

**OPTIMASI DSPE BERBASIS *GRAPHENE OXIDE* DARI LIMBAH  
TONGKOL JAGUNG (*Zea mays* L.) UNTUK PENENTUAN RESIDU  
ANTIBIOTIK *CEFTRIAZONE***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**DIAN RIFANI MUTHIA**



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

## ABSTRAK

### OPTIMASI DSPE BERBASIS *GRAPHENE OXIDE* DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG (*Zea mays L.*) UNTUK PENENTUAN RESIDU ANTIBIOTIK *CEFTRIAXONE*

Oleh

DIAN RIFANI MUTHIA

Penggunaan antibiotik *ceftriaxone* yang meningkat telah menjadi masalah serius karena menyebabkan resistensi dan munculnya residu antibiotik di lingkungan, sekitar 33% – 67% penggunaan antibiotik secara keseluruhan diekskresikan melalui feses dan urin sebagai senyawa induk yang tidak dimodifikasi, akibatnya antibiotik *ceftriaxone* baik secara langsung maupun tidak langsung sangat berpengaruh pada lingkungan yang berdampak resistensi bakteri dan merusak ekologi perairan. Teknik preparasi yang digunakan yaitu *dispersive solid phase extraction* (DSPE) menggunakan adsorben *graphene oxide* (GO) dari limbah tongkol jagung. Sintesis GO dilakukan dengan menggunakan metode *hummers* termodifikasi dengan menggunakan zat pengoksidasi. Karakterisasi GO dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR untuk menentukan gugus fungsi, XRD untuk menentukan tingkat kristalinitas, dan SEM-EDX untuk melihat morfologi permukaan dan komposisi unsur. Uji adsorpsi antibiotik *ceftriaxone* menggunakan GO tongkol jagung dilakukan dengan lima variasi, yaitu variasi pH, konsentrasi, massa dan waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum menggunakan GO *hummers* termodifikasi pada kondisi pH 4, konsentrasi 14 ppm, massa 40 mg dan waktu kontak selama 50 menit dengan tingkat adsorpsi sebesar 48%. Sehingga adsorben GO berpotensi untuk digunakan dalam adsorpsi.

Kata kunci: Antibiotik *ceftriaxone*, GO, tongkol jagung, teknik DSPE

## ABSTRACT

### GRAPHENE OXIDE-BASED DSPE OPTIMIZATION OF CORN (*Zea mays* L.) WASTE FOR DETERMINATION OF CEFTRIAXONE ANTIBIOTIC RESIDUES

By

DIAN RIFANI MUTHIA

The increasing use of ceftriaxone antibiotics has become a serious problem because it causes resistance and the appearance of antibiotic residues in the environment, around 33% - 67% of overall antibiotic use is excreted through feces and urine as unmodified parent compounds, as a result ceftriaxone antibiotics both directly and indirectly greatly affect the environment which impacts bacterial resistance and damages aquatic ecology. The preparation technique used is dispersive solid phase extraction (DSPE) using *graphene oxide* (GO) adsorbent from corn cob waste. GO synthesis was carried out using the modified hummers method using an oxidizing agent. Characterization of GO was carried out using FTIR instruments to determine the functional groups, XRD to determine the level of crystallinity, and SEM-EDX to see the surface morphology and elemental composition. Adsorption test of ceftriaxone antibiotic using corn cob GO was conducted with five variations, namely variations in pH, concentration, mass and contact time. The results showed that the optimum conditions using modified GO hummers at pH 4, concentration of 14 ppm, mass of 40 mg and contact time for 50 minutes with an adsorption rate of 48%. Therefore, GO adsorbents have the potential to be used for adsorption.

Keywords: Antibiotic ceftriaxone, corn cob, DSPE technique, GO

**OPTIMASI DSPE BERBASIS *GRAPHENE OXIDE* DARI LIMBAH  
TONGKOL JAGUNG (*Zea mays* L.) UNTUK PENENTUAN RESIDU  
ANTIBIOTIK *CEFTRIAZONE***

Oleh

**DIAN RIFANI MUTHIA**

**Skripsi**

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

Pada

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



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

**2023**

Judul Skripsi : **OPTIMASI DSPE BERBASIS GRAPHENE  
OXIDE DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG  
(Zea mays L.) UNTUK PENENTUAN RESIDU  
ANTIBIOTIK CEFTRIAXONE**

Nama Mahasiswa : **Dian Rifani Muthia**

NPM : **1917011034**

Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
NIP 197104142000032001

**Dr. Agung Abadi Kiswandono, S.Si., M.Sc.**  
NIP 197007052005011003

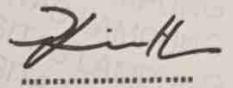
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

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

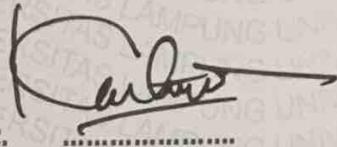
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

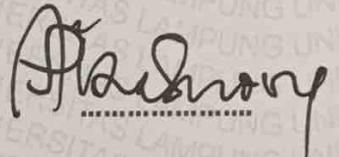
**Ketua : Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D.**



**Sekretaris : Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.**



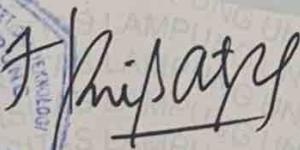
**Penguji  
Bukan Pembimbing : Prof. Noviany, S.Si., M.Si, Ph.D.**



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

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

**NIP. 19711001 200501 1 002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 1 Agustus 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dian Rifani Muthia  
Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011034  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan ini sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Optimasi DSPE Berbasis *Graphene Oxide* dari Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays L.*) untuk Penentuan Residu Antibiotik *Ceftriaxone*”** adalah benar karya sendiri, baik gagasan, hasil dan analisisnya. Saya tidak keberatan jika data dalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Bandar Lampung, 11 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Dian Rifani Muthia

NPM. 1917011034

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis Bernama lengkap Dian Rifani Muthia, lahir di Marga Jaya, 17 Januari 2002 dan merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara, putri dari Bapak Muhtarom dan Ibu Pujiati. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jl. Gambir Sawit, desa Marga Jaya Rt.13/Rw.004, Kecamatan Gunung Agung, Kabupaten Tulang Bawang Barat, Lampung.

Penulis memulai pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Melati 2, Marga Jaya, Gunung Agung pada tahun 2006 dan lulus pada Tahun 2007. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Marga Jaya, pada tahun 2007. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 Gunung Agung dan lulus pada tahun 2016. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) 3 Bandar Lampung dan selesai pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Universitas Lampung, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi mulai sebagai kader muda dan anggota Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) periode 2021. Pada 2021 penulis aktif di HIMAKI sebagai anggota bidang Sosial Masyarakat. Penulis pernah mengikuti kegiatan sosial seperti Karya Wisata Ilmiah (KWI) BEM-FMIPA Unila pada 2019. Pada Bulan Juni sampai September 2022, penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Lampung. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gunung Ujung Ilir, Kecamatan Menggala, Kabupaten Tulang Bawang pada bulan Januari sampai Februari 2022 selama 40 hari, serta menyelesaikan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik FMIPA Universitas

Lampung yang diberi Judul “**Optimasi DSPE Berbasis *Graphene Oxide* dari Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays* L.) untuk Penentuan Residu Antibiotik *Ceftriaxone*”.**

## MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*"Bersyukurlah kepada Allah. Dan barangsiapa yang bersyukur (kepada Allah), maka sesungguhnya ia bersyukur untuk dirinya sendiri; dan barangsiapa yang tidak bersyukur, maka sesungguhnya Allah Maha Kaya lagi Maha Terpuji."*

*(Q.S Luqman: 12)*

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

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

*"Hai hamba-hamba-Ku yang melampaui batas terhadap diri mereka sendiri, janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya Allah mengampuni dosa-dosa semuanya. Sesungguhnya Dialah Yang Maha Pengampun lagi Maha Penyayang." (Q.S Az-Zumar: 53)*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dengan mengucapkan alhamdulillahirobbil'alamin puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa diharapkan syafaatnya di hari akhir. Rasa syukur yang luar biasa ku persembahkan karya sederhanaku sebagai wujud cinta, bakti, dan tanggung jawabku kepada*

*Orang tuaku Alm. Bapak Muhtarom, Bapak Suwardi dan Ibu Pujiati, yang selalu memberikan cinta, kasih sayang, dukungan, do'a, dan motivasi selama ini.*

*Keluarga besarku, Mba Nova, Mas Warwan, Mba kiki, Mas Umar dan adi-adik keponakanku yang selalu menjadi penyemangatku.*

*Pembimbing penelitianku, Rinawati, Ph.D. dan Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc. dan semua dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila yang telah membimbing, mendidik, memberikan banyak ilmu dan pengalamannya kepadaku.*

*Seluruh rekan-rekan saudara-saudariku keluarga besar kimia 2019 yang selalu berbagi kebahagiaan dan almamaterku yang kubanggakan, Universitas Lampung.*

## SANWACANA

Assalamualaikum Wr.Wb.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu kita nantikan syafaat-Nya di Yaumul Akhir nanti. Aamiin ya rabbal alamin sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Optimasi DSPE Berbasis *Graphene Oxide* dari Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays* L.) untuk Penentuan Residu Antibiotik *Ceftriaxone*”**.

Penulis menyadari bahwa dalam proses pengerjaan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kesulitan dan rintangan yang penulis hadapi. Namun itu semua bisa terlewati berkat rahmat dan ridho Allah SWT serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Rinawati, Ph.D., selaku pembimbing satu dan kepala laboratorium kimia analitik yang telah sabar membimbing dan memberi masukan serta saran dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc., selaku pembimbing dua yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Noviany, S.Si., M.Si, Ph.D., selaku penguji dan pembahas yang telah memberikan, kritik, saran, dan arahan kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Ilim, Dr. Dra. M.S., selaku dosen pembimbing akademik yang memberikan semangat dan arahan kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung sekaligus pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis selama menjalani proses perkuliahan maupun proses pengerjaan skripsi.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., Selaku Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat kepada penulis selama menjadi mahasiswa jurusan kimia.
8. Kedua orang tua yang sangat penulis cintai. Terima kasih alm. Bapak Muhtarom, bapak Suwardi dan bunda Pujiati atas segala bentuk kerja keras dan pengorbanan yang telah diberikan. Terima kasih juga untuk segala cinta, kasih sayang, perhatian, dukungan, motivasi, dan do'a, yang selalu bapak dan bunda berikan, hingga aku bisa menyelesaikan studi dan menjadi seorang sarjana kimia.
9. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan dan do'a kepada penulis, mba Nova dan mas Wawan yang selalu memberiku semangat dan motivasi selama kuliah. Mba kiki dan mas Umar serta adik-adik keponakan yang sangat aku sayangi, kalian selalu menjadi alasan aku dalam berjuang.
10. Sahabat seperjuangan penelitian *Graphene Oxide* Melati Danty I.A. dan Ahmad Isro, terima kasih sudah menjadi teman pusing, sedih, gembira selama penelitian terima kasih sudah bersedia membantu selama ini tanpa kalian aku akan selalu merasa sendiri dalam penelitian ini, salah satu keberuntunganku adalah mengenal kalian.
11. Sahabat seperbimbingan Sabila Amalya H. dan Wailhaq Sahara, terima kasih sudah hadir ditengah-tengah kesedihanku semenjak ada kalian bimbingan ibu jadi semakin ramai dan asik sekali rasanya ada kalian seperti aku melihat warna warni dengan banyak karakter, seperti PPT seminarku.
12. Kakak tingkat seperbimbingan kak Savira Olga K., terimakasih sudah mau membantu dan memberikan ilmu yang bermanfaat serta berbagi alat maupun bahan selama penelitian, selain itu terima kasih sudah berbagi ilmu dari

sintesis sampai uji bahkan mengolah data analisis. Aku sangat bersyukur bertemu kak savol.

13. *Research* analis *Graphene Oxide* kak Ayum dan kak Purna, terima kasih atas ilmu dan waktunya sehingga aku bisa paham bagaimana cara melakukan uji dan sintesis yang benar.
14. Sahabatku selama kuliah “Robot Club” Abwank Rizky Hadiwijaya, Erikol, Ughtea Sabrina, Neng Wiwit dan yana, rizki itu bukan hanya tentang materi bisa bertemu dan berteman dengan kalian adalah rizki buat aku. Terima kasih guys kalian sudah mewarnai hidupku, membantuku, mendengarkan dan menghargaiku, aku sayang kalian.
15. Sahabatku “Kf bebegig” Kania, Ayur, Leha dan Thio terima kasih sudah berbagi ilmu denganku kalian luar biasa, semoga ilmu dan kebaikan kalian menjadi ladang pahala.
16. Sahabat belajarku, Riski Pangestu, Ahmad Barep dan Doni Ega U., terima kasih guys sudah sabar sekali belajar dengan aku, sudah meluangkan waktu dan berbagi ilmu denganku.
17. Sahabat labku Annur Valita Sindiani, terima kasih sudah berbagi alat dan bahan, berbagi cerita dan menjadi teman makan siangku, kalua gaada kamu, terkadang aku bingung mau makan dan cari makan dengan siapa.
18. Teman-teman KKN aku “Salam Indonesia” terima kasih sudah menemaniku berbagi cerita dan menghiburku dikala aku sedih, Bahagia bisa mengenal kalian.
19. Sahabat terdekatku Nova Risky A.B.P., terima kasih sudah menemaniku walau dari jauh, sudah mengingatkanku dan mendengarkan semua keluh kesahku, membelaku dan memberiku energi positif, aku sangat bersyukur bisa mengenalmu sejak SMA, kelak kita bisa terus menjalin pertemanan ini sampai tua aamiin.
20. Sahabat SMA aku “Tiktok Seleb” padahal bukan seleb, Arni, Nurul, Adhit dan Perdian terima kasih sudah mengisi waktu-waktu senggangku, berbagi cerita dan memberiku semangat selama ini.

21. Keluarga besar Kimia 2019, terimakasih atas segala pertemanan dan kekeluargaannya selama ini. Semoga kita semua bisa menjadi orang yang sukses di masa depan serta berguna bagi keluarga, nusa, dan bangsa, aamiin.
22. Mas Adi dan Dek Oga, terima kasih sudah membuatku semangat dalam menyelesaikan perkuliahan ini karena setiap libur aku berharap kita masih bisa main bertiga seperti masa kecil.
23. Teman-teman tetanggaku, Ciky, Ses, Wawan, Aziz, mas Ilham dan beberapa anggota “Sedulur Kejawen” lainnya terima kasih atas canda tawanya sudah menemani aku terutama selama pandemi, walaupun sudah sibuk semua semoga kelak kita bisa nongkrong lagi seperti dulu di warung mamak.
24. Teman-teman SDN 2 Marga Jaya aku, Dwi, Echa, Putri, Rani, alfi, Winda, Eva, Juanda, Peri, Andre, Ulin dan lainnya yang selalu memberiku tawa dan menghiburku, menjadi teman chat gabutku selama ini dan sudah memberi warna di hidupku.
25. Diriku sendiri yang telah berjuang selama ini, sedikit bangga denganmu anak kecil yang dulu isi buku diarynya capek dan lelah dengan hidup, tapi buktinya sampai saat ini kamu masih hidup, bahkan sakitpun masih mau minum obat, *proud of you* Dian ayo kita lanjutkan sampai waktunya selesai.
26. Terima kasih kepada Mas Udin, Mbak Yuni dan pakde selaku penjaga laboratorium dan gedung jurusan kimia yang selalu membantu saya untuk mengizinkan menggunakan ruangan seminar, serta membukakan ruangan dikala pagi-pagi buta belum banyak orang. Semoga mba sehat selalu dan dilapangkan rezekinya, aamiin.

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 11 Agustus 2023  
Penulis

Dian Rifani Muthia  
NPM. 1917011034

## 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.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Antibiotik.....	6
2.2 Antibiotik <i>Ceftriaxone</i> .....	7
2.3 <i>Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE)</i> .....	9
2.5 <i>Graphene</i> .....	13
2.6 <i>Graphene Oxide (GO)</i> .....	14
2.7 Tongkol Jagung .....	16
2.8 Karakterisasi .....	18
2.9 Spektrofotometri Ultraviolet-Visible (Uv-Vis).....	24
<b>III. METODE PELAKSANAAN</b> .....	<b>28</b>
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	28
3.2 Alat dan Bahan .....	28
3.3 Prosedur Kerja.....	29
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>34</b>
4.1 Pembuatan GO menggunakan Metode Hummers Termodifikasi .....	34
4.2 Karakterisasi GO .....	39
4.3 Optimasi dengan Metode Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE).....	45

<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>54</b>
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	55
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	 <b>56</b>
 <b>LAMPIRAN.....</b>	 <b>65</b>
1. Pengaruh Penentuan pH Optimum Adsorben .....	66
2. Pengaruh Penentuan Konsentrasi Optimum Adsorbat .....	72
3. Pengaruh Penentuan Massa Adsorben Optimum .....	80
4. Pengaruh Penentuan Waktu Kontak Optimum .....	86
5. Pengaruh Penentuan Persen Adsorpsi Menggunakan Adsorben GO .....	93

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur <i>ceftriaxone</i> .....	8
2. Skema teknik DSPE.....	10
3. Struktur <i>Graphene</i> .....	13
4. Struktur 2D dan 3D GO.....	15
5. Tongkol jagung.....	17
6. Prinsip kerja SEM.....	20
7. Contoh SEM-EDX <i>graphene oxide</i> .....	20
8. Skema instrumen XRD.....	21
9. Contoh Hasil Karakterisasi XRD GO.....	22
10. Hasil karakterisasi FTIR <i>graphene oxide</i> .....	24
11. Skema spektrofotometer Uv-Vis.....	25
12. Kurva Standar <i>Ceftriaxone</i> .....	27
13. Skema umum penelitian.....	33
14. Tongkol jagung (a) setelah dibersihkan, (b) setelah.....	35
15. <i>Graphite</i> dari kulit jagung.....	36
16. Skema reaksi proses oksidasi <i>graphite</i> menjadi <i>graphite oxide</i> .....	37
17. Skema pembentukan gugus fungsional GO.....	37
18. Hasil GO menggunakan metode <i>hummers</i> termodifikasi.....	39
19. Hasil spektrum FTIR (a) <i>Graphite</i> , (b) GO, (c) GO setelah adsorpsi.....	40
20. Hasil SEM dengan perbesaran 5000x pada.....	41
21. Hasil spektrum EDX pada adsorben (a) <i>graphite</i> dan b) GO.....	43
22. Hasil difraktogram XRD (a) <i>graphite</i> , (b) GO Tongkol Jagung.....	43
23. Hasil difraktogram XRD GO.....	44
24. Hasil uji adsorpsi berdasarkan pengaruh konsentrasi.....	47

25. Hasil uji adsorpsi berdasarkan pengaruh massa adsorben. ....	49
26. Hasil uji adsorpsi berdasarkan pengaruh waktu kontak. ....	51
27. Mekanisme adsorpsi GO dengan <i>ceftriaxone</i> . ....	53
28. Kurva kalibrasi I untuk penentuan pH optimum adsorbat. ....	66
29. Kurva kalibrasi II penentuan pH optimum adsorbat. ....	69
30. Kurva kalibrasi I untuk penentuan konsentrasi optimum ....	72
31. Kurva Kalibrasi I untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat. ....	76
32. Kurva kalibrasi I untuk penentuan massa optimum adsorben. ....	80
33. Kurva kalibrasi II untuk penentuan massa optimum adsorben. ....	83
34. Kurva kalibrasi I untuk penentuan waktu kontak Optimum. ....	86
35. Kurva kalibrasi II untuk penentuan waktu kontak Optimum. ....	89
36. Kurva Kalibrasi Penentuan Kondisi Optimum. ....	93

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Presentase kandungan kimia kulit singkong .....	18
2. Panjang gelombang pada radiasi inframerah .....	23
3. Panjang gelombang dan warna serapan Spektrofotometer Uv-Vis.....	26
4. Daftar nilai batas serapan pelarut suatu bahan .....	26
5. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan pH optimum adsorbat .....	45
6. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	48
7. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan massa optimum adsorben .....	50
8. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan waktu kontak .....	51
9. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan persen adsorpsi .....	52
10. Perhitungan kurva kalibrasi I untuk penentuan pH adsorbat optimum.....	66
11. Data uji adsorpsi I penentuan pH adsorbat optimum.....	68
12. Perhitungan kurva kalibrasi II penentuan massa adsorben optimum.....	69
13. Data uji adsorpsi II penentuan massa adsorben optimum.....	71
14. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan pH adsorbat optimum .....	72
15. Perhitungan kurva kalibrasi I untuk penentuan konsentrasi optimum .....	73
16. Data uji adsorpsi I penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	74
17. Perhitungan kurva kalibrasi I untuk penentuan konsentrasi optimum .....	76
18. Data uji adsorpsi II penentuan konsentrasi optimum adsorbat .....	78
19. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	79
20. Perhitungan Kurva Kalibrasi I untuk penentuan massa optimum.....	80
21. Data uji adsorpsi I penentuan massa adsorben optimum.....	82
22. Perhitungan Kurva Kalibrasi II untuk penentuan massa optimum .....	83
23. Data uji adsorpsi II penentuan massa adsorben optimum.....	84

24. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	86
25. Perhitungan Kurva Kalibrasi I untuk penentuan waktu kontak optimum.....	87
26. Data uji adsorpsi I penentuan waktu kontak optimum.....	88
27. Perhitungan Kurva Kalibrasi II untuk penentuan massa optimum .....	89
28. Data uji adsorpsi I penentuan waktu kontak optimum.....	91
29. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	92
30. Perhitungan Kurva Kalibrasi untuk penentuan kondisi optimum.....	93
31. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan kondisi optimum.....	95

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Antibiotik banyak digunakan karena memiliki sifat bakteriostatik yang dapat mencegah perkembangbiakan bakteri dan terbukti dapat mengurangi resiko kematian yang diakibatkan oleh infeksi bakteri baik pada manusia maupun hewan. Penggunaan antibiotik yang meningkat dapat menyebabkan masalah di lingkungan perairan karena sisa-sisa penggunaan antibiotik tidak dapat terdegradasi dengan baik sehingga dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan yang berdampak pada resisten bakteri (Pijoh dkk., 2021). Antibiotik selama pandemi *Covid-19* menjadi salah satu obat yang penggunaannya meningkat secara signifikan, salah satunya adalah antibiotik *ceftriaxone* (Velasco-Arnaiz *et al.*, 2021).

*Ceftriaxone* tergolong antibiotik *cephalosporin* generasi ketiga dengan kemampuan kerjanya dapat mencapai sistem saraf pusat (Abdulah dkk., 2016) serta dapat mengobati infeksi akibat bakteri yang parah seperti pneumonia, meningitis dan gonore (Barlam *et al.*, 2016). Berdasarkan penelitian Rossetyowati dkk (2021) penggunaan antibiotik yang paling sering digunakan adalah *ceftriaxone* sebesar 49,7% karena *ceftriaxone* memiliki spektrum waktu paruh yang lebih lama. Penggunaan antibiotik *ceftriaxone* yang semakin meningkat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan pada perairan akibat sisa-sisa penggunaan atau residu antibiotik (Sun *et al.*, 2021). Residu dapat diekskresikan sebagai senyawa induk aktif dalam tinja ataupun urin, selain itu residu dari pabrik farmasi sebagai pembuangan antibiotik yang sudah tidak terpakai akan merusak lingkungan perairan dan berdampak negatif sehingga perairan memiliki efek ekotoksikologi karena konsentrasinya yang tinggi. Hal ini diakibatkan kontaminasi dari residu antibiotik

yang tidak dapat terdegradasi secara baik. Kontaminasi residu antibiotik banyak bersumber dari limbah rumah sakit karena antibiotik *ceftriaxone* tergolong antibiotik dengan biaya yang ekonomis sehingga banyak digunakan untuk pengobatan manusia (Faleye *et al.*, 2018). Residu antibiotik dapat menyebabkan masalah baru seperti resistensi bakteri terhadap antibiotik yang dapat menimbulkan konsekuensi terhadap selektivitas antibiotik, lingkungan air juga akan tercemar dan mengganggu ekosistem perairan. Selain itu, bagi manusia jika terpapar resisten bakteri mengakibatkan semakin lama proses penyembuhan terhadap penyakit infeksi bakteri (Utami, 2011). Oleh karena itu, sangat penting dilakukan pemantauan terhadap residu antibiotik *ceftriaxone* di lingkungan perairan menggunakan teknik yang lebih efisien.

Penentuan residu antibiotik *ceftriaxone* dapat dilakukan menggunakan beberapa instrumen seperti *High-performance Liquid Chromatography* (HPLC) dengan *Quadrupole Tandem Mass Spectrometry Detector* (LC-MS/MS) memungkinkan untuk memurnikan antibiotik serta dapat digunakan untuk melihat kontaminan organik seperti residu antibiotik karena memiliki selektivitas dan sensitivitas yang baik (Yasin, 2021 ; Tuzimski *and* Petruczynik, 2020), HPLC-DAD (*High-Performance Liquid Chromatography-Diode Array Detector*) dan spektrofotometer Uv-Vis (Rahman dkk., 2021 ; Hakimah dkk., 2021). Oleh karena itu diperlukan teknik preparasi sampel yang presisi dan efisien agar sampel tidak mempengaruhi instrumen dan mengurangi kerusakan instrumen.

*Dispersive Solid Phase Extraction* (DSPE) merupakan teknik preparasi sampel yang telah dikembangkan karena prosesnya yang cepat, memiliki efektivitas tinggi dan sederhana menjadi alternatif teknik ekstraksi fase padat yang lebih efisien (Tuzimski *and* Rejczak, 2016 ; Pang *et al.*, 2021). Pada dasarnya teknik DSPE tergantung pada jenis adsorbennya, sehingga teknik DSPE dilakukan dengan kontak langsung antara matriks sampel dengan adsorben fase padat (Ścigalski *and* Kosobucki, 2020). Material berstruktur nano karbon cocok dijadikan sebagai adsorben, karena luas permukaannya yang besar dan memiliki kapasitas adsorpsi yang sangat baik seperti *Carbon Nanotubes* (CNTs), nanopartikel (NPs), *graphene* dan *graphene oxide* (GO)

(González-Sálamo *et al.*, 2016). Nanomaterial pada adsorben *graphene* memiliki lembaran karbon dua dimensi dengan luas permukaan dan elastisitas yang tinggi serta konduktivitas yang baik. Berdasarkan kelebihan tersebut *graphene* menjadi salah satu adsorben yang dapat dibuat dengan mudah (Pumera, 2010).

*Graphene* memiliki struktur heksagonal yang terdiri dari kisi karbon dua dimensi dan memiliki konduktivitas yang tinggi, serta memiliki nilai yang tinggi karena sifatnya yang ramah lingkungan (Pang *et al.*, 2019). *Graphene* memiliki mobilitas yang tinggi sehingga dapat mempertahankan kerapatan arus lebih tinggi. Namun, *graphene* tidak dapat mempertahankan luas permukaannya dan mengurangi kemampuan adsorben dalam menyerap analit akibat adanya gaya *Van der Waals* (Perreault *et al.*, 2015). Sehingga dibutuhkan turunan *graphene* yaitu *graphene oxide* (GO) untuk mengatasi kelemahan *graphene*.

GO sebagai nanomaterial turunan *graphene* yang dapat terdispersi dengan baik dalam lingkungan air. GO memiliki gugus yang banyak mengandung oksigen seperti gugus hidroksil, epoksi, karboksil dan karbonil. Selain itu, GO juga memiliki tingkat toksisitas yang rendah (Wang *et al.*, 2013 ; Perreault *et al.*, 2015). Gugus fungsi oksigen di dalam GO membuat GO bersifat hidrofilik sehingga mampu mendispersibilitas yang baik terutama dalam air (Chen *et al.*, 2012). Lapisan tebal oksida pada GO banyak ditemukan pada *graphite*, secara umum GO sering disintesis dari *graphite*. Material *graphite* akan semakin baik apabila semakin tipis lapisan *graphite* yang terkelupas (idealnya satu lapisan tunggal) (Uran *et al.*, 2017). Namun, *graphite* dengan tingkat kemurnian yang baik sulit didapatkan sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan alternatif lain untuk menghasilkan GO selain dari *graphite* murni. Meningkatnya limbah tongkol jagung yang terbuang percuma menyebabkan pencemaran lingkungan semakin meningkat pula. Tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk pembuatan GO (Bete dkk., 2019).

Tongkol jagung salah satu biomassa yang memiliki kandungan karbon tinggi diantaranya selulosa (41%), hemiselulosa (36%) dan lignin (6%). Produksi jagung

yang semakin meningkat berpotensi meningkatkan pencemaran lingkungan akibat banyaknya limbah yang terbuang dan tidak dimanfaatkan secara optimal (Bete dkk., 2019). Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung selama 7 tahun terakhir produksi jagung semakin meningkat dengan luas panen 10,8 hektar pada tahun 2021 dan produksi jagung sebanyak 2,518 juta ton pada tahun 2017 dan limbah tongkol jagung yang dihasilkan di Indonesia sebanyak 5,7 juta ton per-tahun. Meninjau dari masalah tersebut tongkol dapat dijadikan alternatif sebagai bahan pembuatan GO. Tongkol jagung pada penelitian ini digunakan sebagai adsorben berupa GO menggunakan teknik *Dispersive Solid Phase Extraction* (DSPE). Penelitian sebelumnya berhasil membuat GO dari limbah tongkol jagung. Namun, menggunakan metode *Liquid Phase Exoliation* (LPE) dimana metode ini memiliki waktu yang lebih lama dan hanya melakukan uji parameter massa menggunakan spektrofotometer Uv-Vis (Bete dkk., 2019). Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan limbah tongkol jagung sebagai pembuatan GO menggunakan metode yang lebih efisien, melakukan uji parameter yang lain seperti konsentrasi, pH, massa dan waktu kontak. Serta melakukan karakterisasi terhadap GO.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini akan dilakukan optimasi metode DSPE menggunakan GO yang berasal dari limbah tongkol jagung untuk menentukan residu antibiotik *ceftriaxone*.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh GO dari limbah tongkol jagung sebagai adsorben.
2. Karakterisasi GO menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

3. Optimasi konsentrasi adsorbat, massa adsorben, pengaruh pH dan waktu kontak optimum dalam proses ekstraksi senyawa antibiotik *ceftriaxone*.

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah tongkol jagung dijadikan sebagai adsorben berupa GO dalam menanggulangi residu senyawa antibiotik *ceftriaxone*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Antibiotik

Antibiotik merupakan obat yang banyak diberikan kepada penderita infeksi akibat bakteri. Pemberian antibiotik berfungsi untuk menghambat ataupun membunuh bakteri tersebut sehingga dapat diartikan bahwa antibiotik adalah senyawa kimia yang dapat membunuh ataupun menghambat perkembangan bakteri yang dihasilkan secara sintetik dan dapat dihasilkan oleh mikroorganisme (Wulandari dan Rahmawardany, 2022; Yusuf dkk., 2022). Pertama kali antibiotik ditemukan pada tahun 1910 oleh Paul Ehrlich berupa antibiotik *salvarsan* kemudian seiring dengan berjalannya waktu antibiotik dipergunakan sebagai obat manusia pertama kali pada tahun 1940 (Humaida, 2014).

Antibiotik memiliki sifat membunuh kuman (bakterisid) untuk mengobati infeksi bakteri yang memiliki sistem kekebalan rendah dan memiliki sifat yang menghambat pertumbuhan kuman (bakteriostatik). Golongan antibiotik berdasarkan struktur molekul salah satunya adalah  $\beta$ -laktam. Antibiotik golongan  $\beta$ -laktam terdiri dari penisilin, monobaktam, karbapenem dan *cephalosporin*. Antibiotik *cephalosporin* menjadi antibiotik yang memiliki struktur dan spektrum aktivitas luas (Rosa *et al.*, 2021). Cara kerja antibiotik sefalosporin adalah dengan, menghambat sintesis dinding sel bakteri dengan paruh waktu 1-3 jam. *Cephalosporin* memiliki 4 generasi (Triono dan Purwoko, 2012) dimana *cephalosporin* generasi pertama memiliki spektrum luas karena memiliki kepekaan terhadap bakteri Gram positif dan harga yang masih terjangkau sehingga banyak digunakan di rumah sakit. Antibiotik golongan *cephalosporin* generasi pertama adalah *cefadroxil*, *cefazolin* dan *cefradine* (Suardi,

2014). Sedangkan *cephalosporin* generasi kedua memiliki spektrum yang lebih luas dibandingkan generasi pertama dan lebih peka terhadap bakteri Gram negatif, antibiotik *cephalosporin* generasi kedua terdapat antibiotik *cefuroxim*, *cefprozil* dan *cefonicid*. *Cephalosporin* generasi ketiga menjadi antibiotik pilihan untuk infeksi yang disebabkan oleh bakteri enterik Gram negatif yang serius, antibiotik generasi ketiga diantaranya *ceftazidime*, *ceftizoxim* dan *ceftriaxon* dan generasi keempat dari antibiotik *cephalosporin* adalah *cefepime*.

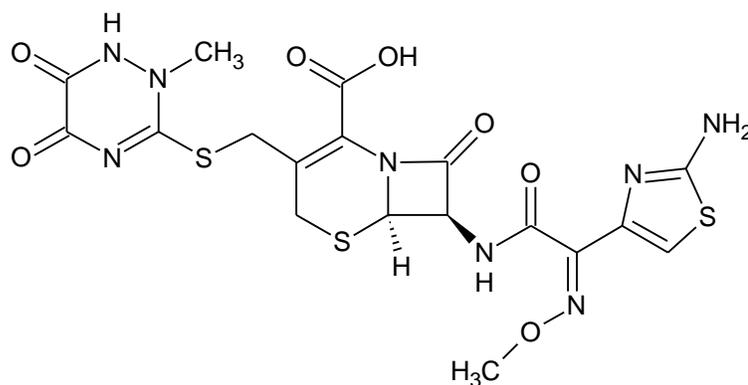
Pada penelitian ini menggunakan antibiotik *cephalosporin* golongan ketiga yaitu antibiotik *ceftriaxone* yang paling banyak digunakan diantara golongan yang lain serta antibiotik yang memiliki spektrum luas (Costa *et al.*, 2021).

## **2.2 Antibiotik Ceftriaxone**

*Ceftriaxone* merupakan antibiotik  $\beta$ -laktam pada golongan *cephalosporin* generasi ketiga yang memiliki spektrum anti infeksi yang luas dan waktu paruh eliminasi yang lama yaitu 8 jam. *Ceftriaxone* sebagian besar bekerja pada Gram negatif (Bereda, 2022) sedangkan pada Gram positif kurang aktif karena Gram positif memiliki tekanan lebih besar untuk menahan masuknya *ceftriaxone*, serta dapat menjadi obat berbagai macam penyakit yang diakibatkan infeksi bakteri dalam dunia kesehatan banyak digunakan pada operasi bedah dengan cara kerjanya *ceftriaxone* yang menghambat sintesis dinding sel bakteri (Muslim dkk., 2020). Antibiotik *ceftriaxone* yang dikonsumsi 33 %-67 % akan diekskresikan melalui urin sisanya melalui empedu dan akan dikeluarkan pada tinja (Nakai *et al.*, 2010). Oleh karena itu, *ceftriaxone* banyak digunakan sebagai antibiotik pada bidang kesehatan karena memiliki toksisitas rendah, reaksi alergi yang rendah dan efektivitas baik bagi penggunaannya. Namun, maraknya penggunaan antibiotik *ceftriaxone* dapat menyebabkan resistensi yang serius untuk lingkungan karena residu dari antibiotik *ceftriaxone* sendiri yang tidak dapat terdegradasi dengan baik serta residu *ceftriaxone* yang diekskresikan

sebagai senyawa induk aktif dalam tinja ataupun urin dapat menyebabkan kontaminan lingkungan (Karungamye *et al.*, 2022).

*Ceftriaxone* memiliki nama dagang *Rocephin* dengan rumus molekul  $C_{18}H_{18}N_8O_7S_3$  berat molekul 554.58 g/mol dan nama IUPAC: Asam (6R,7R)-7-{[(2Z)-2-(2-amino-1,3-tiazol-4-yl)-2-(metoksiimino)asetil]amino}-3-[[2-(2-metil-5,6-diokso-1,2,5,6-tetrahidro-1,2,4-triazin-3- il)tio]metil]-8-okso-5-tia-1-azabisiklo[4.2.0]oct-2-ena-2-karboksil. Karakteristik *ceftriaxone* berwujud kristal bubuk putih yang dapat larut dalam air (40 g/100 mL pada 25 °C). Larutan *ceftriaxone* hanya stabil selama 4 hari pada suhu kamar dan minim cahaya, *ceftriaxone* dapat stabil dengan jangka waktu yang lebih lama pada suhu yang lebih rendah. Namun, tetap terurai setelah periode waktu tertentu, *ceftriaxone* memiliki paruh waktu 12 jam dengan spektrum yang luas dapat efektif terhadap mikroorganisme Gram positif dan Gram negatif (Karungamye *et al.*, 2022; Ali, 2011). Panjang gelombang maksimum *ceftriaxone* diukur dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada rentang 200 – 400 nm. Hasil panjang gelombang serapan maksimum *ceftriaxone* yang diukur adalah 268 nm (Barrodi *et al.*, 2023). Struktur *ceftriaxone* ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Struktur *ceftriaxone* (Ali, 2011).

Berdasarkan penelitian Shipingana *et al* (2022) residu antibiotik *ceftriaxone* di lingkungan perairan mencapai konsentrasi yang cukup tinggi yaitu 1.25–29.15  $\mu\text{g/mL}$ . Hal ini dapat menyebabkan resistensi antibiotik yang berdampak buruk

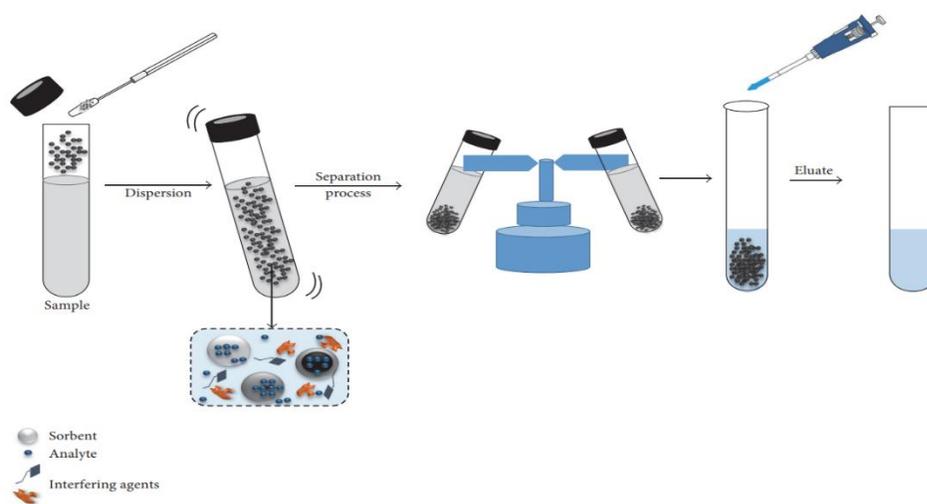
terutama di lingkungan perairan. Oleh karena itu, sangat penting dilakukan pemantauan terhadap residu antibiotik *ceftriaxone* di lingkungan perairan.

### **2.3 *Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE)***

Ekstraksi cair-cair tergolong teknik pemisahan yang paling umum digunakan terutama pada preparasi sampel di lingkungan perairan (Khatibi *et al.*, 2022). Namun, ekstraksi cair-cair membutuhkan pelarut organik yang banyak dan waktu ekstraksi yang lama. Sehingga butuh teknik preparasi sampel untuk mengatasi kelemahan ekstraksi cair-cair. *Solid Phase Extraction (SPE)* adalah metode ekstraksi fase padat yang digunakan dalam analisis, pemisahan dan pemurnian sampel. Kelebihan dari metode *Solid Phase Extraction (SPE)* penggunaannya mudah dan waktu pengerjaan yang cepat, serta sebagai pengganti ekstraksi cair-cair yang lebih baik (Oellig *and Schwack*, 2012). Namun, SPE memiliki kelemahan yakni kurang selektivitas, sehingga masih ada kemungkinan terdapat komponen lain selain analit yang ikut terekstraksi dari sampel dan hanya digunakan sekali pakai, sehingga biaya yang dibutuhkan untuk analisis menjadi mahal (Grimalt *and Dehouck*, 2016 ; Kulsum dkk., 2020). Mengatasi hal-hal diatas maka dibutuhkan perkembangan metode SPE konvensional yaitu metode *Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE)*.

DSPE adalah teknik perkembangan dari teknik SPE dengan kelebihan waktu ekstraksi yang lebih singkat dengan pengeluaran sorben dan pelarut sedikit, disertai efektivitas yang tinggi menjadikan teknik ini lebih ramah lingkungan (Ścigalski *and Kosobucki*, 2020). Teknik DSPE terdiri dari penambahan sorben padat seperti silika atau polimer ke dalam larutan sampel. Teknik *Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE)* telah digunakan sejak tahun 2000 dan diketahui memiliki kelebihan waktu ekstraksi yang lebih cepat dibandingkan metode konvensional seperti metode *Solid Phase Extraction (SPE)*. Pada metode DSPE, adsorben didispersikan ke dalam larutan sampel dengan seluruh larutan yang mengandung analit. Selanjutnya sampel disentrifugasi untuk mendapatkan adsorben dan pemisahannya dari larutan.

Kemudian, analit yang teradsorpsi ke adsorben dielusi dengan pelarut organik yang tepat (Farajzadeh *et al.*, 2021). Pemilihan sorben sangat penting dalam metode DSPE, karena sorben yang digunakan adalah padatan yang dimodifikasi secara kimia dengan penambahan beberapa senyawa yang memodifikasi afinitasnya. Modifikasi ini memastikan selektivitas untuk analit yang diinginkan serta meminimalkan gangguan dalam matriks analitik. Proses dalam Teknik DSPE dilakukan dispersi untuk meningkatkan area kontak antara sorben dan analit. Setelah dilakukan dispersi, sorben diisolasi dengan proses sentrifugasi atau filtrasi. Kemudian fase padat diisolasi dan analit yang teradsorpsi pada permukaan sorben dapat dengan mudah dielusi atau dihilangkan dengan penambahan bahan organik yang memadai bagi pelarut (Islas *et al.*, 2017). Sehingga dapat disimpulkan metode DSPE umumnya terdiri dari tiga langkah utama yaitu, dispersi adsorben ke dalam sampel, pemisahan adsorben dari matriks sampel dan elusi analit dari adsorben. Secara umum teknik DSPE dapat dilakukan melalui tahapan-tahapan yang dapat dilihat dari Gambar 2.



**Gambar 2.** Skema teknik DSPE (Islas *et al.*, 2017).

Metode DSPE memerlukan pelarut yang memiliki kepolaran sesuai dengan matriks analit yang digunakan agar analit dapat di elusi dari adsorben. Sifat kepolaran elusi analit dari adsorben ini sesuai dengan prinsip *like dissolves like* dimana senyawa non

polar akan larut dalam pelarut non polar, begitu pula untuk senyawa polar akan larut dalam pelarut yang polar (Utami *and* Putri, 2020)

## 2.4 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses pemisahan dimana komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Perpindahan terjadi melalui dua fase yaitu gas-padat dan cair-padat. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang (Tandy dkk., 2012). Adsorpsi dikelompokkan menjadi dua proses diantaranya, proses adsorpsi kimia dan proses fisika dimana adsorpsi proses fisika yang melibatkan gaya *Van der Waals*. Proses adsorpsi fisika, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (intermolekular) lebih kecil daripada gaya tarik-menarik antar molekul fluida. Gaya tarik-menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah, sehingga adsorbat dapat bergerak ke permukaan lain dan permukaan yang ditinggalkan dapat ditempati oleh adsorbat lainnya.

Proses adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan yang terbentuk kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditentukan dan adsorbat tidak mudah terdesorpsi. Adsorpsi kimia diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya *Van der Waals* atau ikatan hidrogen kemudian melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasa merupakan ikatan kovalen (Roja, 2021).

Adsorben merupakan material yang sangat berpori dimana adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikelnya. Kemampuan besarnya kapasitas penyerapan adsorben berdasarkan pada luas permukaan yang lebar. Adsorben digunakan untuk mengadsorpsi atom-atom atau

ion-ion (*solute*) yang terkandung dalam gas atau cairan. Kriteria-kriteria adsorben yang digunakan untuk adsorpsi:

1. Memiliki selektivitas yang tinggi untuk proses pemisahan.
2. Memiliki kapasitas untuk mengurangi jumlah adsorben yang diperlukan.
3. Memiliki kemampuan untuk beregenerasi atau di desorpsi.

Ukuran pori pada adsorben berhubungan dengan luas permukaan adsorben yaitu semakin kecil ukuran pori maka semakin luas permukaan semakin besar, sehingga jumlah yang teradsorpsi semakin bertambah (Cechinel et al., 2013). Umumnya adsorben yang digunakan dibagi menjadi tiga berdasarkan komponen penyusunnya yaitu sebagai berikut:

1. *Oxygen-containing compounds*

Adsorben jenis ini bersifat hidrofil dan bersifat polar. Contohnya adalah silika, gel dan zeolit.

2. *Carbon-based compounds*

Adsorben jenis ini bersifat hidrofob dan non polar. Contohnya adalah karbon aktif dan grafit.

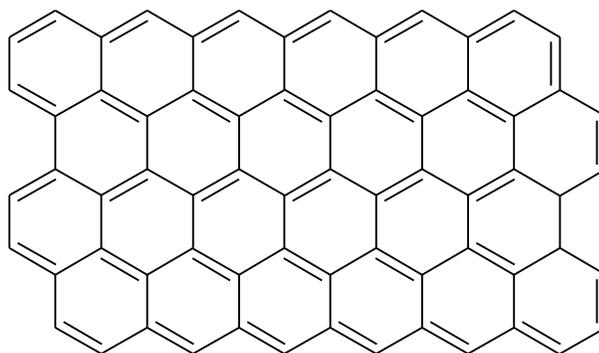
3. *Polymer-based compounds*

Adsorben jenis ini terdiri dari matriks polimer berpori yang mengandung gugus fungsi.

Senyawa yang berperan dalam proses karbonisasi yaitu selulosa, lignin dan hemiselulosa. Saat ini banyak yang menggunakan senyawa bahan alami sebagai adsorben, salah satunya adsorben yang bersifat hidrofob (non polar) dari *graphene* (Tandy dkk., 2012).

## 2.5 Graphene

*Graphene* merupakan material baru tertipis dan unggul di dunia saat ini yang terbentuk dari satu lapis atom karbon yang memiliki struktur heksagonal menyerupai sarang lebah (Bete dkk., 2019). *Graphene* juga sebagai alotrop yang berbentuk lembaran datar tipis dimana setiap karbon memiliki ikatan  $sp^2$  dan masuk kelompok senyawa hidrokarbon polisiklik aromatik datar. Struktur dasar *graphene* merupakan alotrop karbon yang meliputi grafit, tabung nano karbon dan fullerena. Struktur *graphene* ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Struktur *Graphene* (Zhu *et al.*, 2014).

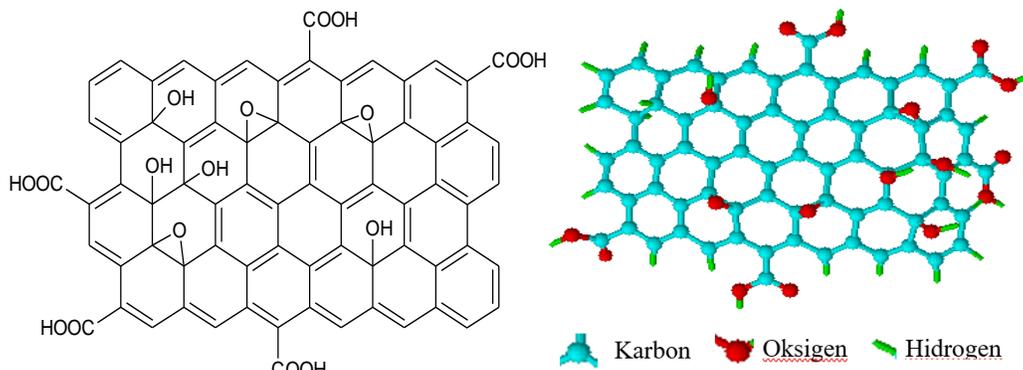
*Graphene* memiliki sifat-sifat struktur kimia yang unik diantaranya adalah karena ikatan kovalen menjadikan material ini lebih kuat dari logam. Selain itu *graphene* berbentuk dua dimensi yang memungkinkan transport elektron yang cepat sehingga konduktivitas listrik dan konduktivitas termalnya sangat tinggi. *Graphene* memiliki jarak antar atom 0,142 nm (Fikri dan Dwandaru, 2016) dan diikat oleh ikatan kovalen dengan ketebalan lembaran *graphene* 5,3 Å dapat larut dalam tetrahidrofur, tetraklorometana dan dikloroetana. Sehingga dengan ketebalan dan jarak antar atom karbon yang sebanding menjadikan *graphene* sebagai material yang lebih fleksibel, tipis serta mempunyai transparansi yang tinggi. *Graphene* memiliki permukaan spesifik teoretis yang luas ( $\sim 2630 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ ). Semua atom dari satu lembar *graphene* lapisan tunggal dapat dianggap sebagai atom permukaan dan mereka mampu

mengadsorpsi molekul gas, sehingga menyediakan area penginderaan besar. Interaksi antara lembaran *graphene* dan adsorbat dapat bervariasi dari interaksi *Van der Waals* yang lemah untuk ikatan kovalen yang kuat.

Keunggulan-keunggulan yang dimiliki *graphene* membuat banyak perhatian di bidang industri bahkan akademik. *Graphene* juga dapat diaplikasikan secara luas seperti dapat digunakan sebagai superkapasitor transistor, LED dan perangkat optoelektronik yang lain. Namun, adanya ikatan *Van der Waals* dan interaksi yang kuat antar lembaran-lembaran *graphene* dapat mengurangi kemampuan adsorpsi *graphene* (Bete dkk., 2019). Oleh karena itu, dibutuhkan turunan *graphene* yaitu GO untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi residu antibiotik yang dapat menyediakan luas permukaan yang sesuai.

## 2.6 *Graphene Oxide (GO)*

GO merupakan senyawa turunan *graphene* yang memiliki karakteristik dan struktur yang mirip dengan *graphene*. Namun, perbedaannya dengan *graphene* struktur yang terbentuk planar, sedangkan struktur pada *graphene oxide* terdapat lengkungan karena hadirnya gugus oksigen dalam bentuk karboksil dan karbonil di dalamnya. GO adalah *graphene* yang teroksidasi sehingga mempunyai ikatan dengan gugus-gugus fungsi. Secara sederhana struktur GO sebagai lembaran *graphene* yang terikat dengan oksigen dalam bentuk gugus karboksil ( $-\text{COOH}$ ), karbonil ( $-\text{C}=\text{O}$ ), hidroksil ( $-\text{OH}$ ), atau kelompok epoksi ( $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ ) serta gugus fenol pada tepi lembaran yang memberikan sifat hidrofilik untuk GO (Bete dkk., 2019). Karbon yang terbentuk pada GO saling berikatan dan membentuk sebuah lapisan 2D dimana lapisan ini memiliki ketebalan yang sebanding dengan ukuran atom karbon. Oleh karena itu, GO mengandung atom karbon hibrid  $\text{sp}^2$  dan  $\text{sp}^3$  serta bersifat isolator (Dwandaru dkk., 2019). Struktur GO ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Struktur 2D dan 3D GO (Dwandaru dkk., 2019).

Kelebihan yang dimiliki GO diantaranya proses pembuatan yang mudah dilakukan, mudah larut, konduktivitasnya mudah disesuaikan area permukaan luas, sumber daya materialnya melimpah dan murah. Struktur dan sifat GO bergantung pada proses metode pembuatan yang dilakukan. Seiring dengan perkembangannya telah dikenal metode yang dapat dilakukan untuk proses sintesis GO diantaranya metode Brodie, Staudenmaier, Hummers, dan Hummers termodifikasi. Metode pembuatan GO biasanya mempertahankan struktur lapisan grafit induk, tetapi lapisan tersebut saling melengkung sehingga jarak antar lapisannya dua kali lebih besar daripada grafit (~ 0.7 nm). Pembuatan GO menggunakan metode Brodie yaitu dengan mencampurkan *graphite* dengan  $\text{KClO}_3$  dan direaksikan dalam uap  $\text{HNO}_3$  selama 4 hari. Kemudian, metode pembuatan Staudenmaier merupakan perkembangan metode pembuatan Brodie dengan menggantikan bahan penguapannya dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  serta menambahkan  $\text{KClO}_3$  lebih banyak (Olabi *et al.*, 2021).

Pembuatan GO yang didapatkan dari metode Hummers sering kali mendapatkan pengotor sulfur karena menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebagai oksidan dalam bentuk organosulfat serta banyak menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya seperti  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$  dan  $\text{KMnO}_4$  (Bete dkk., 2019). Sedangkan, metode Hummers termodifikasi tidak beda jauh dengan metode Hummers yang menggunakan bahan-bahan berbahaya serta waktu proses pengadukan dan pengeringan metode Hummers termodifikasi lebih lama pula dibandingkan metode Hummers (Hidayati dkk., 2021; Tuzimski *and*

Petruczynik, 2020). Karena kebutuhan bahan yang banyak serta lamanya proses sintesis GO, maka dibutuhkan proses yang lebih tepat. Sehingga metode satu langkah (*Single Step*) dapat menjadi solusi sebagai metode pembuatan yang berkualitas tinggi karena selain prosesnya cepat, metode ini tergolong mudah dan ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia yang berbahaya ataupun bahan kimia yang dapat menyebabkan toksisitas (Debbarma *et al.*, 2019).

Metode satu langkah (*Single Step*) menurut Debbarma *et al* (2019) hanya memerlukan waktu selama 24 jam pada suhu 70 °C untuk proses pengeringan menggunakan oven lalu dipirolisis pada suhu 350 °C proses pirolisis dilakukan dengan suhu tinggi agar limbah yang dihasilkan berupa serbuk hitam yang dapat digunakan untuk ujian atau karakterisasi GO. Hal ini menunjukkan bahwa metode satu langkah (*Single Step*) memiliki keutamaan dalam proses pembuatan GO yang cepat serta ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan-bahan yang berbahaya yang dapat menyebabkan toksisitas.

Pembuatan GO dari limbah tongkol jagung memiliki kandungan senyawa karbon yang cukup tinggi yaitu selulosa (41%), lignin (6%) dan hemiselulosa (36%). Tongkol jagung yang telah diproses menjadi arang melalui proses pembakaran dapat digunakan sebagai bahan pembuatan nanoteknologi terutama dalam mensintesis GO (Bete dkk., 2019). Proses pembuatan GO dari limbah tongkol jagung dilakukan dengan cara pirolisis pada suhu sedang serta tidak menggunakan bahan kimia beracun (Debbarma *et al.*, 2019). Produksi GO dari limbah tongkol jagung belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga menjadi solusi untuk pengelolaan limbah lingkungan.

## **2.7 Tongkol Jagung**

Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung selama 7 tahun terakhir produksi jagung semakin meningkat dengan luas panen 10,8 hektar pada tahun 2021 dan produksi jagung sebanyak 1,502 juta ton pada tahun 2015, dan 1,720 juta ton pada

tahun 2016 serta 2,518 juta ton pada tahun 2017 serta Provinsi Lampung termasuk wilayah yang memiliki rata-rata produktivitas jagung di atas 60 ku/ha. Produksi jagung di Indonesia setiap tahunnya menunjukkan peningkatan. Jagung merupakan salah satu jenis tanaman pangan biji-bijian dari keluarga rumput-rumputan dan merupakan tanaman semusim. Tanaman jagung memiliki banyak manfaat karena memiliki kandungan sumber karbohidrat, protein dan komponen pati yang tinggi. Jagung memiliki komponen pati sekitar 73% yang tersusun atas 25-30% amilosa dan 75% amilopektin (Biha *et al.*, 2021). Jagung mengandung berbagai nutrisi, seperti karbohidrat, protein, sejumlah vitamin dan mineral yang baik untuk kesehatan tubuh. Adapun vitamin yang ada di dalam jagung, yaitu vitamin A, vitamin C dan vitamin B. Sedangkan, mineral yang terkandung diantaranya, mangan, kalsium, magnesium, tembaga dan fosfor (Hatta dkk., 2022; Tuzimski *and* Petruczynik, 2020).

Tongkol jagung merupakan bagian dari jagung setelah biji, biasanya tongkol jagung dibuang begitu saja dan menjadi limbah bagi lingkungan. Padahal tongkol jagung juga memiliki kandungan selulosa yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan terutama pada bidang industri seperti pembuatan kertas seni. Memiliki jumlah kandungan hemiselulosa dan selulosa yang tinggi, tongkol jagung berpotensi menjadi limbah yang dapat diolah menjadi produk-produk yang baru. Meningkatnya hasil pasca panen tanaman jagung artinya semakin meningkat pula limbah yang dihasilkan dari tanaman jagung. Limbah tanaman jagung dengan proporsi terbesar pada tongkol jagung sebesar 20% dan dibuang begitu saja (Simanullang dkk., 2021). Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan untuk memanfaatkan limbah tongkol jagung. Tongkol jagung ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Tongkol jagung.

Semakin meningkatnya limbah tongkol jagung dan potensi yang dimiliki tongkol jagung sebagai limbah dengan banyak kandungan, perlu upaya studi untuk membuat suatu produk. Tongkol jagung mempunyai kandungan lignin (15%), kadar selulosa (45%) dan kadar hemiselulosa (35%) selain itu limbah tongkol jagung juga mengandung karbon yang cukup tinggi sebesar (39,80%). Berdasarkan hal tersebut tongkol jagung dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan GO yang dapat digunakan untuk memurnikan larutan dari molekul organik yang mengandung pengotor yang tidak diinginkan (adsorben) yang dapat mengadsorpsi logam, senyawa organik, zat warna, serta residu antibiotik *ceftriaxone* (Bete dkk., 2019). Persentase kandungan kimia tongkol jagung ditunjukkan pada Tabel 1.

**Table 1.** Presentase kandungan kimia kulit singkong

<b>Komponen</b>	<b>Massa (%)</b>
Total karbon	39,80
Total nitrogen	2,12
Kadar air	8,38
Hidrogen	6,32

(Fathanah dkk., 2022)

## 2.8 Karakterisasi

### 2.8.1 *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)*

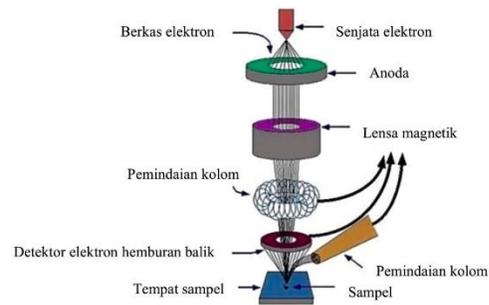
*Scanning Electron Microscopy (SEM)* merupakan salah satu instrumen mikroskop elektron menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan suatu sampel. SEM menggunakan sinar yang terfokus elektron berenergi tinggi untuk menghasilkan berbagai sinyal pada permukaan spesimen padat. Sinyal tersebut berasal dari interaksi sampel elektron yang mengungkapkan informasi tentang sampel termasuk morfologi eksternal (tekstur), komposisi kimia, struktur kristal serta

orientasi bahan yang membentuk sampel. Elektron pada SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi 0,1 – 0,2 nm. Atom-atom akan bereaksi dengan elektron sehingga spesimen menghasilkan sinyal dengan informasi tentang topografi permukaan spesimen, komposisi, dan karakteristik lainnya seperti konduktivitas listrik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa cara kerja GO adalah dengan memindahkan berkas elektron yang dihasilkan oleh elektro gun ke sampel. SEM memiliki kedalaman ruang yang besar, dimana kedalaman ruang ini dapat memfokuskan jumlah sampel yang lebih banyak dalam satu waktu serta dapat menghasilkan bayangan yang baik dari sampel secara tiga dimensi. Instrumen SEM banyak digunakan dalam penelitian dan industri riset (Dwandaru dkk., 2019).

Prinsip dari SEM adalah interaksi antara permukaan material atau sampel dengan berkas elektron yang berenergi tinggi. Permukaan sampel yang tersinari akan memantulkan kembali berkas elektron atau disebut dengan berkas elektron sekunder. Elektron sekunder akan tereksitasi dari permukaan sampel ketika permukaan dipindai dengan berkas elektron dengan intensitas tinggi (Zhu *et al.*, 2020). Detektor yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tinggi yang dipantulkan oleh sampel. Adapun prinsip kerja SEM:

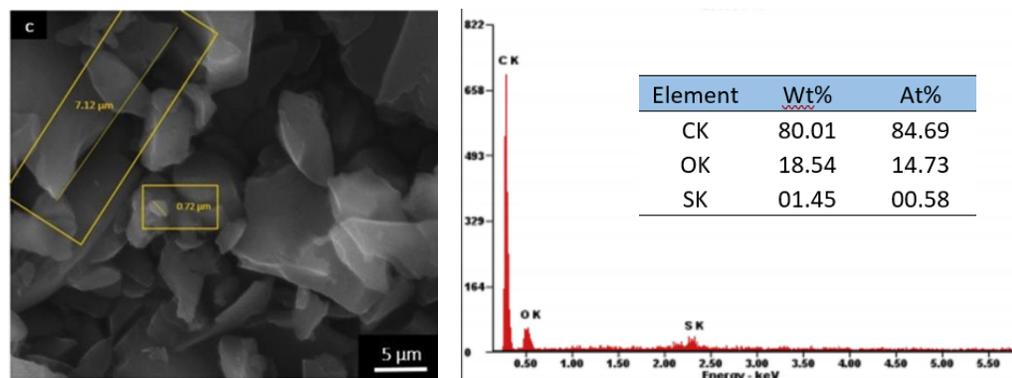
1. Elektro gun memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel, maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

Secara lengkap prinsip skema SEM dijelaskan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Prinsip kerja SEM (Sudrajat dan Bayuseno, 2014).

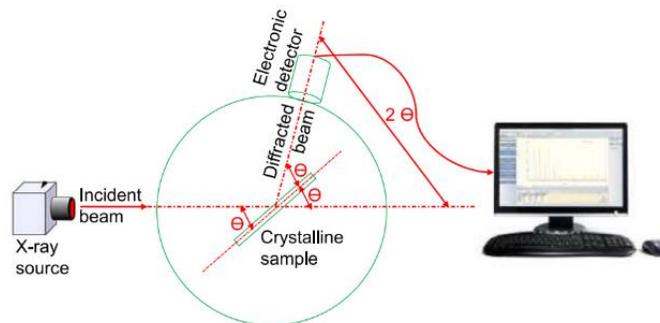
Instrumen SEM biasanya dilengkapi dengan *energy dispersive x-ray* (EDX) untuk mendeteksi unsur-unsur dalam material. *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) adalah teknik analitik yang digunakan untuk mengkarakterisasi kandungan unsur kimia dari suatu sampel melalui interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan unsur-unsur menganalisis emisi sinar-X oleh unsur dalam partikel. Mendorong terjadinya emisi karakteristik sinar-X dari suatu sampel adalah dengan energi yang tinggi dari partikel yang bermuatan seperti elektron atau proton atau sinar-X yang difokuskan pada sampel untuk dikarakterisasi. Kemudian, sisanya suatu atom dengan sampel yang mengandung elektron pada keadaan dasar (tidak tereksitasi) berada pada tingkat energi yang diskrit atau kulit elektron bergerak pada inti. Pancaran yang terjadi ada kemungkinan mengeksitasi sebuah elektron di dalam kulit yang terdalam (Mauritz, 2008). Contoh SEM-EDX GO ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Contoh SEM-EDX *graphene oxide* (Sujiono *et al.*,2020).

### 2.8.2 X-Ray Diffraction (XRD)

*X-Ray Diffraction (XRD)* adalah teknik yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal dalam sampel. Teknik ini juga dapat digunakan untuk menentukan jenis struktur, ukuran butir dan konstanta kisi (Hachem *et al.*, 2020). Sinar-X pada XRD merupakan radiasi elektromagnetik yang dihasilkan oleh deselerasi partikel dengan kecepatan tinggi secara tiba-tiba. Kelebihan dari XRD yaitu proses preparasi yang lebih sederhana dan informasi dari lebar setengah puncak dapat diketahui besar rata-rata dari ukuran kristalin. Semakin kecil ukuran kristalinitas, maka semakin lebar puncak difraksi yang dihasilkan. Kristal dengan ukuran besar yang satu orientasi akan menghasilkan puncak difraksi yang mendekati garis vertikal. Sedangkan, kristalin dengan ukuran kecil menghasilkan puncak lebar karena kristalinitas yang kecil memiliki bidang pantul sinar-X yang terbatas (Dwilaksana *et al.*, 2022). Skema dari XRD dapat dilihat dari Gambar 8.

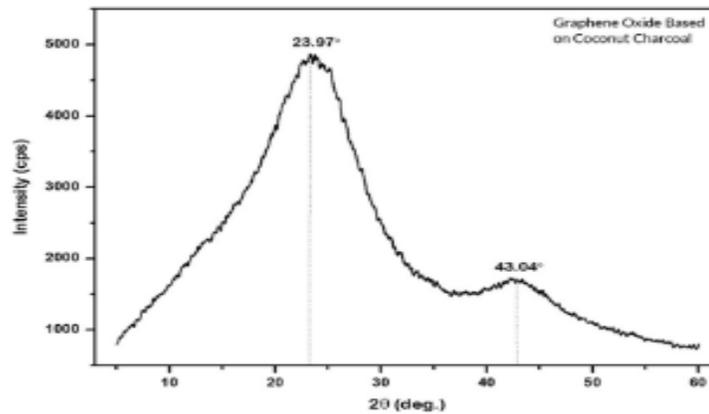


**Gambar 8.** Skema instrumen XRD (Khan *et al.*, 2019).

Prinsip kerja instrumen XRD berdasarkan pada Hukum Bragg, dimana sinar-X menembak sampel padatan kristalin, kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah. Detektor pada XRD bergerak pada kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang didifraksikan sampel. Setiap sampel mempunyai bidang-bidang kisi yang tersusun secara acak, sama halnya dengan partikel-partikel kristal di dalamnya dan disetiap kumpulan bidang kisi mempunyai beberapa sudut orientasi yang memenuhi Hukum Bragg. Hasil dari analisis XRD dapat berupa data analog atau digital. Hasil pada data analog berupa rekaman dalam bentuk grafik dan garis

yang terekam dengan detektor dalam sudut  $2\theta$  per menit, sehingga setara dengan sumbu-X. Sedangkan, hasil XRD dalam bentuk digital biasanya memberikan informasi terkait intensitas sinar-X terhadap jumlah intensitas cahaya per detik. Pola difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai  $2\theta$  tertentu. Dimana, besarnya intensitas tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada.

Aplikasi instrumen XRD banyak digunakan dalam bidang industri yang digunakan oleh perusahaan-perusahaan besar seperti perusahaan semen. Instrumen XRD bidang industri digunakan sebagai alat uji jaminan mutu suatu sampel. Selain itu, XRD juga sangat berperan di bidang teknologi material yang digunakan untuk menganalisis suatu material anorganik dan organologam menggunakan metode kristal tunggal (Dwandaru dkk., 2019). Menurut Sujiono *et al* (2020) hasil karakterisasi XRD menunjukkan struktur GO yang memiliki dua puncak dominan pada  $2\theta$  yaitu  $23.97^\circ$  dan  $43.04^\circ$  puncak-puncak tersebut menunjukkan bahwa sampel mengandung GO. Contoh hasil XRD GO ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Contoh Hasil Karakterisasi XRD GO (Sujiono *et al.*, 2020).

### 2.8.3 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Spektroskopi FTIR merupakan teknik analisis yang dimanfaatkan dalam analisa berbagai produk dikarenakan analisis menggunakan instrumen ini terdapat interferometer Michelson yang terletak di depan monokromator. Interferometer akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul berupa interferogram (Hashim *et al.*, 2010). FTIR memberikan informasi tentang struktur dan gugus fungsi yang terdapat dalam analit dengan rentang panjang gelombang yang sering digunakan 2,5-50  $\mu\text{m}$  dan bilangan inframerah pada ( $400\text{ cm}^{-1}$  -  $400\text{ cm}^{-1}$ ) (Riyanto *and* Nas, 2016). Pada sistem optik FTIR digunakan *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER) sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi inframerah agar sinyal radiasi inframerah yang diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik.

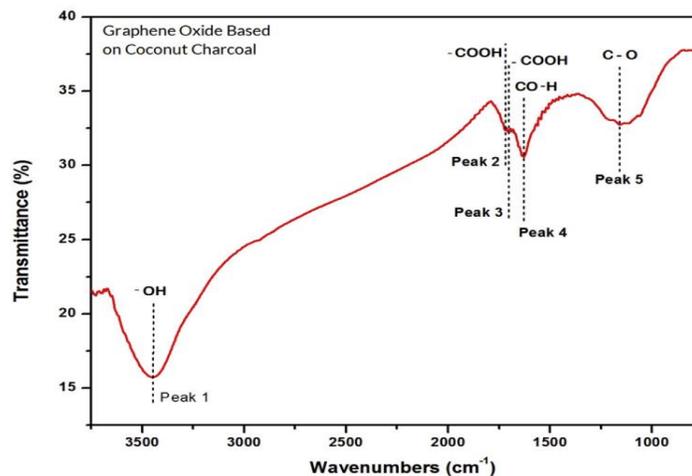
Prinsip kerja FTIR secara umum adalah sumber cahaya IR menghasilkan cahaya polikromatik yaitu beberapa berkas cahaya membentuk sinyal interferogram. Kemudian, gelombang tersebut dilewatkan pada sampel dan ditangkap oleh detektor yang terhubung ke komputer sehingga dihasilkan gambaran spektrum sampel yang diuji dimana spektrum tersebut menunjukkan hubungan antara sampel dengan bilangan gelombang. Adapun pembagian Panjang gelombang pada radiasi inframerah dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Panjang gelombang pada radiasi inframerah

Jenis	Panjang Gelombang	Bilangan Gelombang	Fq (Hz)
Inframerah dekat	0,75-2,5 $\mu\text{m}$	13.000-4.000 $\text{cm}^{-1}$	$3,8 \times 10^{14} - 1,2 \times 10^{14}$
Inframerah Pertengahan	2,5-50 $\mu\text{m}$	4.000-200 $\text{cm}^{-1}$	$1,2 \times 10^{14} - 6,0 \times 10^{12}$
Inframerah Jauh	50-1.000 $\mu\text{m}$	200-10 $\text{cm}^{-1}$	$6,0 \times 10^{12} - 3,0 \times 10^{11}$

(Dwandaru dkk., 2019)

Secara keseluruhan analisis menggunakan FTIR memiliki kelebihan diantaranya adalah dapat digunakan untuk semua frekuensi dari sumber cahaya secara simultan sehingga proses analisis dapat dilakukan lebih cepat. Selain itu sensitivitas dari FTIR lebih besar dari pada cara dispersi, karena radiasi yang masuk ke sistem detektor lebih banyak karena tanpa harus melalui celah. Oleh karena itu, dilakukan karakterisasi GO pada penelitian ini menggunakan FTIR. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sujiono *et al* (2020) hasil spektroskopi FTIR mengkonfirmasi munculnya berbagai fungsional yang mengandung oksigen kelompok seperti hidroksil (-OH) pada puncak 1, karboksil (-COOH) pada puncak 2 dan 3, alkohol (C-OH) pada puncak 4, dan epoksi (C-O) pada puncak 5 dalam struktur GO. Contoh hasil karakterisasi FTIR GO ditunjukkan pada Gambar 10.

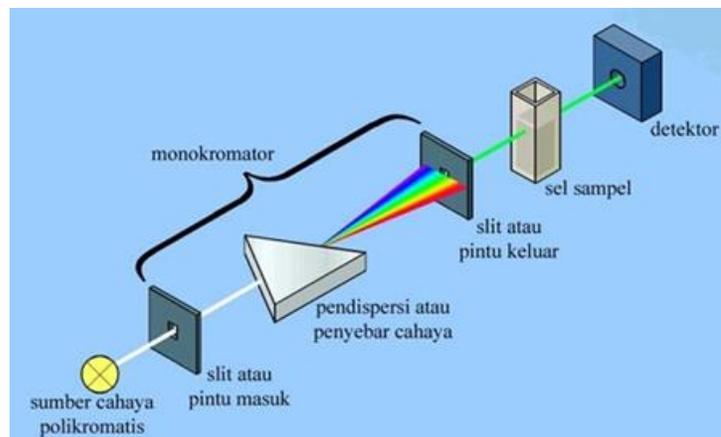


**Gambar 10.** Hasil karakterisasi FTIR *graphene oxide* (Sujiono *et al.*, 2020).

## 2.9 Spektrofotometri Ultraviolet-Visible (Uv-Vis)

Spektrofotometri Uv-Vis merupakan instrumen yang menggunakan dua sumber cahaya yang berbeda yaitu sumber cahaya ultra ungu dan sumber cahaya sinar tampak. Analisis spektrofotometer Uv-Vis menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultra ungu (190-380 nm) dan sinar tampak (380-78- nm). Senyawa

yang dapat menyerap intensitas pada daerah UV disebut dengan kromofor, sedangkan senyawa yang digunakan untuk menganalisa dalam daerah sinar tampak harus memiliki warna (Fatimah, 2003). Prinsip spektrofotometer Uv-Vis adalah penyerapan pada sinar tampak untuk ultraviolet dengan suatu molekul yang dapat mengakibatkan terjadinya eksitasi molekul dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Harahap dkk., 2020). Sampel yang digunakan dalam analisis harus dapat menyerap foton pada daerah Uv-Vis (Irawan, 2019). Skema spektrofotometer Uv-Vis ditunjukkan pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Skema spektrofotometer Uv-Vis (Putri, 2017).

Menurut Dwandaru dkk (2019) bagian-bagian dari spektrofotometer Uv-Vis diantaranya sumber cahaya, monokromatis, sel sampel, detektor dan *read out*. Fungsi dari masing-masing bagian adalah:

1. Sumber sinar, berfungsi sebagai sumber sinar polikromatis dengan berbagai macam gelombang.
2. Monokromator, berfungsi sebagai penyeleksi panjang gelombang atau mengubah cahaya yang berasal dari sumber sinar polikromatis menjadi cahaya monokromatis.
3. Sel sampel, berfungsi sebagai tempat meletakkan sampel atau disebut dengan kuvet yang terbuat dari silika dengan kualitas yang lebih baik.

4. Detektor, berfungsi untuk menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel kemudian diubah nya menjadi arus listrik.
5. *Read out*, berfungsi sebagai sistem baca yang menangkap besarnya isyarat listrik yang berasal dari detektor.

Warna yang diserap pada spektrofotometer adalah warna komplementer dari warna yang diamati. Panjang gelombang dan warna serapan pada spektrofotometer Uv-Vis ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Panjang Gelombang dan warna serapan Spektrofotometer Uv-Vis

<b>Panjang Gelombang</b>	<b>Warna</b>	<b>Warna Komplementer</b>
400-435	Violet	Kuning-Hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-Biru	Oranye
490-500	Biru-Hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning-Hijau	Violet
580-595	Kuning	Biru
595-610	Oranye	Hijau-Biru
610-750	Merah	Biru-Hijau

(Dwandaru dkk., 2019)

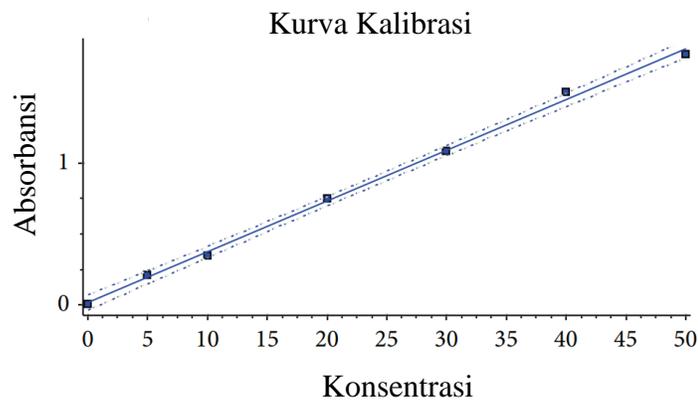
Pelarut yang bisa digunakan untuk uji spektrofotometer Uv-Vis ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Daftar nilai batas serapan pelarut suatu bahan

<b>Pelarut</b>	<b>Batas Serapan (nm)</b>	<b>Pelarut</b>	<b>Batas Serapan (nm)</b>
Asetonitril	190	n-heksan	201
Kloroform	240	Methanol	205
Sikloheksan	195	Isooktan	195
1-4 dioksan	210	Air	190
Etanol	205	Aseton	330

(Dwandaru dkk., 2019)

Instrumen spektrofotometer Uv-Vis memiliki kelebihan diantaranya dapat digunakan untuk menganalisis zat organik maupun anorganik, selektif, mempunyai ketelitian yang tinggi dengan kesalahan relatif besar 1-3% dan hasil yang diperoleh akurat karena angka yang terbaca langsung dicatat oleh detektor dan dicetak dalam bentuk angka digital (Rohmah et al., 2021). Aplikasi dari spektroskopi Uv-Vis diantaranya dapat digunakan untuk menganalisis kuantitatif molekul, digunakan untuk meninjau stoikiometri reaksi serta dapat digunakan untuk menganalisis kualitatif gugus fungsional pada senyawa organik. Contoh kurva standar *ceftriaxone* seperti Gambar 12.



**Gambar 12.** Kurva Standar *Ceftriaxone* (Ethiraj et al.,2014).

### III. METODE PELAKSANAAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Oktober 2022 – Mei 2023 di Laboratorium Analitik FMIPA Universitas Lampung. Karakterisasi *graphene* dan *Graphene Oxide* menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), uji adsorpsi antibiotik *ceftriaxone* menggunakan Spektrofotometer *Ultraviolet-Visible* (Uv-Vis) dilakukan di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT-LTSIT) Universitas Lampung dan *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Universitas Negeri Padang.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas *beaker*, labu erlenmeyer, labu ukur, neraca analitik (AND HR-150A 152g x 0,1mg), tabung reaksi, rak tabung reaksi, mortar dan alu, ayakan 100 mesh, *magnetic stirrer hot plate* (*Stuart BioCote R200000 685*), *spinbar*, lemari asam (*V Fume Hood*) sentrifugasi (*Fisher Scientific 1827001027164*), tabung sentrifugasi, *oven* (*Memmert 55*), corong kaca, pipet tetes, pipet *volume*, *bulb* pipet, kertas saring, cawan krus, batang pengaduk, spatula, pH meter (*Water Taster EZ-9901*), botol semprot, desikator, *Furnace*, ultrasonik (*1510 Branson*), *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (*Agilent Technologies FTIR 630 CARY*), *X-Ray Diffraction* (XRD) (*XPert PRO PANalytical PW 3040/60*), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) (*Perkin Elmer 99951*), dan Spektrofotometer *Ultraviolet-Visible* (Uv-Vis) (*Agilent Cary 100*).

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tongkol jagung, standar *ceftriaxone* (*Qilu Antibiotics Pharmaceutical*)  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (*Supelco Sigmaaldrich*), larutan HCl 37% (*Smart-Lab*), larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat (*Supelco Sigmaaldrich*),  $\text{KMnO}_4$  (*Merck*<sup>TM</sup>), larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% (*Supelco Sigmaaldrich*) dan larutan NaOH 0,1 M (*Merck*<sup>TM</sup>) dan akuades.

### 3.3 Prosedur Kerja

#### 3.3.1 Pembuatan GO menggunakan Metode Hummers

##### Termodifikasi

##### 3.3.1.1 Pembuatan *Graphite* dari Tongkol Jagung

Limbah tongkol jagung dipotong kecil-kecil, lalu dicuci bersih dengan air beberapa kali untuk menghilangkan debu dan kotoran, setelah itu dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 sampai 3 hari dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1,5 jam. Tongkol jagung yang sudah kering digerus hingga menjadi serbuk, lalu serbuk dimasukkan ke dalam cawan krus sebanyak  $\pm 6$  gr, lalu difurnace dengan suhu  $350\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Arang yang diperoleh didinginkan ke dalam desikator selama 15 menit, kemudian dihaluskan menggunakan mortar untuk dapat digunakan pada tahap selanjutnya (Dewi, 2020).

Arang hasil karbonisasi ditimbang sebanyak 5 gr kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker 1000 mL, lalu ditambahkan akuades sebanyak 500 mL dan diaduk menggunakan magnetik stirrer dengan kecepatan 600 rpm, selanjutnya ditambahkan larutan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 4 mL dan ditambahkan kecepatan putaran sampai 900 rpm pada suhu ruang. pH larutan campuran diubah hingga mendekati pH 2 dengan penambahan HCl 1 M secara perlahan, setelah itu dilakukan pengadukan pada suhu  $60\text{ }^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Larutan disentrifugasi untuk memisahkan supernatan dari endapan *graphite*. Endapan dicuci dengan akuades hingga pH 7 (netral), selanjutnya

endapan yang telah netral dikeringkan di dalam oven pada suhu 50 °C selama 8 jam dan dilanjutkan dengan suhu 110 °C selama 5 jam. Sampel yang telah dioven dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit untuk didinginkan (Dewi, 2020).

### 3.3.1.2 Pembuatan GO

Sebanyak 1 gr *graphite* dimasukkan ke dalam gelas kimia di lemari asam, kemudian ditambahkan 23 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dalam penangas es (0 °C) selama 30 menit. Larutan campuran ditambahkan 3 gr KMnO<sub>4</sub> secara perlahan dan suhu dipertahankan dibawah 10 °C, kemudian diaduk pada suhu 35 °C selama 30 menit, selanjutnya tambahkan 46 mL akuades secara perlahan dan terjadi kenaikan suhu hingga 98 °C, lalu didiamkan selama 15 menit.

Reaksi yang terjadi dihentikan dengan menambahkan 140 mL akuades diikuti dengan penambahan 10 mL larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% sambil diaduk selama 10 menit. Suspensi yang terbentuk dicuci berulang kali dengan larutan HCl 5% sampai sulfat menghilang, diuji dengan barium klorida lalu dicuci dengan akuades secara berulang hingga pH 5, kemudian larutan dipisahkan dengan endapan menggunakan sentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm selama 10 menit. Endapan yang dihasilkan didispersikan dalam 450 mL akuades dan disonikasi selama 2 jam, lalu disaring dan endapan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 5 jam sehingga terbentuk *graphene oxide* (Li et al., 2013).

### 3.3.2 Karakterisasi GO

Karakteristik gugus fungsi pada GO diidentifikasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) (*Agilent Carry 630*). Morfologi, identifikasi unsur, dan komposisi kuantitatif *graphene oxide* diidentifikasi menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX). Fase kristal molekul diidentifikasi menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD) (*XPRT PRO PANalytical*

PW3040/60). Karakterisasi dalam penelitian ini dilakukan dua kali untuk mengetahui apakah terdapat unsur lain pada GO pada saat sebelum optimasi dan setelah optimasi.

### **3.3.3 Pembuatan Larutan Induk *Ceftriaxone* 500 ppm**

Larutan induk antibiotik *ceftriaxone* 500 ppm dibuat dengan cara melarutkan 12,5 mg padatan antibiotik *ceftriaxone* dengan larutan HCl 0,1M dalam labu takar 25 mL hingga tanda tera dan dihomogenkan (Kistianti, 2022).

### **3.3.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi**

Dibuat larutan standar 6; 10; 14; 18; dan 22 ppm dengan melakukan pengenceran bertingkat terhadap larutan induk 50 ppm. Lalu, larutan standar dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 268 nm (Ethiraj *et al.*, 2014; Barrodi *et al.*, 2023).

### **3.3.5 Optimasi Parameter Ekstraksi *Ceftriaxone***

#### **3.3.5.1 Penentuan pH Optimum**

Ditimbang 40 mg GO dimasukkan ke dalam gelas *beaker*, ditambahkan 20 mL larutan standar *ceftriaxone* 14 ppm. Setelah itu, larutan diatur keasamannya pada pH 2; 3; 4; 5 menggunakan larutan HCl 0,1 M atau larutan NaOH 0,1 M. Campuran yang dihasilkan *distirrer* selama 30 menit, lalu GO dipisahkan dari larutan dengan sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit. Larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring, filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 268 nm (Kistianti, 2022; Barrodi *et al.*, 2023).

### 3.3.5.2 Penentuan Konsentrasi Optimum

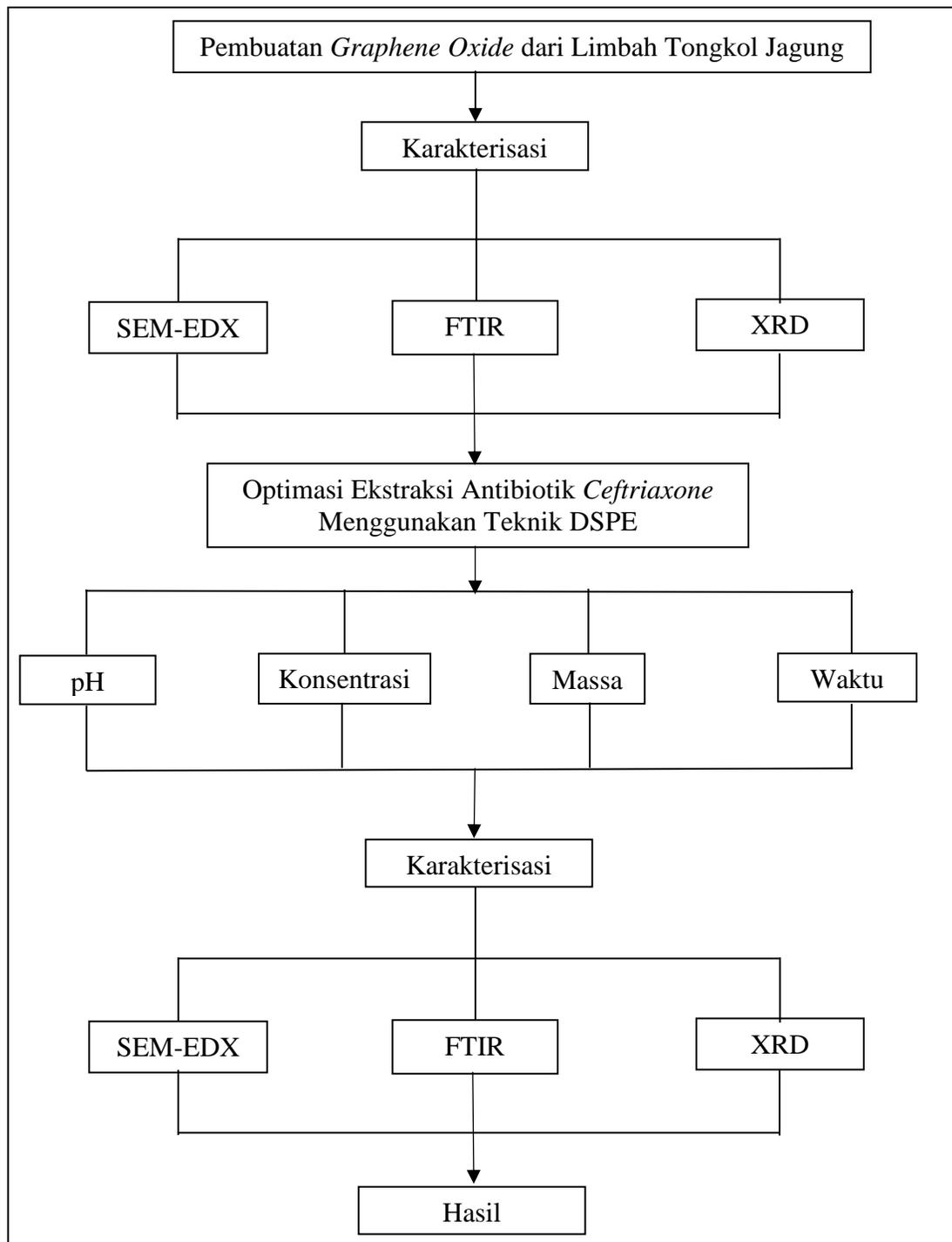
Ditimbang 40 mg GO dimasukkan ke dalam gelas *beaker*, kemudian ditambahkan 20 mL larutan standar *ceftriaxone* dengan kondisi pH optimum. Setelah itu, larutan diatur konsentrasinya pada 6; 10; 14; 18; 22. Campuran yang dihasilkan *distirrer* selama 30 menit, lalu GO dipisahkan dari larutan dengan sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit. Larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring, filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 268 nm (Kistianti, 2022; Barrodi *et al.*, 2023).

### 3.3.5.3 Penentuan Massa Optimum

Ditimbang sebanyak 30; 35; 40; 45; 50 mg GO dimasukkan ke dalam gelas *beaker*, ditambahkan 20 mL larutan standar *ceftriaxone* dengan kondisi pH dan konsentrasi optimum. Campuran yang dihasilkan *distirrer* selama 30 menit, lalu GO dipisahkan dari larutan dengan sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit. Larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring, filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 268 nm (Kistianti, 2022; Barrodi *et al.*, 2023).

### 3.3.5.4 Penentuan Waktu Optimum

Ditimbang 40 mg GO pada massa optimum dimasukkan ke dalam gelas *beaker*, ditambahkan 20 mL larutan standar *ceftriaxone* dengan kondisi pH dan konsentrasi optimum. Campuran yang dihasilkan *distirrer* dengan waktu yang berbeda selama 10; 30; 50; 70 menit, lalu GO dipisahkan dari larutan dengan sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit. Larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring, filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 268 (Kistianti, 2022; Barrodi *et al.*, 2023). Skema umum dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Skema umum penelitian.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan GO yang dibuktikan dengan hasil karakterisasi FTIR dan SEM-EDX, namun sifat kristal berdasarkan hasil karakterisasi XRD masih perlu dievaluasi kembali.
2. GO yang telah diperoleh memiliki gugus fungsi oksigen, karboksil, karbonil, epoksi, dan hidroksil berdasarkan hasil karakterisasi FTIR, GO juga memiliki sudut  $2\theta$  berkisar  $26,53^\circ$  berbentuk amorf berdasarkan hasil karakterisasi XRD, dan memiliki morfologi permukaan yang halus membentuk lembaran berdasarkan hasil karakterisasi SEM, serta memiliki komposisi unsur karbon (C) yang cukup tinggi yaitu sebesar 69,19% dengan persen unsur oksigen (O) sebesar 25,08% berdasarkan hasil karakterisasi EDX.
3. Adsorpsi antibiotik *ceftriaxone* oleh GO dari tongkol jagung optimum pada massa adsorben sebanyak 40 mg dengan konsentrasi adsorbat 14 ppm pada kondisi pH 4 dalam waktu kontak selama 50 menit dengan tingkat adsorpsi sebesar 47,04% dan diperoleh hasil adsorpsi antibiotik *ceftriaxone* pada kondisi optimum sebesar 48,60% sehingga adsorben GO berpotensi untuk digunakan dalam adsorpsi.

## 5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan:

1. Perlu dilakukan penambahan agen pengoksidasi agar kristal pada karakterisasi XRD dapat terbentuk.
2. Melakukan optimasi metode DSPE menggunakan parameter lain, seperti volume adsorbat dan waktu sentrifugasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abaszade, R.G., Mamedova, S.A., Agayef, F.H., Budzulyak, S.I., Kapush, O.A., Mamedova, M.A., Nabiyev, A.M., and Kotsyubynsky, V.O. 2021. Synthesis and Characterization of Graphene Oxide Flakes for Transparent Thin Films. *Physics and Chemistry of Solid State*. 22(3): 595-601.
- Abdulah, R., Kumamba, R. D., Sinuraya, R. K., Rahayu, C., & Barliana, M. I. 2016. Cost Minimization Analysis of the Use of Meropenem and Ceftazidime in Febrile Neutropenia Therapy. *Indonesian Journal of Clinical Pharmacy*. 5(2): 132–137.
- Ali, A. E. 2011. Synthesis, Spectral, Thermal And Antimicrobial Studies of some New Tri Metallic Biologically Active Ceftriaxone Complexes. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 78(1): 224–230.
- Barlam, T. F., Cosgrove, S. E., Abbo, L. M., Macdougall, C., Schuetz, A. N., Septimus, E. J., Srinivasan, A., Dellit, T. H., Falck-Ytter, Y. T., Fishman, N. O., Hamilton, C. W., Jenkins, T. C., Lipsett, P. A., Malani, P. N., May, L. S., Moran, G. J., Neuhauser, M. M., Newland, J. G., Ohl, C. A., and Trivedi, K. K. 2016. Implementing an antibiotic stewardship program: Guidelines by the Infectious Diseases Society of America and the Society for Healthcare Epidemiology of America. *Clinical Infectious Diseases*. 62(10): 51–77.
- Barrodi, M.R., Mirzaee, A., Kafashan, A., Zahedifard, S., Majidi, H.J., Davoodi, A., and Hosseinpor, S. 2023. Synergistic Effect in Tragacanth Gum-Ceftriaxone Hybrid System as an Environmentally Friendly Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acidic Solution. *Materials Today Communication*. 34(2): 1-43.
- Bereda, Gudisa. 2022. Ceftriaxone in pediatrics: Indication, Adverse Drug Reaction, Contraindication and Drug Interaction. *Journal of Addiction Therapy and Research*. 2(4): 9–25.
- Bete, Y. I., Bukit, M., Johannes, A. Z., & Pingak, R. K. 2019. Kajian Awal Sifat Optik Graphene Oxide Berbahan Dasar Arang Tongkol Jagung yang Disintesis Dengan Metode Liquid Phase Exfoliation (LPE). *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*. 4(2): 114–120.

- Bhaumik, R., Mondal, N.K., Das, B., Roy, P., Pal, K.C., Banerjee, A., and Datta, J.K. 2011. Eggshell Powder as an Adsorbent for Removal of Fluoride from Aqueous Solution: Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies. *Journal of Chemistry*. 9(3): 1457-1480.
- Biha, A. A., Johannes, A. Z., Pingak, R. K. B., Sutaji, M. dan, & Sutaji, H. I. 2021. *Kajian Sifat Fisis Bioplastik Pati Jagung Dengan Penambahan Graphene Oxide Berbahan Dasar Tongkol Jjagung Asal Kabupaten Kupang*. 6(1): 44–48.
- Brisebois, P. P., and Siaj, M. 2020. Harvesting graphene oxide-years 1859 to 2019: A review of its structure, synthesis, properties and exfoliation. *Journal of Materials Chemistry*. 8(5): 1517–1547.
- Cechinel, M. A. P., Ulson De Souza, S. M. A. G., & Ulson De Souza, A. A. 2013. Study of lead (II) adsorption onto activated carbon originating from cow bone. *Journal of Cleaner Production*. 65(1): 342–349.
- Chen, D., Feng, H., & Li, J. 2012. Graphene oxide: Preparation, functionalization, and electrochemical applications. *Chemical Reviews*. 112(11): 6027–6053.
- Costa, E. M., Rengga, M. P. E., & Oktavia, N. 2021. Rasionalitas Penggunaan Antibiotik pada Pasien Infeksi Saluran Kemih (Isk) di Rumah Sakit Bhayangkara Tk.III Drs. Titus Ully Kupang. *CHM-K Pharmaceutical Scientific Journal*. 4(2): 276–281.
- De Rosa, M., Verdino, A., Soriente, A., & Marabotti, A. 2021. The odd couple(S): An overview of beta-lactam antibiotics bearing more than one pharmacophoric group. *International Journal of Molecular Sciences*. 22(2): 1–21.
- Debbarma, J., Naik, M. J. P., & Saha, M. 2019. From agrowaste to graphene nanosheets: chemistry and synthesis. *Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures*. 27(6): 482–485.
- Dewi, K. 2020. *Sintesis Dan Karakterisasi Natural Graphite dan Graphite Oxide ( Go ) Dari Limbah Tongkol Jagung*. Universitas Pertamina. Jakarta.
- Dwandar, W. S. B., Wisnuwijaya, R. I., & Parwati, D. L. 2019. *Nanomaterial Graphene Oxide*. UNY Press. Yogyakarta.
- Dwilaksana, D., Pangestu, P. A., Sanata, A., Asrofi, M., Darsin, M., & Widityo, R. P. G. 2022. Pengaruh Arus Plasma Dan Laju Aliran Gas Pada Mesin Dc Thermal Plasma Terhadap Karakteristik Partikel Nano ZnO. *Jurnal STATOR*. 5(1): 1–5.

- Edward, T., Ismai, F. H., & Hamidah, H. 2012. Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(2): 34–38.
- Ethiraj, R., Thiruvegam, E., Sampath, V. S., Vahid, A., and Raj, J. 2014. Development and Validation of Stability Indicating Spectroscopic Method for Content Analysis of Ceftriaxone Sodium in Pharmaceuticals. *International Scholarly Research Notices*. 4(1): 1-5
- Faleye, A. C., Adegoke, A. A., Ramluckan, K., Bux, F., & Stenström, T. A. 2018. Antibiotic Residue in the Aquatic Environment: Status in Africa. *Open Chemistry*. 16(1): 890–903.
- Farajzadeh, M. A., Mohebbi, A., Izadyar, M., Mogaddam, M. R. A., & Pezhhanfar, S. 2021. Facile preparation of nitrogen-doped amorphous carbon nanocomposite as an efficient sorbent in dispersive solid phase extraction. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2(3): 1–19.
- Fathanah, U., Meilina, H., Febriani, F., & Rizky Utami, F. 2022. Sintesis Bioplastik dari Tongkol Jagung sebagai Active Packaging yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*. 3(1): 1–5.
- Fatimah, I. 2003. Analisis Fenol dalam Sampel Air Menggunakan Spektrofotometri Derivatif. *Jurnal Logika*. 9(10): 21–29.
- Fikri, A. A., & Dwandaru, W. S. B. 2016. Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan Dan Waktu Ultrasonikasi Terhadap Sintesis Material Graphene Dengan Metode Liquid Sonification Exfoliation Menggunakan Tweeter Ultrasonication Graphite Oxide Generator. *Jurnal Fisika*. 5(3): 188–197.
- González-Sálamo, J., Socas-Rodríguez, B., Hernández-Borges, J., & Rodríguez-Delgado, M. Á. (2016). Nanomaterials as sorbents for food sample analysis. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*. 85(2): 203–220.
- Grimalt, S., & Dehouck, P. 2016. Review of analytical methods for the determination of pesticide residues in grapes. *Journal of Chromatography A*. 1433: 1–23.
- Hachem, C. El, Abahri, K., Leclerc, S., & Bennacer, R. 2020. NMR and XRD quantification of bound and free water interaction of spruce wood fibers. *Construction and Building Materials*. 260: 120-470.
- Hakimah, N., Pawestri, W., Suseno, D. N., & Anjarsari, S. W. 2021. Deteksi Residu Oksitetrasiklin pada Ikan Lele yang Dipasarkan di Kota Yogyakarta. *Jurnal Veteriner*. 22(4): 499–507.

- Harahap, S. I., Wahyuningsih, P., & Amri, Y. 2020. Analisa Kandungan Beta Karoten Pada Cpo (Crude Palm Oil) Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (Ppks) Medan Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*. 2(1): 9–13.
- Hashim, D. M., Man, Y. B. C., Norakasha, R., Shuhaimi, M., Salmah, Y., & Syahariza, Z. A. 2010. Potential use of Fourier transform infrared spectroscopy for differentiation of bovine and porcine gelatins. *Food Chemistry*. 118(3): 856–860.
- Hatta, H., Moonti, M. R., Ernikawati, Maesrah, Moito, Y. S., Aripin, N., Bahmid, H., Olli, S. H., Bahu, A. S., M., A., Igirisa, N., Febrianto, Ramli, F., & Setiawan, I. 2022. Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pelatihan Pembuatan Dodol Jagung Di Desa Tri Rukun Kecamatan Wonosari Kabupaten Boalemo Herman. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Gorontalo*, 4(1): 1-9.
- Hidayati, N., Khoiruddin, W., Mastuti, Isnadiyah, E., & Pambudi, Wahyu, D. S. 2021. Katalis Karbon Yang Dibuat Dengan Metode Hummers Termodifikasi Untuk Asetilasi Gliserol. *Inovasi Teknik Kimia*. 6(2): 95–99.
- Humaida, R. 2014. Strategy To Handle Resistance of Antibiotics. *J Majority*. 3(7): 114–115.
- Hutagalung, F., Siburian, R., Malik, A., & Ali, M. 2021. Pengaruh Konsentrasi dan Ukuran Partikel Logam Mg terhadap Karakter Magnesium/Grafena Berlapis Nano (Mg/GBN). *Journal Cis-Trans*. 5(1): 27–35.
- Husnah, M., Hafizh, A., Fakhri, F., Rohman, Akfiny, H., Aimon, and Ferry, I., 2017. Modified Marcano Method for Improving Electrical Properties of Reduced Graphene Oxide (RGO). *Materials Research Express*. 4(6): 064001.
- Irawan, A. 2019. Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*. 1(2): 1-9.
- Islas, G., Ibarra, I. S., Hernandez, P., Miranda, J. M., & Cepeda, A. 2017. Dispersive Solid Phase Extraction for the Analysis of Veterinary Drugs Applied to Food Samples. *International Journal of Analytical Chemistry*. 2017(2): 1-16.
- Jafari M., Aghamiri, S.F and Khaghanic, G. 2011. Batch Adsorption of Cephalosporins Antibiotics from Aqueous. Solution by Means of Multi-Walled Carbon Nanotubes *World Applied Sciences Journal*. 14(11): 1642-1650.

- Kang, J. H., Kim, T., Choi, J., Park, J., Kim, Y. S., Chang, M. S., Jung, H., Park, K. T., Yang, S. J., and Park, C. R. 2016. Hidden Second Oxidation Step of Hummers Method. *Chemistry of Materials*. 28(3): 756–764.
- Karungamye, P., Rugaika, A., & Mtei, K. 2022. A Review of Methods for Removal of Ceftriaxone from Wastewater A Review of Methods for Removal of Ceftriaxone from Wastewater. *Journal of Xenobiotics*. 12(2): 223-235.
- Kasih, Y. O. 2019. Studi Karbon Aktif Magnetik dari Limbah Kulit Singkong (Manihot Utilissima) Sebagai Adsorben untuk Menentukan Senyawa Antibiotik Tetrasiklin Di Perairan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Khatibi, S. A., Hamidi, S., & Siahi-Shadbad, M. R. 2022. Application of Liquid-Liquid Extraction for the Determination of Antibiotics in the Foodstuff: Recent Trends and Developments. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 52(2): 327–342.
- Kigozi, M., Koech, R.K., Kingsley, O., Ojeage, I., Tebandeke, E., Kasozi, G.N., Onwualu, A.P. 2020. Synthesis and Characterization of Graphene Oxide from Locally Mined Graphite Flakes and its Supercapacitor Applications. *Results in Materials*. 7(1); 1-12.
- Kistianti, S.O. 2022. Aplikasi Graphene Oxide dari Limbah Kulit Singkong (Manihot Utilissima) untuk Ekstraksi Antibiotik Tetrasiklin. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Kurniawan, Y dan Neurochiem, L. 2014. Pengaruh Variasi Temperatur Hidrotermal pada Sintesis Lithium Mangan Oksida (LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) Spinel terhadap Efisiensi Adsorpsi dan Desorpsi Ion Lithium dari Lumpur Sidoarjo. *Jurnal Teknik Pimits*. 3(2): 191-196.
- Kulsum, I. N. S., Suryana, S., & Soni, D. 2020. Jurnal Sains dan Kesehatan. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*. 3(1): 242–247.
- Li, F., Zhao, D. L., Bai, L. Z., & Zhang, D. D. 2013. Fabrication of nano hollow graphene oxide spheres via water-in-oil emulsion. *Applied Mechanics and Materials*. 320(1): 540–543.
- Mauritz, P. M. 2008. *Aspek Struktur dan Konduktivitas La<sup>1-x</sup>(Sr, Ca)xFeO<sub>3-s</sub> Sebagai Bahan Katoda pada Sel Bahan Bakar Padatan*. ITB. Bandung.
- Muslim, Z., Novrianti, A., Irnamera, D., Kemenkes Bengkulu, P., Nomor, J. I., Harapan, P., & Bengkulu, K. 2020. Sanitas: Jurnal Teknologi Dan Seni Kesehatan Resistance Test of Bacterial Causes of Urinary Tract Infection Against Ciprofloxacin and Ceftriaxone Antibiotics. 11(2): 203–212.

- Nakai, Y., Tokuyama, E., Yoshida, M., & Uchida, T. 2010. Prediction of incompatibility of ceftriaxone sodium with calcium ions using the ionic product. *Yakugaku Zasshi*. 130(1): 95–102.
- Oellig, C., & Schwack, W. 2012. Planar solid phase extraction clean-up for pesticide residue analysis in tea by liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 1260(3): 42–53.
- Olabi, A. G., Abdelkareem, M. A., Wilberforce, T., & Sayed, E. T. 2021. Application of graphene in energy storage device – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 135(1): 1-20.
- Pang, H., Wu, Y., Wang, X., Hu, B., & Wang, X. 2019. Recent Advances in Composites of Graphene and Layered Double Hydroxides for Water Remediation: A Review. *Chemistry - An Asian Journal*. 14(15): 2542–2552.
- Pang, Y. H., Lv, Z. Y., Sun, J. C., Yang, C., & Shen, X. F. 2021. Collaborative compounding of metal–organic frameworks for dispersive solid-phase extraction HPLC–MS/MS determination of tetracyclines in honey. *Food Chemistry*. 355(2): 129-411.
- Perreault, F., Fonseca De Faria, A., & Elimelech, M. 2015. Environmental applications of graphene-based nanomaterials. *Chemical Society Reviews*. 44(16): 5861–5896.
- Pijoh, J. E. E., Palandeng, H. M. F., & Ottay, R. I. 2021. *Gambaran kandungan antibiotik pada sedimen kawasan pesisir teluk Manado*. 9(2): 341–345.
- Pumera, M. 2010. Graphene-based nanomaterials and their electrochemistry. *Chemical Society Reviews*. 39(11): 4146–4157.
- Rahman, M. S., Hassan, M. M., & Chowdhury, S. 2021. Determination of antibiotic residues in milk and assessment of human health risk in Bangladesh. *Heliyon*, 7(8): 77-39.
- Rinawati., Hidayat, D., Supriyanto, R., PermanaD. F., and Yunita, I. 2019. Adsorption of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons using Low-Cost Activated Carbon Derived from Rice Husk. *Journal of Physics*. 1338: 012005.
- Riyanto, R., & Nas, S. W. 2016. Validation of Analytical Methods for Determination of Methamphetamine Using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*. 11(5): 51–59.

- Rohmah, S. A. A., Muadifah, A., & Martha, R. D. 2021. Validasi Metode Penetapan Kadar Pengawet Natrium Benzoat pada Sari Kedelai di Beberapa Kecamatan di Kabupaten Tulungagung Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*. 3(2): 120–127.
- Roja, S. I. 2021. Optimasi Metode Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE) Menggunakan Adsorben Karbon Aktif dari Padi (*Oryza sativa*) Untuk Penentuan Senyawa Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Román, I. P., Chisvert Alberto, A., & Canals, A. 2011. Dispersive solid-phase extraction based on oleic acid-coated magnetic nanoparticles followed by gas chromatography-mass spectrometry for UV-filter determination in water samples. *Journal of Chromatography A*. 1218(18): 2467–2475.
- Rossetyowati, D. A., Puspitasari, I., Andayani, T. M., & Nursyasturi, T. 2021. Kajian Penggunaan Antibiotik pada Pasien Meningitis dan Ensefalitis Bakteri di Bangsal Rawat Inap Rumah Sakit Rujukan Utama. *Jurnal Farmasi Indonesia*. 18(2): 1411-4283.
- Ścigalski, P., & Kosobucki, P. 2020. Recent Materials Developed for Dispersive Solid Phase Extraction. *Molecules (Basel, Switzerland)*. 25(21): 1–26.
- Simanullang, A. S., Sijabat, A., & Moraida, H. 2021. Karakterisasi Sifat Fisis Papan Partikel Limbah Tongkol Jagung dengan Resin Epoxy Isosianat. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*. 5(1): 82–87.
- Shahriary, L., and Athawale, A., 2014. Graphene Oxide Synthesized by Using Modified Hummers Approach. *Renew Energy Environ*. 2.
- Suardi, H. N. 2014. Antibiotik dalam dunia kedokteran gigi. *Cakradonya Dental Journal (Cakradonya Dent J)*. 6(2): 678–744.
- Sun, H., Wang, H., and Ge, X. 2012. Simultaneous Determination of the Combined Drugs of Ceftriaxone Sodium, Metronidazole, and Levofloxacin in Human Urine by High-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*. 26(2); 486-492.
- Sun, Y., Liang, L., & Zhao, J. 2021. Joint optimization of quality factor and sensitivity: Research on the performance quantification of two dimensional photonic crystal biosensor. *Optik*. 188(1): 1-22.
- Tandy, E., Hasibuan, I. F., Harahap, H. 2012. Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam terhadap Minyak Pelumas dalam Air. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(2): 34-38.

- Triono, A. A., & Purwoko, A. E. 2012. Efektifitas Antibiotik Golongan Sefalosporin dan Kuinolon Terhadap Infeksi Saluran Kemih. *Mutiara Medika*. 12(1): 6–11.
- Tuzimski, T., & Petruczynik, A. 2020. Review of Chromatographic Methods Coupled with Modern Detection Techniques Applied in the Therapeutic Drugs Monitoring (TDM). *Molecules*. 25(17): 1-69.
- Tuzimski, T., & Rejczak, T. 2016. Application of HPLC-DAD after SPE/QuEChERS with ZrO<sub>2</sub>-based sorbent in d-SPE clean-up step for pesticide analysis in edible oils. *Food Chemistry*. 190(6): 71–79.
- Uran, S., Alhani, A., & Silva, C. 2017. Study of ultraviolet-visible light absorbance of exfoliated graphite forms. *AIP Advances*. 7(3): 1-9.
- Utami, E.R. 2011. Antibiotika, Resistensi dan Rasionalitas Terapi. *El-Hayah*. 1(4): 191-198.
- Utami, L. A., & Putri, D. H. 2020. The Effect of Ethanol Solvent Concentration on Antimicrobial Activities The Extract of Andalus Endophytic Bacteria (*Morus Macroura* Miq.) Fermentation Product. *Eksakta : Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 21(1): 1–6.
- Velasco-Arnaiz, E., López-Ramos, M. G., Simó-Nebot, S., Jordan, I., Ríos-Barnés, M., Urrea-Ayala, M., Monsonís, M., Fortuny, C., & Noguera-Julian, A. 2021. Pediatric antimicrobial stewardship in the COVID-19 outbreak. *Infection Control and Hospital Epidemiology*. 42(5): 642–644.
- Wang, G., Chen, G., Wei, Z., Dong, X., & Qi, M. 2013. Multifunctional Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/graphene oxide nanocomposites for magnetic resonance imaging and drug delivery. *Materials Chemistry and Physics*. 141(2–3): 997–1004.
- Wulandari, A., & Rahmawardany, C. Y. 2022. Perilaku Penggunaan Antibiotik di Masyarakat. *Sainstech Farma*. 2(1): 6–11.
- Yasin, M. I. 2021. Determinasi Residu Antibiotik Golongan Tetracyclinedan Quinolonepada Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Di Kabupaten Polewali Mandar Menggunakan High Performance Liquid Chromatograph. *Jurnal Ilmiah Maju*. 4(1): 52–60.
- Yusuf, M., Auliah, N., & Sarambu, H. E. 2022. *Evaluasi Penggunaan Antibiotik dengan Metode Gyssen pada Pasien Pneumonia di Rumah Sakit Bhayangkara Kupang Periode Juli – Desember 2019*. 4(2): 215-229.

Zhu, H., Chen, T., Liu, J., and Li, D. 2018. Adsorption of Tetracycline Antibiotics from an Aqueous Solution onto Graphene Oxide/Calcium Alginate Composite Fibers. *Royal Society of Chemistry*. 8(2): 2616-2621.

Zhu, J., Ma, T., Fan, J., Fang, Z., Chen, T., & Zhou, Y. 2020. Experimental study of high modulus asphalt mixture containing reclaimed asphalt pavement. *Journal of Cleaner Production*. 263(4): 121447.