

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI S/CaO/nGO SEBAGAI  
ANTIBAKTERI DARI LIMBAH CANGKANG TELUR AYAM YANG  
DIRADIASI SINAR *VISIBLE***

**(Skripsi)**

**Oleh**

*Dony Ega Utama*



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

## ABSTRAK

### SINTESIS DAN KARAKTERISASI S/CaO/nGO SEBAGAI ANTIBAKTERI DARI LIMBAH CANGKANG TELUR AYAM YANG DIIRADIASI SINAR *VISIBLE*

Oleh

**Dony Ega Utama**

Pada penelitian ini telah dilakukan preparasi katalis CaO dari limbah cangkang telur ayam yang dikalsinasi pada suhu 700 °C dan preparasi nGO menggunakan metode Hummers. Preparasi katalis S/CaO/nGO dilakukan dengan impregnasi menggunakan alat *ultrasonic cleaner* dengan dua perbandingan massa yaitu 0,5/1 dan 1/1. Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan katalis berukuran 33,93 dan 52,84 nm. Analisis *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS) menunjukkan nilai energy celah pita sebesar 0,51 dan 0,73 eV. Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa S/CaO memiliki bentuk butiran-butiran yang menempel pada permukaan nGO. Nanomaterial S/CaO/nGO dengan perbandingan 0,5/1 dan 1/1 memiliki kemampuan sebagai antibakteri baik terhadap bakteri *Escherchia coli* maupun *Bacillus* sp. Semakin besar perbandingan S/CaO/nGO, semakin kecil konsentrasi minimum yang dibutuhkan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Pada uji *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) didapatkan konsentrasi hambat minimum pada bakteri uji *Bacillus* sp. sebesar 0,32 dan 0,08 mg/mL, sedangkan pada bakteri uji *Escherchia coli* sebesar 0,32 dan 0,16 mg/mL. Konsentrasi hambat minimum yang didapatkan kemudian di uji menggunakan metode difusi cakram dengan menggunakan penyinaran *visible*, terdapat peningkatan diameter zona hambat pada S/CaO/nGO 0,5/1 dan 1/1. Penyinaran optimum terdapat pada waktu 30 menit dengan diameter zona hambat masing-masing sebesar 4 dan 3 mm pada bakteri uji *Bacillus* sp. serta 4 dan 2 mm pada bakteri uji *Escherchia coli*.

**Kata kunci** : S/CaO/nGO, *Escherichia coli*, *Bacillus* sp.

## ABSTRACT

### SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF S/CaO/nGO AS ANTIBACTERIA FROM WASTE CHICKEN EGG SHELL WASTE IRRADIATED WITH VISIBLE LIGHTS

By

Dony Ega Utama

In this research, preparation of CaO catalyst from waste chicken egg shells calcined at 700 °C and preparation of nGO using the Hummers method. S/CaO/nGO catalyst preparation was carried out by impregnation using an ultrasonic cleaner with two mass ratios, namely 0.5/1 and 1/1. X-Ray Diffraction (XRD) analysis showed catalysts measuring 33.93 and 52.84 nm. Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS) analysis showed bandgap energy values of 0.51 and 0.73 eV. Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis shows that S/CaO has the form of granules attached to the nGO surface. Nanomaterial S/CaO/nGO with a ratio of 0.5/1 and 1/1 has the ability as an antibacterial against both *Escherchia coli* and *Bacillus* sp. The greater the S/CaO/nGO ratio, the smaller the minimum concentration needed to inhibit bacterial growth. In the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) test, the minimum inhibitory concentration was found in the test bacteria *Bacillus* sp. of 0.32 and 0.08 mg/mL, while the *Escherchia coli* test bacteria were 0.32 and 0.16 mg/mL. The minimum inhibitory concentration obtained was then tested using the disc diffusion method using visible irradiation, there was an increase in the diameter of the inhibition zone at S/CaO/nGO 0.5/1 and 1/1. The optimum irradiation was found at 30 minutes with an inhibition zone diameter of 4 and 3 mm respectively for the test bacteria *Bacillus* sp. and 4 and 2 mm in *Escherchia coli* test bacteria.

**Keywords :** S/CaO/nGO, *Escherichia coli*, *Bacillus* sp.

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI S/CaO/nGO SEBAGAI  
ANTIBAKTERI DARI LIMBAH CANGKANG TELUR AYAM YANG  
DIRADIASI SINAR *VISIBLE***

**Oleh**

**Dony Ega Utama**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

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



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

Judul Skripsi

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI S/CaO/nGO SEBAGAI  
ANTIBAKTERI DARI LIMBAH CANGKANG TELUR  
AYAM YANG DIIRADIASI SINAR VISIBILE**

Nama Mahasiswa

: **Dony Ega Utama**

NPM

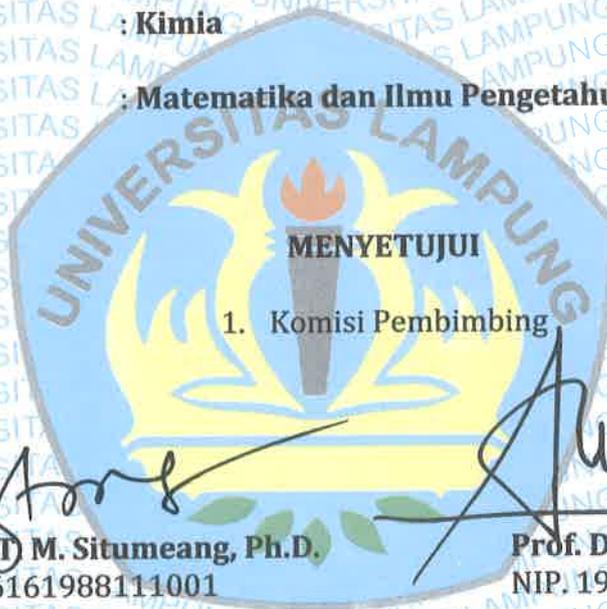
: **1917011006**

Jurusan

: **Kimia**

Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. **Komisi Pembimbing**

**Prof. Rudy T. M. Situmeang, Ph.D.**  
NIP. 196006161988111001

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

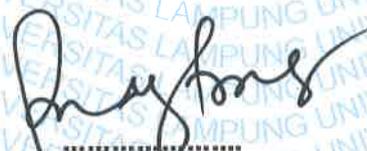
2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA**

**Mulyono, Ph.D.**  
NIP. 19740611 200003 1 002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

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



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



**Anggota : Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

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

**NIP. 19711001 200501 1 002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Juli 2023**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :  
Nama : Dony Ega Utama  
Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011006  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Sintesis Dan Karakterisasi S/CaO/nGO Sebagai Antibakteri Dari Limbah Cangkang Telur Ayam Yang Diiradiasi Sinar *Visible*”** adalah benar karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis tercantum dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Bandar Lampung, 13 Juli 2023  
Yang menyatakan,



**Dony Ega Utama**  
NPM 1917011006

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pagar Jaya pada tanggal 07 Desember 2000, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, putra dari Bapak Fahrizal Darmawan dan Ibu Asnila. Jenjang pendidikan diawali dari Sekolah Dasar (SD) di SDN 01 Bumi Dipasena Utama, Kecamatan Rawajitu Timur, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung yang diselesaikan pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN SATAP 1 Rawajitu Timur yang diselesaikan pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Banjar Agung diselesaikan pada tahun 2018. Pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Pada tahun 2022, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Sumber Makmur, Kecamatan Banjar Margo, Kabupaten Tulang Bawang dan telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) dengan judul Aplikasi AgO/nGO Yang Diiradiasi Sinar UV Sebagai Antimikroba Terhadap Bakteri *Escherchia coli* dan *Bacillus* sp. di Laboratorium Kimia Anorganik Fisik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Anorganik Fisik untuk mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Unila angkatan 2021 pada tahun 2023.

Pengalaman organisasi penulis dimulai sebagai Kader Muda Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Unila sebagai anggota Biro Penerbitan (BP) tahun 2020. Selain mengikuti HIMAKI penulis juga mengikuti organisasi Rohani Islam (ROIS) FMIPA Unila sebagai anggota Bidang Akademik dan Riset pada tahun 2020 serta sebagai ketua Biro Dana dan Usaha pada tahun 2021.

## MOTTO

*"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."*

*(Q.S. Al-Baqarah: 286)*

*"Maka Mahatinggi Allah, Raja yang sebenar-benarnya. Dan janganlah engkau (Muhammad) tergesa-gesa (membaca) Al-Qur'an sebelum selesai diwahyukan kepadamu, dan katakanlah, 'Ya Tuhanku, tambahkanlah ilmu kepadaku'."*

*(Q.S. Taha: 114)*

*"Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga." (HR. Muslim Nomor 2699)*

*"Bantinglah otak untuk mencari ilmu sebanyak-banyaknya guna mencari rahasia besar yang terkandung di dalam benda besar bernama dunia ini, tetapi pasanglah pelita di dalam hati sanubari, yaitu pelita kehidupan jiwa."*

*(Al-Ghazali)*

*"Barangsiapa belum pernah merasakan pahitnya menuntut ilmu walau sesaat, ia akan menelan hinanya kebodohan sepanjang hidupnya."*

*(Imam Syafi'i)*

*"Tidak ada masalah yang tidak bisa diselesaikan, maka dari itu bersabarlah dalam menghadapi sesuatu dan tetap tersenyum meski itu sulit bagimu."*

*(Penulis)*

## **PERSEMBAHAN**

*Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, nikmat islam, serta rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.*

*Kedua orang tuaku terkasih, Bapak Fahrizal Darmawan dan Ibu Asnila yang telah berjuang untuk mendidik dan membesarkan ku, yang telah memberikan kasih sayang, serta mendukung dan mendoakan keberhasilanku.*

*Ayuk dan adik tersayang Ismi Anggraini, S.Si dan Cinta serta seluruh keluarga besar yang selalu mendoakan dan memberikan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.*

*Sahabat dan teman-teman yang selalu menemani, mendukung dan memberikan semangat.*

*Almamater tercinta Universitas Lampung.*

## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Sintesis dan Karakterisasi S/CaO/nGO sebagai Antibakteri dari Limbah Cangkang Telur Ayam yang Diiradiasi Sinar *Visible*”**.

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

1. Kedua orang tua, Bapak Fahrizal Darmawan dan Ibu Asnila yang selalu memberikan semangat dan dukungan moral maupun materi, yang sudah berjuang dan berkorban dengan bercucuran keringat dan air mata demi penulis, serta tiada habisnya mendoakan keberhasilan untuk penulis.
2. Bapak Prof. Rudy T. M Situmeang, Ph.D. selaku pembimbing pertama dalam penelitian yang saya lakukan, yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan, bimbingan, arahan, batuan, kritik dan saran kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Sumardi, S.Si., M.Sc. selaku pembimbing kedua dalam penelitian yang saya lakukan, yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan khususnya di bidang biologi mikroba, bimbingan, arahan, bantuan, kritik dan saran kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Diki Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku pembahas penelitian yang sudah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, kritik dan saran sehingga penulis dapat menyempurnakan skripsi ini.
5. Bapak Alm. Drs. R. Supriyanto, M.S. dan Ibu Prof. Dr. Kamisah Pandiangan, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan dukungan,

motivasi, arahan, nasihat, kritik dan saran kepada penulis dalam proses perencanaan dan pelaksanaan studi serta saat penelitian.

6. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M. Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
8. Bapak/Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
9. Bapak/Ibu staff administrasi di Jurusan Kimia dan Fakultas MIPA yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan segala urusan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Mbak Liza dan Mbak Oni selaku laboran di Laboratorium Kimia Anorganik Fisik dan Laboratorium Mikrobiologi atas bantuan, canda dan tawa kepada penulis selama penelitian hingga penulis selesai mengerjakan skripsi ini.
11. Saudari-saudariku tersayang ayuk Ismi Anggraini, S.Si. dan adik Cinta yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
12. Keluarga besar yang kukasihi, terima kasih sudah menjadi inspirasi penulis untuk menempuh pendidikan hingga jenjang yang lebih tinggi serta selalu menyemangati, mendukung, dan mendoakan penulis selama perkuliahan.
13. Teman sekaligus sahabat Ahmad Barep Prayogo, Riski Pangestu, Ibnu Fadhilah dan M. Yusuf. Terima kasih sudah kebersamai, bertukar suka dan duka, membantu penulis untuk menyelesaikan semua masalah yang ada, serta memotivasi penulis selama perkuliahan hingga mengerjakan Tugas Akhir.
14. Teman-teman dan kakak Asrama Imanuel yang sudah memberikan dukungan dan keceriaan kepada penulis.
15. Teman-teman seperjuangan penelitian Aniska Legia, Alya Maghfira, Syangap D. Sitompul, kak Arya Sanda, S.Si., kak Iin Indiriani Sibagariang, S.Si., kak Grace Febrianti Solafide Sirait, S.Si., kak M. Rifki Fadillah, S.Si., kak Shafa Liana, S.Si. Terima kasih untuk kebersamaan, dukungan, semangat, keceriaan dan kerjasamanya selama penelitian hingga penulisan tugas akhir ini biasa terselesaikan.

16. Kak Kartika dan Roni Setiawan biologi atas bantuan dan kesediannya untuk membantu penulis saat melakukan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi.
17. Teman-teman seperjuangan kimia angkatan 2019, terima kasih atas segala dukungan yang memotivasi penulis selama perkuliahan.
18. Semua pihak yang telah membantu dan mendoakan penulis secara tulus dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
19. Almamater tercinta Universitas Lampung.

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

Bandar Lampung, 13 Juli 2023

**Penulis**

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Nanomaterial .....	5
2.2 Kalsium Oksida (CaO) .....	6
2.3 Sulfur (S) .....	6
2.4 <i>Graphene</i> .....	7
2.5 Grafit .....	7
2.6 <i>Graphene Oxides</i> .....	8
2.7 <i>Nano Graphene Oxides</i> (nGO) .....	9
2.8 Katalis .....	9
2.9 <i>Fourier Transform Infrared Spectrometry</i> (FTIR) .....	10
2.10 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	11
2.11 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	12
2.12 <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> (DRS) .....	13
2.13 Fotokatalis .....	13
2.14 Efek Fotolistrik .....	14
2.15 Antimikroba .....	14
2.16 Mekanisme Antibakteri .....	15
2.17 Resistensi Bakteri .....	16
2.18 Gram Positif dan Gram Negatif .....	16
2.19 Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	17
2.20 Bakteri <i>Bacillus</i> sp. ....	18
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>20</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	20
3.2 Alat dan Bahan .....	20
3.3 Preparasi Nanokomposit S/CaO/nGO .....	21

3.3.1	Karbonisasi Serbuk Bonggol Jagung .....	21
3.3.2	Sintesis Grafit.....	21
3.3.3	Sintesis Nano Grafena Oksida (nGO) .....	22
3.3.4	Sintesis Katalis CaO.....	22
3.3.5	Pencampuran S/CaO/nGO .....	22
3.4	Karakterisasi Nanokomposit S/CaO/nGO.....	23
3.4.1	Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectrometry</i> (FTIR) .....	23
3.4.2	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	23
3.4.3	Analisis Energi Band-Gap .....	23
3.4.4	<i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	24
3.5	Tahap Uji Antibakteri .....	24
3.5.1	Sterilisasi Alat .....	24
3.5.2	Peremajaan Bakteri .....	24
3.5.3	Perlakuan S/CaO/nGO Terhadap Bakteri .....	25
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
4.1	Karbonisasi Serbuk Bonggol Jagung .....	26
4.2	Sintesis Grafit.....	27
4.3	Sintesis Nano Grafena Oksida (nGO) .....	28
4.4	Karakterisasi <i>Natural Graphite</i> dan Nano Grafena Oksida (nGO).....	29
4.4.1	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	29
4.4.2	Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectrometry</i> (FTIR).....	31
4.5	Sintesis Katalis CaO.....	32
4.6	Karakterisasi Katalis CaO .....	33
4.6.1	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	33
4.6.2	Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectrometry</i> (FTIR).....	34
4.7	Katalis S/CaO.....	35
4.8	Karakterisasi Katalis S/CaO.....	36
4.9	Nanokatalis S/CaO/nGO .....	37
4.10	Karakterisasi Nanokatalis S/CaO/nGO .....	38
4.10.1	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	38
4.10.2	Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectrometry</i> (FTIR) .....	39
4.10.3	Analisis Energi Band-Gap Katalis menggunakan DRS.....	40
4.10.4	Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	42
4.11	Uji Antibakteri .....	43
4.11.1	Uji <i>Minimum Inhibitory Concentration</i> (MIC) .....	43
4.11.2	Uji Difusi Cakram.....	44
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>48</b>
5.1	Kesimpulan .....	48
5.2	Saran.....	48
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur <i>graphene</i> .....	7
Gambar 2. Struktur <i>graphene oxides</i> .....	9
Gambar 3. Spektrum FTIR nGO .....	11
Gambar 4. Spektrum XRD dari nGO .....	12
Gambar 5. Mekanisme fotokatalis .....	14
Gambar 6. (A) Pengecatan Gram negatif, dan (B) Gram positif .....	17
Gambar 7. Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	18
Gambar 8. Bakteri <i>Bacillus</i> sp. perbesaran 1000x .....	19
Gambar 9. Hasil arang setelah <i>furnance</i> pada suhu 350 °C .....	26
Gambar 10. Hasil sintesis grafit .....	27
Gambar 11. Hasil sintesis nGO .....	29
Gambar 12. Pola XRD <i>natural graphite</i> (a), nGO (b) .....	30
Gambar 13. Hasil analisis spektra FTIR <i>natural graphite</i> (a), nGO (b) .....	31
Gambar 14. Hasil kalsinasi cangkang telur pada suhu 700 °C .....	32
Gambar 15. Hasil analisis XRD cangkang telur setelah kalsinasi suhu 700 °C ....	33
Gambar 16. Hasil analisis FTIR cangkang telur setelah kalsinasi suhu 700 °C ....	34
Gambar 17. Hasil kalsinasi katalis S/CaO pada suhu 450 °C .....	35
Gambar 18. Hasil FTIR CaO (a), S/CaO 0,5/1 (b), S/CaO 1/1 (c) .....	36
Gambar 19. Hasil impregnasi S/CaO/nGO .....	37
Gambar 20. Hasil analisis XRD nanokatalis S/CaO/nGO .....	38
Gambar 21. Hasil analisis FTIR S/CaO/nGO 0,5/1 (a), S/CaO/nGO 1/1 (b) .....	39
Gambar 22. Hubungan antara panjang gelombang dengan absorbansi (a) S/CaO/nGO 0,5/1 ; (b) S/CaO/nGO 1/1 .....	41
Gambar 23. Grafik nilai <i>Band-gap</i> (a) S/CaO/nGO 0,5/1 ; (b) S/CaO/nGO 1/1 ..	42
Gambar 24. SEM S/CaO/nGO 1/1 dengan perbesaran (a) 10.000x, (b) 15.000x .	42
Gambar 25. Uji antibakteri nGO menggunakan bakteri uji <i>E. coli</i> .....	60

Gambar 26. Uji antibakteri CaO menggunakan bakteri uji <i>E. coli</i> .....	60
Gambar 27. Uji antibakteri S/CaO 0,5/1 menggunakan bakteri uji <i>E. coli</i> .....	61
Gambar 28. Uji antibakteri S/CaO 1/1 menggunakan bakteri uji <i>E. coli</i> .....	61
Gambar 29. Uji antibakteri S/CaO/nGO 0,5/1 menggunakan bakteri uji <i>E. coli</i> ..	61
Gambar 30. Uji antibakteri S/CaO/nGO 1/1 menggunakan bakteri uji <i>E. coli</i> .....	42
Gambar 31. Uji antibakteri nGO menggunakan bakteri uji <i>Bacillus</i> sp. ....	42
Gambar 32. Uji antibakteri CaO menggunakan bakteri uji <i>Bacillus</i> sp.....	42
Gambar 33. Uji antibakteri S/CaO 0,5/1 menggunakan bakteri uji <i>Bacillus</i> sp. ..	42
Gambar 34. Uji antibakteri S/CaO 1/1 menggunakan bakteri uji <i>Bacillus</i> sp. ....	63
Gambar 35. Uji antibakteri S/CaO/nGO 0,5/1 menggunakan bakteri uji <i>Bacillus</i> sp. ....	63
Gambar 36. Uji antibakteri S/CaO/nGO 1/1 menggunakan bakteri uji <i>Bacillus</i> sp.....	64
Gambar 37. Tanpa penyinaran (a), penyinaran 15 menit (b) .....	65
Gambar 38. Penyinaran 30 menit (a), penyinaran 45 menit (b).....	65
Gambar 39. Penyinaran 60 menit.....	66
Gambar 40. Tanpa penyinaran (a), penyinaran 15 menit (b) .....	67
Gambar 41. Penyinaran 30 menit (a), penyinaran 45 menit (b).....	67
Gambar 42. Penyinaran 60 menit.....	68
Gambar 43. Tanpa penyinaran (a), penyinaran 15 menit (b) .....	68
Gambar 44. Penyinaran 30 menit (a), penyinaran 45 menit (b).....	69
Gambar 45. Penyinaran 60 menit.....	69
Gambar 46. Tanpa penyinaran (a), penyinaran 15 menit (b) .....	70
Gambar 47. Penyinaran 30 menit (a), penyinaran 45 menit (b).....	70
Gambar 48. Penyinaran 60 menit.....	71
Gambar 49. Data perhitungan hasil analisis <i>Band-gap energy</i> S/CaO/nGO .....	73

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Ukuran partikel dari puncak difraktogram nGO .....	30
Tabel 2. Puncak-puncak refresentatif difraktogram untuk fasa kristal S/CaO/nGO pada setiap variasi .....	39
Tabel 3. Uji antibakteri dengan menggunakan metode MIC .....	43
Tabel 4. Uji antibakteri metode difusi cakram menggunakan bakteri <i>Bacillus</i> sp.44	
Tabel 5. Uji antibakteri metode difusi cakram menggunakan bakteri <i>E. coli</i> .....	45

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Bacillus* sp. tergolong sebagai bakteri Gram positif ditandai dengan ciri khas saat pewarnaan Gram yang akan menunjukkan perubahan warna menjadi warna ungu saat diamati di bawah mikroskop. Bakteri *Bacillus* sp. bersifat patogen bagi manusia dan dapat menyebabkan berbagai infeksi klinis, serta memiliki bentuk batang (Mukamto dkk., 2015). Pada umumnya bakteri Gram positif memiliki zona hambat yang lebih besar jika dibandingkan dengan bakteri Gram negatif. Bakteri Gram positif memiliki struktur sel yang berbeda dengan Gram negatif dapat dilihat pada membrane sel. Bakteri Gram positif memiliki membran tunggal yang dilapisi oleh peptidoglikan tebal, sebaliknya pada bakteri Gram negatif memiliki membran tunggal yang dilapisi oleh peptidoglikan yang lebih tipis (Yulianti dkk., 2016). *Bacillus* sp. dapat ditumbuhkan pada media *Bacillus Selective Agar* yang merupakan media pertumbuhan selektif dan diferensial yang umum digunakan dalam mikrobiologi. *Bacillus cereus* menghasilkan racun yang dapat menyebabkan muntah dan diare, umumnya ditemukan pada makanan sisa. *Bacillus anthracis* merupakan bakteri yang dapat menyebabkan penyakit antraks dan biasanya ditemukan pada daging yang tidak dimasak dengan sempurna (Azah dan Zuhrotun, 2020).

*Escherichia coli* tergolong bakteri Gram negatif dan salah satu bakteri yang bersifat patogen, memiliki bentuk batang pendek dan dapat ditumbuhkan pada media selektif *Endo Agar*. Bakteri *Escherichia coli* dapat ditemui pada air yang tercemar dan dapat menyebabkan penyakit diare atau infeksi saluran pencernaan, infeksi saluran kemih, dan infeksi luka pasca operasi (Hamida dkk., 2022). Sejauh ini, penanganan infeksi bakteri yang dapat dilakukan seperti dengan cara meminum obat antibiotik. Meskipun begitu, penggunaan antibiotik dapat menimbulkan efek

samping yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia dan menyebabkan bakteri menjadi resisten terhadap obat (Sepvianti, 2021). Usaha yang telah dilakukan untuk mencegah penyakit yang ditimbulkan oleh bakteri sudah banyak dilakukan (McDonnel, 2017) dan masih terus mencari bahan disinfektan yang memiliki kemampuan unggul dan efisien. Salah satu bahan antibakteri yang potensial adalah material padat berbentuk nano.

Nanomaterial dapat dikatakan sebagai suatu bahan yang memiliki ukuran sangat kecil berkisar antara 1-100 nm (Choerudin, 2017). Nanomaterial memiliki karakteristik yang unik, seperti: pori, sifat magnetik, sifat asam-basa, semikonduktor, fotonik dan lainnya (Lestari, 2021). Oleh karena karakteristiknya, nanomaterial banyak dikembangkan untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti seperti penanganan limbah (Rahman dkk., 2015), reaksi katalitik dan fotokatalitik (Fatimah, 2017), *fuel cell* (Ariningsih, 2016), refraktori (Handayani dan Suratman, 2017), *fotoluminisens* (Ruiz *et al.*, 2016), *antibacterial agents* dan lainnya (Nas and Aminu, 2018). Nanomaterial dapat berperan sebagai salah satu material aplikatif, dapat berupa oksida logam, campuran/komposit atau campuran oksida logam dengan senyawa organik (Chavali *et al.*, 2019).

Salah satu nanomaterial organik yang dapat digunakan sebagai campuran dengan oksida logam adalah nano grafena oksida (nGO). Material tersebut potensial sebagai material untuk aplikasi pada bidang kesehatan karena memiliki karakteristik pori, luas permukaan, energi celah, stabil, sifat optik intrinsik dan lainnya (Goncalves *et al.*, 2014). Menurut Musico *et al.*, (2014), pada penelitiannya, grafena oksida yang dimodifikasi menjadi ukuran nano memiliki kemampuan untuk merusak sel bakteri yang akan mengakibatkan aktivitas metabolismenya menjadi terhambat, sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Kehadiran lembaran *graphene* yang berukuran nano meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari logam oksida dibawah penyinaran cahaya tampak karena beban pemisahan yang efektif dan pemindahannya (Zhang *et al.*, 2011).

*Graphene Oxide* (GO) dapat disintesis dari grafit dan dioksidasi melalui beberapa tahapan, hal ini dilakukan agar karbon dapat mengikat molekul oksigen. Grafena

oksida secara efektif merupakan produk sampingan dari hasil oksidasi, karena ketika zat pengoksidasi telah bereaksi dengan grafit, lapisan grafit akan membentuk suatu jarak antara bidang dengan lapisan grafit. Hasil sintesis yang telah teroksidasi secara sempurna, selanjutnya di dispersikan ke dalam larutan seperti aquades, sehingga akan dihasilkan grafena oksida (Paulchamy *et al.*, 2015). Setelah GO terbentuk, maka langkah selanjutnya memodifikasi GO menjadi berukuran nano menggunakan metode sonokimia dengan bantuan gelombang ultrasonik yang berfungsi untuk mengelupas lapisan grafit di dalam air. Metode ini memiliki beberapa kelebihan seperti prosesnya yang mudah, murah karena bisa menggunakan pelarut aquades, menghasilkan limbah yang sedikit dan dapat memproduksi GO dalam jumlah besar dengan ukuran nanomaterial (Bhuyan *et al.*, 2016). Material lain seperti CaO dapat dimodifikasi menjadi ukuran nano dan dapat digunakan sebagai material antibakteri dari limbah cangkang telur ayam yang pemanfaatannya masih belum maksimal (Nurlaela dkk., 2014).

Limbah cangkang telur ayam sangat berlimpah di Indonesia dan masih sedikit pemanfaatannya (Nurlaela dkk., 2014). Menurut Badan Pusat Statistik tahun (2016), hasil produksi cangkang telur ayam di Indonesia setiap tahunnya dapat mencapai kurang lebih 150.000 ton. Cangkang telur ayam adalah salah satu bahan yang memiliki berbagai macam kandungan yang terdiri dari 95,1% unsur mineral dan 3,3% protein. Cangkang telur ayam tersusun atas mineral  $\text{CaCO}_3$  sebesar 98,43% yang mana dapat diubah menjadi CaO melalui proses kalsinasi (Oko dan Feri, 2019). Salah satu keunggulan dari CaO ini memiliki sifat sebagai antibakteri yang efisien (Nath *et al.*, 2021). Selain CaO adapula senyawa non logam yang memiliki sifat sebagai antibakteri seperti belerang. Belerang atau yang biasa dikenal dengan sulfur memiliki sifat antibakteri yang dapat menghambat proses transkripsi protein pada bakteri, dan mengganggu proses metabolisme bakteri, serta mengaktifkan makrofag yang akan memfagositosis bakteri sehingga pertumbuhan bakteri akan terhambat dan akan mengalami kematian (Veronica dkk., 2021).

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, maka peneliti akan melakukan pembuatan katalis S/CaO/nGO yang akan diujikan terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus* sp. sebagai antibakteri yang diiridiasi sinar *visible*.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh grafena oksida berukuran Nano.
2. Memperoleh katalis S/CaO yang didoping dengan nano grafena oksida (nGO).
3. Mengetahui uji aktivitas antibakteri *Bacillus* sp. sesudah diberi S/CaO/nGO.
4. Mengetahui uji aktivitas antibakteri *Escherichia coli* sesudah diberi S/CaO/nGO.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan variasi S/CaO/nGO terbaik sebagai antibakteri.
2. Mengetahui salah satu aplikasi nanomaterial dalam bidang kesehatan, khususnya aplikasinya sebagai antibakteri.
3. Menemukan alternatif pembasmi bakteri dengan menggunakan nanokatalis S/CaO/nGO.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Nanomaterial

Seperti namanya nanomaterial merupakan suatu material yang memiliki ukuran sangat kecil berkisar 1-100 nm. Material yang memiliki ukuran nano ini mempunyai sifat dan karakteristik yang dapat digunakan sebagai pengadsorpsi, katalisi dan reaktifitas yang tinggi. Karena karakteristiknya tersebut, banyak peneliti yang mengembangkan nanomaterial ini untuk dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti katalisis, adsorpsi, medis, biologi, desinfeksi, membran, dan pengindraan (Choerudin, 2017).

Nanopartikel memiliki sifat yang berbeda dengan sifat material sejenis dalam ukuran yang lebih besar. Sebab ukuran yang sangat kecil itu, membuat nanopartikel mempunyai keunikan seperti memiliki luas permukaan dan volume yang lebih besar jika disamakan dengan material sejenis dalam ukuran yang lebih besar dan karena hal itu pula yang membuat nanopartikel menjadi lebih reaktif. Kereaktifan suatu material dapat ditentukan dari suatu atom yang berada di permukaan material, karena atom-atom yang berada di permukaan material tersebut yang akan bersentuhan langsung dengan material lain. Materi yang membahas mengenai material berukuran nanometer akan lebih didominasi oleh hukum fisika kuantum. Nanopartikel memegang peranan penting dimana suatu material harus memiliki kestabilan, yang kemudian akan dilakukan karakterisasi dan kemudian diaplikasikan ke dalam sebuah produk (Haryono *et al.*, 2008).

Nanopartikel dapat disintesis dengan dua metode umum, dengan menggunakan metode *top-down* dan metode *bottom-up*. Metode *top-down* adalah metode dengan melakukan *miling* atau dengan menggunakan metode korosi serta abrasi yang dilakukan dengan penambahan asam. Adapula metode *bottom-up* dengan

beberapa metode seperti metode kimia, elektrokimia, fotokimia, radiasi, abrasi laser dan metode lainnya. Dari kedua metode di atas, metode *bottom-up* memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan metode *top-down* (Haryono *et al.*, 2008).

## **2.2 Kalsium Oksida (CaO)**

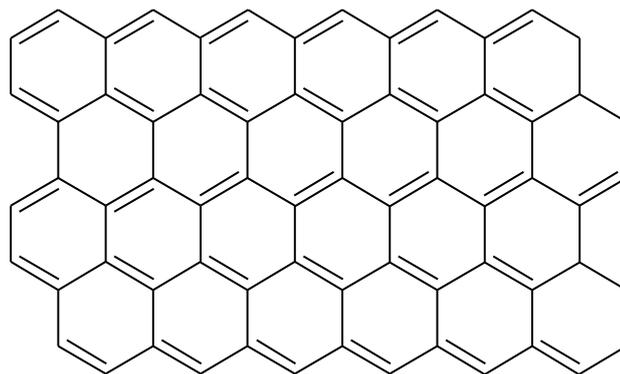
Potensi limbah cangkang telur di Indonesia saat ini sangatlah tinggi, ini dikarenakan telur merupakan sumber protein yang dibutuhkan oleh masyarakat. Cangkang telur tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme tanah, sehingga akan berdampak buruk pada lingkungan dan akan meningkatkan pencemaran. Cangkang telur ayam mengandung  $\text{CaCO}_3$  yang tinggi yaitu sebesar 94% sehingga memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan katalis CaO (Gago dan Ngapa, 2021). Menurut Wahyuningsih dan Perdani (2020), kandungan CaO yang terdapat pada cangkang kulit memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai agen antibakteri dimana bahan senyawa CaO mampu menghambat aktivitas metabolisme bakteri Gram positif dan Gram negatif.

## **2.3 Sulfur (S)**

Sulfur merupakan suatu material padatan yang memiliki karakteristik tidak memiliki bau, tidak memiliki rasa, berwarna kuning pucat, memiliki sifat yang buruk sebagai konduktor listrik, serta tidak larut dalam pelarut polar. Sulfur memiliki sifat sebagai antiseptik, anti-akne, antiskabies, antibakteri, dan antijamur (Aprianti, 2021).

## 2.4 Graphene

*Graphene* dapat dikatakan sebagai suatu lapisan atom karbon yang mengalami hibridisasi  $sp^2$  sehingga akan membentuk struktur heksagonal 2 dimensi, *graphene* memiliki potensi untuk diaplikasikan sebagai nanomaterial (Junaidi dan Diah, 2014). Struktur 2 dimensi dari *Graphene* dan turunannya dapat memiliki luas permukaan yang relatif tinggi, memiliki sifat fleksibel, sebagai konduktivitas yang baik, dispersi yang baik, dan memiliki kesetabilan termal baik (Fauzi dan Dwandaru, 2021). *Graphene* banyak dimanfaatkan di berbagai bidang, hal ini dikarenakan keunggulan dan sifatnya yang unik seperti, ketebalan satu atom karbon dan memiliki transparansi optik sampai 97,7% (Syakir dkk., 2015). Struktur *graphene* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Stuktur *graphene* (Zhu *et al.*, 2014)

## 2.5 Natural Graphite

*Natural Graphite* memiliki struktur planar berlapis dimana setiap lapisan atom karbon tersusun dalam kisi seperti sarang lebah dengan jarak antar planar sebesar 0,335 nm (Moosa *et al.*, 2021). Untuk mengubah grafit menjadi *Graphene oxides* (GO) menggunakan reaksi oksidasi yang disebut dengan metode Hummers dimana grafit direaksikan menggunakan kalium permanganat ( $KMnO_4$ ) serta natrium nitrat ( $NaNO_3$ ) dalam larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) (Syakir dkk., 2015).

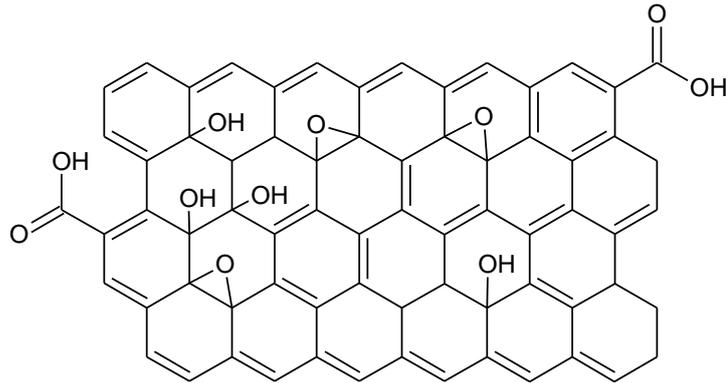
*Catalytic graphitization* merupakan metode yang menggunakan katalis (logam transisi) untuk meningkatkan kristalinitas karbon hingga membentuk material grafit dengan melibatkan reaksi kimia antara karbon dan logam transisi (sebagai katalis grafitisasi). Logam transisi yang digunakan adalah Fe (*iron*),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



## 2.6 Graphene Oxides

*Graphene oxides* (GO) adalah senyawa turunan *graphene* dengan perbedaan yang terletak pada struktur *graphene* yang berbentuk planar, sedangkan pada GO terdapat lengkungan karena adanya gugus oksigen. Struktur GO memiliki bentuk lembaran *graphene* yang berikatan dengan oksigen dalam bentuk hidroksil, karboksil, atau kelompok epoksi (Bete dkk., 2019).

Sintesis *graphene* yang biasa digunakan yaitu dengan metode pengelupasan mikro mekanis dari grafit, dilakukan sonikasi langsung dari grafit dengan gelombang suara ultrasonik, pengelupasan elektrokimia, *chemical vapor deposition* (CVD), dan mengoksidasi GO (Fauzi dan Dwandaru, 2021). Struktur *graphene* dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Struktur *graphene oxides* (Tadysza *et al.*, 2018)

### 2.7 Nano Graphene Oxides (nGO)

*Nano graphene oxides* (nGO) merupakan bahan granular dengan ukuran 20 sampai 100 nm, nGO bisa didapatkan dengan menggunakan gelombang suara ultrasonik selama kurun waktu 2 jam. Pola XRD dari nGO menunjukkan karakteristik puncak yang konsisten dengan pembentukan gugus oksida, seperti gugus epoksida, karbonil, dan hidroksida. Sedangkan, analisis gugus fungsi nGO menggunakan spektrofotometer FTIR mengkarakterisasi regangan alkoksi (C-O), regangan epoksi (C-O), regangan C=C aromatik, karboksil (C=O), regangan C-H, dan gugus hidroksi (-OH) (Park *et al.*, 2021).

### 2.8 Katalis

Katalis dapat dikatakan sebagai senyawa yang dapat meningkatkan kecepatan reaksi. Pada umumnya katalis yang digunakan adalah katalis homogen dan katalis heterogen. Dari kedua jenis katalis tersebut memiliki kelebihan dan kelemahan, seperti kelemahan pada katalis homogen yang sulit untuk dipisahkan setelah ditambahkan ke dalam larutan. Adapun kelemahan lainnya dari katalis homogen ini tidak dapat digunakan kembali dan apabila dibuang secara langsung dapat berbahaya bagi lingkungan (Yan dkk., 2009). Selain katalis homogen, dapat pula digunakan katalis heterogen yang memiliki sifat lebih ramah lingkungan, stabil

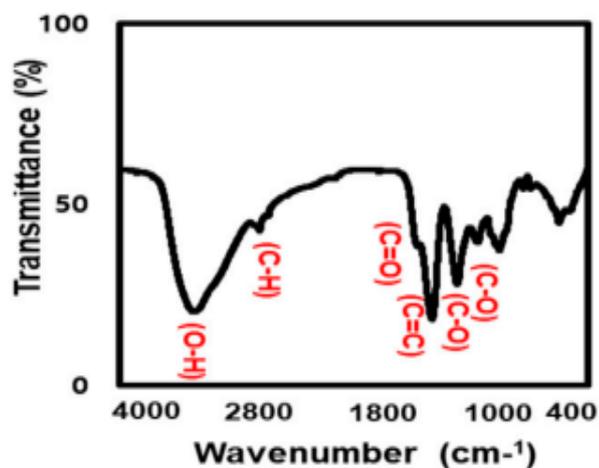
pada suhu tinggi, dan memiliki ukuran pori yang cukup besar serta harga yang relatif murah.

Salah satu contoh dari katalis heterogen seperti kalsium oksida (CaO) yang memiliki sifat kebasaaan tinggi. Kalsium oksida memiliki keunggulan seperti memiliki bentuk padatan sehingga dapat dipisahkan pada akhir reaksi. Katalis CaO memiliki kelemahan dimana CaO mudah bereaksi dengan udara yang memiliki kandungan air dan akan terbentuk  $\text{Ca(OH)}_2$  yang dapat menyebabkan penurunan aktivitas katalitiknya, meninjau hal tersebut diperlukan suatu penambahan logam lain ke dalam katalis CaO tersebut yang dapat dilakukan dengan menggunakan cara impregnasi basah (Kesic dkk., 2016).

## **2.9 Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR)**

*Fourier Transform Infrared Spectrometry* (FTIR) adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi serta membedakan tingkat penyerapan dalam suatu larutan yang berisi campuran suatu bahan kimia. FTIR memiliki kemampuan untuk menghasilkan jejak sesuai dengan desain optik yang biasa dikenal dengan sebutan interferogram. Interferogram melambangkan sinyal kompleks yang memuat informasi mengenai frekuensi kemudian dapat dideteksi oleh spektrum infra-merah (Rahmat, 2020).

Alat FTIR mampu mendeteksi spektrum-spektrum dari berbagai macam larutan atau campuran mulai  $500\text{ cm}^{-1}$  sampai  $6000\text{ cm}^{-1}$ . Analisis gugus fungsi *nano graphene oxide* menggunakan FTIR mengkarakterisasi regangan alkoksi C-O pada  $1031\text{ cm}^{-1}$ , regangan epoksi C-O pada  $1227\text{ cm}^{-1}$ , regangan C=C aromatik pada  $1608\text{ cm}^{-1}$ , karboksil C=O meregang pada  $1719\text{ cm}^{-1}$ , regangan C-H pada  $2893\text{ cm}^{-1}$ , dan gugus hidroksi -OH pada  $3359\text{ cm}^{-1}$  (Park *et al.*, 2021). Spektrum FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.



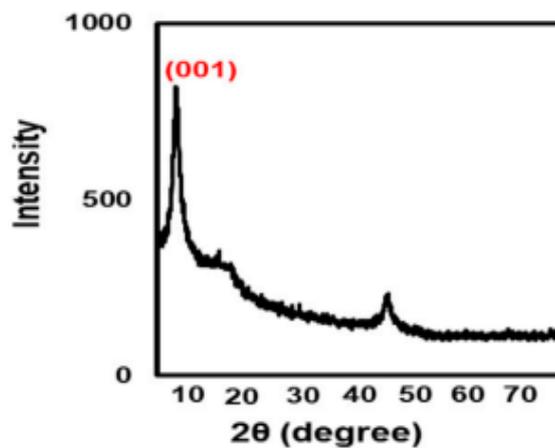
**Gambar 3.** Spektrum FTIR nGO (Park *et al.*, 2021)

### 2.10 X-Ray Diffraction (XRD)

*X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan teknologi yang terkait dengan fisika kuantum tentang hamburan dan dapat digunakan untuk memperoleh informasi dalam skala atomik baik pada material kristal maupun nonkristal (amorf). Material yang digunakan dalam karakterisasi XRD dapat berupa padatan berbentuk lembaran, ataupun serbuk yang sudah dihaluskan (Suryanarayana, 2007).

Prinsip kerja difraksi sinar-X adalah sinar-X yang dihasilkan dalam tabung sinar-X dipancarkan melalui sampel melalui serangkaian celah pada logam dengan nomor atom tinggi, seperti molibdenum atau tantalum. Celah logam ini bertanggung jawab untuk menyelaraskan berkas sinar-X. Setelah difraksi oleh sampel, berkas akan melewati serangkaian celah lainnya. Celah anti-hamburan mengurangi radiasi latar belakang dan meningkatkan rasio puncak ke latar belakang memastikan bahwa detektor hanya dapat menerima sinar-X dari wilayah sampel. File yang telah melewati slot penerima akan berkumpul. Fokus berkas menentukan lebar berkas yang mencapai detektor. Peningkatan lebar celah akan meningkatkan reflektansi puncak pada citra difraksi, tetapi sebaliknya akan menurunkan resolusi. Puncak difraksi atau refleksi dalam gambar difraksi sesuai dengan sinar-X yang terdifraksi dari bidang kristal tertentu. Setiap puncak

memiliki intensitas atau ketinggian yang berbeda, yang sebanding dengan jumlah foton X atau energi tertentu yang dihitung oleh detektor pada setiap sudut  $2\theta$ . Posisi puncak difraksi tergantung pada struktur kristal, terutama bentuk dan ukuran sel satuan, dari bahan sampel. Lokasi ini juga dapat dipengaruhi oleh panjang gelombang sinar-X yang digunakan. Jumlah puncak difraksi material akan meningkat seiring dengan penurunan derajat simetri struktur kristal (Suryanarayana, 2007). Spektrum XRD dari nGO dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Difraktogram XRD dari nGO (Park *et al.*, 2021)

### 2.11 Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang menarik sampel dengan memindai mereka dengan berkas elektron berenergi tinggi selama pemindaian raster. Elektron mempunyai tingkat resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya dapat mencapai 200 nm sedangkan elektron dapat mencapai resolusi hingga 0,1 - 0,2 nm (Wijayanto dan Bayuseno, 2014).

Prinsip kerja SEM adalah sebagai berikut:

- 1) Pistol elektron menghasilkan berkas elektron dan dipercepat oleh anoda.
- 2) Lensa magnetik memfokuskan elektron ke arah sampel.
- 3) Berkas elektron terfokus memindai seluruh sampel yang dipimpin oleh kumparan pemindai.
- 4) Ketika elektron bertabrakan dengan sampel, sampel melepaskan elektron baru

yang diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (Wijayanto dan Bayuseno, 2014).

Menurut Sinuhaji dan Marlianto (2012), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pembentukan gambar menggunakan prinsip pemindaian, dimana elektron diarahkan pada objek, gerakan berkas mirip dengan gerakan membaca. Unit pemindaian dihasilkan oleh kumparan pemindai, sedangkan hasil interaksi berkas elektron dengan sampel menghasilkan elektron sekunder (SE) dan elektron hamburan balik (BSc), yang diterima oleh detektor. SE/BSc, diubah menjadi sinyal, data sinyal diperkuat oleh penguat video dan kemudian disinkronkan oleh rangkaian pemindaian, gambar terbentuk pada tabung sinar katoda (CRT).

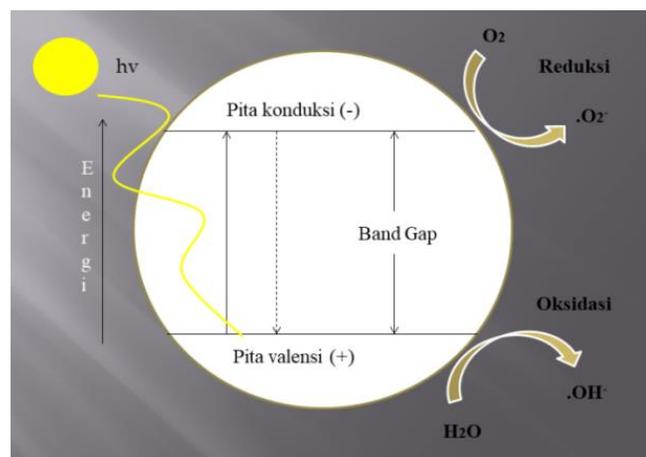
### **2.12 Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS)**

*Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS)* adalah alat yang digunakan untuk menentukan energy gap atau celah pita bahan semikonduktor berukuran nano. Celah pita ( $E_g$ ) dapat didefinisikan sebagai perbedaan energi antara pita valensi berenergi rendah dan kemudian terisi penuh oleh elektron dari pita konduksi berenergi tinggi. Celah pita mengacu pada sifat konduktif dari bahan yang biasa ditemukan dalam bahan semikonduktor. Energi pita yang ditemukan dari DRS berkisar antara 1,17 hingga 1,13 eV (Tatarchuk *et al.*, 2017).

### **2.13 Fotokatalis**

Fotokatalis adalah katalis yang bila terkena radiasi dapat bekerja sedemikian rupa sehingga elektron berpindah dari tingkat HOMO ke tingkat LUMO karena reaksi yang berlangsung. Senyawa yang digunakan sebagai fotokatalis adalah bahan yang energi celah pitanya terletak pada kisaran radiasi cahaya yang digunakan (Situmeang *et al.*, 2019). Fotokatalisis juga dapat didefinisikan sebagai kombinasi dari proses fotokimia dan katalitik. Proses transformasi kimia yang menggunakan cahaya sebagai *activating agent* disebut juga dengan fotokatalisis sedangkan

katalis digunakan sebagai zat untuk mempercepat reaksi. Oleh karena itu, reaksi kimia yang melibatkan bahan fotokatalis disebut juga sebagai reaksi fotokatalitik. Ukuran partikel zat merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan fotokatalitik pada bahan semikonduktor. Ukuran partikel semikonduktor memegang peranan penting dalam menentukan aktivitas katalitik suatu senyawa semikonduktor (Zainul dkk., 2020). Mekanisme fotokatalis dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Mekanisme fotokatalis (Zainul dkk., 2020)

### 2.14 Efek Fotolistrik

Efek fotolistrik adalah peristiwa terlepasnya electron dari orbitnya ketika atom menyerap seluruh energi foton yang mengenainya. Pada peristiwa fotolistrik, sebuah foton diserap oleh elektron orbit yang terikat dalam atom. Tenaga foton diberikan kepada elektron sebagian untuk melepaskan diri dari orbit atom dan sisanya digunakan untuk bergerak sebagai tenaga kinetik (Beiser, 1995).

### 2.15 Antimikroba

Agen antimikroba dapat membunuh mikroorganisme atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme (bakteriostatik bakteri). Desinfektan adalah

senyawa kimia yang dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan benda mati seperti meja, lantai, dan pisau bedah. Selain itu, beberapa logam berat memiliki fungsi antibakteri, karena logam berat dapat mengendapkan enzim atau protein esensial di dalam sel. Logam berat yang umum digunakan adalah Hg, Ag, As, Zr dan Cu. Kekuatan antibakteri logam berat yang dalam konsentrasi kecil dapat membunuh bakteri disebut kekuatan oligodinamik (Putri dkk., 2017).

## **2.16 Mekanisme Antibakteri**

Mekanisme kerja senyawa antibakteri meliputi penghambatan sintesis dinding sel, penghambatan permeabilitas dinding sel bakteri, penghambatan aktivitas enzim, serta penghambatan sintesis asam nukleat dan protein (Madigan, 2005).

### **1. Penghambatan sintesis dinding sel bakteri**

Langkah pertama kerja obat adalah pengikatan obat ke reseptor sel (beberapa di antaranya adalah enzim transpeptidase. Hal ini diikuti oleh reaksi transpeptidase dan sintesis peptidoglikan dihambat. Mekanisme berakhir dengan penghilangan inhibitor enzim autolitik atau penghentian aktivitas di dinding sel.

### **2. Penghalang permeabilitas dinding sel bakteri yang utuh**

Senyawa antibakteri mengganggu fungsi membran sitoplasma sehingga permeabilitas dinding sel berubah atau bahkan rusak, komponen penting seperti protein, asam nukleat, nukleotida, dll meninggalkan sel dan sel secara bertahap mati.

### **3. Penghambatan sintesis protein seluler bakteri**

Senyawa antibakteri diduga memiliki selektivitas tinggi, sehingga hanya menghambat sintesis asam nukleat bakteri. Umumnya senyawa penghambat berikatan dengan enzim atau beberapa komponen yang berperan dalam tahap sintetik, setelah dimana reaksi berhenti karena substrat tidak bereaksi dengan baik dan asam nukleat tidak dapat terbentuk (Jawetz dkk., 1996).

### **2.17 Resistensi Bakteri**

Masalah resistensi antibiotik pada bakteri di seluruh negara merupakan masalah kesehatan global (CDC, 2019). Beberapa faktor yang dapat menyebabkan masalah resistensi antibiotik pada bakteri adalah kemudahan akses masyarakat terhadap antibiotik, kurangnya kontrol dari pemerintah masyarakat terhadap penggunaan antibiotik yang tidak tepat, misalnya, karena pemilihan antibiotik berdasarkan kondisi pasien dan resep antibiotik tidak tepat (Novan dkk., 2019). Resistensi bakteri terhadap antibiotik mengurangi efektivitas pengobatan. Kurangnya kepekaan bakteri terhadap antibiotik membuat bakteri semakin resisten sehingga meningkatkan morbiditas dan mortalitas serta biaya perawatan kesehatan yang berlebihan (Rukmini dkk., 2019).

### **2.18 Gram Positif dan Gram Negatif**

Pewarnaan Gram atau metode Gram adalah salah satu teknik pewarnaan yang paling penting dan banyak digunakan untuk identifikasi bakteri. Selama proses ini, pewarna bakteri tetap dikenakan larutan berikut: pewarna kristal violet, larutan yodium, larutan alkohol (pemutih), dan penolak seperti air safranin atau *fuchsin*. Bakteri yang diwarnai dengan metode ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bakteri Gram-positif dan Gram-negatif. Bakteri Gram positif akan mempertahankan pewarna ungu kristal dan dengan demikian tampak ungu tua di bawah mikroskop. Bakteri gram negatif akan kehilangan pewarna kristal violet setelah pencucian alkohol, dan ketika pewarna saingannya dicampur dengan air *fuchsin* atau air safranin, mereka akan berubah menjadi merah. Perbedaan warna ini disebabkan oleh perbedaan struktur kimia dinding sel (Putri dkk., 2017). Bakteri Gram positif dan Gram negatif dapat dilihat pada Gambar 6.

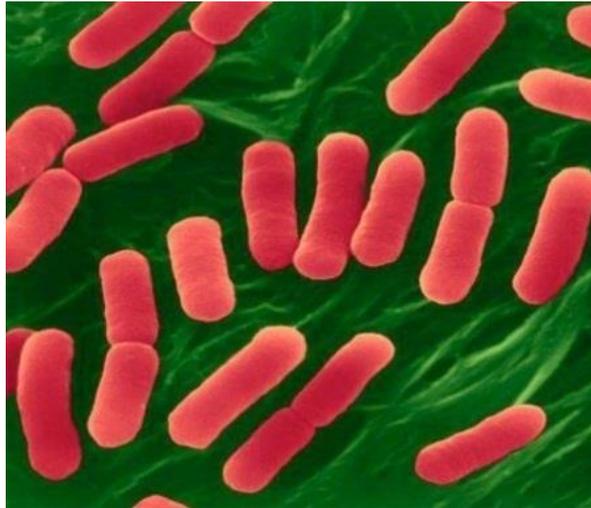


**Gambar 6.** (A) Pengecatan Gram negatif, dan (B) Gram positif (Anggraeni, 2015; Purwaningsih, 2021)

### 2.19 Bakteri *Escherichia coli*

*Escherichia coli* adalah kelompok bakteri Gram negatif yang termasuk dalam kelompok *Enterobacteriaceae*. *Escherichia coli* yang merupakan bakteri Gram negatif yang mampu memfermentasi laktosa pada suhu 0 °C lebih banyak menyebabkan penyakit infeksi pada hewan dan manusia dibandingkan bakteri akuatik lainnya (Aminah dan Jamilatun, 2016). Bakteri ini berbentuk batang, tersusun dalam sel tunggal, panjangnya sekitar 2 µm, diameter 0,5 µm. Hidup pada suhu 200 °C dan suhu optimal adalah 37 °C. *Escherichia coli* adalah bakteri patogen yang biasa ditemukan di usus besar manusia dan terlibat dalam pemecahan sisa makanan. Sifat biokimia *E. coli* meliputi kemampuan untuk memfermentasi karbohidrat tertentu, seperti laktosa, sukrosa dan manitol, untuk menghasilkan indol dan aktivitas (Gillespie and Hawkey, 2006).

*E. coli* dapat menyebabkan diare karena menghasilkan enterotoksin yang disebut *Enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC) dan memiliki kemampuan untuk menyerang epitel usus yang disebut *Enteroinvasive Escherichia coli* (EIEC). Ketika bakteri ini ditemukan di jaringan paru-paru, saluran empedu, saluran kemih, peritoneum, dan lapisan otak, mereka menyebabkan penyakit. Bakteri ini dikeluarkan melalui feses dan dapat mencemari lingkungan, termasuk tanah (Brooks *et al.*, 2007). Bakteri *E. coli* dapat dilihat pada Gambar 7.

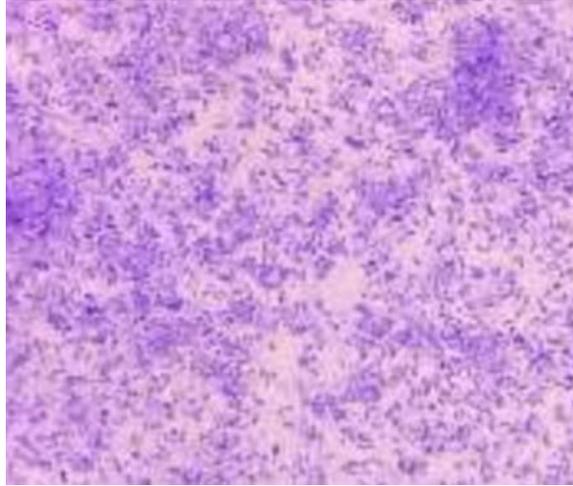


**Gambar 7.** Bakteri *Escherichia coli* (Anggraeni, 2015)

### **2.20 Bakteri *Bacillus* sp.**

Bakteri *Bacillus* sp. merupakan bakteri Gram positif ditandai dengan ciri khas saat pewarnaan Gram yang akan menunjukkan perubahan warna menjadi warna ungu saat diamati di bawah mikroskop. Bakteri *Bacillus* sp. bersifat patogen bagi manusia dan dapat menyebabkan berbagai infeksi klinis, serta memiliki bentuk batang (Mukamto dkk., 2015).

Salah satu penyakit yang disebabkan bakteri *Bacillus* sp. seperti penyakit antraks yang disebabkan oleh bakteri *Bacillus anthracis* dan termasuk salah satu penyakit zoonosis. Penyakit antraks dapat menginfeksi dari hewan ke manusia melalui kontak dengan makanan daging hewan terkontaminasi dan inhalasi dari spora *Bacillus anthracis* (Clarasinta dan Soleha, 2017). Bakteri *Bacillus* sp. dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Bakteri *Bacillus* sp. perbesaran 1000x (Purwaningsih, 2021)

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Oktober tahun 2022 hingga bulan Mei tahun 2023 yang bertempat di Laboratorium Kimia FMIPA Anorganik-Fisik dan Laboratorium Mikrobiologi Universitas Lampung. Analisis XRD dilakukan di Universitas Gajah Mada (UGM), Analisis FTIR dilakukan di Institut Teknologi Bandung (ITB), Analisis *band-gap* menggunakan DRS akan dilakukan di Laboratorium UI-Chem, Universitas Indonesia, SEM dilakukan di LTSIT FMIPA Universitas Lampung. Kemudian uji antibakteri akan dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang disiapkan seperti, batang pengaduk, spatula, spin bar, *icebath*, desikator, sonikasi, pH meter, inkubator, cawan petri, pipet tetes, pinset, *laminar air flow*, bunsen, *stopwatch*, mikroskop, neraca analitik (*Ainsworth AA-160 Denver Instrument Company*<sup>TM</sup>), *centrifuge* (17250-10-*Centrifuge Cole Parmer*<sup>TM</sup>), tabung sentrifugasi (15 mL), aluminium foil, *hot plate stirrer* (CB162 *Stuart*<sup>TM</sup>), tabung reaksi, rak tabung reaksi, oven (*Innotech*), *furnace*, desikator, lampu *Visible*, reaktor katalitik, termometer, corong gelas, labu Erlenmeyer (250 mL), gelas kimia (100 mL - 1000 mL), gelas ukur (10 mL - 100 mL), labu ukur (25mL - 1000 mL), mortar dan alu, botol vial (20 mL), difraktometer sinar-X (XRD), spektrofotometer DRS, dan ultrasonik (D68H).

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini seperti serbuk bonggol jagung, cangkang telur ayam,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$  1 M,  $\text{HCl}$  5%, akuades, *natural graphite* hasil sintesis,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (95%),  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%),  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , alkohol, tisu, plastik warp, sarung tangan, masker, kain kasa, karet gelang, plastik tahan panas, nutrient agar, endo agar, *nutrient broth*, *lactose broth*, *brilian green lactose broth*, dan kapas.

### **3.3 Preparasi Nanokomposit S/CaO/nGO**

#### **3.3.1 Karbonisasi Serbuk 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 pada suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$  hingga warna serbuk berubah menjadi kuning kecoklatan selama 2 jam. Kemudian dimasukkan ke dalam furnace selama 2 jam suhu  $350\text{ }^\circ\text{C}$  dengan heating rate  $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{menit}$ . Arang yang diperoleh dari hasil pembakaran ditempatkan dalam desikator selama 15 menit lalu dihaluskan dengan mortar untuk digunakan pada tahap selanjutnya (Dewi, 2020).

#### **3.3.2 Sintesis Grafit**

Sebanyak 5 gram material karbon (arang) dicampur dengan 500 mL akuades dan diaduk selama 30 menit. Selanjutnya, ditambahkan sebanyak 4 mL  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ke dalam larutan selama 15 menit. Larutan diubah hingga pH 2 dengan penambahan  $\text{HCl}$  1 M secara perlahan. Pengadukan larutan dilanjutkan selama 5 jam dengan suhu  $60\text{ }^\circ\text{C}$ . Selanjutnya, endapan dicuci menggunakan akuades sampai pH netral. Endapan akhir (sampel *natural graphite*) dilakukan pengeringan di dalam oven dengan suhu  $50\text{ }^\circ\text{C}$  semalaman dan dilanjutkan pada suhu  $110\text{ }^\circ\text{C}$  selama 5 jam (Dewi, 2020).

### 3.3.3 Sintesis Nano Grafena Oksida (nGO)

*Nanosheets graphene oxydes* disiapkan dalam dua langkah, yaitu oksidasi bubuk grafit alami melalui metode Hummers yang dimodifikasi dan ultrasonikasi. Langkah pertama, sebanyak 2,5 gram  $\text{NaNO}_3$  dan grafit sebanyak 5 gram dicampurkan dalam gelas beaker menggunakan 120 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (95 %), dan di stirrer selama 10 menit sembari dimasukkan ke dalam *ice bath* hingga suhu berada di bawah  $5^\circ\text{C}$ . Kemudian 15 gram  $\text{KMnO}_4$  ditambahkan secara perlahan sambil di stirrer dan masih didinginkan sehingga suhu campuran dipertahankan dibawah suhu  $5^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Campuran kemudian di keluarkan dari *ice bath* yang selanjutnya dipanaskan pada suhu  $98^\circ\text{C}$  selama 15 menit sembari ditambahkan akuades sampai 400 mL. Kemudian dimasukkan 15 mL larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  secara perlahan. Hasil yang didapatkan tersebut kemudian disentrifugasi dengan larutan  $\text{HCl}$  5 % yang kemudian di tes menggunakan barium klorida, selanjutnya disentrifugasi kembali menggunakan akuades hingga netral. Endapan yang terkumpul didispersikan dalam 450 mL akuades dan disonikasi selama 2 jam. Setelah tersonikasi, endapan hasil ultrasonikasi dikeringkan dalam oven pada suhu  $60^\circ\text{C}$ , sehingga diperoleh *nanosheets graphene oxydes* (Paulchamy *et al.*, 2015).

### 3.3.4 Sintesis Katalis CaO

Cangkang telur ayam dicuci hingga bersih kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 24 jam, selanjutnya kulit cangkang telur yang sudah kering dihancurkan dengan menggunakan mortal dan alu. Cangkang telur yang sudah halus dilakukan kalsinasi pada suhu  $700^\circ\text{C}$  selama 15 jam. Setelah itu hasil kalsinasi dimasukkan ke dalam desikator (Oko dan Feri, 2019).

### 3.3.5 Pencampuran S/CaO/nGO

$\text{H}_2\text{SO}_4$  (95 %) dimasukkan ke dalam gelas kimia dengan variasi 0,5 gram dan 1

gram pada CaO masing-masing 1 gram, distirer selama 1 jam pada suhu ruang, dan didiamkan 2 hari pada suhu ruang dan dikalsinasi pada suhu 450 °C selama 4 jam (Ohno *et al.*, 2004). Setelah di dapatkan S/CaO, lalu dilakukan impregnasi dengan nGO dengan variasi 0,5/1 dan 1/1. Sonikasi selama 50 menit kemudian dioven pada suhu 60 °C.

### **3.4 Karakterisasi Nanokomposit S/CaO/nGO**

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

Sampel S/CaO/nGO dikarakterisasi dengan FTIR *Thermo Scientific* iS5 menggunakan metode pellet KBr. Kemudian, hasil karakterisasi diolah pada software origin untuk memudahkan pembacaan spektra FTIR hasil sintesis S/CaO/nGO (Rahmat, 2020).

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

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

#### **3.4.3 Analisis Energi Band-Gap**

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

### **3.4.4 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. SEM digunakan untuk mengamati morfologi permukaan pada S/CaO/nGO (Wijayanto dan Bayuseno, 2014).

## **3.5 Tahap Uji Antibakteri**

### **3.5.1 Sterilisasi Alat**

Alat-alat yang akan digunakan disterilisasi selama 15 menit di dalam autoclave. Alat kaca seperti cawan petri dan tabung reaksi di bungkus dengan menggunakan kertas hvs yang kemudian dimasukkan ke dalam plastik tahan panas.

### **3.5.2 Peremajaan Bakteri**

Bakteri yang telah ditumbuhkan pada media agar miring di inokuasikan kembali ke media pertumbuhan yang baru, dimulai dengan sterilisasi media *Nutrient Broth* di dalam *autoclave*. Media yang telah disteril kemudian dimasukkan satu ose bakteri dari media agar miring. Kemudian tepi tabung reaksi di pijarkan pada bunsen, lalu di lapisi dengan plastik warp, lalu diinkubasi selama 4 jam di dalam inkubator pada suhu 37 °C.

### 3.5.3 Perlakuan S/CaO/nGO Terhadap Bakteri

Uji antibakteri dilakukan dengan menggunakan metode MIC dengan mengacu (Huang *et al.*, 2020). Pengerjaan uji antibakteri dilakukan secara difusi dengan menggunakan kertas cakram. Kertas cakram direndam dengan menggunakan nanokatalis S/CaO/nGO yang telah di campurkan dengan aquades steril, diamkan selama beberapa menit. Letakkan pada media agar yang telah diswap bakteri, dilakukan penyinaran dengan sinar *visible* dengan variasi waktu (15, 30, 45, dan 60 menit), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam, kemudian diamati hasilnya (Rait dkk., 2021).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Fasa yang terbentuk pada sampel nGO memiliki bentuk amorf dan didapatkan ukuran partikel sebesar 37,98 nm yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan persamaan *Debye Scherrer*.
2. Fasa kristalin yang terbentuk pada katalis S/CaO/ nGO 0,5/1 dan S/CaO/nGO 1/1 didapatkan ukuran rata-rata kristal katalis masing-masing sebesar 33,93 nm dan 52,84 nm.
3. Pada uji antibakteri menggunakan metode difusi kertas cakram dengan bakteri uji *Bacillus* sp, waktu penyinaran optimum berada pada waktu 30 menit, karena pada waktu 15 menit dan 30 menit terdapat peningkatan diameter zona hambat.
4. Pada uji antibakteri menggunakan metode difusi kertas cakram dengan bakteri uji *E. coli*, waktu penyinaran optimum berada pada waktu 30 menit, karena pada penyinaran waktu 15 menit dan 30 menit terdapat peningkatan diameter zona hambat pada sampel S/CaO/nGO 0,5/1 dan S/CaO/nGO 1/1.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka pada penelitian selanjutnya disarankan untuk:

1. Meningkatkan suhu kalsinasi cangkang telur ayam pada suhu 1000 °C.

2. Mencoba penyinaran menggunakan sinar matahari pada uji antibakteri dengan menggunakan metode difusi cakram.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, R. 2015. *Analisis Cemaran Bakteri Escherchia coli (E. coli) 0157:H7 Pada Daging Sapi Di Kota Makasar*. Skripsi. Prodi Kedokteran Hewan Universitas Hasanudin. Makasar.
- Aminah, dan Jamilatun N. 2016. Multidrug Resistant *Escherichia coli* Pada Sumber Air Minum Di Kota Tangerang. *Jurnal Medikes*. 3(11): 31-41.
- Aprianti, F. R., Hidayat, Y., dan Danar, D. 2021. Pengaruh Ukuran Partikel Sulfur Terhadap Mortalitas, Pertumbuhan Dan Perkembangan Ulat Grayak Jagung Spodoptera Frugiperda J. E. Smith (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Jurnal Agrikultura*. 32(2): 257-265.
- Ariningsih, E. 2016. Prospek Penerapan Teknologi Nano Dalam Pertanian Dan Pengolahan Pangan Di Indonesia. *Jurnal Agro Ekonomi*. 34(1): 1-20.
- Arsy, R. 2015. *Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pada Jaringan Imago Betina Ulat Sutra Liar Attacus Atlas (Lepidoptera : Saturniidae)*. IPB Press. Bogor.
- Azah, N. I. dan Zuhrotun, A., 2020. Potensi Theobroma Cacao L. Sebagai Antibiotik Alami. *Jurnal Farmaka*. 17(1):1-9.
- Beiser, A. 1995. *Applied Physics*. McGraw-Hill Inc. New York
- 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*. 4(2): 114-120.
- Bhuyan, M. S. A., Uddin, M. N., Islam, M. M., Bipasha, F. A., and Hossain, S. S. 2016. Synthesis of Graphene. *Int, Nano Lett*. 6(2): 65-83.
- Brooks, G. F., Carroll, K. C., Butel, J. S., and Morse, S. A. 2007. *Medical Microbiology, 24th Edition*. McGraw Hill Professional.
- C. Hsiao, S., Liao, M., Yen, P., Liu, N., Pu, C., and Wang, C. Ma. 2010. Preparation of Covalently Functionalized Graphene Using Residual Oxygen-Containing Functional Groups. *American Chemical Society*. 2 (11): 3092– 3099.

- CDC. 2019. *Antibiotic resistance threats in the United States, 2019, Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services*. Center for Disease control and Prevention. United States,
- Chavali, M. S., and Nikolava, M. P. 2019. Metal Oxide Nanoparticles and Their Applications In Nanotechnology. *Springer Nature Journal*. 1(607): 1-30.
- Choerudin. 2017. *Peran Nanomaterial Dalam Pengolahan Air dan Air Limbah. Teknik Kimia*. Institut Teknologi Bandung.
- Choucair, P., Thordarson, J. A., Stride. 2009. Gram-Scale Production of Graphene Based on Solvothermal Synthesis and Sonication. *Natural Nanotechnol.* 4. (1): 30-33.
- Clarasinta, C., dan Soleha, T, U. 2017. Penyakit Antraks : Ancaman Untuk Petani dan Peternak. *Majority*. 7 (1): 158-163.
- Dewi, K. 2020. *Sintesis dan Karakterisasi Natural Graphite dan Graphite Oxide (GO) dari Limbah Tongkol Jagung*. (Skripsi). Univeristas Pertamina. Jakarta.
- Djuhana, D. 2021. *Katalog Alat Laboratorium Integrated Laboratory & Research Center (ILRC UI)*. Direktorat Riset dan Pengembangan Bidang Riset dan Inovasi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Fadillah, M. R. 2023. *Konversi Nanoselulosa Dari Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa x Paradisiaca L) Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Nanokatalis MoO<sub>3</sub>/nGO Di Bawah Irradiasi Sinar UV*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Faniyi, I. O., Fasakin, O., Olofinjana, B., Adekunle, A. S., Oluwasusi, T. V., Eleruja, M. A., and Ajayi, E. O. B. 2019. The Comperative Analyses of Reduced Graphene Oxide (RGO) Prepared Via Green, Mild and Chemical Approaches. *A Springer Nature Journal*. 1(1): 1-10.
- Fatimah, I. 2017. Synthesis of Metal and Metal Oxide Nanoparticles Using Plant Extract: a Review. *Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA*. 17(1): 66-85.
- Fauzi, F., dan Dwandaru, W. S. B. 2021. Analisis Karakterisasi *Graphene Oxide* dan Reduksinya Melalui Gelombang Mikro. *Jurnal Fisika*. 11(1): 9-18.
- Gago, J., dan Ngapa, Y. D. 2021. Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Sebagai Material Dasar Dalam Sintesis Hidroksiapatit Dengan Metode Presipitasi Basah. *Journal of Applied Chemistry*. 9(1): 29-35.
- Gillespie, S., and Hawkey, P. M. 2006. *Principles and Practice of Clinical Bacteriology*. John Wiley & Sons.

- Goncalves, G., Mercedes, V., Igor, B., Alicia, D. A., Nazanin, E., Rute, A. S. F., Luis, D. C., Jose, G., Paula, A. A. P., and Marques. 2014. Breakdown Into Nanoscale of *Graphene Oxide*: Confined Hot Spot Atomic Reduction and Fragmentation. *Scientific Reports*. 4(2): 1-8.
- Hamida, F., Syafriana, V., dan Chyntia, Y. 2022. Sensitivitas *Escherichia coli* Asal Saluran Air Tanah Baru Terhadap Antibiotik. *Jurnal Ilmu Kefarmasian*. 15 (1): 17-22.
- Handayani, S. dan Suratman. 2017. Biooksidasi: Teknologi Alternatif Pengolahan Bijih Emas Refraktori. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 13(3): 197-211.
- Hartanto, S., dan Ratnawati. 2010. Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12 (1) : 12-16.
- Haryono, A., Sondari, D., Sri, B. H., dan Muhammad Randy. 2008. Sintesa Nanomaterial Perak Dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri*. 2(3): 156-163.
- Hidayat, A., Setiadji, S., Hadisantoso, E. P. 2018. Sintesis Oksida Graphena Tereduksi (rGO) dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 5(2): 68-73.
- Hlang, N. N., Othman, R., Hinode, H., Winarto, K., Aye, A. T., Abdul, R. M., Chris, S., Srimala, S, 2014. The Influence of Hydrothermal Temperature on CaO-Based Adsorbents Synthesized by Sol-Gel-Hydrothermal Method. *Procedia Environmental Sciences*. 20(1): 71-78.
- Huang, X., Chang, L., Lu, Y., Zhanhai, L., Zewen, K., Xiouhui, Z., Minghuan, L., Da-Peng, Y. 2020. Plant Mediated Synthesis of Dual Functional Eggshell/Ag Nanocomposites Towards Catalysis and Antibacterial Applications. *Journal Materials Science & Engineering*. 113(1): 1-10.
- Jawetz, E., Melnick J. L., dan Adelberg, E. A. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran. Edisi-20*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Junaidi, M., dan Diah, S. 2014. Pengaruh Variasi Waktu Ultrasonikasi dan Waktu Tahan Hydrothermal terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Material *Graphene*. *Jurnal Teknik Pomits*. 3(1): 13-18.
- Kesic, Z., Lukic, I., Zdujic, M., Mojovic, L. and Skala, D. 2016. Calcium Oxide Based Catalysts For Biodiesel Production: A Review. *Chem Ing Chem Eng Q.*, 22(4): 391-408.
- Kumar, S., Sharma, V., Pradhan, J. K., Sharma, S. K., Prem, S., Jatinder, K. S. 2021. Structural, Optical and Antibacterial Response of CaO Nanoparticles

- Synthesized via Direct Precipitation Technique. *Nano Biomed Eng.* 13(2): 172-178.
- Lestari, K. R. 2021. *Sintesis, Klasifikasi, dan Sifat, Bahan Nano*. LP UNAS. Jakarta.
- Li, F., Zhao, D. L., Bai, Z., and Zhang, D. D. 2013. Fabrication of nano hollow grapheme oxide spheres via water-in-oil emulsion. *Applied Mechanics and Material.* 320(1): 540-543.
- Maghfiroh, E. W. 2015. *Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Viabilitas dan Profil Protein Isolat Bakteri Staphylococcus aureus Sebagai Bahan Vaksin*. Skripsi. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang. 25-30.
- Mahodi, R., Anggraini, K., Riyanti, F., and Aldes, L. 2016. Preparation Calcium Oxide (CaO) from Chicken Eggshells. *Sriwijaya Journal of Environment.* 1(2): 32-35.
- Mahmoud, A. E. D., El-Maghrabi, N., Hosny, M., and Fawzy, M. 2022. Biogenic Synthesis of Reduced Graphene Oxide From *Ziziphus spina-christi* (Christ's Thorn Jujube) Extracts For Catalytic, Antimicrobial, and Antioxidant Potentialities. *Environmental Science and Pollution Research.* 29(1): 89772-89787.
- Melo, H. P., Cruz, A.J.,Candeias, A., Mirao, J.,Cardoso, A. M., Oliveira, M. J., and Valadas, S. 2014. Problems of Analysis by FTIR of Calcium Sulphate-Based Preparatory Layers: The Case of A Group of 16 Th-Century Portuguese Paintings. *Archaeometry.* 56(3): 513-526.
- Mukamto., Ulfah, S., Mahalina, W., Ahmad, S., Laila, I., and Guntur, T. 2015. Isolasi dan Karakterisasi *Bacillus sp.* Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Tanaman Leguminosae. *Jurnal Sains dan Matematika.* 3(2): 62-69.
- Nuryantini, A. Y., Sundari, C. D. D., Diah, H., and Nuryadin, B. W. 2019. Synthesis and Characterization of Calcium Oxide Nanoparticles From Duck Eggshells Using Ball Milling Methods. *Junal Kimia Valensi.* 5(2) : 231-235.
- Ohno, T., Akiyoshi, M., Umebayashi, T., Asai, K., Mitsui, T., Matsumura, M. 2004. Preparation of S-doped TiO<sub>2</sub> Photocatalysts and Their Photocatalytic Activities Under Visible Light. *Applied Catalysis A: General.* 265(1): 115-121
- Madigan, M. 2005. *Brock Biology of Microorganisme*. Prentice Hall. London.
- Marulanda, J. M. 2011. *Carbon Nanotubes Application on Electron Devices*. InTech. Croatia.

- McDonnel, G. E. 2017. *Antisepsis Disinfection and Sterilization Types, Action, and Resistance 2<sup>nd</sup> ed.* ASM Press Washington DC. USA.
- Moosa, A., and Abed, M. S. 2021. *Graphene Preparation and Graphite Exfoliation.* *Turkish Journal of Chemistry.* 45(1): 493-519.
- Musico, Y. L. F., Santos, C. M., Maria, L. P. D., and Debora, F. R. 2014. Surface Modification of Membran Filters Using *Graphene* and *Graphene Oxide* Based Nanomaterial For Bacterial Inactivation and Removal. *Journal Sustainable Chemistry & Engineering.* 2(1): 1559-1565.
- Nas, F. S., Ali, M. and Aminu, M. A. 2018. Application of Nanomaterials As Antimicrobial Agents: A Review. *Journal Archives of Nanomedicine.* 1(3): 59-64.
- Nath, D., Jangid, K., Kumar, A., Kumar, R., and Vaish, R. 2021. Eggshell Derived CaO-Portland Cement Antibacterial Composites. *Journal Pre-Proof.* 5(1): 1-9.
- Novan, Y. I. P., Budi, S., Azril, O. A., dan Dewi, W. S. 2019. Analisis Penggunaan Antibiotik pada Pasien Rawat Inap Bedah dengan Menggunakan Defined Daily Dose dan Drug Utilization 90% di Rumah Sakit Universitas Airlangga. *Indonesian Journal of Clinical Pharmacy.* 8(4): 256-263.
- Nurhayati., Amri, T. A., Annisa, N. F., and Febria, S. 2020. The Synthesis of Biodiesel From Crude Palm Oil (CPO) Using CaO Heterogeneous Catalyst Impregnated H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Variation of Stirring Speed and Mole Ratio of Oil to Methanol. *Journal of Physics : Conference Series.* 1655(1) : 1-8.
- Nurlaela, A., Dewi, S. U., Dahlan, K., Soejoko, D. S. 2014. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Dan Bebek Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sistesis Mineral Tulang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia.* 10(1): 81-85.
- Oko, S., dan Feri, M. 2019. Pengembangan Katalis CaO Dari Cangkang Telur Ayam Dengan Impregnasi KOH Dan Aplikasinya Terhadap Pembuatan Biodisel Dari Minyak Jarak. *Jurnal Teknologi.* 11(2): 1-8.
- Park, S. Y., Woo, C. S., Beomjin, K., Jin, W. O., and Geuntae, P. 2021. Nano *Graphene Oxide*-Promoted Epithelial-Mesenchymal Transition of Human Retinal Pigment Epithelial Cells through Regulation of Phospholipase D Signaling. *Journal Nanomaterials.* 11(2546): 1-13.
- Paulchamy, B., Arthi, G., and Lignesh, BD. 2015. A Simple Approach to Stepwise Synthesis of *Graphene Oxide* Nanomaterial. *Journal Nanomed Nanotechnol.* 6(1): 1-4.

- Purwaningsih, D., dan Wulandari, D. 2021. Uji Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Bakteri Endofit Umbi Talas (*Colocasia esculenta* L) Terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 3 (5): 750-760.
- Putri, M. H., Sukini, dan Yodong. 2017. *Mikrobiologi*. Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan. Jakarta.
- Rahman, T., Fadhililloh, M. A., Asep, B. D. N., dan Ahmad, M. 2015. Review: Sintesis Karbon Nanopartikel. *Jurnal Integrasi Proses*. 5(3): 120-131.
- Rahmat, S., dan Suwarno. 2020. Analisa Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier dan Gas Terlarut Terhadap Perubahan Gugus Fungsi Komposisi Minyak Ester. *Jurnal Infotekmesin*. 11(1): 14-23.
- Rait, A. S., Nurhasanah, dan Agung, A. K. 2021. Analisis Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper Betle* Linn) Pada Handsoap Menggunakan Metode Cakram. *Journal Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 6(2): 122-133.
- Rajagopalan, B., and Chung, J. S. 2014. Reduced Chemically Modified Graphene Oxide for Supercapacitor Electrode. *Nanoscale Research Letters*. 9 (535) : 1-10.
- Ruiz, A. M. I., Burbano, D. C. R., and John, A. C. 2016. Photoluminescent Nanoplatfoms In Biomedical Application. *Journal Advances In Physics*. 1(2): 194-225.
- Rukmini, R., Siahaan, S., dan Sari, I. D. 2019. Analisis Implementasi Kebijakan Program Pengendalian (Studi Kasus Di RSUP Dr. Wahidin Sudirohisudo , Makassar). *Puslitbang Humaniora dan Manajemen Kesehatan*. 22(2): 106-116.
- Rusdaryanti, A. F., Amalia, U., and Suharto, S. 2020. Antibacterial Activity of CaO From Blood Cockle Shells (*Anadara granosa*) Cacination Against *Escherichia coli*. *BIODIVERSITAS*. 21(6): 2827-2831.
- Sepvianti, W. 2021. Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa 4-Dimetilaminokalkon Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* Dan *Escherchia coli* ATCC. *Jurnal Kesehatan Tambusai*. 2(4): 236-240.
- Setiawati, A. 2015. Peningkatan Resistensi Kultur Bakteri *Staphylococcus aureus* terhadap Amoxicillin Menggunakan Metode Adaptif Gradual. *Jurnal Farmasi Indonesia*. 7(3): 190-193.
- 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>/nGO Diiradiasi di Bawah Sinar Uv*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Siburian, R., and Nakamura, J. 2012. Formation Process of Pt Subnano-Cluster on Graphena Nanosheets. *Journal of Physical Chemistry C*. 116 (1) : 22947-229553.
- Sim, W., Barnard, R. T., Blaskovich, M. and Ziora, Z. M. 2018. Antimicrobial Silver in Medicinal and Consumer Applications: A Patient Review of the Past Decade (2007-2017). *Antibiotics*. 7(93): 1-15.
- Situmeang, R. T. M., Matthew, T., Erwin, S., Tria, Y., Wasinton, S., Zipora, S., and Simon, S. 2019. LaCrO<sub>3</sub> nano photocatalyst: the effect of calcination temperature on its cellulose conversion activity under UV-ray irradiation. *Vietnam Academy of Science & Technology*. 10 (1): 1-8.
- Sinuhaji, P. dan Marlianto, E. 2012. *Teknologi Film Tipis*. USU press. Medan
- Sirait, G. F. S. 2023. *Konversi Nanoselulosa Dari Limbah Kulit Pisang Kepok (Mussa x paradisiaca L.) Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Nanokomposit nGO/TiO<sub>2</sub> di Bawah Iradiasi Sinar UV*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Sjahriza, A., dan Herlambang, S. 2021. Sintesis Oksida Grafena Dari Arang Tempurung Kelapa Untuk Aplikasi Antibakteri Dan Antioksidan. *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 8(2): 51-58.
- Sunardi, S., Krismawati, E. D. Mahayana, A. 2020. Sintesis dan Karakterisasi Nanokalsium Oksida dari Cangkang Telur. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*. 16 (2): 250-259.
- Supangat, D., dan Cahyaningrum, S. E. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Cangkang Kepiting (*Seylla serrate*) Dengan Metode Pengendapann Basah. *Journal of Chemistry*. 6(3): 143-149.
- Suryanarayana, C., and Norton, M. G. (2007). *X-ray diffraction: a practical approach*. Springer Science & Business Media.
- Syakir, N., Nurlina, R., Anam, S., Annisa, A., Sahrul, H., dan Fitrilawati. 2015. Kajian Pembuatan Oksida Grafit untuk Produksi Oksida Grafena Dalam Jumlah Besar. *Jurnal Fisika Indonesia*. 19(55): 26-30.
- Tadyszak, K., Wychowaniec, J. K., and Litowczenko, J. 2018. Biomedical Application of *Graphene*-Based Structures. *Journal Nanomaterial*. 8(11): 1-20.

- Tatarchuk, T., Bouoadina, M., and Macyk, W. 2017. Structural, optical, and magnetic properties of Zn-doped Coe 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.
- Veronica, E., Dempati, P. S., Varennia, B., Ni, K. S. D. C. 2021. Potensi Ekstrak Bawang Hitam Sebagai Antituberkular Mycobacterium Tuberculosis. *Jurnal Poltekkes Jayapura.* 13(1): 9-18.
- Wahyuningsih, K. dan Perdani, L. 2020. Aktivitas Antimikroba Partikel Nano CaO Dari Kulit Kerang Mutiara (*Pictada Maxima*). *Jurnal Kimia dan Kemasan.* 42(1): 14-19.
- Widiarti, N., Wijianto., Wijati, N., Harjito., Samuel, B. W. K., Didik, P., Suprpto. 2017. Catalytic Activity of Calcium Oxide from Fishbone Waste in Waste Cooking Oil Transesterification Process. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan.* 6(2): 97-106.
- 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 : Mikrofografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin.* 2(1): 33-39.
- Xu, Z., Zhou, Y., Sun, Z., Zhang, D., Huang, Y., Gu, S., and Chen, W. 2020. Understanding Reactions and Pore-forming Mechanism Between Waste Cotton Woven and FeCl<sub>3</sub> During The Synthesis of Magnetic Activated Carbon. *Chemosphere.* 241(1): 1-15.
- Yan, S. O., Steven, S., and K.Y. Simon. 2009. Simultaneous Transesterification and Esterification of Unrefined or Waste Oils Over ZnO-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts. *Applied Catalysis A : General.* 353:203-212.
- Yanti, P., dan Gandi, Y. 2020. Pengaruh Waktu Kalsinasi Terhadap Sifat Fisika-Kimia Hidroksiapatit Dari Cangkang *Geloina Coaxans*. *Chem. Prog.* 13(2): 102-106.
- Yuliati, 2016. Uji Efektivitas Ekstrak Kunyit Sebagai Antibakteri dalam Pertumbuhan *Bacillus Sp.* dan *Shigella dysenteriae* Secara *In Vitro*. *Jurnal Profesi Media.* 10(1): 26-32.
- Zainul, R., Aziz, H., Syukri, A. 2020. *Fotokatalis & Fototransformasi Asam Humat.* Berkah Prima. Padang.

- Zhang, J., Zhigang, X., and Zhao, X. S. 2011. *Graphene-Metal-Oxide* composites For The Degradation of Dyes Under Visible Light Irradiation. *Journal of Materials Chemistry*. 21: 3634-3640.
- Zhang, Y., Liu, J., and Duan, Y. 2017. Facile Synthesis of Hierarchical Nanocomposites of Aligned Polyaniline Nanorods on Reduced Graphene Oxide Nanosheets For Microwave Absorbing Materials. *Journal of The Royal Society of Chemistry*. 7(1): 54031-54038.
- Zheng, K., Setyawati, M. I., Leong, D. T., Xie, J. 2018. Antimicrobial silver nanomaterials. *Coordin. Chem. Rev.* 357(1): 1–17.
- Zhu, J., Duan, R., Zhang, S., Jiang, N., Zhang Y., and Zhu, J. 2014. The Application of *Graphene* In Lithium Ion Batter Electrode Material. *Springer Plus Journal*. 3(1): 1-8.