

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI S/CuO/nGO DARI LIMBAH  
BONGGOL JAGUNG YANG DIIRADIASI SINAR TAMPAK SEBAGAI  
ANTIBAKTERI**

**(Skripsi)**

**Oleh  
ANISKA LEGIA  
NPM 1917011060**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### SINTESIS DAN KARAKTERISASI S/CuO/nGO DARI LIMBAH BONGGOL JAGUNG YANG DIIRADIASI SINAR TAMPAK SEBAGAI ANTIBAKTERI

Oleh

Aniska Legia

Penelitian ini berhasil mensintesis natural grafit dari bonggol jagung menjadi nGO dengan metode Hummer yang kemudian didoping dengan senyawa S/CuO. Hasil ini ditunjukkan oleh hasil analisis dengan FTIR dan XRD, gugus gugus fungsi ciri khas dari nGO terbentuk pada bilangan gelombang  $3410,15\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan adanya vibrasi O-H yang kuat, adapula puncak pada bilangan gelombang  $2370,51\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur gugus keton rantai alkena  $\text{C}=\text{C}=\text{O}$ . Terbentuk pula vibrasi tekuk senyawa keton  $\text{C}=\text{O}$  pada bilangan gelombang  $1708,93\text{ cm}^{-1}$ . Selain itu adapun rantai alkena yang terbentuk  $\text{C}=\text{C}$  pada bilangan gelombang  $1604,77\text{ cm}^{-1}$ . Kemudian terjadi vibrasi ulur menunjukkan gugus aldehyd dan karbonil pada bilangan gelombang  $1244,09\text{ cm}^{-1}$  untuk C-O dan  $758\text{ cm}^{-1}$  untuk C-H, Serta untuk hasil XRD menunjukkan fasa dari nGO  $2\theta = 10,92^\circ$  dan  $23,44^\circ$  serta ukuran partikel yang didapatkan adalah sebesar  $32,6\text{ nm}$ . Sintesis CuO yang diperoleh dari prekursor  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  dengan metode sol-gel berhasil dilakukan yang ditunjukkan adanya puncak FTIR pada Puncak  $586,36\text{ cm}^{-1}$ ,  $532,35\text{ cm}^{-1}$ , dan  $482,20\text{ cm}^{-1}$  dengan hasil XRD fasa CuO pada  $2\theta = 35,46^\circ$  serta memiliki ukuran partikel sebesar  $26,4\text{ nm}$ . impregnasi S/CuO/nGO juga berhasil dilakukan dibuktikan dengan adanya fasa sulfur pada hasil difaktogram XRD yakni  $2\theta = 61,46^\circ$ . Uji aktivitas antibakteri yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sampel lebih menghambat bakteri *E.coli* dibandingkan *B. subtilis* dengan zona hambat yang dihasilkan sebesar  $10\text{ mm}$  dengan waktu penyinaran optimum pada  $15\text{ menit}$  ini menunjukkan bahwa sampel tersebut mampu menjadi antibakteri.

**Kata Kunci:** nGO, CuO, S/CuO/nGO, dan Antibakteri

## ABSTRACT

### SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF S/CuO/nGO FROM CORN COB WASTE IRRADIATED BY VISIBLE LIGHT AS ANTIBACTERIAL

By

Aniska Legia

This research succeeded in synthesizing natural graphite from corncobs to become nGO using the Hummer method which was then doped with S/CuO compounds. This result is shown by the results of the analysis with FTIR and XRD where the characteristic functional groups of nGO itself are formed at wave number  $3410.15\text{ cm}^{-1}$  which indicates a strong O-H vibration, there is also a peak at wave number  $2370.51\text{ cm}^{-1}$  which is a stretching vibration of the ketone group of the alkene chain  $\text{C}=\text{C}=\text{O}$ . A bending vibration of the ketone compound  $\text{C}=\text{O}$  was also formed at wave number  $1708.93\text{ cm}^{-1}$ . In addition, the alkene chain formed  $\text{C}=\text{C}$  at wave number  $1604.77\text{ cm}^{-1}$ . Then there was a stretching vibration indicating the presence of aldehyde and carbonyl groups at wave numbers  $1244.09\text{ cm}^{-1}$  for C-O and  $758\text{ cm}^{-1}$  for C-H, as well as the XRD results themselves showing the phases of nGO  $2\theta = 10.92^\circ$  and  $23.44^\circ$  has a particle size of 32.6 nm. The synthesis of CuO itself obtained from the  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  precursor by the sol-gel method was successfully carried out which indicated that there were FTIR peaks at peaks of  $586.36\text{ cm}^{-1}$ ,  $532.35\text{ cm}^{-1}$  and  $482.20\text{ cm}^{-1}$  with XRD results of the CuO phase at  $2\theta = 35.46^\circ$ . S/CuO/nGO impregnation was also successfully carried out as evidenced by the presence of a sulphur phase in the results of the XRD difactogram, namely  $2\theta = 61.46^\circ$  has a particle size of 26.4 nm. Antibacterial activity tests that have been carried out show that the sample inhibits *E.coli* bacteria more than *B. subtilis* with a resulting inhibition zone of 10 mm with an optimum irradiation time of 15 minutes indicating that the sample is capable of being antibacterial.

**Keyword: nGO, CuO, S/CuO/nGO, and Antibacterial**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI S/CuO/nGO DARI LIMBAH  
BONGGOL JAGUNG YANG DIIRADIASI SINAR TAMPAK SEBAGAI  
ANTIBAKTERI**

**Oleh  
Aniska Legia**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

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



**Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Uniersitas Lampung  
2023**

Judul Penelitian : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI S/CuO/nGO  
DARI LIMBAH BONGGOL JAGUNG YANG  
DIIRADIASI SINAR TAMPAK SEBAGAI  
ANTIBAKTERI**

Nama Mahasiswa : *Aniska Tegia*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011060

Jurusan : Kimia

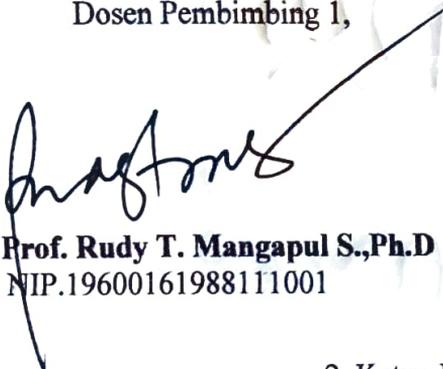
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MENYETUJUI**

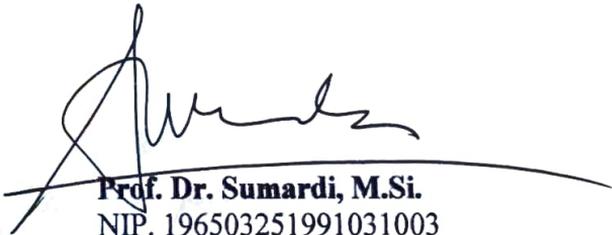
1. Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,



**Prof. Rudy T. Mangapul S., Ph.D**  
NIP.19600161988111001



**Prof. Dr. Sumardi, M.Si.**  
NIP. 196503251991031003

2. Ketua Jurusan Kimia

FMIPA Universitas Lampung



**Mulyono, Ph.D**  
NIP.197406112000031002

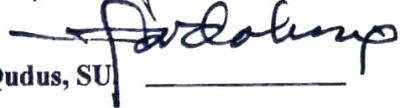
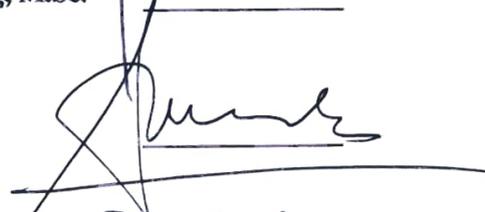
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

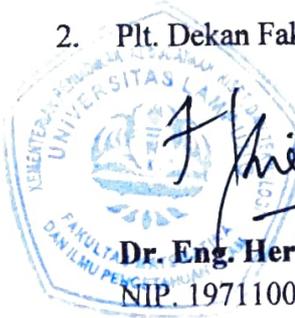
Ketua : Prof. Dr. Rudy T. M. Situmeang, M.Sc.

Sekretaris : Prof. Dr. Sumardi, M.Si.

Penguji  
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU



2. Plt. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam





**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**

NIP. 1971100112005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi :18 Juli 2023

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aniska Legia  
NPM : 1917011060  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi S/CuO/nGO dari Limbah Bonggol Jagung yang Diiradiasi Sinar Tampak sebagai Antibakteri”** merupakan hasil penelitian dan pemikiran yang telah dikerjakan oleh saya sendiri dan tidak terdapat karya atau pendapat orang lain dalam penelitian saya, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar Pustaka. Saya tidak keberatan apabila data pada skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 18 Juli 2023  
Pembuat pernyataan



Aniska Legia  
NPM 1917011060

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gunung Sugih, Kab. Lampung Tengah pada tanggal 28 Februari 2002 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, yang merupakan buah cinta dari pasangan Bapak Kamal Agus Naser dan Ibu Ipah.

Jenjang Pendidikan diawali dari Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Gunung Sugih yang diselesaikan pada tahun 2013. Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1

Gunung Sugih yang diselesaikan pada tahun 2016. Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Gunung Sugih yang diselesaikan pada tahun 2019. Pada tahun 2019, penulis terdaftar menjadi Mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP).

Penulis pernah menjadi peserta Karya Wisata Ilmiah (KWI) pada tahun 2019 di Desa Tambah Dadi, Purbolinggo, Lampung Timur selama seminggu. Pada tahun 2022, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Mataram Ilir, Kec. Seputih Surabaya Kab. Lampung Tengah dan telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Anorganik/Fisik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Lampung dengan judul **“Sintesis, Karakterisasi dan Uji Antibakteri CuO/nGO di Bawah Irradiasi Sinar UV”**. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti seminar dan webinar online.

## MOTTO

“Jadikan sabar dan sholat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar” (Q.S. 2:153).

“Cinta itu tak dapat dinanti, ambil dia dengan penuh keberanian atau lepaskan dia dengan penuh keridhoan” (Ali bin Abi Thalib).

“Ketika dunia menolakmu, maka kamu dapat membuat duniamu sendiri” (Penulis).

“Apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu” (Umar bin Khattab).

Ketika kamu merasa tidak bahagia dengan hidupmu. Ketahuilah, ada seseorang yang merasa bahagia hanya karena kamu ada (Habib Umar bin Sholeh Al Hamid).

Tidak ada orang tidak baik, yang ada adalah orang yang tidak mau belajar menjadi versi terbaik dari diri mereka sendiri (Penulis)

## *PERSEMBAHAN*

Puji syukur kehadiran Allah Swt. yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah serta inayah-Nya. Sholawat beserta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad Saw. Kupersembahkan karya ini untuk orang yang kusayangi:

*Teristimewa Ayahanda dan umi, wanita terhebat di kehidupanku*

Karya kecil ini kupersembahkan sebagai wujud cinta, bakti, hormat dan tanggung jawabku kepada Ayahanda Kamal Agus Naser dan umi Ipah. Terimakasih atas, motivasi, pengorbanan serta doa yang senantiasa dipanjatkan untuk keberhasilanku. Untuk adik-adiku, **Alliya Marsa Rina** dan **Achmad Dzaky** serta keluarga tercinta yang tak pernah putus mendoakan dan memberi semangat.

*Bapak Prof. Dr. Rudy T. M. Situmeang, M. Sc, dan Bapak Prof. Dr. Sumardi, M.Si.*

Atas bimbingan, ilmu, saran, dukungan selama penelitian dan penulisan tugas akhir.

*Dosen Jurusan Kimia*

Atas segala ilmu serta pembelajaran yang diberikan selama perkuliahan.

*Sahabat-sahabat Tercinta*

sahabat sejalandku yang sudah memberi motivasi, bantuan dan menemani penulis pada suka dan duka di masa perkuliahan.

*Almamaterku tercinta, Universitas Lampung*

## SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah Swt. karena limpahan rahmat, hidayah, nikmat sehat, kemudahan dan inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul "Sintesis dan Karakterisasi S/CuO/nGO dari Limbah Bonggol Jagung yang Diiradiasi Sinar Tampak Sebagai Antibakteri". Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini melibatkan berbagai pihak yang memberikan bimbingan, dukungan, nasihat, serta bantuan. Oleh karena itu, dengan rasa hormat penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Rudy T. M. Situmeang, M.Sc. selaku pembimbing 1 atas segala ilmu, arahan, bimbingan, saran, motivasi dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian serta skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Sumardi, M.Si. selaku pembimbing 2 atas bimbingan, dukungan, dan saran sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU. selaku pembahas yang telah memberikan saran, kritik dan masukan dalam penelitian dan penulisan skripsi.
4. Orangtua tercinta, Ayah Kamal Agus Naser dan Umi Ipah atas curahan kasih sayang yang diberikan, dukungan finansial serta doa yang tidak pernah putus sampai saat ini.
5. Alm. Bapak Drs. R. Supriyanto, M. S. dan Ibu Noviany, S. Si., M. Si, Ph. D. selaku dosen pembimbing akademik atas bimbingan, saran dan motivasi dalam segala hal terkait perkuliahan.

6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
8. Ibu Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
9. Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung atas ilmu, dukungan, nasihat dan pembelajaran yang telah diberikan selama menjalankan pendidikan di kampus.
10. Seluruh staf administrasi dan pegawai di lingkungan Jurusan Kimia, Dekanat FMIPA, serta Universitas Lampung yang senantiasa membantu dalam sistem akademik, perkuliahan, penelitian serta tugas akhir.
11. PLP Laboratorium Anorganik/Fisik mba Liza dan PLP laboratorium Mikrobiologi mba Oni, yang telah menemani, menunggu, memotivasi, dan memberi saran selama pengerjaan penelitian di Laboratorium hingga penelitian selesai.
12. Adik- adikku yang tercinta Alliya Marsa Rina dan Achmad Dzaky, yang telah menghibur dan menemani penulis.
13. Keluarga besar M. Achyad Romli dan Jakfar yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan.
14. Tim Prof. Dr. Rudy's *Research 19* yaitu Alya Maghfira, Syangap D. Sitompul dan Dony Ega Utama terimakasih atas kebersamaan selama penelitian dan penyusunan skripsi, canda, tawa, air mata, bantuan, dukungan, saran, motivasi, semangat dan doa yang telah diberikan selama ini. Terimakasih telah menjadi teman penelitian terbaik, semoga kebaikan selalu menyertai kalian, aamiin.
15. Sahabat sejalan yaitu Maysya Dhiya Rizky Alisandra, S. Si. dan Cantona Sasmitha, S. Si. yang telah menemani penulis selama masa perkuliahan, memotivasi, serta mendengarkan semua keluh kesah baik perkuliahan, percintaan, serta hal -hal lain yang terjadi di kehidupan penulis. Terimakasih sudah mau menjadi sahabat yang baik, kenangan canda tawa kita yang tidak

akan terlupakan semoga apa yang kita harapkan bersama mencapai kebahagiaan kelak aamiin.

16. Teman-teman ku dimasa perkuliahan Widya Putri, Fitri Febriani, Nafisah, dan M. Yusuf yang memberi motivasi dan mendoakan penulis.
17. Untuk kamu yang kelak akan menjadi jodoh penulis, semoga kita dipertemukan di waktu yang tepat.
18. Inisial A yang pernah mengisi hari-hari penulis, menghibur, memberi motivasi, serta bantuan selama perkuliahan. Terimakasih pernah memberi canda tawa suka dan duka selama 5 tahun. Semoga kebahagiaan, kebaikan, menyertai aamiin. *"People Come and Go"*.
19. Kakak- kakak seperbimbingan Kak M. Rifki Fadillah, Kak Grace, Kak Iin dan Kak Shafa atas ilmu, motivasi dan saran yang telah diberikan.
20. Teman-teman Chemistry 19, khususnya kelas A yang memberikan pengalaman hebat selama perkuliahan.
21. Kepada diri sendiri terimakasih telah bertahan sejauh ini kamu hebat. *"You are Greater than What You Think"*.
22. Pihak-pihak yang terlibat namun tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Bandar Lampung,  
Penulis

Aniska Legia  
NPM 1917011060

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	6
1.3 Manfaat Penelitian.....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Jagung.....	7
2.2 Karbon .....	8
2.3 Nanomaterial .....	9
2.4 <i>Graphene</i> .....	10
2.5 <i>Graphene Oxide</i> .....	11
2.6 <i>Nano Graphene Oxide</i> .....	12
2.7 Tembaga (Cu).....	13
2.8 Sulfur .....	14
2.9 Bakteri .....	15
2.9.1 Bakteri <i>E. coli</i> .....	15
2.9.2 Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i> .....	16
2.10 Uji Aktivitas Antimikroba.....	18
2.11 Analisis S/CuO/nGO .....	18
2.11.1 FTIR ( <i>Fourier Transform Infra Red</i> ).....	18
2.11.2 SEM ( <i>Scanning Electron Microcope</i> ).....	19
2.11.3 XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ).....	19
2.11.4 DRS ( <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> ) .....	20
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
3.2 Alat dan Bahan .....	21
3.3 Prosedur Kerja .....	22
3.3.1 Tahapan Pembuatan Katalis CuO .....	22
3.3.2 Tahapan Pembuatan nGO .....	22
3.3.3 Tahap Pembuatan S/CuO/nGo.....	23
3.3.4 Analisis S/CuO/nGO.....	24
3.3.4.1 Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectrometry</i> (FTIR) .....	24

3.3.4.2 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	24
3.3.4.3 Scanning <i>Electron Microscope</i> (SEM) .....	25
3.3.4.4 Diffuse <i>Reflectance Spectroscopy</i> (DRS) .....	25
3.3.5 Uji Aktivitas Antibakteri.....	25
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	27
4.1 Katalis CuO .....	27
4.2 Nano <i>Graphene Oxide</i> .....	28
4.2.1 Arang.....	29
4.2.2 <i>Graphite</i> .....	30
4.2.3 Nano <i>Graphene Oxide</i> (nGO).....	31
4.3 S/CuO/nGO .....	33
4.3.1 S/CuO.....	33
4.3.2 S/CuO/nGO.....	34
4.4 Karakterisasi .....	34
4.4.1 FTIR.....	34
4.4.2 XRD.....	40
4.4.3 DRD-UV Vis .....	42
4.4.4 SEM .....	44
4.5 Uji Aktivitas Antibakteri .....	44
4.5.1 Uji MIC.....	44
4.5.2 Uji Difusi Cakram.....	45
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	50
<b>LAMPIRAN</b> .....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil sintesis <i>graphite</i> .....	30
2. Hasil sintesis nGO.....	32
3. Hasil sintesis S/CuO.....	33
4. Hasil uji MIC.....	45
5. Hasil uji cakram.....	46
6. Perhitungan <i>Yield</i> Sintesis CuO.....	58
7. Perhitungan <i>Yield</i> Arang.....	59
8. Perhitungan <i>Yield</i> Sintesis Graphite.....	59
9. Perhitungan <i>Yield</i> Sintesis nGO.....	60
10. Ukuran Partikel nGO dan CuO.....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jagung .....	7
2. Bonggol jagung .....	8
3. Skema pembuatan <i>graphene</i> dari <i>graphite</i> .....	10
4. Perbedaan struktur <i>graphene</i> dan GO .....	11
5. Skema ilustrasi sintesis GO.....	12
6. Gambaran mekanisme nanopartikel belerang pada bakteri .....	15
7. <i>Escherichia coli</i> .....	16
8. Bakteri <i>B. subtilis</i> .....	17
9. Skema penelitian .....	22
10. Hasil pembuatan katalis CuO.....	28
11. Hasil karbonisasi .....	29
12. Hasil sintesis <i>graphite</i> .....	31
13. Hasil sintesis nGO.....	32
14. Hasil sintesis S/CuO.....	33
15. Hasil impreg S/CuO/nGO .....	34
16. Hasil karakterisasi spektrum IR CuO.....	35
17. Hasil karakterisasi spektrum IR nGO .....	36
18. Hasil karakterisasi spektrum IR S/CuO .....	38
19. Hasil karakterisasi spektrum IR S/CuO/nGO .....	39
20. Hasil difaktogram XRD dari CuO.....	40
21. Hasil difaktogram XRD dari nGO .....	41
22. Hasil difaktogram XRD dari S/CuO/nGO .....	42
23. Spektrum absorbansi .....	43
24. Nilai band gap S/CuO/nGO .....	43

25. Mikrograf SEM S/CuO/nGO 1:1.....	44
26. Hasil uji MIC CuO.....	62
27. Hasil uji MIC nGO.....	62
28. Uji MIC S/CuO bakteri <i>E. coli</i> .....	63
29. Uji MIC S/CuO bakteri <i>B. subtilis</i> .....	63
30. Uji MIC S/CuO/nGO bakteri <i>E. coli</i> .....	63
31. Uji MIC S/CuO/nGO bakteri <i>B. subtilis</i> .....	64
32. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>E. coli</i> tanpa antibakteri.....	64
33. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>E. coli</i> tanpa penyinaran.....	64
34. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>E. coli</i> penyinaran 15 menit.....	65
35. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>E. coli</i> penyinaran 30 menit.....	65
36. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>E. coli</i> penyinaran 45 menit.....	65
37. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>E. coli</i> penyinaran 60 menit.....	66
38. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>B. subtilis</i> tanpa antibakteri.....	66
39. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>B. subtilis</i> tanpa penyinaran.....	66
40. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>B. subtilis</i> penyinaran 15 menit.....	67
41. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>B. subtilis</i> penyinaran 30 menit.....	67
42. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>B. subtilis</i> penyinaran 45 menit.....	67
43. Hasil uji difusi cakram bakteri <i>B. subtilis</i> penyinaran 60 menit.....	68

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Baru-baru ini resisten bakteri patogen terhadap antibiotik semakin meningkat. Hal ini menyebabkan antibiotik yang biasa digunakan tidak dapat lagi efektif untuk mengendalikan penyakit yang menular sehingga membuat masalah baru dalam bidang kesehatan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan suatu antibiotik untuk mengatasi maupun mencegah dari penyakit infeksi menyebabkan penggunaannya mengalami peningkatan yang signifikan. Bahkan antibiotik sendiri digunakan secara tidak rasional dan tidak tepat untuk penyakit yang tidak perlu dan ditemukan antibiotik yang dijual bebas tanpa resep dokter. Akibatnya perkembangan baru terjadi yakni bakteri menjadi resisten terhadap antibiotik. Salah satu antibakteri baru yakni antibakteri yang terbuat dari nano *graphene oxide* yang disintesis menggunakan limbah bonggol jagung dengan gabungan komposit *oxide* (Desrini, 2015).

Jagung yang diproduksi di provinsi Lampung menjadi salah satu sentra produksi di Indonesia dengan kontribusinya hingga 8,6%. Hasil tanam jagung di provinsi Lampung memiliki luas hingga 486.313 hektar dengan produktivitas 5,3 ton per hektar. Potensi ini akan menjadi tantangan yang cukup signifikan bagi masyarakat Lampung dalam pengelolaan limbah yang dihasilkan dari hasil panen jagung yakni limbah bonggol jagung. Limbah bonggol jagung disebut sebagai limbah lignoselulosik. Hal ini disebabkan oleh komposisi senyawa utama bonggol jagung yang tersusun dari selulosa (48,1%), hemiselulosa (37,2%), dan sebesar (14,7%) lignin (Hidayati *et al.*, 2016). Dimana selulosa dan hemiselulosa memiliki kandungan atom karbon, oksigen dan hidrogen yang merupakan unsur penyusun *graphene oxide* (Tsai *et al.*, 2001).

Produksi dari limbah bonggol jagung yang tinggi tidak diimbangi dengan pemanfaatan secara optimum, akan menyebabkan permasalahan bagi lingkungan. Sampai saat ini pemanfaatan limbah bonggol jagung masih sangat terbatas, juga memiliki nilai jual rendah. Oleh karena itu, untuk mengurangi limbah bonggol jagung di Indonesia dilakukan dengan berbagai macam cara seperti, digunakan sebagai, biohidrogen bahan baku karbon aktif, dan pupuk (Tsai *et al.*, 2001).

*Graphene oxide* saat ini muncul dalam bentuk material yang baru yakni nano berbasis karbon. *Graphene oxide* memiliki kelarutan dalam air dan pelarut lain yang memungkinkan dapat diendapkan dalam suatu substrat luas seperti jaringan tipis atau film, berpotensi sebagai makro elektronik. Digunakan bahan antibakteri non-tradisional seperti (NPs) nanopartikel (Kumar dkk, 2008).

Nano *graphene oxide* atau dikenal sebagai nGO merupakan suatu bahan yang berbasis karbon dan banyak digunakan dalam biomedis karena ukurannya yang kecil, memiliki sifat optik intrinsik, serta luas permukaan spesifik yang besar, dan mudah untuk difungsikan. Beberapa tahun terakhir ini, suatu nanomaterial yang berbasis *graphene* banyak digunakan sebagai matriks immobilisasi untuk berbagai enzim dalam aplikasi biokatalitik. Selain nano *graphene oxide* material seperti CuO dan sulfur memiliki potensi sebagai antibakteri (Wang *et al.*, 2013).

Nanopartikel banyak dikembangkan terutama dalam penyembuhan luka yang prosesnya dikenal dengan nama *Wound Healing* (Nugraha, 2020). Dimana kegunaan dari nanopartikel sendiri dikembangkan sebagai antibakteri baik untuk suatu sintesis nanopartikel tembaga (Cu) salah satunya sintesis secara kimia dan fisika. Dimana kekurangan dari metode tersebut terletak pada kebutuhan suatu reagen yang memiliki kondisi reaksi (tekanan dan suhu tinggi) yang berbahaya, mahal serta membutuhkan waktu yang cukup lama dalam prosesnya (Lanje *et al.*, 2013).

Nanopartikel tembaga diketahui merupakan bahan yang mempunyai potensi dalam bidang teknik kimia, dimana aplikasinya dalam suatu proses katalik, karena mempunyai kemampuan sebagai pembunuh bakteri (Rengga *et al.*, 2017).

Kegunaan dari nanopartikel tembaga dikembangkan sebagai antibakteri. Beberapa metode yang digunakan untuk mensintesis baik secara fisika dan kimia. Masing-masing metode tersebut memiliki kekurangan yang terletak pada, kondisi reaksi (suhu dan tekanan tinggi) yang berbahaya, reagen mahal dan memerlukan proses yang memakan waktu lama. CuNP atau nanopartikel tembaga sangat umum digunakan, karena murah dan memiliki sifat oksidasi yang lebih baik dari logam lainnya, dan tidak toksik untuk mamalia. Nanopartikel tembaga memiliki aktivitas farmakologi pada bidang kesehatan yang sangat luas yakni sebagai antibakteri, antijamur, antiparasit dan lainnya (Ramzan *et al.*, 2019).

Tembaga (Cu) diketahui dapat menjadi antibakteri sehingga dapat diaplikasikan sebagai pengontrolan bakteri (Grass *et al.*, 2011). Nanopartikel CuO memiliki kemampuan yang sangat baik sebagai antimikroba untuk virus, bakteri, dan mikroorganisme eukariotik. Kemampuan yang dimiliki oleh nanopartikel CuO untuk menembus dinding sel bakteri, nantinya akan membentuk lubang pada permukaan sel, sehingga terakumulasi pada permukaan sel tersebut. Akan menyebabkan suatu perubahan struktural pada membran sel permeabilitas dan kematian sel. Sehingga nanopartikel CuO diketahui berpotensi sebagai suatu agen antimikroba (Ahamed *et al.*, 2014). Penggabungan antara Nano *Graphene Oxide* (nGO) dengan tembaga yang mempunyai sifat antibakteri dapat dipakai pada uji bakteri *E. coli* dan *B. subtilis*.

Belerang merupakan suatu unsur yang tidak hanya merupakan mineral alami yang melimpah, namun juga diproduksi sebagai produk sampingan dari produksi petrokimia. Aplikasinya yang kurang mendapat perhatian adalah sifatnya sebagai antibakteri dari polimer dengan kandungan sulfur yang tinggi. Sulfur dikenal dalam sejarah sebagai antibakteri, secara topikal untuk fungisida dan bakterisida pengobatan infeksi kulit dan secara oral yang digunakan untuk infeksi bakteri (Saida *et al.*, 2012).

Baru-baru ini mempelajari sifat permukaan antibakteri dari poli (sulfur-co-diisopropenyl benzene) (S-DIB). Dimana di penelitiannya menunjukkan bahwa permukaan yang sudah dilapisi polimer dapat membunuh 72% dari *E. coli* untuk sampel 50 persen berat belerang (Deng, *et al.*, 2018). Dimana hal ini sangat menarik untuk dicoba dan digabungkan dengan CuO yang diharapkan dapat meningkatkan efektivitasnya sebagai antibakteri.

Cu, Ge, dan SiO<sub>2</sub> merupakan suatu film *graphene* monolayer yang memiliki aktivitas antibakteri. Film *graphene* monolayer yang paling baik utama atau baik adalah Ge dan Cu. Dimana Cu dapat menjadi penghambat pertumbuhan *B.subtillis* dan *E. coli* (Pham *et al.*, 2015). Membunuh bakteri juga dapat menggunakan oksida logam karena saat ion logam akan dilepaskan akan menghasilkan ROS saat kontak dengan bakteri (Warnes dan Keevil, 2011). Aktivitas antibakteri dalam oksida logam biasanya dikaitkan dengan pelepasan ion logam dan morfologi, pada bentuk dan ukuran. Seperti Cu kubik Kristal memiliki bidang Kristal terekspos maksimum (100) hal ini menunjukkan antibakteri mengalami kinerja yang terbaik dikarenakan ROS diproduksi pada bidang Kristal (100) (Feng dkk, 2017). Lembaran nano *graphene* sangat menjanjikan untuk digunakan sebagai suatu bahan pendukung bagi NP oksida logam karena struktur nano 2D yang unik dan memiliki sifat yang sangat luar biasa (Zavareh dan Norouzi, 2017).

Nano *graphene oxide* (nGO) dapat digunakan serta digabungkan dengan CuO dan Sulfur yang mempunyai sifat antibakteri, pada uji antibakteri *B. subtillis* dan *E. coli*. Sintesis GO yang sangat umum digunakan adalah metode Hummers dikarenakan produk yang dihasilkan mempunyai laju oksidasi yang tinggi serta bahan-bahan yang digunakan pada metode Hummers mudah didapatkan dan tidak terlalu berbahaya jika dibandingkan dengan metode lainnya. *Graphite oxides* (GO) akan direaksikan dengan kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>) dan NaNO<sub>3</sub>, dalam larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pada metode Hummers (Kusrini *et al.*, 2019).

Bakteri *Bacillus* merupakan bakteri yang dapat menyebabkan infeksi serius seperti pada kasus yang dilaporkan oleh penelitian sebelumnya Ioannis *et al.*, (2018) Adapun bakteri *E. coli* merupakan bakteri penyebab infeksi oleh makanan atau air yang terkontaminasi oleh bakteri tersebut, terutama daging yang tidak matang dan sayuran mentah, hal ini berbahaya bagi lambung dan usus karena dapat menyebabkan diare ringan, sakit perut dan demam. Penanganan terhadap penyakit yang disebabkan oleh *Eschericia coli* ini juga dapat dilakukan dengan obat-obatan antibiotik, contohnya antibiotik alami dari cokelat yang telah diteliti potensinya.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Aprilia Alfiani pada tahun 2020, yang berjudul Uji Efektivitas Material Komposit *Graphite Oxide* dan Titanium Dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) sebagai Antimikroba dengan Metode Difusi. Dimana material *Graphite Oxide* dengan Titanium Dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) digunakan sebagai antibakteri, pada bakteri *E. coli* dan *S. aureus* menggunakan metode difusi dimana adalah suatu metode paling disukai untuk dapat menguji aktivitas antibakteri tersebut, maka metode difusi ini dilakukan dengan tehnik cakram. Suatu cakram kertas saring atau *paper disk* berfungsi sebagai lokasi penampungan zat antimikroba. Material tersebut memiliki kemampuan sebagai resistensi atau antibakteri. Untuk penelitian tersebut dikatakan berhasil karena  $\text{GO/TiO}_2$  hasilnya yakni zona hambat terhadap bakteri *S. aureus* dan *streptococcus* tidak memiliki kemampuan sebagai antigen bakteri dan hanya dapat membunuh bakteri. Sedangkan *E. coli* memiliki kemampuan sebagai resistensi atau anti pembunuh bakteri (antibiotik). Sehingga, selektivitas dan keamanannya menunjukkan potensi sebagai pelapis antimikroba.

Antibakteri baru dari nano  $\text{CuO/S/nGO}$  belum pernah dilakukan maka, berdasarkan latar belakang tersebut, saya mengusulkan proposal penelitian dengan judul Sintesis dan Karakterisasi  $\text{CuO/S/nGO}$  dari Limbah Bonggol Jagung yang Diiradiasi Sinar Tampak sebagai Antibakteri.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapula tujuan dari riset ini adalah sebagai berikut.

1. Mensintesis *natural graphite* dari limbah bonggol jagung menjadi nGO yang didoping dengan S/CuO.
2. Uji aktivitas antibakteri S/CuO/nGO terhadap bakteri *B. subtilis* dan *E.coli*.
3. Mendapatkan rasio optimum dari S/CuO/nGO pada penelitian ini sebagai antibakteri.

## 1.3 Manfaat Penelitian

1. Memberi informasi sintesis dan karakterisasi nGO dari limbah bonggol jagung yang didoping dengan S/CuO.
2. Memberi informasi S/CuO/nGO dapat digunakan sebagai antibakteri.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Jagung

Salah satu jenis tanaman pangan biji – bijian dari *family* rumput – rumputan dan juga tanaman semusim dikenal tanaman jagung. Di Indonesia hampir setiap tahunnya terjadi peningkatan produksi jagung. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi limbah bonggol jagung di Indonesia pada tahun sebesar 5,7 ton per tahun (Sari dkk, 2018).

Adapun klasifikasinya menurut (Tjirosoepomo, 1983), adalah sebagai berikut.

Kerajaan : Plantae

Divisio : Angiospermae

Kelas : Monocotyledone

Ordo : Poales

Familia : Poaceae

Genus : *Zea*

Spesies : *Zea mays L. Nama binomial*

Dari klasifikasi di atas maka gambar dari jagung ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Jagung (sumber: foto pribadi).

Bonggol jagung atau dengan nama ilmiah *Zea Mays* memiliki kandungan yang terdiri atas 36% hemiselulosa, 16% lignin dan selulosa sebesar 41%, (Hidayati *et al.*, 2016). Selulosa merupakan senyawa organik yang terdiri dari atom oksigen, hidrogen, dan karbon dengan rumus kimia  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . adapula gambar dari bonggol jagung sendiri ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Bonggol Jagung (sumber: foto pribadi)

Komposisi elemen dari bonggol jagung sendiri yakni adalah nitrogen (0,9%), oksigen (46,3%), Hidrogen (6%) dan sebanyak (46,8 %) karbon (Tsai *et al.*, 2001). Bonggol jagung memiliki potensi untuk bahan baku utama produksi nano-GO karena kandungannya. Kelas baru yang berbasis karbon yang dapat diusulkan untuk aplikasi biomedis, yakni nano-*Graphene Oxide* (nGO) karena ukurannya kecil, luas permukaan spesifik besar, sifat optik intrinsik, dan mudah memfungsionalisasikan. Metode yang umum digunakan untuk produksi nGO adalah metode Tour, Staudenmaier, Hummers-Offeman, dan Brodie (Wang *et al.*, 2013).

## 2.2 Karbon

Karbon merupakan salah satu material yang memiliki aneka ragam morfologi, yakni karbon koloidal, *nanotube*, *fullerenese*, *graphite*, *graphene*, *colloidal sphere*, *nanofiber*, *porous carbon*, *nanowire*, dan karbon aktif (Hu *et al.*, 2010).

Morfologi yang memiliki perbedaan inilah yang dapat dimanfaatkan terhadap karbon tersebut, contohnya: adsorben, teknologi pemisahan, penyimpanan gas, elektroda baterai, pendukung katalis, template material berpori, sel biologi dan suatu sel bahan bakar. Keunggulan-keunggulan yang dimiliki oleh karbon menjadikannya banyak diteliti, seperti: kapasitas volumetrik tinggi, murah, tidak berbahaya, berlimpah, mudah dikompositkan, kapasitas reversibel tinggi dan juga stabil (Cahyani, 2019).

Karbon memiliki bentuk alotrop yang umum yakni dikenal *graphite* dimana merupakan sebuah tumpukan dari kumpulan lapisan atom karbon dengan gaya *van der Waals* lemah dan hibridisasi  $sp^2$ . Intan atau berlian bersamaan dengan *graphite* juga memiliki bentuk alotrop karbon paling umum karena, alotrop ini adalah mineral yang berlimpah dan alami sejak zaman dahulu (K. Spyrou dan P. Rudolf, 2014). Salah satu bahan yang berwarna hitam abu-abu dan paling lembut serta dikenal sebagai konduktor listrik yang baik adalah *graphite*. Adapun karbon amorf yang tidak murni yakni, arang, jelaga dan batubara. Dimana jelaga adalah suatu padatan hitam yang berasal dari pembakaran tidak sempurna dari bahan bakar fosil dan organik (Anggraini, 2017).

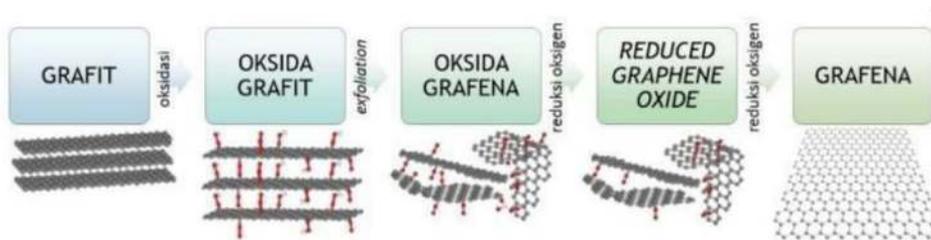
### 2.3 Nanomaterial

Material yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*) baik dari sifat fisika maupun kimia dikenal sebagai material berukuran nanometer. Reaktivitas katalis, sifat magnetik, sifat elektronik, dan sifat optik baru akan dijumpai pada material nano. Sifat-sifat ini tidak akan ditemui terhadap material berukuran  $>100$  nanometer. Luas permukaan material ukuran nanometer menjadi alasan utama untuk perubahan sifat ini (Budianto, 2015). *Graphene* menjadi salah satu material nanometer yang saat ini diminati untuk dikembangkan. Karena memiliki sifat mekanik termal, dan kelistrikan yang luar biasa inilah yang menjadikan *graphene* menarik untuk diteliti (Aisyah, 2016).

Banyak keuntungan dan kemudahan yang diberikan oleh suatu nanoteknologi sehingga dianggap sebagai evolusi dari ilmu pengetahuan. Teknologi ini melibatkan suatu molekul dan atom dengan ukuran yang lebih kecil 100 nm (nanometer), tetapi dari beberapa pakar menyarankan untuk pembesaran skala dari 100 nm (nanometer) menjadi 300 nm (nanometer), maka nanoteknologi merupakan benda yang dikenal memiliki ukuran material lebih kecil 300 nanometer (Winarno dan Fernandez, 2010).

## 2.4 Graphene

Material baru terunggul, tertutup, dan terkuat disebut *graphene* terbentuk dari satu lapis atom C (karbon) dengan struktur heksagonal menyerupai sarang lebah. Kata *graphene* berasal dari kata *graphite* + ene (Truong and Lee, 2013). *Graphene* didapatkan melalui sintesis *graphite* menjadi lembaran-lembaran *graphene*, hal ini ditunjukkan oleh Gambar 1. *Graphite* merupakan mineral dari salah satu variasi bentuk dari unsur karbon. Penggunaannya mencakup teknologi berkembang dan baru yakni, *Lithium-ion batteries, nuclear, fuel cells, solar power and wind, semiconductors, or even graphene* menjadikannya sangat penting dalam bidang industri (Crossley, 2000; Balan *et al.*, 2010). Secara sederhana *graphene* didapatkan melalui beberapa tahap yakni, *graphite* dioksidasi menjadi *graphite oxide* lalu lembaran-lembaran *graphite* tereksfoliasi dalam air dan membentuk oksida *graphene*, kemudian konsentrasi dari  $O_2$  dalam oksida *graphene* direduksi sampai habis dan akan menghasilkan lapisan *graphene* (Syakir dkk., 2012).

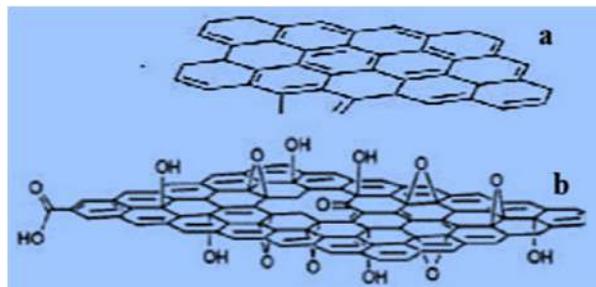


**Gambar 3.** Skema pembuatan *graphene* dari *graphite* (Shao, 2012)

## 2.5 Graphene Oxides

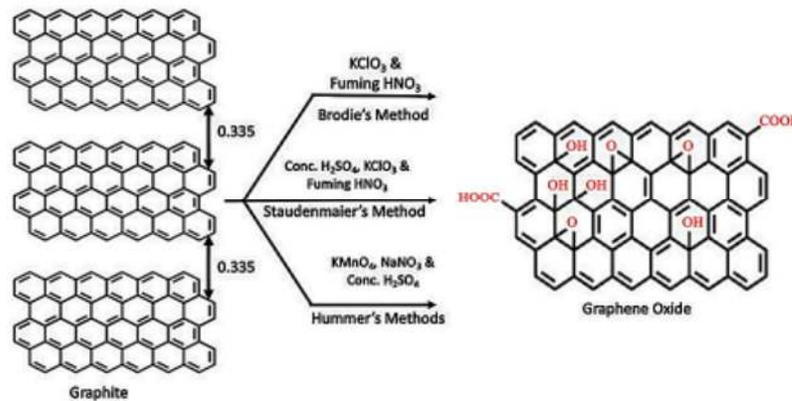
GO diperoleh dari *graphene* yang dioksidasi, memiliki struktur yang sama dengan *graphene* yakni karbon heksagonal. Pada GO *nanosheet* terdapat oksigen utama yang mengandung gugus terdistribusi yakni, karboksilat (-COOH), epoksida (C-O-C), fenolik hidroksil (-OH), dan gugus karbonil (C=O) lainnya (Aliyev dkk., 2019). *Graphene oxide* atau biasa disebut GO merupakan suatu senyawa campuran antar hidrogen, oksigen, dan karbon yang didapatkan dari proses oksidasi kuat dari *graphite* (Novoselov *et al.*, 2004). lapisan monomolekul tunggal *graphite* yang dimiliki *graphene oxide* sendiri dengan berbagai fungsi yang mengandung oksigen seperti karbonil, epoksida, hidroksil, dan gugus karboksil (Ray, 2014).

Senyawa turunan dari *graphene oxide* (GO) memiliki perbedaan yang terletak pada strukturnya. Pada *graphene* memiliki struktur berbentuk planar, sedangkan *graphene oxide* (GO) memiliki lengkungan yang disebabkan oleh adanya gugus oksigen. *Graphene oxide* (GO) memiliki struktur lembaran *graphene* yang terikat dengan oksigen dalam bentuk karbonil, epoksi, hidroksil, dan gugus karbonil (Bete, 2019). Sintesis *graphene* dengan metode yang konvensional yakni, sonikasi langsung dari *graphite*, *chemical vapor deposition* (CVD), pertumbuhan *epitaxial* pada SiC, mereduksi *graphene oxides* (GO), dan pengelupasan mikro mekanis dari *graphite* pengelupasan elektrokimia (Fauzi dan Wipsar, 2021).



**Gambar 4.** Perbedaan Struktur *Graphene* dan GO (a) Struktur material *graphene*, (b) Struktur material *graphene oxides* (Sumber: Solo dkk, 2021).

Ada tiga metode sintesis GO yakni, metode Hummers, metode Brodie, dan metode Staudenmaier. Saat *graphite* diubah menjadi GO, akan terjadi penambahan jarak antar lapisan meningkat hingga dua kali lipat tergantung lamanya waktu oksidasi berlangsung. Pada kasus *graphite* murni, jarak antar lapisannya meningkat dari 3,34 Å menjadi 5,62 Å setelah oksidasi berlangsung selama satu jam. Lalu diperluas lagi sekitar 7,35 Å setelah oksidasi berlangsung selama 24 jam (Adetayo, 2019).



**Gambar 5.** Skema ilustrasi sintesis GO (Adetayo, 2019).

## 2.5 Nano- Graphene Oxide

Bahan granular yang memiliki ukuran 20 sampai 100 nm disebut nano *graphene oxide* (nGO). nGO atau nano *graphene oxide* biasanya dikarakterisasi menggunakan zatasizer, spectrometer FTIR dan difraktometer sinar-X. Dimana pola XRD dari nGO ditunjukkan dengan karakterisasi puncak konsisten adanya gugus karbonil, epoksida, hidroksida, dan oksida. Sedangkan, jika analisis nGO (nano *graphene oxide*) menggunakan spektrofotometer FTIR, dengan karakterisasi rengangan karboksil C=O pada  $1719\text{ cm}^{-1}$ , rengangan epoksi C-O pada  $1227\text{ cm}^{-1}$ , rengangan aloksi C-O pada  $1031\text{ cm}^{-1}$ , rengangan aromatic C=C pada  $1608\text{ cm}^{-1}$ , rengangan C-H pada  $2893\text{ cm}^{-1}$ , dan gugus hidroksi pada  $3359\text{ cm}^{-1}$  (Park *et al.*, 2021).

GO nanosheet mempunyai sifat hidrofilik dan mudah terkelupas pada media air. Secara umum GO nanosheet memiliki gugus utama yakni karboksilat(-COOH) yang terletak pada tepi, sedangkan gugus epoksi (C-O-C) dan gugus fenolik hidroksil (-OH) terletak dibidang basal. *Graphite* terdiri atas tumpukan lapisan *graphene* yang memiliki jarak antarlar yakni sebesar 0,335 nm yang diikat oleh gaya *van der waals* (Aliyev *et al.*, 2019).

## 2.6 Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan logam yang ditemukan sebagai unsur dalam jumlah yang relatif besar pada elektrolisis, pemurnian tembaga dan pada pemisahan dari bijihnya. Tembaga atau (Cu) mempunyai sifat antibakteri yang bisa diaplikasikan dalam pengontrolan atau penghambat pertumbuhan bakteri (Grass *et al.*, 2011). Dimana saat oksidasi ion logamnya dilepaskan dengan membawa muatan positif yang akan menyebabkan interaksi elektrostatis. Kemudian ion logam direduksi oleh gugus tiol pada protein dan enzim yang akan menonaktifkan respirasi dan metabolisme pada sel sampai terjadi kematian sel (Smetana *et al.*, 2008).

Kini banyak peneliti yang tertarik dengan kemampuan semikonduktor sebagai antibakteri seperti NiO, ZnO, CuO, dan Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Dimana bahan-bahan semikonduktor ini dapat mengontrol atau menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara berdifusi ke dalam sel bakteri. *B. subtilis* dan *E. coli* merupakan bakteri patogen yang erat hubungannya dengan kehidupan manusia. adapula penyakit yang secara tidak langsung berhubungan dengan air limbah, biasanya bakteri pada air sebagai indikator penyebabnya yakni bakteri *E. coli* dimana diketahui dapat menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan manusia (Baek and King, 2011).

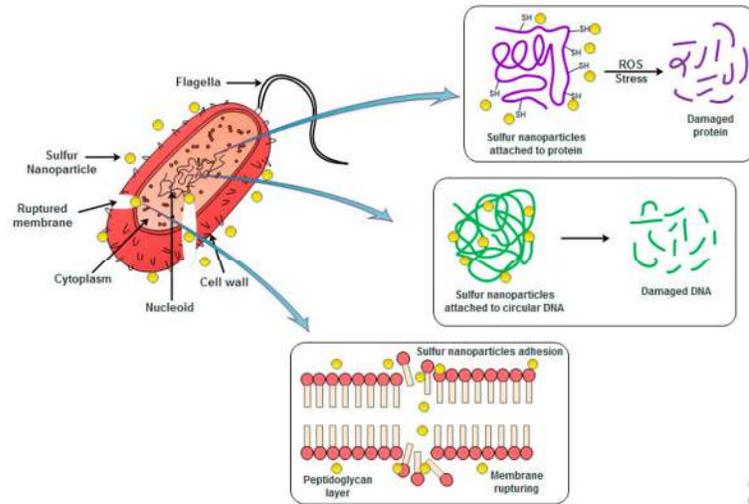
## 2.7 Sulfur

Elemen yang paling serbaguna digunakan pada bidang biomedis dikenal dengan sulfur. Memiliki sifat fleksibilitas yang unik, selain itu belerang adalah salah satu obat paling berguna bagi manusia. Belerang terdiri dari berbagai macam asam amino seperti taurin, metionin, sistin, sistein, homosistin, dan homosistein yang dikenal sebagai elemen makanan mutlak. Belerang mempunyai sejarah digunakan pada gangguan dermatologis seperti kudis, shampo antiketombe, jerawat dan penangkal paparan akut bahan radioaktif (Keri dan Shiman, 2009).

Saat belerang diserap kulit, maka akan dimetabolisme menjadi sulfida anorganik atau menjadi senyawa *sulfo organic* (Parcell, 2002). Sulfur dapat mengobati penyakit vitiligo, pada studi kasus 2 tahun di *Homoeopathy* atau dikenal sebagai *Regional Research Institute* ditemukannya peningkatan yang sangat baik pada pasien yang memiliki bercak putih setelah diobati dengan belerang (Jha, 2009).

Berdasarkan skema mekanisme, cara kerja nanopartikel belerang terhadap jamur dan bakteri yakni, sebagai berikut:

- (i) Nanopartikel sulfur yang bermuatan negative akan berinteraksi kuat dengan enzim dan protein pada target biologisnya, dengan cara menyangram permukaan sel, kemudian membentuk lubang hingga terjadi kebocoran komponen seluler.
- (ii) Nanopartikel sulfur akan menghasilkan ion belerang yang membentuk H<sub>2</sub>S toksik dan berinteraksi dengan -SH dan akan menghasilkan ROS, yang mengubah sifat lipid dan protein.
- (iii) Lalu pembentukan H<sub>2</sub>S adalah pengurangan nanopartikel belerang yang berinteraksi dengan NADH
- (iv) Atau dapat juga interaksi nanopartikel sulfur dengan DNA yang mengakibatkan kehancuran dan kematian sel (Rai dkk, 2016).



**Gambar 6.** Gambaran mekanisme nanopartikel belerang pada bakteri (sumber: Rai dkk, 2016).

## 2.8 Bakteri

### 2.8.1 Bakteri *E. coli*

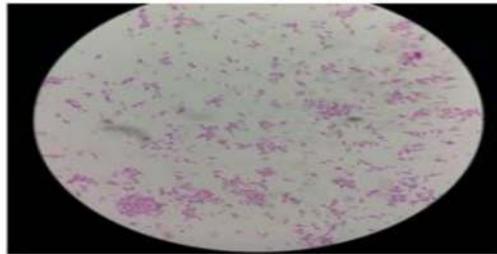
Menurut Hardjoeno, 2007 klasifikasi *E. coli* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria  
 Filum : Proterobacteria  
 Kelas : Gamma Proteobacteria  
 Ordo : Enterobacteriales  
 Family : Enterobacteriaceae  
 Genus : *Escherichia*  
 Species : *Escherichia coli*

*E. coli* merupakan salah satu bakteri koliform yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. *Enterobacteriaceae* merupakan bakteri enterik atau bakteri yang dapat hidup dan bertahan di dalam saluran pencernaan. *E. coli* merupakan bakteri berbentuk batang bersifat Gram-negatif, fakultatif anaerob, tidak membentuk spora, dan merupakan flora alami pada usus mamalia. Beberapa strain bakteri ini memberikan manfaat bagi manusia, misalnya mencegah kolonisasi bakteri patogen pada pencernaan manusia. Namun, ada beberapa kelompok lain

yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia, yang dikenal sebagai *E. coli* patogen (Yang and Wang, 2014).

Struktur dinding sel bakteri negatif *E. coli* mempengaruhi hasil zona hambat. Struktur dinding sel bakteri Gram negatif terdiri dari lipopolisakarida. Dinding sel bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis dari dinding sel bakteri Gram positif dengan beberapa ikatan silang peptida. Bagian luar dari lapisan peptidoglikan tersusun atas lapisan lipoprotein, fosfolipid, dan polimer yang unik untuk dinding sel Gram negatif yang disebut lipopolisakarida. Dinding sel *E. coli* lebih kompleks sehingga lebih sulit ditembus oleh senyawa antibakteri (Maryadi dkk, 2017).

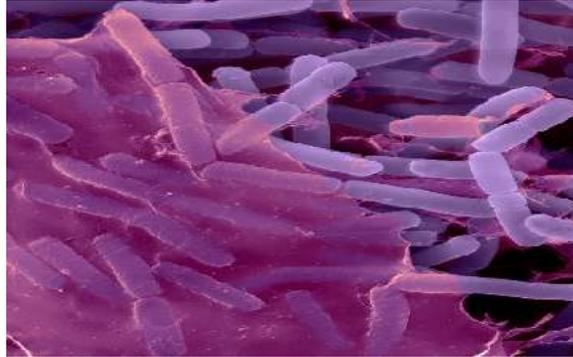


**Gambar 7.** *E. coli* (Sumber: Rahayu, 2018).

### 2.9.2 Bakteri *Bacillus Subtilis*

Menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8 th editions* oleh Hadioetomo tahun 1985, yakni *B. subtilis* mempunyai klasifikasi:

Kingdom : Procaryotae  
 Divisi : Bacteria  
 Kelas : Schizomycetes  
 Bangsa : Eubacteriales  
 Suku : Bacillscese  
 Marga : *Bacillus*  
 Jenis : *Bacillus sp.*



**Gambar 8.** Bakteri *B. subtilis*

Bakteri *B. subtilis* merupakan bakteri non pathogen, yang sering digunakan untuk keperluan laboratorium, namun dari penelitian oleh Ioannis *et al.*, (2018) menyebutkan bahwasanya *B. subtilis* merupakan penyebab dari penyakit abses serebral spontan yang dialami oleh laki laki berusia 51 tahun, memiliki riwayat medis sebelumnya, mengeluhkan episode berulang dari kelemahan ekstremitas kiri atas, selama bulan lalu, yang telah memburuk dalam 48 jam terakhir. Selama presentasinya di Departemen Darurat ia mengalami kejang kemudian dilakukan lah pemeriksaan medis diagnosis akhir dari kasus yang disajikan adalah abses serebral spontan akibat *B. subtilis*. Dalam kasus ini disebutkan penyebabnya adalah kurangnya kebersihan mulut yang menyebabkan infeksi tersebut terjadi, sehingga anggapan bahwa *B. subtilis* sebagai non patogen dapat juga mengakibatkan infeksi yang serius.

## 2.10 Uji Aktivitas Antimikroba

Metode yang digunakan untuk pengukuran aktivitas antibakteri disebut metode difusi. Metode difusi agar (penyebaran) kerap digunakan untuk melihat aktivitas antibakteri. Metode ini menggunakan cakram kertas/silinder gelas atau pencetak lubang yang dapat digunakan sebagai bahan uji dalam jumlah tertentu yang kemudian ditempatkan pada media padat yang telah ditanami oleh biakan bakteri yang akan diperiksa, setelah itu inkubasi. Garis tengah diameter daerah hambatan jernih yang melingkari bahan uji dianggap sebagai ukuran kekuatan hambatan bahan uji terhadap bakteri yang dianalisis. Faktor yang dapat mempengaruhi metode difusi agar yaitu fisika dan kimia seperti sifat pembenihan, daya difusi, ukuran molekul dan stabilitas bahan uji. Meskipun demikian, standarisasi keadaan memungkinkan penentuan kerentanan suatu organisme (Jawetz, 2008).

Selain metode difusi, metode yang dapat digunakan sebagai uji aktivitas antibakteri yaitu metode pengenceran agar dan metode dilusi. Metode pengenceran agar cocok digunakan sebagai pengamatan suatu kelompok besar isolat dengan rentang konsentrasi antimikroba yang sama. Kelemahan metode ini yaitu hanya dapat digunakan sebagai isolasi tipe organisme yang dominan pada populasi campuran (Jawetz, 2008).

## 2.11 Analisis S/CuO/nGO

### 2.11.1 FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

*Fourier transformed infrared* (FTIR) adalah instrumentasi yang digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang  $14000\text{ cm}^{-1}$  hingga  $10\text{ cm}^{-1}$  berdasarkan panjang gelombang tersebut daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yaitu IR dekat ( $14000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ ) yang peka terhadap vibrasi *overtone*, IR sedang ( $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ ) terhubung dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut, dan IR jauh ( $400\text{-}10\text{ cm}^{-1}$ ) untuk menganalisis molekul yang di dalamnya

terdapat atom-atom berat seperti senyawa anorganik tapi membutuhkan teknik khusus (Schechter *et al.*, 1997).

### **2.11.2 SEM (*Scanning Electron Microscope*)**

*Scanning electron microscope* (SEM) adalah sebuah alat mikroskop elektron yang digunakan untuk mengamati permukaan suatu objek padat secara langsung.

*Scanning electron microscope* merupakan jenis mikroskop elektron yang melibatkan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari sampel yang telah dianalisis. Alat ini dapat mengamati suatu objek dengan perbesaran 10-3.000.000 kali dan mempunyai resolusi yang tinggi, hal ini disebabkan karena panjang gelombang de Broglie yang memiliki elektron lebih pendek dari pada gelombang OM. Resolusi yang dapat dihasilkan SEM mencapai kisaran 1-10 nm (Prasetyo, 2011).

### **2.11.3 XRD (*X-Ray Diffraction*)**

*X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk analisis komposisi fasa atau senyawa pada material dan juga karakterisasi kristal. Prinsip dasar XRD adalah mendifraksi cahaya yang melalui celah kristal. Difraksi cahaya oleh kisi-kisi atau kristal ini dapat terjadi apabila difraksi tersebut berasal dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom, yaitu sekitar 1 angstrom. Radiasi yang digunakan berupa sinar-X, elektron, dan neutron.

Prinsip kerja dari XRD dapat dijelaskan sebagai berikut. Setiap senyawa terdiri dari susunan atom-atom yang membentuk bidang tertentu. Jika sebuah bidang memiliki bentuk yang tertentu, maka partikel cahaya (foton) yang datang dengan sudut tertentu hanya akan menghasilkan pola pantulan maupun pembiasan yang khas. Dengan kata lain, tidak mungkin foton yang datang dengan sudut tertentu pada sebuah bidang dengan bentuk tertentu akan menghasilkan pola pantulan ataupun pembiasan yang bermacam-macam. Sebagai gambaran, bayangan sebuah objek akan membentuk pola yang sama seandainya cahaya berasal dari sudut datang yang sama. Kekhasan pola difraksi yang tercipta inilah yang dijadikan

landasan dalam analisa kualitatif untuk membedakan suatu senyawa dengan senyawa yang lain menggunakan instrumen XRD (Setiabudi dkk, 2012).

#### **2.11.4 DRS (*Diffuse Reflectance Spectroscopy*)**

Pengukuran dengan DRS biasanya dilakukan dengan UV-*visible* yang dilengkapi dengan reflektansi difusi (*integrating sphere*) yang mampu mengumpulkan pantulan. *Integrating sphere* adalah bola berongga yang dilapisi dengan bahan putih dengan reflektansi difusi mendekati 1. Penentuan energi *band gap* dengan UV-*Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy* dihasilkan dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-*Vis* Difusi Reflektansi (Haris *et al.*, 2014).

Metode UV-*Vis Diffuse Reflectance* didasarkan pada pengukuran UV-*Vis* yang direfleksikan oleh sampel. Ketika foton mengenai bahan (material karbon) maka sebagian akan diserap, dipantulkan dan ditransmisikan energi celah pita (*band gap*) merupakan hal yang penting bagi material karena energi tersebut merupakan salah satu faktor CDs yang mempengaruhi kinerja piranti semikonduktor dalam perpindahan elektron dan *hole* (Abdullahi *et al.*, 2016).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

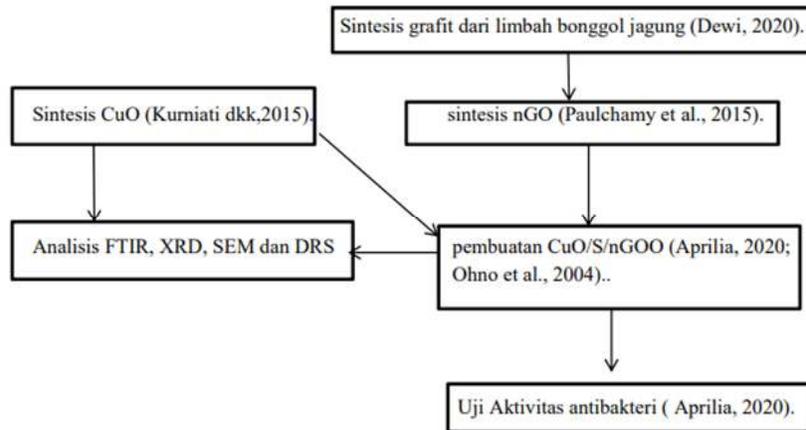
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2022 hingga Mei 2023 di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Uji aktivitas antibakteri dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Analisis XRD dilakukan di Universitas Gajah Mada. Analisis FTIR dilakukan di ITB Institut Teknologi Bandung. Analisis DRS di Laboratorium UI-*Chem*, Universitas Indonesia.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang disiapkan untuk digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut, gelas *beaker*, neraca analitik, *heating magnetic stirrer*, *sentrifuge*, spin bar, *thermometer*, oven, lemari asam, *furnance*, *icebath*, desikator, sonikasi, pH meter, inkubator, FTIR, XRD, SEM, DRS UV-*vis*, cawan petri, pipet volumetrik, *stopwatch*, *Biosafety Cabinet* (BSC) dan lampu *visible*.

Adapun bahan yang disiapkan untuk digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut, serbuk bonggol jagung, prekursor  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , larutan pectin,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , HCl 1M, akuades, natural graphite hasil sintesis,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (95%),  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%),  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ , larutan ammonia, barium klorida ( $\text{BaCl}_2$ ), Thiourea etanol, Bakteri *B. subtilis*, Bakteri *E. Coli*, *nutrient*, media agar, *plastic wrap*, tisu dan kapas.

### 3.3 Prosedur Kerja



**Gambar 9.** Skema Penelitian

#### 3.3.1 Tahapan Pembuatan Katalis CuO

Sebanyak 12 gram pektin dilarutkan dengan 400 mL akuades di stirrer sampai homogen kurang lebih selama 3 jam, lalu dimasukkan *precursor*  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  yang dilarutkan dalam 500 mL akuades kedalam 2 botol infus yang bervolume sama dan atur kecepatan agar habisnya bersamaan, di sertai dengan penambahan larutan ammonia sampai pH 11 dengan mempertahankan suhu dibawah  $80^\circ\text{C}$ , distirrer sampai spin bar sudah tidak bergerak, lalu dimasukkan kedalam kulkas hingga beku, dan di *freezdry* dan dikalsinasi pada suhu  $700^\circ\text{C}$ , oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  lalu dianalisis dengan XRD dan FTIR untuk mengetahui apakah senyawa CuO terbentuk (Kurniati dkk, 2015).

#### 3.3.2 Tahapan Pembuatan nGO

##### a) Karbonisasi Bonggol Jagung

Tahap karbonisasi dimulai dengan preparasi serbuk bonggol jagung. Pertama, limbah bonggol jagung dipotong kecil-kecil, dan digiling hingga teksturnya berubah menjadi serbuk halus. Kemudian, serbuk dikeringkan dalam oven hingga warna serbuk berubah menjadi kuning kecoklatan pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Serbuk yang telah dikeringkan dimasukkan kedalam cawan krus, kemudian

dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 350°C selama 2 jam dengan heating rate 10°C/menit. Arang yang diperoleh dari hasil pembakaran ditempatkan dalam desikator selama 15 menit lalu dihaluskan dengan mortar untuk digunakan pada tahap selanjutnya (Dewi, 2020).

b) Sintesis *Natural Graphite*

Sebanyak 5 gr karbon dicampurkan dengan 500 mL akuades dan distirer selama 30 menit. Selanjutnya penambahan 4 mL FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, dan distirer kembali selama 15 menit ditambahkan larutan HCl 1M sampai pH 2 distirer kembali dengan suhu 60°C selama 5 jam. Dan akan terbentuk endapan, endapan tersebut selanjutnya dinetralkan dan dioven overnight pada suhu 50°C dan dioven kembali pada suhu 110°C selama 5 jam, kemudian didesikator selama 15 menit (Dewi, 2020).

c) Sintesis nGO

Sebanyak 5 gr *Graphite* dengan 2,5 gram NaNO<sub>3</sub> campurkan dengan 120 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> lalu stirrer selama 10 menit dalam *ice bath* dan tambahkan 15 gram KMnO<sub>4</sub> sedikit demi sedikit, dan di campurkan pada suhu di bawah 5°C stirrer Selama 3 jam, setelah 1 jam di stirrer kembali tanpa ice bath selama 15 menit dengan *temperature* 98°C (tidak lebih) dengan penambahan akuades sedikit demi sedikit sampai batas tera 400 mL. Secara perlahan-lahan ditambahkan 15 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan distirrer selama 5 menit. Di dapatkan suspensi berwarna emas lalu suspensi yang didapatkan dinetralkan dengan sentrige dan HCl 5% lalu tes menggunakan barium klorida, didapatkan endapan. Kemudian dicuci dengan akuades sampai netral dan ultrasonifikasi selama 2 jam. Keringkan dengan oven pada suhu 60°C (Paulchamy *et al.*, 2015).

### 3.3.3 Tahap Pembuatan S/CuO/nGO

Thiourea dilarutkan dalam 100 mL akuades kemudian distirrer selama 30 menit, selanjutnya penambahan etanol sebanyak 10 mL ( dilakukan dengan 4 kali penambahan setiap penambahan ¼ dari 10 mL etanol), ditambahkan ¼ etanol pertama kemudian distirrer kembali selama 30n menit, dilakukan semballi pada

penambahan  $\frac{1}{4}$  etanol kedua, untuk penambahan  $\frac{1}{4}$  etanol yang ketiga distirer selama 15 menit dan ditambahkan CuO lalu distirer kembali selama 30 menit, penambahan  $\frac{1}{4}$  etanol terakhir distirer selama 15 menit kemudian dipanaskan pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam lalu, dipanaskan pada suhu  $70^{\circ}\text{C}$  sampai kering dan dikalsinasi pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  terbentuklah S/CuO (Ohno *et al.*, 2004).

Preparasi S/CuO/nGO dilakukan dengan rasio nGO dan S/CuO ditimbang sesuai dengan perbandingan 1:0,5; 1:1. Masukkan kedalam gelas beaker 500 mL, tambahkan sebanyak 400 mL akuades. Kemudian di *ultrasonic* selama 50 menit agar material dengan akuades dapat tercampur, setelah selesai *ultrasonic* saring dan oven hingga kering (Aprilia, 2020). Lalu analisis dengan menggunakan XRD, FTIR dan DRS.

### **3.3.4 Analisis S/CuO/nGO**

Padatan S/CuO/nGO ditimbang sebanyak 0,3 g untuk pengujian *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), 0,5 g untuk pengujian XRD, DRS, dan SEM. Adapun metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### **3.3.4.1 Analisis *Fourier Transform Infrared Spectrometry* (FTIR)**

Karakterisasi FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi pada S/CuO/nGO melalui vibrasi/getaran yang menunjukkan gugus fungsionalnya. Rentang panjang gelombang ( $\lambda$ ) yang digunakan yakni  $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ . Hasilnya diolah dengan menggunakan *software* origin untuk melihat pita serapan atau absorpsi yang muncul pada daerah serapan tertentu. Lalu, pita serapan atau absorpsi yang terbentuk pada spektrum FTIR tersebut dibandingkan menggunakan tabel korelasi (Anam dkk., 2007).

#### **3.3.4.2 Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD)**

Pola difraksi pada sampel S/CuO/nGO diperoleh menggunakan BTXTM III Benchtop XRD *Analyzer* dengan radiasi Cu-K $\alpha$  ( $154060\text{ \AA}$ ) pada 30 kV dan 10 W dengan rentang sudut difraksi  $2\theta = 5^{\circ}\text{-}90^{\circ}$ . Karakterisasi dengan XRD bertujuan untuk menentukan kristalinitas sampel (Taufantri dkk, 2016).

### 3.3.4.3 *Scanning Electron Microscope (SEM)*

*Scanning Electron Microscope (SEM)* menggambarkan spesimen dengan memindainya menggunakan sinar elektron berenergi tinggi dalam scan pola raster. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm (Wijayanto dan Bayuseno, 2014).

### 3.3.4.4 *Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS)*

Analisis energi *band gap* dilakukan dengan spektrofotometer Shimadzu UV- 3600 yang diintegrasikan pada tabung berdiameter 15 cm untuk dapat mengukur *diffuse reflectance*. Senyawa yang digunakan sebagai referensi adalah BaSO<sub>4</sub>. Semua sampel yang telah mengandung BaSO<sub>4</sub> (1:50) digunakan untuk perhitungan (Tatarchuk *et al.*, 2017).

### 3.3.5 Uji Aktivitas Antibakteri

#### a) Pengambilan Sampel

Bakteri yang telah dikembangbiakkan pada media cair diinkubator pada suhu 37°C diambil dengan menggunakan pipet volumetrik, kemudian diletakkan dalam cawan petri dan diswab dengan *cottonbat* steril dengan keadaan lingkungan yang telah disesuaikan.

#### b) Perlakuan S/CuO/nGO Terhadap Bakteri

Nilai *Minimum Inhibitory Concentration (MIC)* Ditentukan menggunakan metode *disc diffusion Kirby-Baurer*. Selanjutnya hasil uji MIC akan digunakan untuk pengujian antibakteri dengan metode *disc diffusion* atau difusi pada *Biosafety Cabinet (BSC)*. Langkah pertama, siapkan media yang sudah ditanami bakteri, ambil *paper disk* dengan pinset steril dan rendam dalam larutan CuO, nGO, S/CuO (tiap variasi) dan S/CuO/nGO (tiap variasi) pada setiap perbandingan serta control positif dan negatif yang diletakkan di atas media berisi olesan bakteri dengan sedikit ditekan agar paper disk menempel pada permukaan

media lalu diradiasi dengan sinar tampak dengan variasi waktu (15, 30, 45, 60 menit). Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, pengukuran zona hambat dilakukan ketika sudah 24 jam. Aktivitas antibakteri dinyatakan positif apabila terbentuk zona hambat berupa zona bening disekeliling *paper disk* (Aprilia, 2020).

c) Pengamatan Pertumbuhan Bakteri

Setelah perlakuan tersebut, hitunglah berapa diameter zona bening yang dihasilkan dan hitung diameter zona bening yang terbentuk.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sintesis *natural graphite* dari limbah bonggol jagung menjadi nGO yang didoping dengan S/CuO berhasil dilakukan dimana dibuktikan dari hasil analisis FTIR dan XRD.
2. Uji aktivitas antibakteri S/CuO/nGO terhadap bakteri *B. subtilis* dan *E. coli* dengan metode MIC serta uji difusi cakram keduanya menunjukkan senyawa yang disintesis pada penelitian ini lebih menghambat bakteri *E. coli* dibandingkan *B. subtilis*.
3. Rasio optimum dari S/CuO/nGO pada penelitian ini sebagai antibakteri diperoleh pada S/CuO/nGO 1:1.

### 5.2 Saran

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

1. Sebaiknya saat pencucian endapan nGO dengan HCl 5% dan akuades menggunakan sentrifus sehingga tidak banyak nGO yang terbuang akibat menempel di kertas saring.
2. Pengadukan saat sintesis nGO dengan variasi waktu yang berbeda untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan dengan reaksi oksidasi terhadap sintesis nGO.

3. Mencoba menggunakan doping material yang lain selain CuO untuk menambah informasi agen antibakteri terbaru.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, S. S., Güner, S., Koseoglu, Y., Musa, I. M., Adamu, B. I., and Abdulhamid, M. I. 2016. Simple Method for The Determination of Band Gap of a Nanopowdered Sample Using Kubelka Munk Theory. *Journal of the Nigerian Association of Mathematical Physics*. Vol 35(12).
- Abdullah, M.T dan Buraerah, A.H. 2011. Lingkungan Fisik Dan Angka Kuman Udara Ruangan Di Rumah Sakit Umum Haji Makasar. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*. Vol 5(5).
- Adetayo, A.D.R. 2019. Synthesis and Fabrication of Graphene and Graphene Oxide. *Journal of Composite Materials*. Vol 9(2): 207–29.
- Ahamed, M., Alhadlaq, H.A., Khan, M.A.M., Karuppiah, P., and Al-dhabi, N.A. 2014. Synthesis, Characterization, and Antimicrobial Activity of Copper Oxide Nanoparticles. *Journal of Nanomaterials*. Hal 1-5.
- Aisyah, A. 2016. *Pengaruh Variasi Frekuensi Dan Intensitas Gelombang Ultrasonik Terhadap Sintesis Material Graphene Dengan Metode Liquid Sonification Exfoliation*. FMIPA UNY. Yogyakarta.
- Aliyev, Elvin, Volkan, F., Muntazim, M.K., Young, J.L., Clarissa, A., and Volker, A. 2019. “Structural Characterization of Graphene Oxide: Surface Functional Groups and Fractionated Oxidative Debris. *Journal Nanomaterials*. Vol 9 (8): 1180.
- Anam, C., Sirojudin dan Firdausi, K.S. 2007. Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*. Vol 10(1): 79-85.
- Angraini, P.Q. 2017. Sintesis Graphene Oxide dari Limbah Batang Karbon Baterai ZnC dengan Eksfoliasi Cairan dan Radiasi Sinar Gamma Berdasarkan UV-VIS Spektrofotometer (Skripsi). UNY. Yogyakarta.
- Aunkor, Md. T. H., Raihan, T., Prophan, S. H., Metselaar, H. S. C., Malik, S. U. F., and Abdul, K. A. 2020. Antibacterial Activity of Graphene Oxide Nanosheet Against Multidrug Resistant Superbugs Isolated from Infected Patients. *Royal Society Open Science*. Vol 7:2-15.

- A., Aprilia. 2020. *Uji Efektivitas Material Komposit Graphite Oxide (GO) dan Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) sebagai Antimikroba dengan Metode Difusi (Skripsi)*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Azah, N. I. dan Zuhrotun, A. 2020. Potensi Theobroma Cacao L. Sebagai Antibiotik Alami. *Jurnal Farmaka*. 17(1):1-9.
- Baek, T.H., and King, K.W. 2011. Exploring the consequences of Brand Credibility In Services. *Journal Of Service Marketing*. Vol 25(4):260-272.
- Balan, Kumar, Boukhicha, Beyssaco, Boinord, Travena, Sacks, Marangolo, La Caze E., Gohler, Escoffer, Poumirol, and Shuka. 2010. Anodic bonded graphene. *J Phys D Appl Phys*. 43:374013.
- Bete, Y. I., Minsyahril, B., Albert, Z. J., dan Redi, K. P. 2019. Kajian Awal Sifat Optik Graphene Oxide Berbahan Dasar Tongkol Jagung yang Disintesis dengan Metode Liquid Phase Exfoliation (LPE). *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya*. Vol 4(2):114-120.
- Bousiakou, L.G, Qindeel, L., Al-Dossary, O.M., and Helen, K. 2022. Synthesis and Characterization of Graphene Oxide (GO) Sheet for Pathogen Inhibition: Escherichia coli, Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa. *Journal of King Saud University – Science*. Vol 34:1-6.
- Budianto. 2015. *Pengaruh Penambahan Nanopartikel Perak Pada Setiap Sel Elemen Basah (ACCU) Terhadap Tegangan Keluaran Elemen Basah (ACCU)*. FMIPA UNY. Yogyakarta.
- Cahyani, F.F.M. 2019. *Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl terhadap Karakteristik Material rGO (Reduced Graphene Oxide) dari Bulu Ayam dengan Metode Chemical Exfoliation*. Skripsi S1. Jurusan Fisika.
- Crossley. 2000. Graphite: Hight – Tech Supply. *Journal Sharpensyp Industrial Mineral*. 398;31 – 47.
- Deng, Z., Hoefling, A., Theato, P., and Lienkamp, K. 2018. Surface Properties and Antimicrobial Activity of Poly (Sulfur- Co -1, 3-Diisopropenylbenzene) Copolymers. *Journal Macromol. Chem. Phys*. 219, No. 1700497.
- Desrini, S. 2015. Resistensi Antibiotik, Akankah Dapat Dikendalikan. *Jurnal Kebijakan Kesehatan Indonesia*. Vol 6(4):1-3.
- Dewi, K. 2020. *Sintesis dan Karakterisasi Natural Graphite dan Graphite Oxide (GO) dari Limbah Tongkol Jagung. (Skripsi)*. Univeristas Pertamina. Jakarta.
- Ding, Z., Martens, W., and Frost, R. L. 2002. Thermal Activation of Copper Nitrat. *Journal of Materials Science Letters*. Vol 21: 1415 – 1417.
- Fauzi, F., dan Wipsar, S.B.D. 2021. Analisis Karakteristik Graphene Oxide dan Reduksinya melalui Gelombang Mikro. *Jurnal Fisika*. vol 11(1):9-18.

- Feng, Y., Chang, Y., Matahari, X., Liu, N., Cheng, Y., Feng, Y., dan Zhang, H.Li.X. 2017. Memahami Hubungan Properti-Aktivitas Nanocrystals oksida tembaga polihedral dalam hal aspek kristalografi reaktif racun. *Journal Sci.* Vol 156: 480–491.
- Grass, G., Rensing, C., and Solioz, M. 2011. Metallic Copper as an Antimicrobial Surface. *Journal Appl Environ Microbiol.* Vol 77:1541–1547.
- Gul, W., and Hussein, A. 2021. Effect of Graphene Oxide Nanoparticle on the Physical Mechanical Properties of Medium Density Fiberboard. *Polymers.* Vol 13:1818.
- Habibi Jetani, G., and Rahmani, M. B. 2020. TiO<sub>2</sub>/GO nanocomposites: synthesis, characterization, and DSSC application. *European Physical Journal Plus.* Vol. 135(9).
- Hadioetomo, R., S. 1985. *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek: Tekhmnik dan Prosedur Dasar Laboratorium.* Gramedia. Jakarta.
- Hardjoeno, U.L. 2007. *Kapita selekta hepatitis virus dan interpretasi hasil laboratorium.* Cahya Dinan Rucitra. Makassar.
- Haris, A., Widodo, D., S., dan Nuriyanto, R. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fotokatalis TiO<sub>2</sub> dengan Doping Tembaga dan Sulfur serta Aplikasinya pada Degredasi Senyawa Fenol. *Jurnal Sains dan Matematika.* Vol. 22 (2): 48-51.
- Hartanto, S., dan Ratnawati. 2010. Pembuatan karbon aktif dari empurung kelapa Sawit dengan metode aktivasi kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia.* Vol. 12(1):12-16.
- Hidayati, F.C., Masturi, and Yulianti, I. 2016. Purification of used cooking oil (Used) by using corn charcoal. *JIPF (Journal of Physics Education).* Vol. 1(2):67–70.
- Hu, Bo, Kan, W., Liheng, W., Shu-Hong, Y., Markus, A., and Maria, M.T. 2010. Engineering Carbon Materials from the Hydrothermal Carbonization Process of Biomass. *Journal Advanced Materials.* Vol 22 (7): 813–28.
- Husnah, M., Fakhri, H. A., Rohman, F., Aimon, A. H., and Iskandar, F. 2017. A modified Marcano method for improving electrical properties of reduced graphene oxide (rGO). *Materials Research Express.* Vol. 4(6).
- Ioannis, T., Lydia, K., Panagiota, X., Fevronia K., dan Petros, Z., Georgios, G., Markos, M., and Stelios, F.A. 2018. Spontaneous Cerebral Abscess Due to *Bacillus subtilis* in an Immunocompetent Male Patient: A Case Report and Review of Literature. *World J Clin Cases.* Vol. 6(16): 1169-1174.
- Jawetz. 2008. *Medical Microbiology 24thed.* Lange Medical book. North America.

- Jha DK, D.L. 2009. Kasus vitiligo yang diobati dengan belerang. *Ind J Res Homee*.vol 3(3):34-40.
- Keri, J., dan Shiman, M. 2009. Update tentang manajemen acne vulgaris. *CCID*. Vol 2;105-110.
- K, Spyrou and Rudolf, P. 2014. *Functionalization Of Graphene Frist Edit*. Wiley VCH. German.
- Kumar, A., Vemula, P. K., Ajayan, P.M., dan John, G. 2008. Cat antimikroba tertanam nanopartikel perak berdasarkan minyak nabati. *Journal Nat Ibu*. Vol 7:236.
- Kurniati, T., Mukhtar, A., dan Pepi, H.Y. 2015. Sintesis Tembaga Oksida (CuO) Serta Uji Degradasi Terhadap Metanil Kuning. *JOM FMIPA*. Vol 2(2):1-6.
- Kusrini, E., Suhrowati, A., Usman, A., Khalil, M., and Degirmenci, V. 2019. Synthesis and characterization of graphite oxide, graphene oxide, and reduced graphene oxide from graphite waste using modified hummers' method and zinc as reducing agent. *International Journal of Technology*. 10(6):1093–1104.
- Lanje, A. S., Sharma, S. J., Ningthoujam, R. S., Ahn, J. S., and Pode, R. B. 2013. Low temperature dielectric studies of zinc oxide (ZnO) nanoparticles prepared by precipitation method. *Journal Advanced Powder Technology*. 24 (7):331-335.
- Madiha, B., Khurshid, S., Qureshi, Z., Hasan, A., Saddique, M. B. A., Naveed, S., and Sabir, A.S. 2020. Study of Biogenecially Fabricated transition metal oxides nanoparticles on oral cavity infectious Microbial Strains. *Journal Inorganic and Nano-Metal Chemistry*. Vol 51(6):1-11.
- Maryadi, M., Fitrya, F., dan Sofa, F. 2017. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Tanaman Obat Suku Musi di Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatra Selatan. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*. Vol 7(2):127-135.
- Nugraha, A.A., Adianto, C., dan Yusuf, P. 2020. Nano-Androcerum: Inovasi Wound Healing Gel dari Nanopartikel Daun Binahong dan Kayu Manis Pada Luka Kronis. *Jurnal Aplikasi Kesehatan*. Vol 7(1):11-17.
- Novoselov, K.S., Geim, A.K., Morozov, S.V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S.V., Grigorieva L.I., and Firsov, A.A. 2004. Electric field effect in atomically thincarbon films. *Journal Science*. Vol 10:303-666.
- Ohno, T., Akiyoshi, M., Umebayashi T., Asai, K., Mitsui, T., and Michio Matsumura. 2004. Preparation of S-doped TiO<sub>2</sub> photocatalysts and their photocatalytic activities under visible light. *Journal Applied Catalysis A: General*. Halaman 115-121.
- Parcell, S. 2002. Sulphur dalam nutrisi manusia dan aplikasi dalam kedokteran. *Altern Med Rev*. vol 7(1):22-44.

- Park, S. Y., Woo, C. S., Beomjin, K., Jin, W. O., and Geuntae, P. 2021. NanoGraphene Oxide-Promoted Epithelial-Mesenchymal Transition of Human Retinal Pigment Epithelial Cells through Regulation of Phospholipase D Signaling. *Journal Nanomaterials*. Vol 11(2546):1-13.
- Paulchamy, B., Arthi, G., and Lignesh, B.D. 2015. A Simple Approach to Stepwise Synthesis of Graphene Oxide Nanomaterial. *Journal Nanomed Nanotecno*. Vol 6(1):1-4.
- Pham, V.T., Truong, V.K., Quinn, M.D., Notley, S.M., Guo, Y., Baulin, V.A., Al Kobaisi, M., Crawford, R.J., dan Ivanova, E.P. 2015. Graphene menginduksi pembentukan pori-pori yang membunuh bakteri berbentuk bola dan batang. *Journal ACS Nano*. Vol 9: 8458–8467.
- Prasetyo, A. 2011. *Modul Dasar ArcGIS 10: Aplikasi Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Ragamathunnisa, M., Jasmine V. R., Padmavathy, R., and Radha, N. 2013. Spectroscopic study on Thiourea and Thiosemicarbazide in Non-aqueous Media. *IOSR Journal of Applied Physic*. Vol 4(1):5-8.
- Rahayu, W.P. 2018. *Escherichia coli*. IPB Press. Bogor.
- Rai, M., Avinash, P.I., dan Priti Paralikar. 2016. Nanopartikel belerang dan belerang sebagai antimikroba potensial: dari pengobatan tradisional hingga pengobatan nano. *Jurnal Ulasan Ahli Trapi Anti Infeksi*. Vol 14(10):969-978.
- Ramzan, M., Obodo, R. M., Mukhtar, S., Ilyas, S. Z., Aziz, F., and Thovhogi, N. 2019. Green synthesis of copper oxide nanoparticles using Cedrus deodara aqueous extract for antibacterial activity. *Journal Materials Proceedings*. Vol 36(2): 576–581.
- Ray, S.C. 2014. Application and Uses of Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide. In Applications of Graphene and GrapheneOxide based Nanomaterials. *Journal Elsevier Inc*. Vol 2(2).
- Rengga, W. D. P., Hapsari, W. P., and Dwi, W. A. 2017. Synthesis of Copper Nanoparticles from CuNO<sub>3</sub> Solution by Using Clove Flower Extract (*Syzygium aromaticum*). *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol 12(1):15-27.
- Sagadevan, S., Zaira, Z. C., Mohd, Z. R. B., Fauziah, A. A., Emme, S. M., Anil, H., and Rahman, F.R. 2018. A One Step Facile Route Synthesis of Copper Oxide/ Reduce Graphene Oxide Nnanocomposite for Supercapacitor Applications. *Journal of Experimental Nnaoscience*. Vol 13(1):302-313.
- Saida, K., Nomoto, Y., Okauchi, H., Ogiwara, H., and Nishimoto, K. 2012. Influences of Phosphorus and Sulphur on Ductility Dip Cracking Susceptibility in Multipass Weld Metal of Alloy 690. *Sci. Technol*. Vol 17, 1–8.

- Sari, P.D., Puri, W.A., dan Dinarta, H. 2018. Delignifikasi Jagung Dengan Metode Microwave Alkali. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian "AGRIKA "*. Vol 12(2):164-172.
- Schechter, I. barzilai, I. L., and Bulatov. 1997. Online Remote Prediction of Gasolin Properties by Combined Optical Method. *Ana Chim.Acta.* vol 339. Hal 193-199.
- Shafiey, M., and Mustofa, Z.M. 2019. Experimental study of water-based CuO nanofluid flow in heat pipe solar collector. *Journal Of Thermal Analysis and Calorimetry.* Vol 132(1-2).
- Shao, G. 2012. Graphene Oxide: The Mechanisms of Oxidation and Exfoliation. *Journal of Materials Science.* Vol 47(10):4400 – 4409.
- Sibagariang, I.I. 2023. *Konversi Nanoselulosa Menjadi Gula Alkohol Dari Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa paradisiaca L.) Menggunakan Nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/nHGGO Diiradiasi di bawah Sinar UV (Skripsi).* Universitas Lampung. Lampung.
- Sirait, G. F. S. 2023. *Konversi Nanoselulosa dari Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa x paradisiaca L.) Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Nanokomposit nGO/TiO<sub>2</sub> di Bawah Irradiasi Sinar UV (Skripsi).* Universitas Lampung. Lampung.
- Sjahriza, A., dan Herlambang, S. 2021. Sintesis Oksida Grafena Dari Arang Tempurung Kelapa Untuk Aplikasi Antibakteri dan Antioksidan. *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan.* Vol 8(2):51-58.
- Smetana, A. B., Klabunde, K. J., Marchin, G. R., and Sorensen, C. M. 2008. Biocidal Activity of Nanocrystalline Silver Powders and Particles. *Journal Langmuir.* Vol 24: 7457–64.
- Solo, I. R., Minsyahril, B., Albert, Z. J., dan Redi, K.P. 2021. Kajian Awal Sifat Optik Graphene Oxide Berbahan Dasar Arang Sekam Padi dengan Metode Liquid Phase Exfoliation Menggunakan Alat Bantu Blender dan Ultrasonic Cleaner. *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya.* Vol 5(2):145-148.
- Setiabudi, A., Rifan, H., dan Ahmad Mudzakir. 2012. Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia. UPI PRESS. Bandung.
- Syakir, N., Nurlina, R., Anam, S., Aprilia, A., Hidayat, S., dan Fitrilawati. 2015. Kajian Pembuatan Oksida Grafit untuk Produksi Oksida Grafena dalam Jumlah Besar. *Jurnal Fisika Indonesia.* Vol 55:26-29.
- Tatarchuk, T., Bouoadina, M., and Macyk, W. 2017. Structural, optical, and magnetic properties of Zn-doped Cole O, nanoparticles. *Nanoscale Res Lett.* 12(1): 141-151.
- Taufantri, Y., Irdhawati, Raka, I. A., dan Astiti, A. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Grafena dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan

Pereduksi Zn. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*. 2(1): 17-23.

Tjirosoepomo, S.S. 1983. *Botani Umum I*. Angkasa Raya. Bandung.

Truong dan Lee. 2013. *Graphene from Fundamental to Future Application*. Chonbuk National University. South Korea.

Tsai, W. T., C. Y. Chang, S. Y. Wang, C. F. Chang, S. F. Chien, and Sun, H. F. 2001. Cleaner Production of Carbon Adsorbents by Utilizing Agricultural Waste Corn Cob. *Journal Resources Conservation and Recycling*. Vol 32(1):43–53.

Wang, Shaobin, Sun, H., Ha-Ming A., and Tadé, M. O. 2013. Adsorptive Remediation of Environmental Pollutants Using Novel Graphene-Based Nanomaterials. *Chemical Engineering Journal*. 226:336–47.

Warnes, S., dan Keevil, C. 2011. Mekanisme toksisitas permukaan tembaga pada enterococci resisten vankomisin setelah kontak permukaan basah atau kering aplikasi Mencegung. *Journal Mikrobiol*. Vol 77:6049–6059.

Wijayanto, S. O., dan Bayuseno, A. P. 2014. Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian: Mikrografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin*. 2(1): 33-39.

Winarno, F.G., dan Fernandez, I. E. 2010. *Nanoteknologi bagi Industri Pangan dan Kemasan*. MBRIO PRESS. Bogor.

Yang, X., and Wang, H. 2014. *Pathogenic E. coli*. Lacombe Research Centre. Canada.

Zavareh, S., dan Norouzi, E. 2017. Impregnasi GO dengan Cu<sup>2+</sup> untuk peningkatan adsorpsi anilin dan aktivitas antibakteri. *Journal Proses Air Eng*. Vol 20:160–167.