave for Photocatalytic Activity Towards Methylene Blue and Rhodamine B Dyes. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* **17**, 495–501 (2017).
8. Xie, G. *et al.* Graphene-Based Materials for Hydrogen Generation from Light-Driven Water Splitting. *Advanced Materials* **25**, 3820–3839 (2013).
9. Zhu, Y. *et al.* Graphene and Graphene Oxide: Synthesis, Properties, and Applications. *Advanced Materials* **22**, 3906–3924 (2010).
10. Sagadevan, S. *et al.* Enhanced Photocatalytic Activity of rGO-CuO Nanocomposites for the Degradation of Organic Pollutants. *Catalysts* **11**, 1008 (2021).
11. Goyal, R. N. & Singh, S. P. Voltammetric determination of parasetamol at C60-modified glassy carbon electrode. *Electrochimica Acta* **51**, 3008–3012 (2006).
12. Bertolini, A. *et al.* Parasetamol: New Vistas of an Old Drug. *CNS Drug Reviews* **12**, 250–275 (2006).
13. Warwick, C. Parasetamol and fever management. *Journal of the Royal Society for the Promotion of Health* **128**, 320–323 (2008).
14. Seal, P., Sikdar, J., Roy, A. & Haldar, R. Acetaminophen interacts with human hemoglobin: optical, physical and molecular modeling studies. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics* **35**, 1307–1321 (2017).
15. Koagouw, W. & Ciocan, C. Effects of short-term exposure of parasetamol in the gonads of blue mussels *Mytilus edulis*. *Environmental Science and Pollution Research* **27**, 30933–30944 (2020).
16. Nasr, O., Mohamed, O., Al-Shirbini, A.-S. & Abdel-Wahab, A.-M. Photocatalytic degradation of acetaminophen over Ag, Au and Pt loaded TiO₂ using solar light. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* **374**, 185–193 (2019).
17. Ravelli, D., Dondi, D., Fagnoni, M. & Albini, A. Photocatalysis. A multi-faceted concept for green chemistry. *Chemical Society Reviews* **38**, 1999 (2009).
18. Litter, M. Heterogeneous photocatalysis Transition metal ions in photocatalytic systems. *Applied Catalysis B: Environmental* **23**, 89–114 (1999).
19. Ameta, R. & Ameta, S. C. *Photocatalysis*. (CRC Press, 2016). doi:10.1201/9781315372396.

20. Belver, C., Bedia, J., Gómez-Avilés, A., Peñas-Garzón, M. & Rodriguez, J. J. Semiconductor Photocatalysis for Water Purification. in *Nanoscale Materials in Water Purification* 581–651 (Elsevier, 2019). doi:10.1016/B978-0-12-813926-4.00028-8.
21. Zhu, Z., Zhou, F., Zhan, S., Tian, Y. & He, Q. Study on the bactericidal performance of graphene/TiO₂ composite photocatalyst in the coating of PEVE. *Applied Surface Science* **430**, 116–124 (2018).
22. Oku, T. *et al.* Structures and photovoltaic properties of copper oxides/fullerene solar cells. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* **72**, 1206–1211 (2011).
23. Baffl, H., Kallalu, H., Harika, K. & Varsha Rani, P. *Experimental Determination and Comparison of Heat Transfer Coefficient and Pressure Drop for Water and Copper Oxide Nano Fluid in Shell and Tube Heat Exchangers using Helical Baffles*. 851| *International Journal of Current Engineering and Technology* vol. 7 <http://inpressco.com/category/ijcet> (2017).
24. Dörner, L. *et al.* Cost-effective sol-gel synthesis of porous CuO nanoparticle aggregates with tunable specific surface area. *Scientific Reports* **9**, 11758 (2019).
25. Penkov, O. v. Introduction to graphene. in *Tribology of Graphene* 1–10 (Elsevier, 2020). doi:10.1016/B978-0-12-818641-1.00001-0.
26. Park, S. & Ruoff, R. S. Chemical methods for the production of graphenes. *Nature Nanotechnology* **4**, 217–224 (2009).
27. Ioniță, M. *et al.* Graphene and functionalized graphene: Extraordinary prospects for nanobiocomposite materials. *Composites Part B: Engineering* **121**, 34–57 (2017).
28. Chen, J., Yao, B., Li, C. & Shi, G. An improved Hummers method for eco-friendly synthesis of graphene oxide. *Carbon* **64**, 225–229 (2013).
29. Dubey, A. *et al.* Microwave assisted ultrafast synthesis of graphene oxide based magnetic nano composite for environmental remediation. *Ceramics International* **48**, 4821–4828 (2022).
30. Guex, L. G. *et al.* Experimental review: chemical reduction of graphene oxide (GO) to reduced graphene oxide (rGO) by aqueous chemistry. *Nanoscale* **9**, 9562–9571 (2017).
31. Wu, T., Liu, S., Li, H., Wang, L. & Sun, X. Production of Reduced Graphene Oxide by UV Irradiation. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* **11**, 10078–10081 (2011).
32. Sun, J., Wang, W. & Yue, Q. Review on Microwave-Matter Interaction Fundamentals and Efficient Microwave-Associated Heating Strategies. *Materials* **9**, 231 (2016).
33. Sridhar, V., Jeon, J.-H. & Oh, I.-K. Synthesis of graphene nano-sheets using eco-friendly chemicals and microwave radiation. *Carbon* **48**, 2953–2957 (2010).
34. Jakhar, R., Yap, J. E. & Joshi, R. Microwave reduction of graphene oxide. *Carbon* **170**, 277–293 (2020).
35. Kaatze, U. The dielectric properties of water in its different states of interaction. *Journal of Solution Chemistry* **26**, 1049–1112 (1997).
36. Iglesias, O., Rivero, M. J., Urtiaga, A. M. & Ortiz, I. Membrane-based photocatalytic systems for process intensification. *Chemical Engineering Journal* **305**, 136–148 (2016).
37. Rahimpour, A., Madaeni, S. S., Taheri, A. H. & Mansourpanah, Y. Coupling TiO₂ nanoparticles with UV irradiation for modification of polyethersulfone ultrafiltration membranes. *Journal of Membrane Science* **313**, 158–169 (2008).
38. Liu, Q. *et al.* Polyploidy origin of wheatgrass *Douglasdeweya wangii* (Triticeae, Poaceae): evidence from nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer and chloroplast trnL-F sequences. *Development Genes and Evolution* **220**, 173–178 (2010).
39. Zhang, Q. *et al.* Constructing a visible-light-driven photocatalytic membrane by g-C₃N₄ quantum dots and TiO₂ nanotube array for enhanced water treatment. *Scientific Reports* **7**, 3128 (2017).

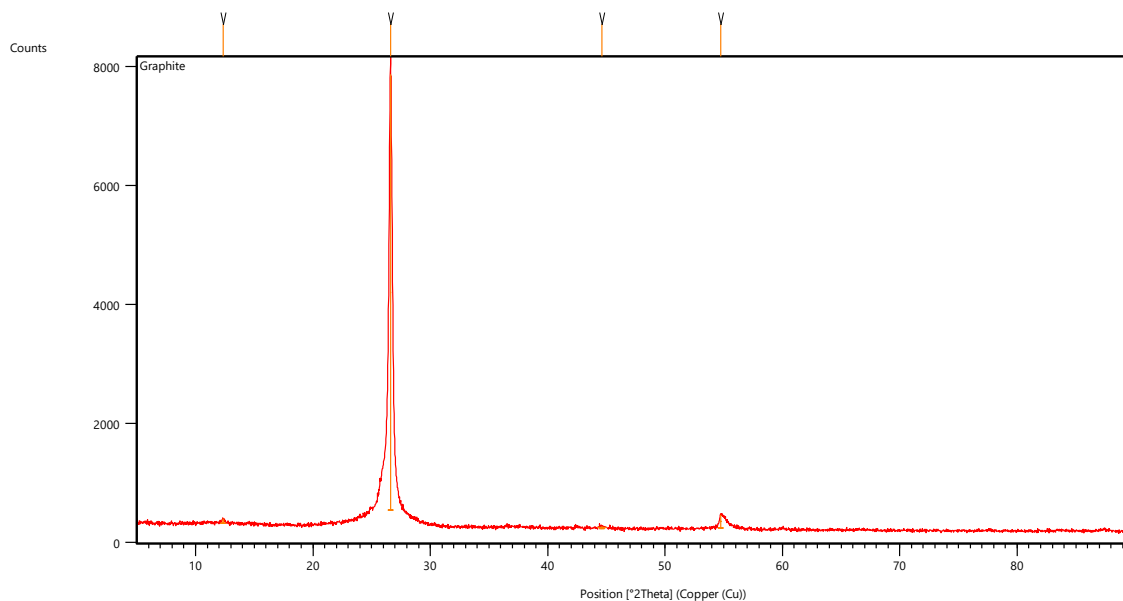
-
40. Shi, Y., Huang, J., Zeng, G., Cheng, W. & Hu, J. Photocatalytic membrane in water purification: is it stepping closer to be driven by visible light? *Journal of Membrane Science* **584**, 364–392 (2019).
 41. Palas, B., Ersöz, G. & Atalay, S. Biotemplated copper oxide catalysts over graphene oxide for acetaminophen removal: Reaction kinetics analysis and cost estimation. *Chemical Engineering Science* **242**, 116593 (2021).
 42. Aminzadeh, H., Shahabi Nejad, M., Mohammadzadeh, I. & Sheibani, H. Assembly of CuO nanorods onto poly(glycidylmethacrylate)/polyaniline core–shell microspheres: Photocatalytic degradation of parasetamol. *Applied Organometallic Chemistry* **35**, (2021).
 43. Katal, R. *et al.* Pd-Decorated CuO Thin Film for Photodegradation of Acetaminophen and Triclosan under Visible Light Irradiation. *Advanced Materials Interfaces* **5**, 1801440 (2018).
 44. Chau, J. H. F., Lai, C. W., Leo, B. F., Juan, J. C. & Johan, M. R. Advanced photocatalytic degradation of acetaminophen using Cu₂O/WO₃/TiO₂ ternary composite under solar irradiation. *Catalysis Communications* **163**, 106396 (2022).
 45. Dutta, S. *et al.* Highly efficient photocatalytic activity of CuO quantum dot decorated rGO nanocomposites. *Journal of Physics D: Applied Physics* **49**, 315107 (2016).
 46. Chauhan, A. Powder XRD Technique and its Applications in Science and Technology. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques* **5**, (2014).

LAMPIRAN

1. XRD

Raw Data Origin	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis	Gonio
Start Position [$^{\circ}2\theta$.]	5.0084
End Position [$^{\circ}2\theta$.]	89.9744
Step Size [$^{\circ}2\theta$.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1600
Scan Type	Continuous
PSD Mode	Scanning
PSD Length [$^{\circ}2\theta$.]	2.12
Offset [$^{\circ}2\theta$.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [$^{\circ}$]	1.0000
Specimen Length [mm]	10.00
Measurement Temperature [$^{\circ}C$]	25.00
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [\AA]	1.54060
K-Alpha2 [\AA]	1.54443
K-Beta [\AA]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractometer Type	0000000011119014
Diffractometer Number	0
Goniometer Radius [mm]	240.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	Yes

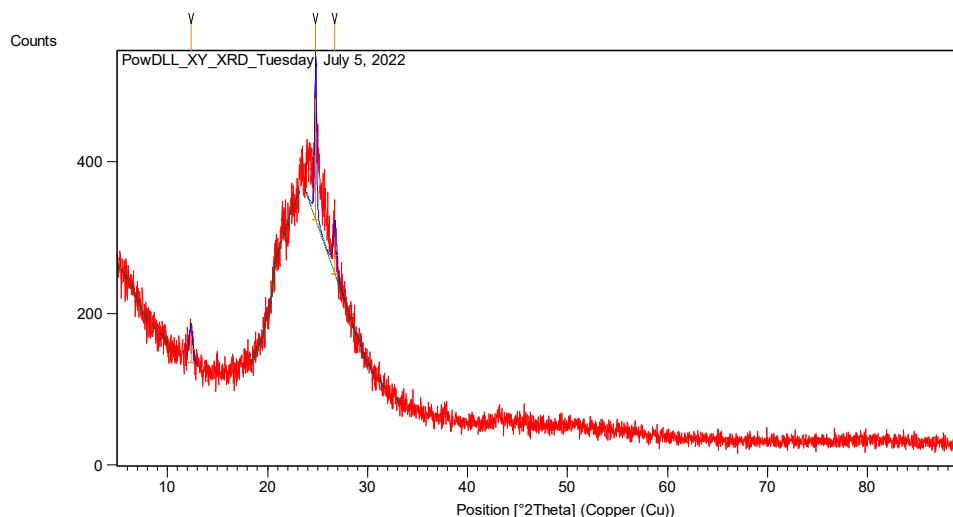
a.) *Expanded Graphite*



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
12.3612	77.82	0.2007	7.16068	1.06
26.6301	7333.41	0.1506	3.34746	100.00
44.6155	32.10	0.8029	2.03102	0.44
54.7216	214.43	0.2342	1.67744	2.92

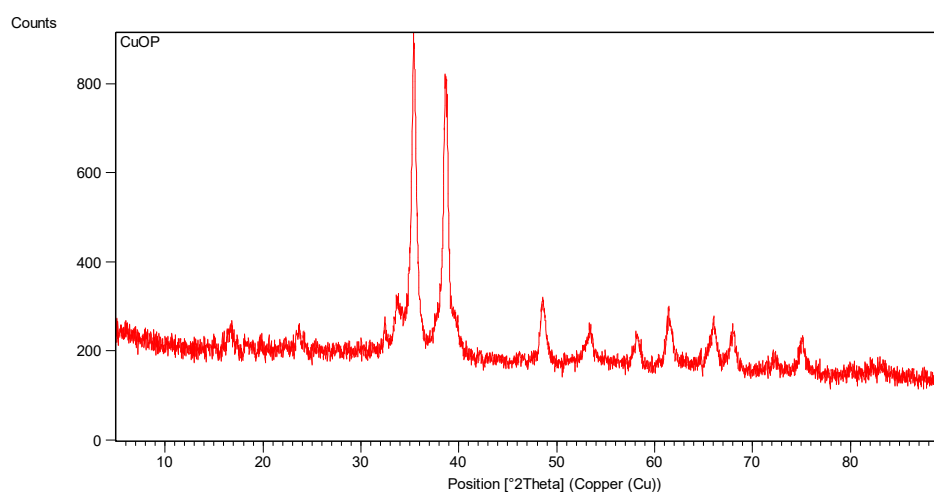
b.) *Reduced Graphene Oxide (rGO)*



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
12.331670	34.649320	0.401472	7.17775	21.61
24.795730	160.321500	0.200736	3.59078	100.00
26.726510	49.055530	0.401472	3.33560	30.60

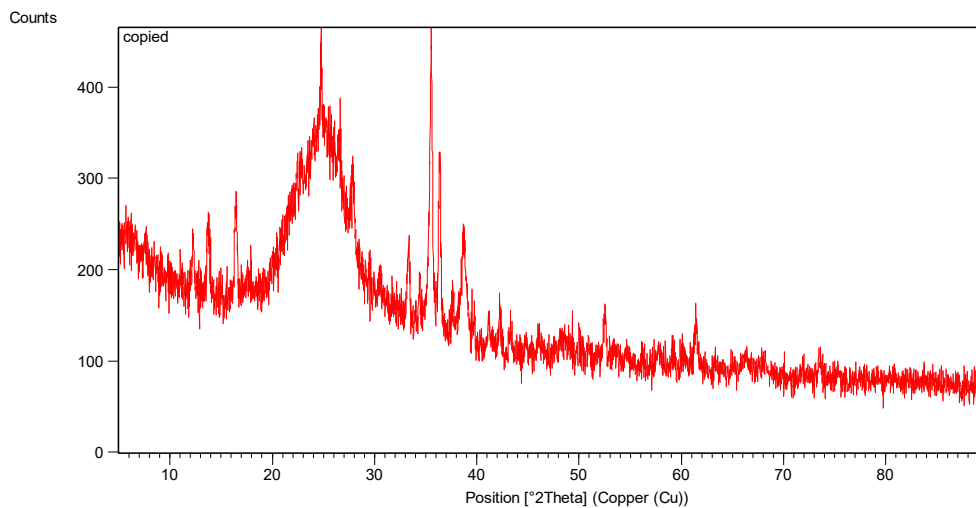
c.) *Copper Oxide (CuO)*



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
16.630220	46.201710	0.401472	5.33088	6.86
32.487360	46.948430	0.401472	2.75607	6.97
33.668590	98.524120	0.535296	2.66203	14.64
35.391780	673.202000	0.267648	2.53627	100.00
38.800640	514.875100	0.401472	2.32094	76.48
48.595720	140.579800	0.301104	1.87357	20.88
53.421200	65.227080	0.535296	1.71516	9.69
58.300400	60.214810	0.535296	1.58271	8.94
61.435830	116.094000	0.267648	1.50924	17.25
66.021510	94.987550	0.267648	1.41509	14.11
68.014510	78.756820	0.535296	1.37840	11.70
72.288640	25.864260	0.802944	1.30707	3.84
75.038800	65.009230	0.535296	1.26584	9.66

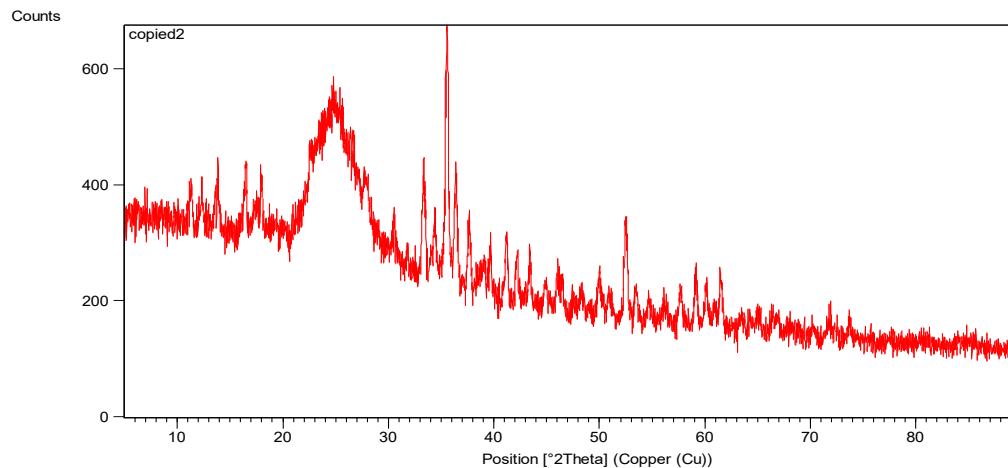
d.) CuO/rGO 10%



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
12.274690	54.401490	0.200736	7.21094	17.45
13.738430	68.318770	0.334560	6.44578	21.92
16.440620	96.737520	0.267648	5.39193	31.03
24.755070	154.682800	0.200736	3.59659	49.62
26.543010	107.138900	0.267648	3.35824	34.37
27.905710	94.328340	0.267648	3.19727	30.26
33.336720	70.916470	0.301104	2.68777	22.75
34.397720	39.261490	0.200736	2.60726	12.60
35.540330	311.705000	0.200736	2.52601	100.00
36.379060	185.657200	0.200736	2.46968	59.56
38.726420	109.019400	0.334560	2.32521	34.98
42.260430	36.980600	0.200736	2.13859	11.86
43.297790	19.201780	0.401472	2.08973	6.16
52.522410	50.020720	0.267648	1.74237	16.05
59.178540	17.489560	0.401472	1.56130	5.61
61.376390	48.004210	0.267648	1.51056	15.40

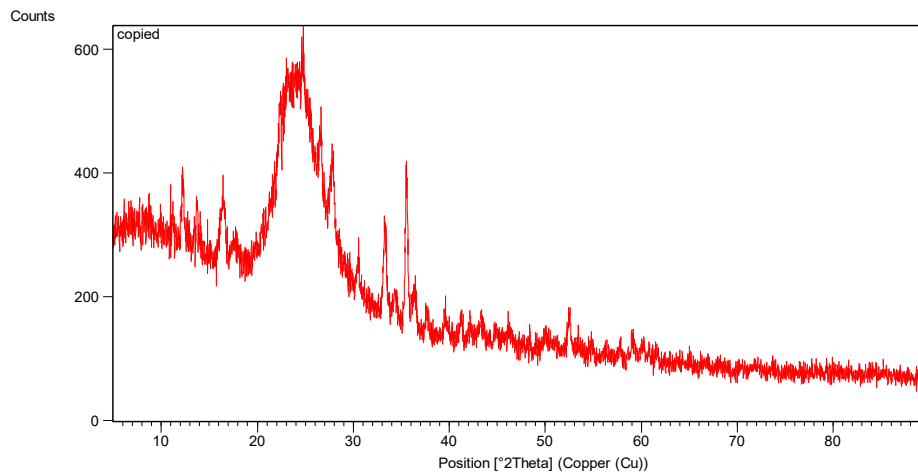
e.) CuO/rGO 15%



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.312630	68.040160	0.200736	7.82192	16.72
12.346580	69.021150	0.200736	7.16911	16.96
13.756910	57.475950	0.401472	6.43716	14.12
16.515830	113.649000	0.133824	5.36754	27.93
17.935230	92.078610	0.200736	4.94583	22.63
22.875660	29.126950	0.802944	3.88764	7.16
28.023690	38.465240	0.468384	3.18408	9.45
30.536300	41.631560	0.401472	2.92757	10.23
33.398650	158.675400	0.267648	2.68293	38.99
34.408390	104.191300	0.200736	2.60647	25.60
35.605720	406.940800	0.234192	2.52152	100.00
36.427180	191.219000	0.234192	2.46652	46.99
37.679530	112.160900	0.267648	2.38737	27.56
39.668520	85.233980	0.200736	2.27214	20.95
41.207780	114.117100	0.234192	2.19075	28.04
42.160610	72.858020	0.267648	2.14342	17.90
43.417140	86.962630	0.267648	2.08426	21.37
44.892520	42.256320	0.401472	2.01913	10.38
46.024220	63.217700	0.200736	1.97208	15.53
48.333300	30.330260	0.401472	1.88313	7.45
49.970700	66.648860	0.200736	1.82519	16.38
51.008690	30.199020	0.401472	1.79046	7.42
52.473590	156.099400	0.234192	1.74388	38.36
53.554650	42.958360	0.267648	1.71120	10.56
54.701120	31.354660	0.401472	1.67802	7.70
56.166650	28.242310	0.401472	1.63766	6.94
57.705990	60.436460	0.200736	1.59758	14.85
59.122200	81.116870	0.267648	1.56265	19.93
60.125160	68.778690	0.200736	1.53896	16.90
61.492780	83.583400	0.267648	1.50798	20.54
65.069580	26.990690	0.401472	1.43347	6.63
66.583050	23.519000	0.802944	1.40451	5.78
71.914970	24.668120	0.802944	1.31294	6.06

f.) CuO/rGO 20%

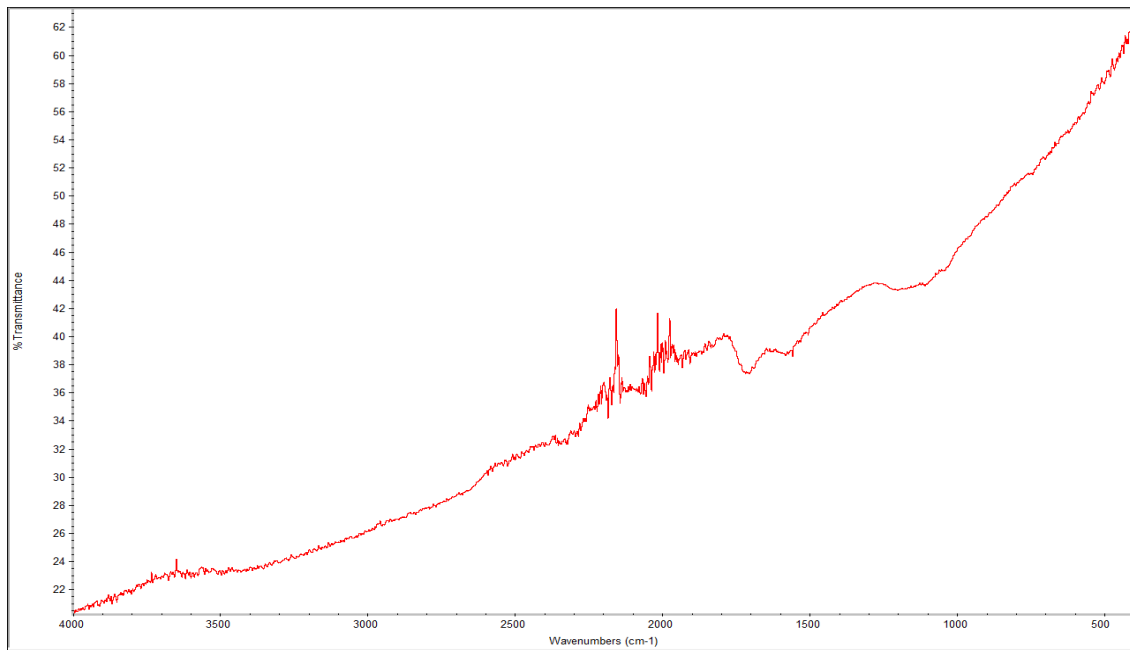


Peak List: *(Bookmark 3)*

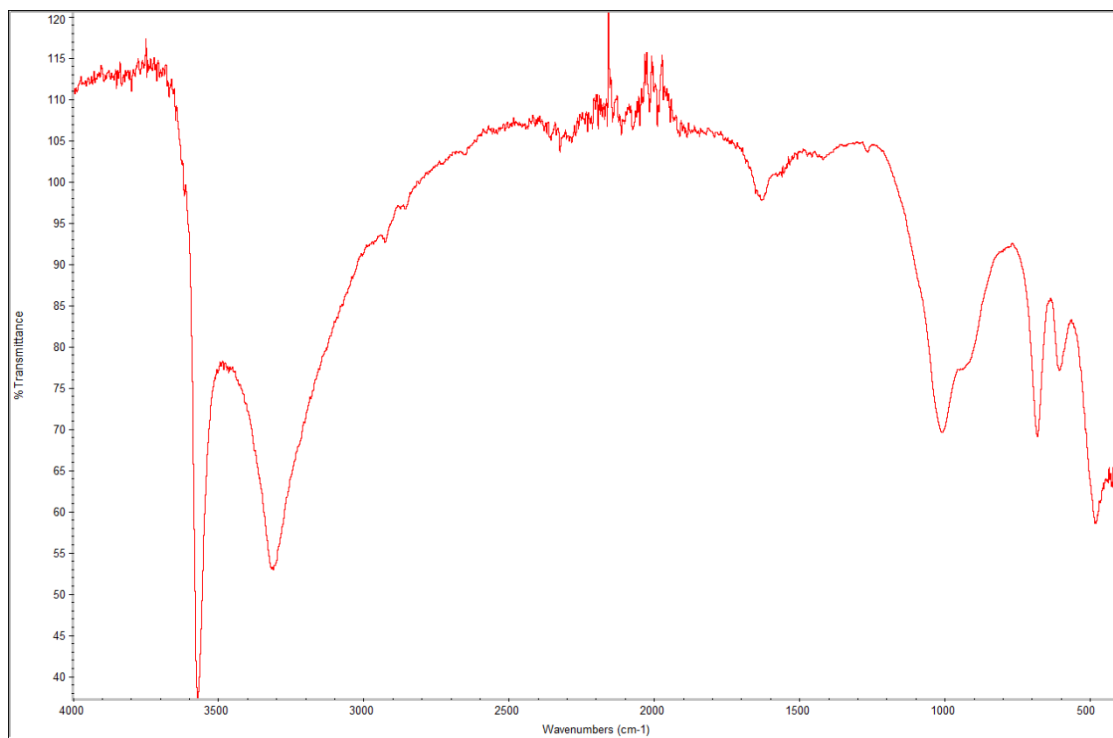
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
12.258320	91.717680	0.267648	7.22053	28.98
13.714360	69.637540	0.167280	6.45704	22.00
16.502060	80.215180	0.468384	5.37199	25.35
22.354870	202.908000	0.401472	3.97702	64.11
24.788360	316.492000	0.401472	3.59183	100.00
26.586390	214.567900	0.200736	3.35286	67.80
27.893700	181.557100	0.334560	3.19862	57.37
30.489150	46.703430	0.401472	2.93199	14.76
33.279510	137.003300	0.334560	2.69226	43.29
35.503520	255.721400	0.234192	2.52854	80.80
36.488430	46.777600	0.301104	2.46252	14.78
39.624370	30.674730	0.401472	2.27457	9.69
43.337550	22.785600	0.401472	2.08790	7.20
52.518940	54.363640	0.334560	1.74248	17.18
57.716590	19.541360	0.401472	1.59732	6.17
59.129410	26.655330	0.401472	1.56248	8.42

2. FTIR

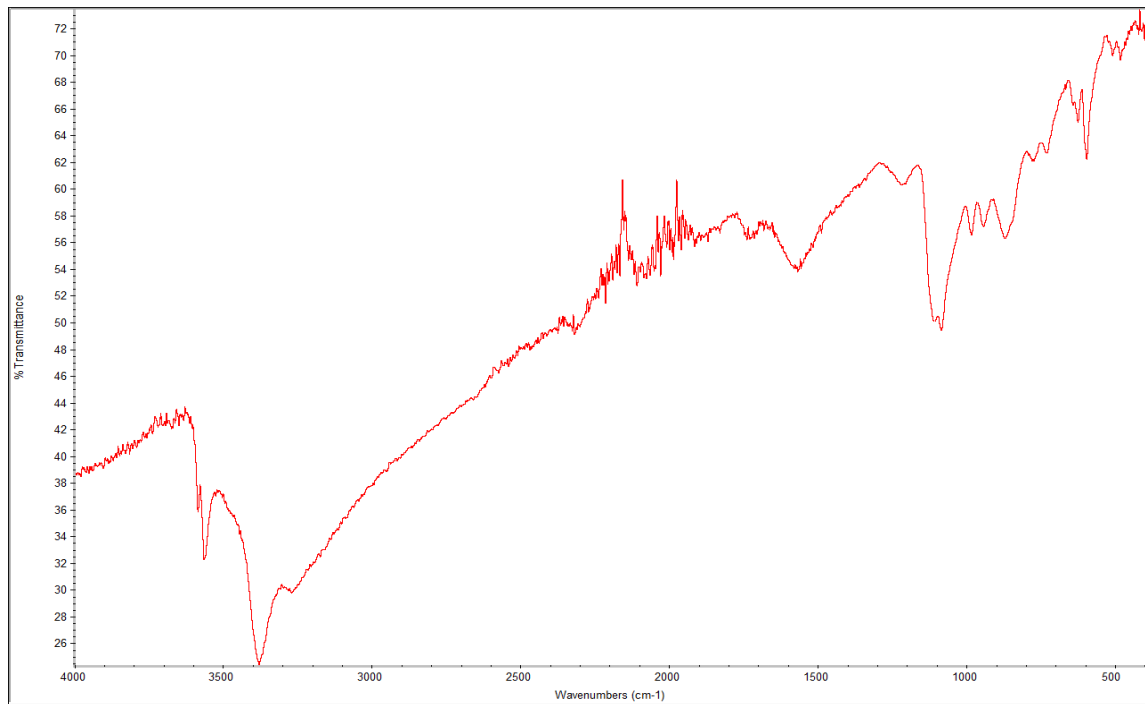
a.) rGO



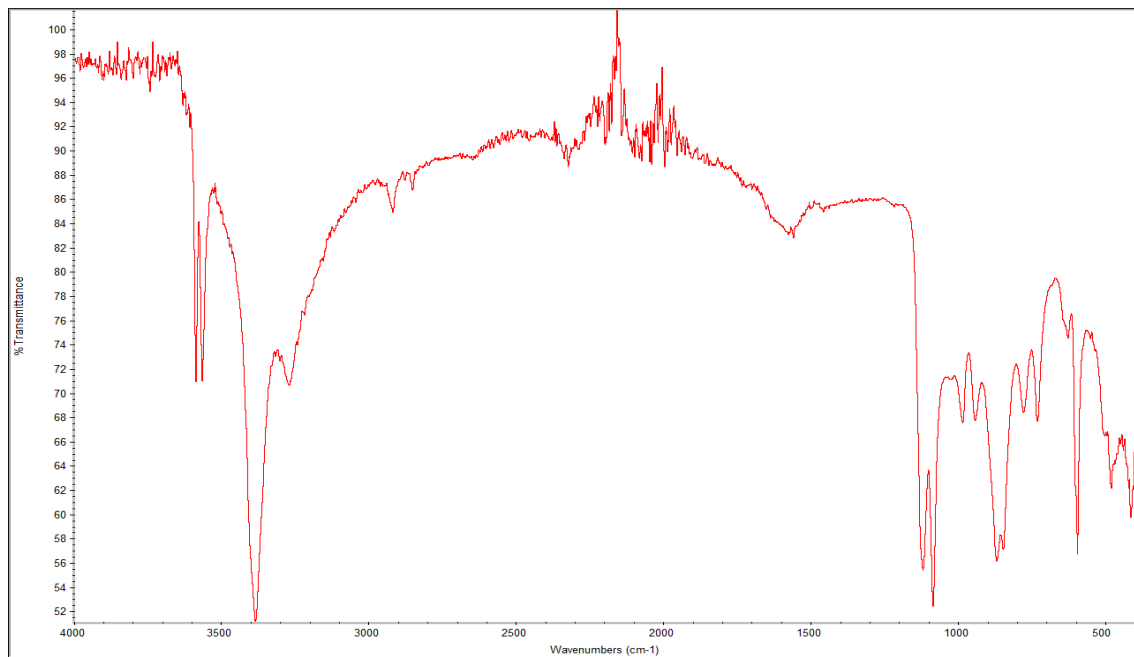
b.) CuO



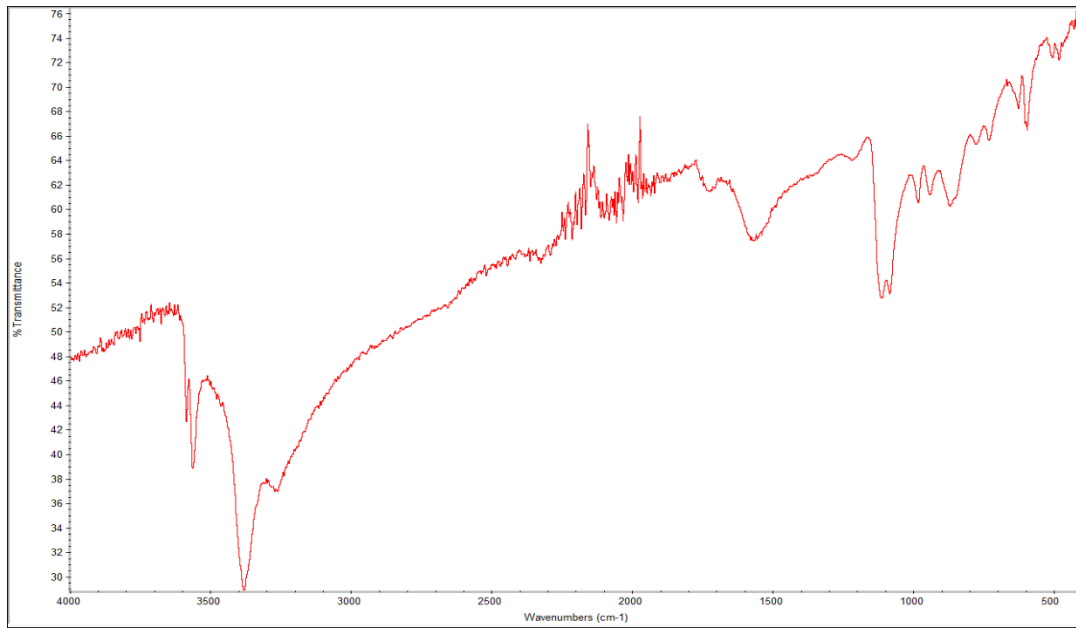
c.) CuO/rGO 10%



d.) CuO/rGO 15%

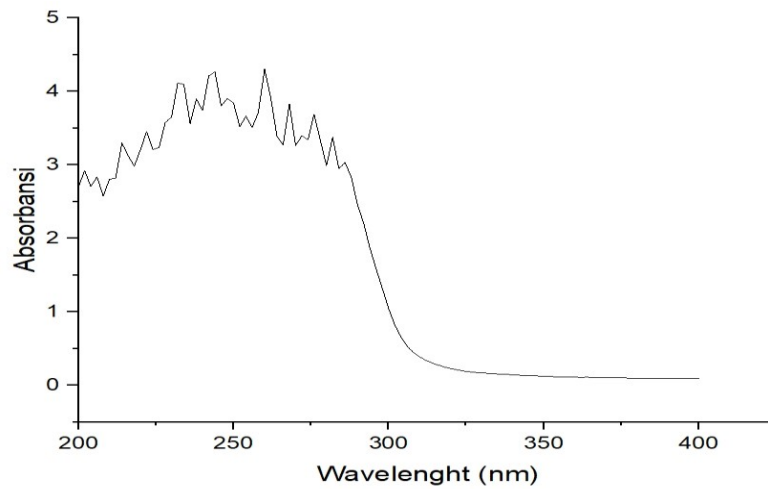


c.) CuO/rGO 20%

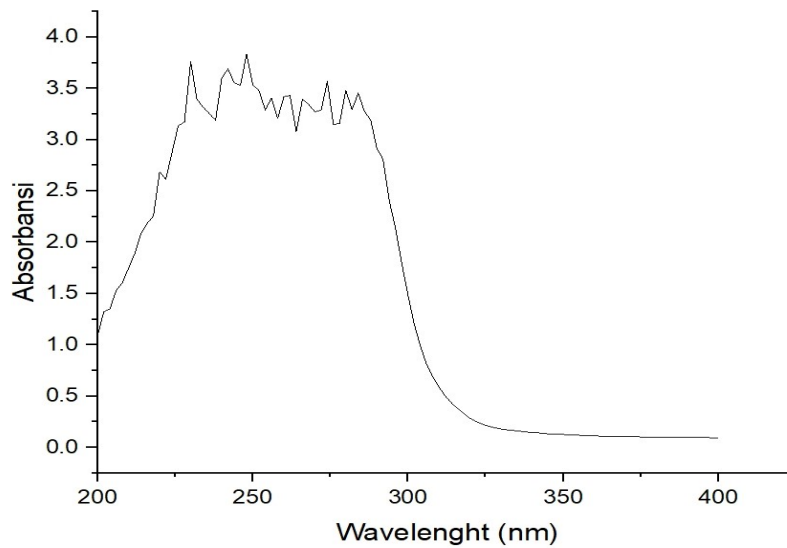


3.) Uv-Vis Spektrofotometri

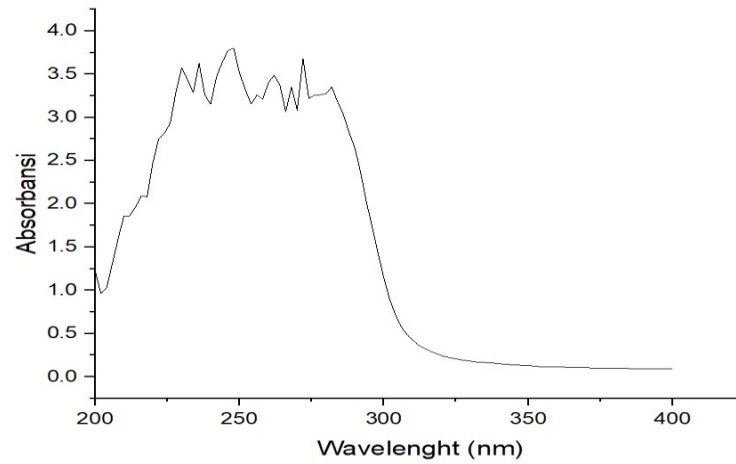
a.) CuO 0 menit



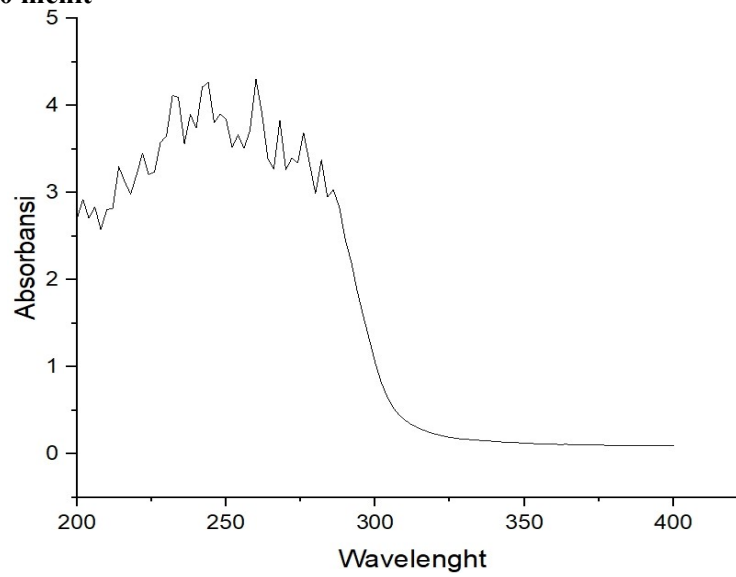
b.) CuO 30 menit



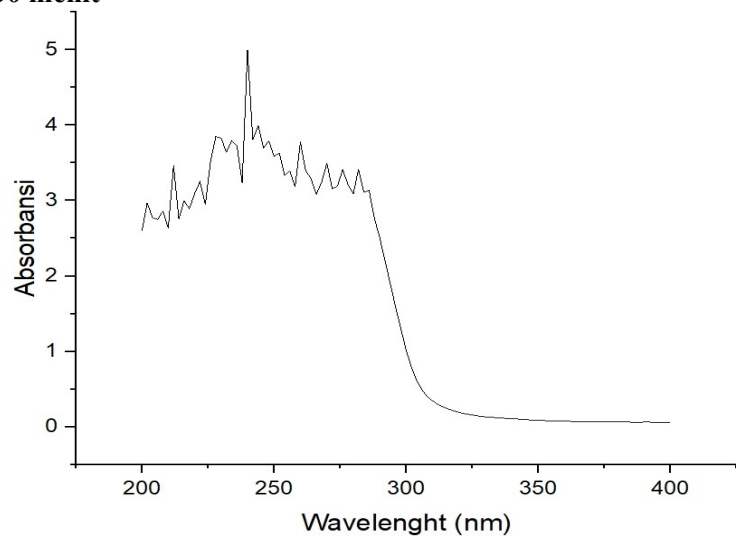
c.) CuO 60 menit



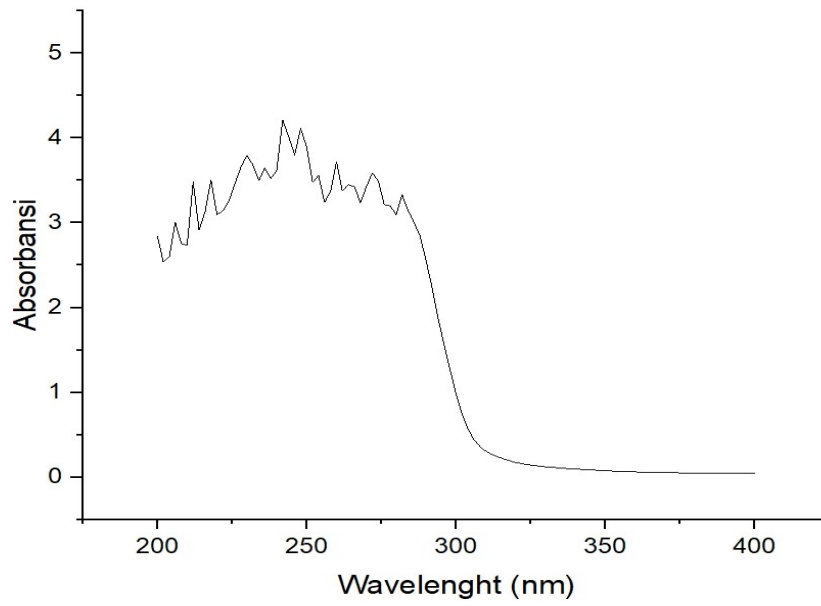
d.) CuO/rGO 10% 0 menit



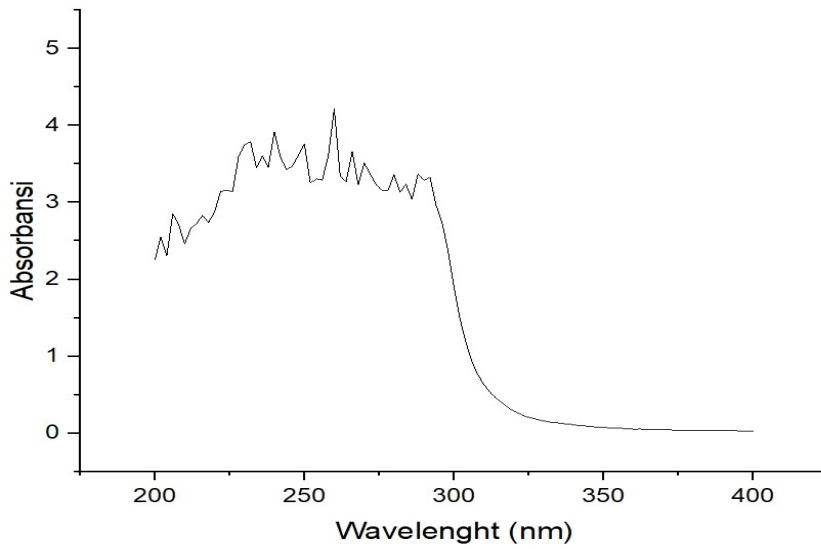
f.) CuO/rGO 10% 30 menit



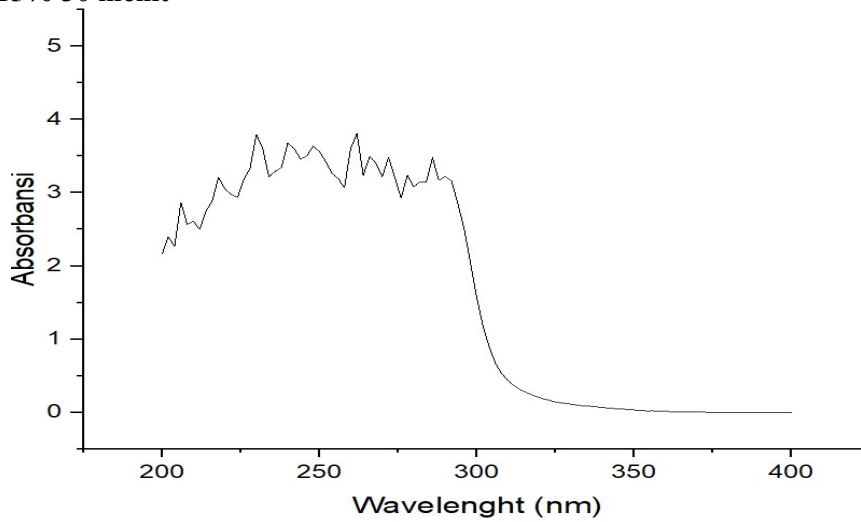
g.) CuO/rGO 10% 60 menit



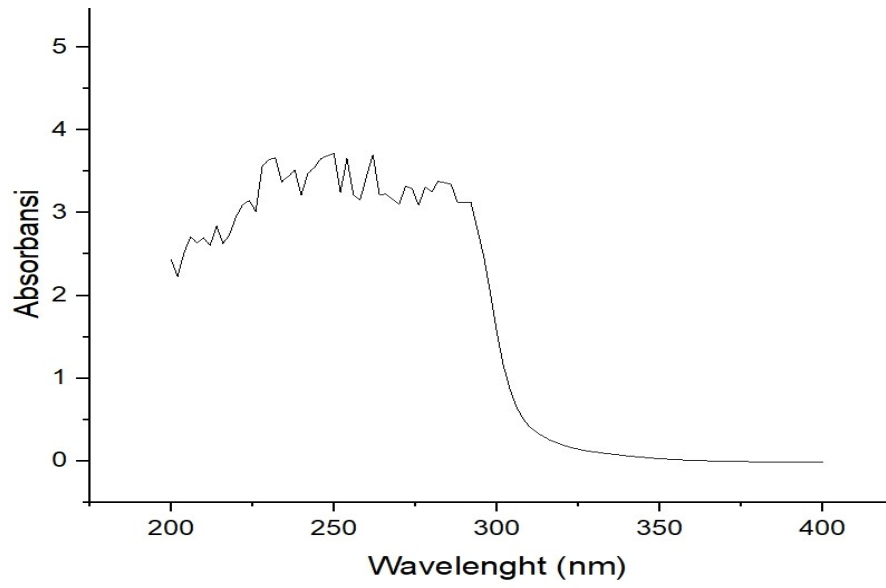
h.) CuO/rGO 15% 0 menit



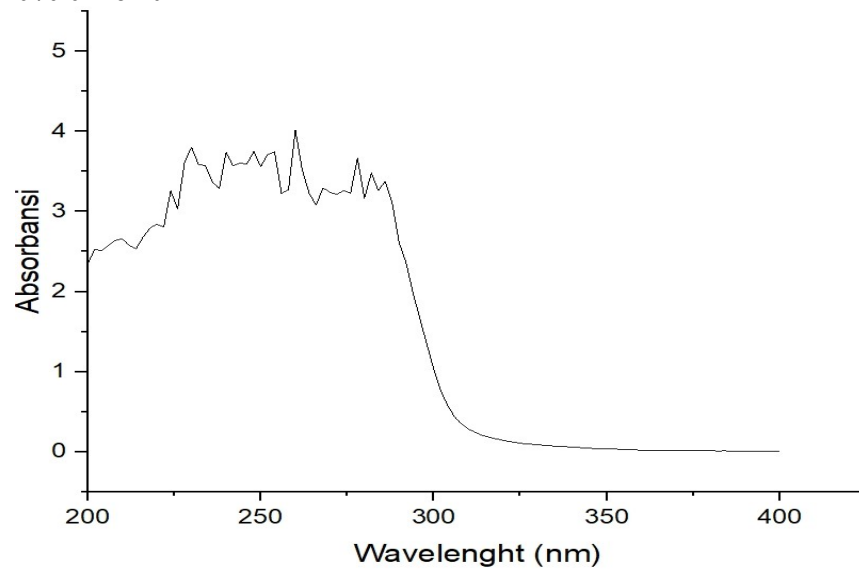
i.) CuO/rGO 15% 30 menit



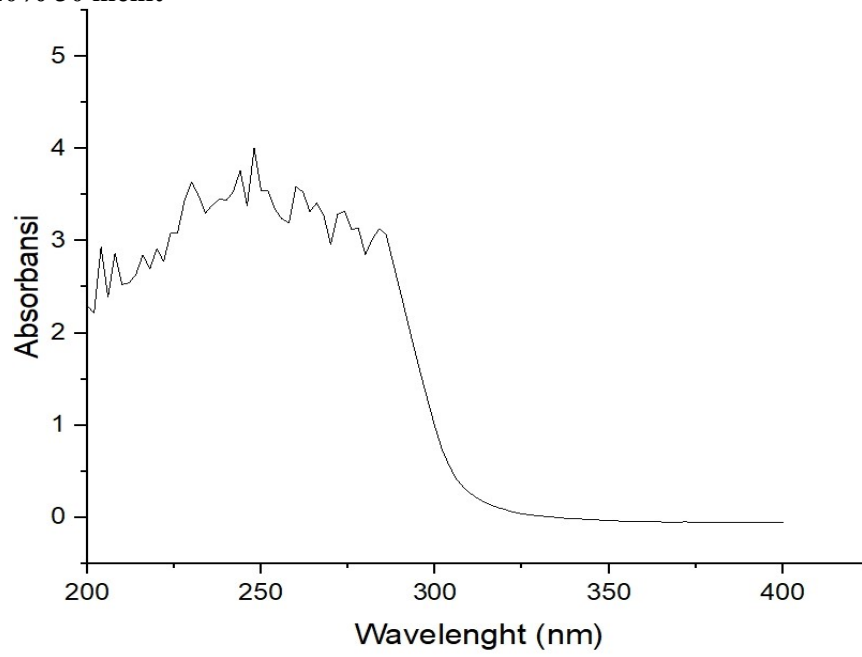
j.) CuO/rGO 15% 60 menit



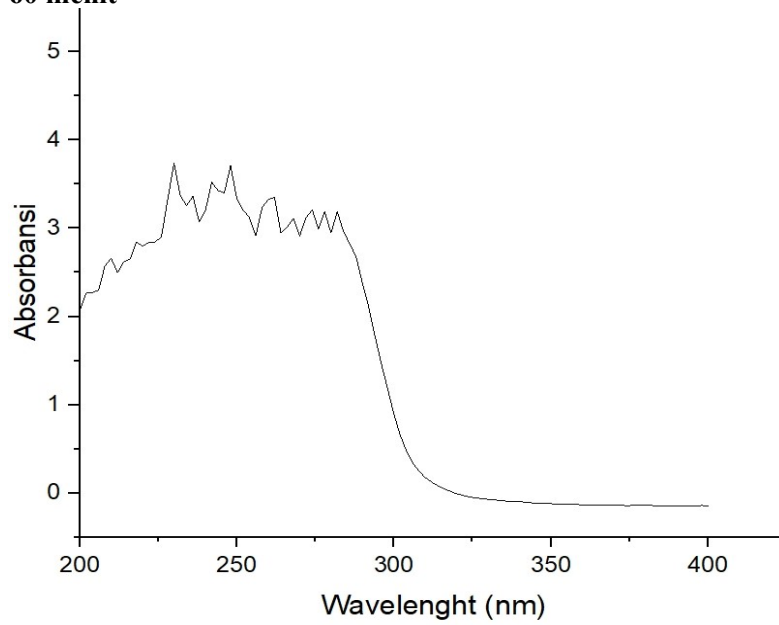
k.) CuO/rGO 20% 0 menit



l.) CuO/rGO 20% 30 menit



j.) CuO/rGO 20% 60 menit



UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam mengerjakan laporan penelitian tugas akhir ini, penulis juga mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu. Diantaranya:

1. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu mendoakan, dukungan dan motivasi.
2. Diah Susanti, S.T.,M.T.,PhD. selaku dosen pembimbing pertama yang selalu memberi bimbingan dan memberikan banyak ilmu selama masa pengerjaan hingga selesai
1. dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
6. Azzah Dyah Pramata, S.T.,M.T.,M.Eng.,PhD., selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu selama masa pengerjaan hingga selesai
7. Dian Mughni Fellicia, S.T.,M.Sc. (Eng)., Ph.D selaku dosen wali.
8. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si, Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Material
2. dan Metalurgi FTI-RS ITS.
9. Seluruh dosen dan tendik Departemen Teknik Material dan Metalurgi yang telah memfasilitasi pendidikan selama masa kuliah
10. Azhim Rama Perkasa, selaku *partner* yang membantu penulis selama pengerjaan tugas akhir
11. Rekan-rekan mahasiswa laboratorium Fisika material dan kimia material, khususnya Salamulloh Abdul Hadi, Alvan ALfaridzi, Adzon Nugraha, Krisna, Shafira Marelia dan teman-teman mahasiswa lain seperjuangan
12. Rekan-rekan “Pink-Dragon” yang selalu membantu selama masa perkuliahan

Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun, demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Surabaya, 15 Juli 2022
Penulis,



Mohammad Arjun Arif Wiyansyah
NRP.0251184000106

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Banyuwangi, 19 September 2000 sebagai anak pertama dengan orang tua yang bernama Lutfiani Masruroh. Penulis menempuh Pendidikan formal dimulai dari SD Negeri 1 Kebaman pada tahun 2006 – 2012. Dilanjutkan di SMP Negeri 1 Srono pada tahun 2012 – 2015. Kemudian dilanjutkan di MAN 2 Banyuwangi pada tahun 2015 – 2018. Setelah lulus dari Sekolah Menengah Atas, penulis melanjutkan Pendidikan Sarjana di Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Selama berkuliah di Departemen Teknik Material, penulis pernah mengikuti kegiatan pelatihan PKTI, LKMM Pra TD, LKMW TD, LKMM TD. Penulis juga aktif dalam kegiatan berorganisasi di Departemen Syiar Ash-Haabul Kahfi sebagai staff ahli pada kepengurusan 20/21.. Untuk menyelesaikan Pendidikan Sarjana, penulis melakukan penelitian dalam bidang studi Metalurgi Kimia dan Fisika pada lab (Kimia Material) dengan tugas akhir berjudul “ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA rGO TERHADAP SIFAT FOTOKATALITIK MATERIAL KOMPOSIT CuO/rGO DALAM MENDEGRADASI LIMBAH PARASETAMOL”. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email: arjunarif09@gmail.com , No.HP: 082257706352.