

**OPTIMASI DSPE BERBASIS KARBON AKTIF DARI LIMBAH KAYU MANIS
UNTUK PENENTUAN RESIDU *CIPROFLOXACIN***

(Skripsi)

Oleh

WAILHAQ SAHARA



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

ABSTRAK

OPTIMASI DSPE BERBASIS KARBON AKTIF DARI LIMBAH KAYU MANIS UNTUK PENENTUAN RESIDU *CIPROFLOXACIN*

Oleh

Wailhaq Sahara

Antibiotik *ciprofloxacin* sering digunakan untuk membantu mengurangi risiko kematian yang diakibatkan oleh infeksi bakteri pada manusia dan meningkatkan laju pertumbuhan berbagai jenis hewan ternak, sehingga penggunaan antibiotik dapat dikatakan cukup masif baik terhadap hewan maupun terhadap manusia. Maraknya penggunaan antibiotik ini tanpa disadari telah banyak berdampak terhadap pencemaran lingkungan di sekitar kita. Rumah sakit, klinik, peternakan, pabrik farmasi dan berbagai unit pengguna obat-obatan/antibiotik diduga menjadi faktor penyebab. Hal ini dikarenakan limbah sisa penggunaan antibiotik tidak terurai dengan baik sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu teknik preparasi sampel residu antibiotik *ciprofloxacin* di lingkungan yaitu *dispersive solid phase extraction* (DSPE) menggunakan adsorben karbon aktif dari kayu manis. Karbon aktif yang diperoleh memiliki kualitas yang baik sesuai SNI 06-3730-1995 dengan kadar air 1%, kadar abu 4%, kadar zat terbang 11%, dan kadar karbon aktif murni 75%. Karakterisasi karbon aktif dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR untuk menentukan gugus fungsi, XRD untuk menentukan tingkat kristalinitas, dan SEM-EDX untuk melihat morfologi permukaan dan komposisi unsur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum menggunakan karbon aktif pada massa 60 mg dengan konsentrasi 4 ppm pada kondisi pH 6 dan waktu kontak selama 110 menit dengan tingkat adsorpsi sebesar 87,86% serta menggunakan pelarut metanol untuk proses desorpsi sebesar 83,8%.

Kata kunci: Antibiotik *ciprofloxacin*, DSPE, kayu manis, karbon aktif.

ABSTRACT

DSPE OPTIMIZATION BASED ON ACTIVATED CARBON FROM CINNAMON WASTE FOR DETERMINATION OF CIPROFLOXACIN RESIDUE

By

Wailhaq Sahara

The antibiotic ciprofloxacin is often used to help reduce the risk of death caused by bacterial infections in humans and increase the growth rate of various types of farm animals, so the use of antibiotics can be said to be quite massive both for animals and humans. The widespread use of antibiotics has unwittingly had a lot of impact on environmental pollution around us. Hospitals, clinics, farms, pharmaceutical factories and various units using drugs/antibiotics are suspected to be the causative factor. This is because the residual waste of antibiotic use does not decompose properly, causing environmental pollution. One of the sample preparation techniques for ciprofloxacin antibiotic residues in the environment is dispersive solid phase extraction (DSPE) using activated carbon adsorbent from cinnamon. The activated carbon obtained has good quality according to SNI 06-3730-1995 with 1% water content, 4% ash content, 11% volatile matter content, and 75% Fixed carbon content. Characterization of activated carbon was carried out using FTIR instruments to determine functional groups, XRD to determine the level of crystallinity, and SEM-EDX to see surface morphology and elemental composition. The results showed that the optimum conditions using activated carbon at a mass of 60 mg with a concentration of 4 ppm at pH 6 and contact time for 110 minutes with an adsorption rate of 87.86% and using methanol solvent for the desorption process of 83.8%.

Keywords: Antibiotic ciprofloxacin, DSPE, cinnamon, activated carbon.

**OPTIMASI DSPE BERBASIS KARBON AKTIF DARI LIMBAH KAYU MANIS
UNTUK PENENTUAN RESIDU *CIPROFLOXACIN***

Oleh

WAILHAQ SAHARA

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul Skripsi : **OPTIMASI DSPE BERBASIS KARBON AKTIF DARI
LIMBAH KAYU MANIS UNTUK PENENTUAN RESIDU
CIPROFLOXACIN**

Nama Mahasiswa : **Wailhaq Sahara**

NPM : **1917011037**

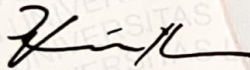
Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**

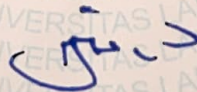


Rinawati, Ph.D.
NIP. 197104142000032001



Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.
NIP. 197406092005011002

2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA**

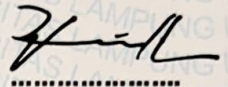


Mulyono, Ph.D.
NIP. 19740611 200003 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

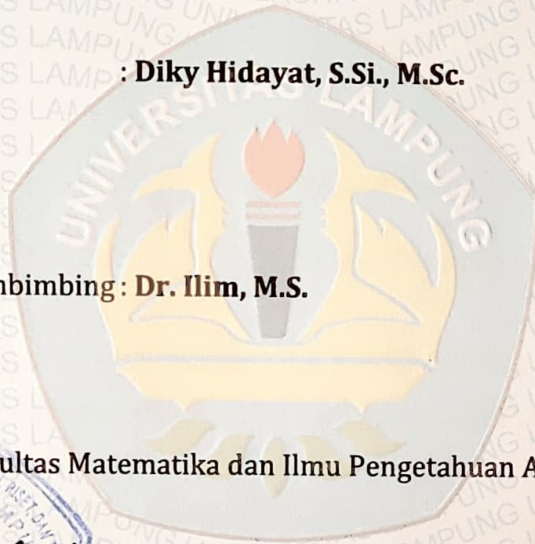
Ketua : Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D.



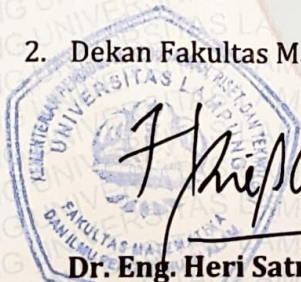
Sekretaris : Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ilim, M.S.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, M.Si.
NIP. 19711001 200501 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 Juli 2023

**LEMBAR PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Wailhaq Sahara
Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011037
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul "**Optimasi DSPE Berbasis Karbon Aktif Dari Limbah Kayu Manis Untuk Penentuan Residu *Ciprofloxacin***". adalah benar karya sendiri, baik gagasan, hasil, dan analisisnya. Selanjutnya saya tidak berkeberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagai mestinya.

Bandar Lampung, 07 Agustus 2023

Yang menyatakan,



Wailhaq Sahara
NPM. 1917011037

RIWAYAT HIDUP



Wailhaq Sahara adalah nama penulis skripsi ini. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Taufik Hidayat dan Ibu Susanti Harini. Penulis dilahirkan di Salatiga, Jawa Tengah pada tanggal 06 Juni 2001.

Penulis menempuh pendidikan dimulai dari jenjang pendidikan di TK Dwi Asih II Tangerang pada tahun 2005 dan lulus pada 2007, kemudian penulis melanjutkan Pendidikan pada SD Karawaci Baru 3 Tangerang pada tahun 2007 dan lulus pada tahun 2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 6 Kota Tangerang dan lulus pada tahun 2016. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 11 Kota Tangerang dan lulus pada tahun 2019 dan pada tahun yang sama penulis diterima sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di bidang organisasi kemahasiswaan sebagai anggota Bidang Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) FMIPA Unila kepengurusan tahun 2020 dan 2021 dan Anggota Himpunan Mahasiswa Banten kepengurusan tahun 2020. Pada bulan Januari-Februari tahun 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kalang Anyar Kecamatan Kalang Anyar, Kabupaten Lebak Banten. Pada bulan Juni-September

tahun 2022 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Instrumentasi Universitas Lampung dengan judul "Pembuatan Arang Aktif dari Limbah Kayu Manis". Pada tahun 2023 penulis menyelesaikan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik FMIPA Universitas Lampung yang berjudul "Optimasi DSPE Berbasis Karbon Aktif dari Limbah Kayu Manis untuk Penentuan Residu *Ciprofloxacin*".

MOTTO

“Dan barangsiapa yang bertawakal kepada Allah niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)nya.”

(QS. At Thalaq:3)

“Dan Rabbmu telah memerintahkan supaya kamu jangan menyembah selain Dia dan hendaklah kamu berbuat baik pada ibu bapakmu dengan sebaik-baiknya.”

(Q.S. Al-Isra:23)

“Don't count the days. Make the days count.”

(Muhammad Ali)

“Don't talk too much, be focused on the goal and achieve it.”

(Niki Lauda)

“Jangan pernah menyerah untuk mencoba dan jangan pernah mencoba untuk menyerah.”

(Penulis)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil 'alamin

Puji syukur kuucapkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia Nya yang telah memberiku kekuatan dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sederhana ini

Ku Persembahkan karya sederhanaku sebagai wujud cinta, bakti dan tanggung jawabku kepada:

*Kedua orang tuaku Bapak Taufik Hidayat dan Ibu Susanti Harini yang selalu memberikan kasih sayang dan doa yang tak henti-hentinya serta kerja keras untuk anakmu
Terimakasih yah, bun.*

*Kakakku tersayang
Unitita Sahara dan Valiany Sahara yang selalu memberi semangat, menghibur, membantu, dan memberi kasih sayang selama ini.*

*Nenek dan Bibi Tersayang
Dati Rasiman dan Widowati Saptiari yang selalu mendoakan dan memberi semangat.*

Almamater tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia serta ridho-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. Alhamdulillah Penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Optimasi DSPE Berbasis Karbon Aktif dari Limbah Kayu Manis untuk Penentuan Residu Antibiotik *Ciprofloxacin***” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan, tantangan dan rintangan. Namun, hal tersebut dapat terlewati berkat ridho Allah SWT, kedua orang tua, keluarga serta dukungan dari berbagai pihak, sehingga kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT.
2. Ibu Rinawati, Ph.D., selaku pembimbing I membimbing penulis dengan sabar, memberikan banyak ilmu pengetahuan, saran, arahan, dan motivasi selama penyusunan skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan ibu.
3. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc., selaku pembimbing II penulis atas kesediaan waktu, memberikan petunjuk, saran, serta nasehat dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan bapak.

4. Ibu Dr. Ilim, M.S., selaku penguji dan pembahas yang telah memberikan kritik, saran, dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga ibu Semoga Allah SWT membalas kebaikan ibu.
5. Bapak Prof. Drs. Wasinton Simanjuntak, M.Sc., Ph. D., selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasihat kepada penulis selama kuliah di jurusan kimia.
6. Alm. Bapak Dr. R. Supriyanto, M.Si. yang memberikan ilmu, pengalaman, semangat dan saran kepada penulis. Semoga Allah SWT memberi bapak puncak tertinggi dari Jannah dan selalu dalam lindungan Allah SWT.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
8. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
9. Bapak dan Ibu Dosen Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama kuliah. Semoga ilmu yang diajarkan dapat membawa keberkahan.
10. Seluruh laboran, staff dan karyawan FMIPA Universitas Lampung atas semua bantuannya selama ini.
11. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
12. Keponakan tercinta penulis, Kakay, Inan, dan Eljo yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang dan semangat untuk penulis.
13. Saudara-saudara penulis, Angga, Icha, Mba Stevie, Nabila, Nia, Rama, Saif, Shinta, dan Uni Amel. yang selalu memberikan dukungan, candaan, kebangkrutan, dan semangat untuk penulis.
14. Teman seperbimbingan, Dian, Melati, Isro, atas kerja samanya, motivasi, saran serta dukungan selama melakukan penelitian sampai akhir.

15. Pemilik NPM ditambah 1, seseorang yang telah tempat berkeluh kesah, meluangkan waktu, tenaga, jawaban dan pikiran kepada saya.
Terimakasih sudah bersedia menemani dan mendukung saya.
16. Teman-teman penulis, Arya, Adiya, Barep, Dito, Dony, Kipang, Ucup, dan Unggul yang telah memberi semangat, *lose streak* dan dukungan untuk penulis.
17. Sahabat-sahabat penulis, Dryan, Padil, dan Saofu yang telah memberi semangat, masalah dan dukungan untuk penulis.
18. Teman-teman KKN Desa Kalang Anyar telah memberikan semangat penulis.
19. Teman-teman kimia angkatan 2019 yang telah kebersamai dan memberikan motivasi selama ini.
20. Almamater tercinta Universitas Lampung.
21. Untuk Zerou yang telah menemani, memberi semangat, dan tempat keluh kesah selama ini.
22. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kekurangan. Akhir kata semoga skripsi ini memberikan manfaat sebagaimana semestinya.

Bandar Lampung, 07 Agustus 2023

Penulis,

Wailhaq Sahara

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Antibiotik <i>Ciprofloxacin</i>	5
2.1.1 Ekotoksikologi <i>Ciprofloxacin</i>	7
2.1.2 Mekanisme Kerja	8
2.2 <i>Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE)</i>	8
2.3 Adsorpsi	10
2.4 Kayu Manis	11
2.5 Karbon Aktif	13
2.5.1 Struktur Fisika dan Kimia Karbon aktif.....	14
2.5.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif.....	15
2.5.3 Isoterm Adsorpsi Langmuir	16
2.5.4 Isotherm Adsorpsi Freundlich.....	16
2.5.5 pH Point of Zero Charge (pHpzc).....	17
2.6 Karakterisasi	17
2.6.1 Spektrofotometer UV-Vis	17
2.6.2 <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	21
2.6.3 <i>Xrays Diffractometer (XRD)</i>	23
2.6.4 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-	

EDX).....	24
III. METODE PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat	27
3.2 Alat dan Bahan.....	27
3.3 Prosedur Penelitian	28
3.3.1 Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kayu Manis	28
3.3.2 Proses Aktivasi.....	28
3.3.3 Identifikasi Karakteristik Karbon aktif	29
3.3.4 Pembuatan Larutan Induk <i>Ciprofloxacin</i> 100 ppm.....	31
3.3.5 Optimasi Parameter Ekstraksi <i>Ciprofloxacin</i> Menggunakan Metode DSPE	31
3.3.6 Penentuan Nilai Zeta Potensial	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Preparasi Kayu Manis dan Pembuatan Karbon Aktif	35
4.2 Uji Kualitas dan Karakterisasi Karbon aktif	37
4.2.1 Rendemen	38
4.2.2 Kadar Air	38
4.2.3 Kadar Abu	39
4.2.4 Kadar Zat Menguap	39
4.2.5 Kadar Karbon Terikat	40
4.2.6 Karakterisasi dengan <i>Spektrofotometer Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	41
4.2.7 Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	43
4.2.8 Karakterisasi dengan <i>Scanning Electron Microscopy-Energy</i> <i>Dispersive X-Ray (SEM-EDX)</i>	44
4.3 Penentuan Nilai Zeta Potensial	46
4.4 <i>Optimasi Metode Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE)</i>	47
4.4.1 Penentuan Konsentrasi Optimum Adsorbat.....	47
4.4.2 Penentuan pH Optimum Adsorbat	50
4.4.3 Penentuan Massa Optimum Adsorben.....	52
4.4.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum	54
4.4.5 Penentuan Pelarut Desorpsi Optimum	55
V. KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat fisika dan kimia karbon kayu manis	13
2. Persyaratan kualitas karbon aktif	13
3. Hasil uji kualitas karbon.....	41
4. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	48
5. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan pH optimum adsorbat	51
6. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan massa optimum adsorben	53
7. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan waktu kontak optimum.....	54
8. Kurva kalibrasi I untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat	71
9. Kurva kalibrasi I untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	72
10. Data uji adsorpsi I penentuan konsentrasi adsorbat optimum.....	73
11. Kurva kalibrasi II untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	74
12. Data uji adsorpsi II penentuan konsentrasi adsorbat adsorbat	74
13. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	74
14. Data perhitungan dengan persamaan Langmuir.....	75
15. Data perhitungan dengan persamaan Freundlich	76
16. Kurva kalibrasi I untuk penentuan pH optimum adsorbat	77
17. Data uji I untuk penentuan pH optimum adsorbat	77
18. Kurva kalibrasi II untuk penentuan pH optimum adsorbat	78
19. Data uji II adsorpsi penentuan pH optimum adsorbat.....	79
20. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan pH optimum adsorbat	79
21. Kurva kalibrasi I untuk penentuan massa optimum adsorbat	80
22. Data uji I untuk penentuan massa optimum adsorben	80
23. Kurva kalibrasi II untuk penentuan massa optimum adsorben.	81

24. Data uji II untuk penentuan massa optimum adsorben	81
25. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan massa adsorben optimum	81
26. Kurva kalibrasi I untuk penentuan waktu optimum adsorben	82
27. Data uji I untuk penentuan waktu optimum adsorben	82
28. Kurva kalibrasi II untuk penentuan waktu optimum adsorben	83
29. Data uji II untuk penentuan waktu optimum adsorben	83
30. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan waktu kontak optimum.....	84
31. Kurva kalibrasi I untuk penentuan pelarut desorpsi optimum	84
32. Data uji I penentuan pelarut desorpsi optimum	85
33. Kurva kalibrasi II untuk penentuan pelarut desorpsi optimum.....	85
34. Data uji II penentuan pelarut desorpsi optimum	86
35. Data rata-rata uji pelarut desorpsi optimum.....	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur <i>Ciprofloxacin</i>	8
2. Mekanisme teknik DSPE	10
3. Limbah Kayu Manis.....	12
4. Struktur Fisik Karbon aktif	14
5. Struktur Kimia Karbon aktif	15
6. Pembacaan spektrofotometer	19
7. Spektrum FTIR karbon aktif sebelum (a)	22
8. Skema alat spektroskopi inframerah	23
9. Difraktogram XRD.....	23
10. Hasil SEM karbon aktif	24
11. Diagram Alir Penelitian	34
12. Kayu manis (a) setelah dibersihkan (b) dikeringkan.....	35
13. (a) Aktivasi kimia, (b) filtrat hasil aktivasi kimia	36
14. Karbon (a) sebelum, (b) sesudah aktivasi	37
15. Hasil spektrum FTIR.....	41
16. Hasil difraktogram XRD	43
17. Hasil karakterisasi SEM pada permukaan adsorben	44
18. Hasil spektrum EDX	45
19. Kurva pH_{PZC} adsorben karbon aktif	46
20. Hasil uji adsorpsi berdasarkan pengaruh konsentrasi optimum adsorbat	48
21. Grafik isoterm Langmuir.....	49
22. Grafik isoterm Freundlich	50
23. Hasil uji adsorpsi berdasarkan pengaruh pH optimum adsorbat.....	51
24. Hasil uji adsorpsi variasi massa adsorben.....	53

25. Hasil uji adsorpsi berdasarkan pengaruh waktu kontak.....	54
26. Hasil uji desorpsi.....	56
27. Kurva kalibrasi I untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	72
28. Kurva kalibrasi II untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat	73
29. Kurva kalibrasi I untuk penentuan pH optimum adsorbat	75
30. Kurva kalibrasi II untuk penentuan pH optimum a adsorbat	76
31. Kurva kalibrasi I untuk penentuan massa optimum adsorben	77
32. Kurva kalibrasi II untuk penentuan massa optimum adsorben	78
33. Kurva kalibrasi I untuk penentuan waktu optimum adsorben	79
34. Kurva kalibrasi II untuk penentuan waktu optimum adsorben	80
35. Kurva kalibrasi I untuk penentuan pelarut desorpsi optimum	82
36. Kurva kalibrasi II untuk penentuan pelarut desorpsi optimum.....	83
37. Pola isoterm adsorpsi Langmuir pada adsorben karbon terhadap antibiotik <i>ciprofloxacin</i>	84
38. Pola isoterm adsorpsi Freundlich pada adsorben karbon terhadap antibiotik <i>ciprofloxacin</i>	85

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penemuan antibiotik menjadi suatu sejarah dalam bidang kesehatan yang penting dalam kehidupan umat manusia. Penggunaan antibiotik ini terbukti membantu mengurangi risiko kematian yang diakibatkan oleh infeksi bakteri. Selain pada manusia, antibiotik juga digunakan sebagai obat yang diberikan kepada hewan. Antibiotik sering digunakan untuk meningkatkan laju pertumbuhan berbagai jenis hewan ternak, sehingga penggunaan antibiotik dapat dikatakan cukup masif baik terhadap hewan maupun terhadap manusia. Antibiotik sering terdeteksi di saluran air rumah sakit, klinik, peternakan, pabrik farmasi dan berbagai unit pengguna obat-obatan, maraknya penggunaan antibiotik ini tanpa disadari telah banyak berdampak terhadap pencemaran lingkungan (Harrabi *et al.*, 2018). Antibiotik dan metabolitnya secara terus menerus dibuang ke lingkungan alam. Oleh karena itu, residu antibiotik secara tidak langsung mencemari tanah dan sumber air (Mutiyar dan Mittal, 2014). Salah satu dampak dari paparan antibiotik ini adalah lingkungan perairan (Kumar *et al.*, 2019).

Antibiotik yang paling banyak digunakan dalam ruang bedah rumah sakit ialah *ciprofloxacin* dengan persentase (56,6%) dan salah satu antibiotik yang sering digunakan untuk pengobatan ISPA (Anggraini dan Syachroni, 2020).

Ciprofloxacin termasuk dalam obat antibiotik golongan kuinolon. Aktivitas antibakteri *Ciprofloxacin* lebih luas dari pada quinolon generasi pertama. Menurut penelitian dari Ian *et al.*, (2019) teridentifikasi residu antibiotik pada limbah rumah sakit yang mengalir pada perairan yaitu terdeteksi 5 zat antibiotik (*Ciprofloxacin*, *Lincomycin*, *Metronidazole*, *Netilmicin* dan *Ofloxacin*

Levofloxacin) dengan intensitas tertinggi pada *ciprofloxacin* dengan nilai sebesar $9,00E+04$. *Ciprofloxacin* (CIP) adalah salah satu golongan fluoroquinolones (FQs) pilihan terkemuka dan juga antibiotik kemoterapi yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Keberadaan senyawa *ciprofloxacin* di beberapa perairan ini telah menjadi perhatian karena dampaknya yang berbahaya terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia. Salah satu dampaknya adalah mikroorganisme patogen menjadi persisten dan bertahan di lingkungan jika dibiarkan terus-menerus (Aulia dkk., 2022). Penentuan residu antibiotik pada lingkungan berada dalam kadar yang rendah dan matriks yang kompleks. Oleh karenanya diperlukan teknik preparasi sampel yang tepat untuk menentukan kadar residu antibiotik di lingkungan.

Metode SPE telah digunakan untuk mengukur residu antibiotik, namun metode ini memiliki kelemahan, yaitu aplikasinya membutuhkan sampel yang banyak, mahal, dan hanya dapat digunakan sekali (Shen *and* Cheung, 2014). Sehingga diperlukan metode yang efisien menggunakan *Dispersive Solid Phase Extraction* (DSPE). DSPE adalah teknik preparasi sampel yang mudah dan sederhana. Kelebihan dari teknik ini, yaitu prosesnya cepat, murah, pelarut organik yang digunakan sedikit, dapat digunakan kembali dan pengaplikasian yang luas (Maristela *et al.*, 2014). DSPE menyederhanakan pembersihan SPE, memungkinkan lebih banyak sampel untuk dianalisis pada satu waktu, cukup cepat, dan membutuhkan konsumsi pelarut yang rendah. DSPE dianggap sebagai metode ekstraksi dan pembersihan skala mikro dan makro, yang digunakan dalam metodologi analitik yang berbeda sebagai prosedur untuk menghilangkan gangguan potensial (pembersihan) yang dapat mempengaruhi penentuan analit selanjutnya (Fagerquist *et al.*, 2005).

Dalam Teknik DSPE pemilihan adsorben, adalah faktor yang penting untuk mempertimbangkan karakteristik kimia dan fisik yang memungkinkan interaksi maksimal antara adsorben dan analit, memastikan ekstraksi selektivitas, penghapusan, atau pra konsentrasi analit hadir dalam analisis. Material berstruktur nano karbon cocok untuk dijadikan sebagai adsorben, karena luas permukaannya yang besar dan memiliki kapasitas adsorpsi yang sangat baik (Liu, 2015), seperti *fullerene*, *carbon nanotubes* (CNTs), graphene dan karbon aktif, namun dari

adsorben tersebut, karbon aktif dipilih sebagai adsorben dikarenakan karbon aktif memiliki pori-pori yang besar sehingga mudah dalam adsorpsi dan karbon aktif mudah dibuat, murah, serta ramah lingkungan.

Adsorben yang sering kali digunakan pada proses adsorpsi adalah karbon aktif. Hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki daya adsorpsi serta luas permukaan yang sangat efektif dibandingkan adsorben lainnya. Luas permukaan yang besar ini dikarenakan karbon aktif memiliki struktur pori-pori. Pori-pori ini yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap (Sudibandriyo, 2011). Karbon aktif dapat dibuat dari limbah pertanian atau tanaman karena limbah yang berlimpah (Pambayun dkk., 2013). Karbon aktif merupakan adsorben yang memiliki daya adsorpsi tinggi, yaitu sekitar 25-100%. Karbon aktif juga memiliki sifat adsorpsi yang selektif, tergantung pada luas permukaan dan ukuran pori-pori karbon aktif tersebut (Saputro dkk., 2020). Karbon aktif yang berkualitas dapat dibuat dari bahan organik yang mengandung biopolimer seperti lignin, hemiselulosa dan selulosa (Demiral *et al.*, 2021). Saat ini beberapa karbon aktif telah dibuat dari biomassa atau bahkan dari limbah biomassa (Khuluk, 2016; Wijaya, 2018; Buhani *et al.*, 2018; Kasih, 2019; Roja, 2021).

Limbah kayu manis berpotensi menjadi karbon aktif karena mengandung selulosa 25-35%, Hemiselulosa 18-22%, Lignin 19-27% (Hamidah dkk., 2009). Limbah kayu manis ini biasanya tidak dimanfaatkan secara maksimal hanya dibuang atau dijadikan kayu bakar. Banyaknya limbah kayu manis yang tidak digunakan sehingga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan karbon aktif (Guring dkk., 2020). Menurut Komarayati dan Gusmailina (1994) tentang pembuatan karbon serta briket karbon dari kayu manis dan melaporkan bahwa rendemen dari karbon kayu manis yang diperoleh sebesar 24,74% dan kadar karbon terikat adalah 78,31% untuk karbon kayu manis termasuk tinggi.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan optimasi metode DSPE menggunakan karbon aktif yang berasal dari limbah kayu manis untuk menentukan residu antibiotik *ciprofloxacin*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat karbon aktif dari limbah kayu manis.
2. Karakterisasi hasil karbon aktif menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), dan *X-Ray Diffraction* (XRD).
3. Optimasi massa adsorben, pengaruh pH, konsentrasi adsorbat, waktu kontak, dan pelarut desorpsi optimum dalam proses ekstraksi senyawa antibiotik *ciprofloxacin*.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karbon aktif dari limbah kayu manis untuk penentuan residu senyawa antibiotik *ciprofloxacin*

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antibiotik *Ciprofloxacin*

Antibiotik adalah zat yang dihasilkan oleh suatu mikroba, terutama fungi, yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba jenis lain. Kata antibiotik diberikan pada produk metabolik yang dihasilkan suatu organisme tertentu. Dengan kata lain antibiotik merupakan zat kimia yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme yang menghambat mikroorganisme (Pelczar dan Chan, 2008). Antibiotik digunakan untuk memberantas berbagai penyakit infeksi bakteri dan jamur serta menghasilkan zat kimia yang mempunyai khasiat bakterostatik (mencegah berkembangbiaknya bakteri), atau bakterisid (membunuh bakteri) terhadap mikroorganisme lainnya yang rentan terhadap antibiotik (Goodman dan Gilman, 2007).

Di Indonesia penggunaan antibiotik fluorokuinolon diantaranya *ciprofloxacin* cukup tinggi selama tahun 2012 sampai 2014. *Ciprofloxacin* merupakan antibiotik ketiga yang paling banyak digunakan baik di Puskesmas maupun di Rumah Sakit. Menurut Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) yang dikeluarkan oleh Kemenkes RI tahun 2013 mengungkapkan proporsi penduduk Indonesia yang menyimpan antibiotik di rumah sekitar 10% dan 86,1% diantaranya diperoleh tanpa resep. Antibiotik diantaranya *ciprofloxacin* banyak digunakan masyarakat untuk swamedikasi. Praktisi kesehatan dan masyarakat banyak menggunakan *ciprofloxacin* karena nyaman digunakan, hanya satu atau dua kali sehari, sehingga antibiotik ini cepat dikenal dan disukai orang banyak.

Ciprofloxacin merupakan salah satu antibiotik yang sering digunakan untuk pengobatan ISPA. *Ciprofloxacin* adalah obat yang memiliki aktivitas dalam

melawan bakteri Gram positif dan Gram negatif. Aktivitas antibakteri *Ciprofloxacin* lebih luas dari pada quinolon generasi pertama. *Ciprofloxacin* hanya sedikit aktif melawan tipe mikrobakteri. *Ciprofloxacin* memiliki aktivitas antibakteri yaitu lebih tinggi dari *ciprofloxacin* terhadap bakteri Gram negatif termasuk *Pseudomonas aeruginosa* dan memiliki efek aditif dengan *ciprofloxacin*. *Ciprofloxacin* merupakan antibiotik spektrum luas (*broad spectrum*) golongan fluorokuinolon yang paling umum digunakan (Mohanasundaram and Shantha, 2001) dengan mekanisme kerja menghambat DNA gyrase (topoisomerase II) dan topoisomerase IV yang terdapat dalam bakteri. Penghambatan terhadap enzim yang terlibat dalam replikasi, rekombinasi dan reparasi DNA tersebut mengakibatkan penghambatan terhadap pertumbuhan sel bakteri (Sarro and Sarro, 2001).

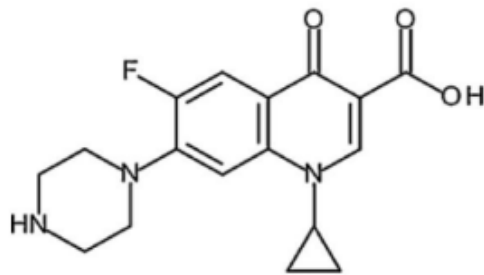
Menurut hasil penelitian Rita dkk pada tahun 2010 mengatakan bahwa persentase pola resistensi terhadap antibiotik ceftriaxone cukup tinggi mencapai 62,50% begitu pula terhadap antibiotik *ciprofloxacin* yang mencapai 70,59%. Namun hal ini berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Yakubu pada tahun 2012 mengatakan bahwa, di Nigeria sensitivitas bakteri umumnya lebih tinggi terhadap *ceftriaxone* mencapai 89,2% sedangkan *ciprofloxacin* mencapai 86,2%. Selain itu, pembuangan limbah rumah sakit, dokter hewan, pabrik farmasi (Obayiuwana *et al.*, 2018), perusahaan susu, kotoran hewan, hewan peliharaan, peternakan, limbah kota dan unggas (Pruden *et al.*, 2013) juga memberikan ancaman pencemaran antibiotik. Penggunaan antibiotik di bidang pertanian meningkatkan pertumbuhan ternak, peternakan lebah, dan budidaya ikan (Hong *et al.*, 2018), namun juga mencemari lingkungan melalui ekskresi antibiotik dan metabolit yang tidak terpakai dari kotoran hewan unggas. Antibiotik meningkatkan pertumbuhan hewan dan efisiensi pakan untuk produksi susu di peternakan sapi perah hingga ke sumber daya alam. Oleh karena itu, residu antibiotik secara tidak langsung mencemari tanah dan sumber air (Mutiyar dan Mittal, 2014). Meskipun dibandingkan dengan hewan, konsumsi antibiotik pada tanaman sangat rendah. Antibiotik sering terdeteksi di saluran air di lahan pertanian yang menunjukkan adanya penggunaan antibiotik dalam skala besar di bidang pertanian (Piña *et al.*, 2018). Industri farmasi berkontribusi secara signifikan dalam total konsentrasi

antibiotik yang ditambahkan ke influen pabrik pengolahan limbah, selain limbah domestik dan industri (Harrabi *et al.*, 2018). Hal ini dikarenakan limbah sisa penggunaan antibiotik tidak terurai dengan baik sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan.

Antibiotik dapat dibagi menjadi beberapa golongan berdasarkan bentuk struktur kimianya seperti amoksisilin, ampicilin, tetrasiklin, kloramfenikol, kuinolon, makrolida, dan sulfonamid (Chang *et al.*, 2015). *Ciprofloxacin* bekerja dengan menghambat sintesis asam nukleat dimana antibiotik ini masuk ke dalam sel dengan cara difusi pasif melalui kanal protein pada membran bakteri secara intraseluler sehingga menghambat replikasi DNA bakteri dengan cara mengganggu kerja DNA girase selama pertumbuhan dan reproduksi bakteri (Pratiwi, 2013). *Ciprofloxacin* memiliki rumus kimia $C_{17}H_{18}FN_3O_3$ dengan nama Nama IUPAC: 1-cyclopropyl-6-fluoro-4-oxo-7-piperazin-1-ylquinoline-3-carboxylic acid, dengan massa molar: 331,346 g/mol, serta titik didih: 581,8°C, dan memiliki nama dagang: *Ciloxan*, *Ciprofloxacin*, *Neofloxin*. Sifat fisik *ciprofloxacin*; serbuk kristal, berwarna kuning pucat, sedikit higroskopis, larut dalam air, sedikit larut dalam alkohol, metil alcohol, tidak larut dalam aseton, klorometana, dan dalam etil asetat, memiliki pH 3,5-4,5.

2.1.1 Ekotoksikologi *Ciprofloxacin*

Ciprofloxacin merupakan senyawa fluorokuinolon dengan 4-kuinolon terfloresensi. *Ciprofloxacin* menunjukkan perkembangan terapeutik yang lebih penting dibandingkan dengan kuinolon lainnya karena senyawa ini memiliki aktivitas antimikroba yang lebih luas dan efektif dalam pemberian secara oral. Struktur senyawa *ciprofloxacin* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur *Ciprofloxacin* (Eka, 2007).

2.1.2 Mekanisme Kerja

Mekanisme kerja pada antibiotik *ciprofloxacin* dengan menghambat sintesis asam nukleat dimana antibiotik golongan ini dapat masuk ke dalam sel dengan cara difusi pasif melalui kanal protein terisi air (porins) pada membran luar bakteri secara intraseluler, secara unik obat-obat ini menghambat replikasi DNA bakteri dengan cara mengganggu kerja DNA girase (topoisomerase II) selama pertumbuhan dan reproduksi bakteri.

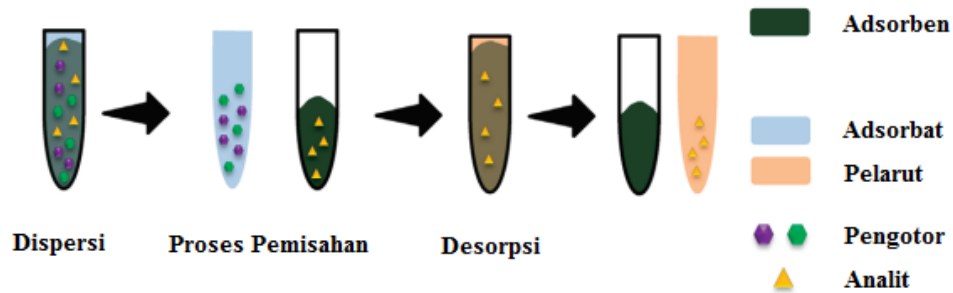
2.2 *Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE)*

Metode SPE memiliki keunggulan yaitu menggunakan pelarut organik dalam jumlah sedikit serta analit yang diekstrak terpisah dengan baik dari matriks sampel karena adanya proses adsorpsi pada adsorben yang selektif. Hal ini ditunjukkan bahwa metode SPE memiliki nilai akurasi yang tinggi (> 99%). Namun, metode SPE memiliki kelemahan, yakni membutuhkan waktu yang lama pada setiap tahap preparasi sampel, sehingga diperlukan pengembangan metode menggunakan DSPE. Metode ekstraksi fasa padat terdispersi (DSPE) yang digunakan akan dikombinasikan dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis single beam.

DSPE dianggap sebagai skala mikro dan makro metode ekstraksi dan pembersihan, digunakan dalam berbagai metodologi analitis sebagai prosedur untuk eliminasi potensi gangguan (pembersihan) yang dapat mempengaruhi penentuan selanjutnya dari analit. Namun salah satu langkah penting dalam DSPE

adalah pemilihan asorben, dan perlu mempertimbangkan kimia dan fisik karakteristik yang memungkinkan interaksi maksimal antara adsorben dan analit, memastikan ekstraksi selektivitas, penghapusan, atau prakonsentrasi analit hadir dalam analisis matriks (Fagerquist *et al.*, 2005). Teknik DSPE mencapai batas yang memadai deteksi (LOD) untuk analisis antibiotik, dengan keuntungan tambahan dari konsumsi pelarut yang rendah dalam pengobatan sampel. Oleh karena itu, dianggap sebagai teknik berbiaya rendah dibandingkan dengan teknik klasik seperti *Liquid Liquid Extraction* (LLE) dan *Solid Phase Extraction* (SPE) (Silva *et al.*, 2012).

Ekstraksi fase padat dispersi (DSPE) telah menjadi teknik yang digunakan sejak penemuannya sekitar tahun 2000 (Anastassiades *et al.*, 2003) dan telah berhasil diterapkan sebagai metode ekstraksi, isolasi, dan pembersihan dalam perawatan analitik dari berbagai macam obat hewan yang digunakan dalam industri peternakan. DSPE menyederhanakan pembersihan SPE, memungkinkan lebih banyak sampel untuk dianalisis pada satu waktu, cukup cepat, dan membutuhkan konsumsi pelarut yang rendah. DSPE terdiri dari penambahan adsorben padat, biasanya berbasis silika atau polimer, langsung ke dalam larutan sampel. Proses dispersi meningkatkan area kontak antara sorben dan analit. Adsorben yang digunakan dalam DSPE dalam penentuan residu antibiotik adalah padatan dimodifikasi secara kimia dengan penambahan beberapa bahan kimia senyawa yang mengubah afinitasnya. Modifikasi ini memastikan selektivitas untuk analit yang diinginkan, yang memungkinkan retensi maksimal, meminimalkan gangguan dalam matriks analitik (Xiong *et al.*, 2015). Setelah dispersi, adsorben diisolasi dengan proses sentrifugasi atau filtrasi. Satu kali fase padat diisolasi, analit atau interferensi teradsorpsi pada permukaan adsorben bisa dengan mudah dielusi atau dihilangkan dengan penambahan bahan organik yang memadai. Teknik dSPE biasanya digunakan untuk tujuan pembersihan dengan menambahkan sampel cair atau ekstrak yang mengandung analit (Rodríguez *et al.*, 2015). Mekanisme teknik DSPE ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme teknik DSPE (Rodríguez *et al.*, 2015).

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapannya. Adsorpsi menggunakan istilah adsorben dan adsorbat, dimana adsorben adalah merupakan suatu penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbat adalah merupakan suatu media yang diserap (Soedarsono dan Syahputra, 2005). Berdasarkan interaksi molekul antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi 2 yaitu :

a. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (Antermolekuler) lebih kecil daripada gaya tarik menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori.

b. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan Kovalen / Ion. Ikatan yang terbentuk kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditentukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk maka adsorbat tidak mudah terdesorpsi. Adsorpsi kimia diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals/Ikatan Hidrogen kemudian melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasa merupakan ikatan kovalen (Shofa, 2012).

Adsorben merupakan bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu didalam partikelnya. Karena pori- porinya biasa kecil maka luas permukaan dalam mencapai beberapa orde besaran lebih besar dari permukaan luar dan bisa sampai 2000 m²/gr. Dalam kebanyakan hal komponen yang diadsorpsi melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dari fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi terhadap komponen lain sehingga memungkinkan adsorbat yang dihasilkan dalam bentuk terkonsentrasi atau hampir murni (Tandy, 2012).

2.4 Kayu Manis

Tanaman kayu manis (*Cinnamomum verum*) sudah lama dikenal di Indonesia, karena merupakan komoditas ekspor terutama kulitnya. Dalam Lokakarya Nasional Penelitian dan Pengembangan Jenis-Jenis Pohon Serbaguna pada tahun 1991, tanaman ini telah ditetapkan sebagai pohon serbaguna yang diprioritaskan untuk dikembangkan. Kayu manis adalah salah satu jenis tanaman rempah yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Kayu manis dibudidayakan untuk diambil kulit kayunya untuk digunakan sebagai bumbu masakan. Kandungan selulosa dan hemiselulosa dapat dijadikan sebagai karbon aktif karena gugus OH yang terikat pada selulosa apabila dipanaskan pada suhu tinggi akan kehilangan atom-atom hidrogen dan oksigen sehingga tinggal atom karbon yang terikat. Tingginya

kandungan selulosa yang ada pada bahan dasar menentukan seberapa besar karbon yang akan dihasilkan dari reaksi pemanasan. Gambar kayu manis ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Limbah Kayu Manis (Guring dkk., 2020).

Tanaman kayu manis dapat tumbuh di daerah pegunungan sampai ketinggian 1.500 m dengan tinggi 1-12 m, daun lonjong atau bulat telur, warna hijau, dan daun muda berwarna merah. Di Indonesia terdapat beberapa jenis kayu manis antara lain *Cinnamomun burmannii*. Jenis kayu manis yang berbeda dengan *Cinnamomun zeylanicum* dan *Cinnamomuncassia* dan beberapa jenis tanaman kayu manis asli Indonesia. Banyaknya manfaat dari kayu manis yang dapat digunakan sehingga menghasilkan limbah yang tidak terpakai, oleh karenanya limbah kayu manis ini digunakan dalam pembuatan karbon aktif. Penggunaan kayu manis dapat diperluas dengan cara memanfaatkan batangnya menjadi karbon aktif. Komarayati dan Gusmailina (1994) melakukan penelitian tentang pembuatan karbon serta briket karbon dari kayu manis dan melaporkan bahwa rendemen dari karbon kayu manis yang diperoleh sebesar 24,74%. Adapun sifat fisik dan kimia karbon kayu manis ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia karbon kayu manis

Parameter Nilai	Nilai
Kadar air (<i>Moisture content</i>)	4,55%
Kadar abunya (<i>Ash content</i>)	3,08%
Zat mudah menguap (<i>Volatile matter</i>)	18,61%
Kadar karbon terikat (<i>Fixed carbon</i>)	78,31%
Nilai kalori	7035,03 cal/g

(Komarayati dan Gusmailina, 1994).

2.5 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan bahan yang sering digunakan sebagai adsorben. Sifat adsorptif karbon aktif ini karena luas permukaan yang besar, struktur mikropori dan reaktivitas permukaan yang tinggi. Sehingga adsorpsi karbon aktif diminati dalam banyak sektor ekonomis dan bidang tertentu seperti industri makanan, farmasi, kimia, pengolahan air minum, dan pengolahan limbah (Udyani dkk., 2019). Tabel karakteristik standar karbon aktif yang berlaku di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan kualitas karbon aktif SNI (06-3730-1995)

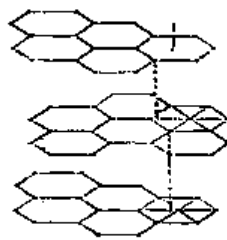
Uraian	Persyaratan Kualitas
Rendemen	Tidak nilai minimal atau maksimal
Kadar Air	Maksimal 15%
Kadar Abu	Maksimal 10%
Kadar Zat menguap	Maksimal 25%
Kadar Karbon Terikat	Minimal 65%

Karbon aktif adalah senyawa karbon *amorf* yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari karbon yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Karbon aktif bersifat hidrofobik,

yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air. Karbon aktif diperoleh dengan cara aktivasi. Aktivasi adalah proses untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang melapisi permukaan karbon sehingga dapat meningkatkan porositas karbon aktif. Luas permukaan (*surface area*) adalah salah satu sifat fisik dari karbon aktif. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap adsorbat dalam jumlah banyak. Semakin luas permukaan dan pori-pori dari karbon aktif, maka semakin tinggi daya serapnya. Aplikasi karbon aktif dapat digunakan sebagai penghilang bau dan resin, pemurnian air limbah, penjernih air, dan dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi bahan yang berasal dari cairan maupun fasa gas (Worch, 2012).

2.5.1 Struktur Fisika dan Kimia Karbon aktif

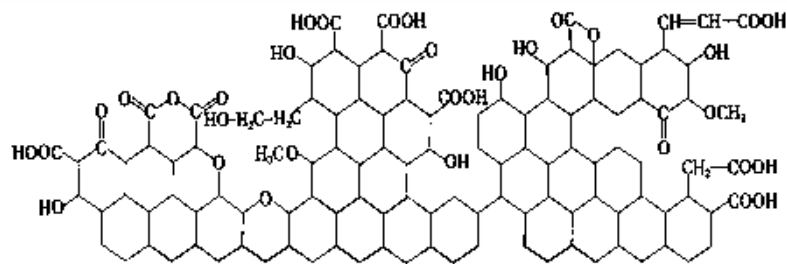
Karbon aktif disusun oleh atom-atom karbon yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi yang hexagonal. Hal tersebut telah dibuktikan dengan penelitian menggunakan sinar-X yang menunjukkan adanya bentuk-bentuk kristalin yang sangat kecil dengan struktur grafit seperti pada Gambar 4 Struktur fisik karbon aktif (Sontheimer, 1985).



Gambar 4. Struktur fisik karbon aktif (Sontheimer, 1985).

Daerah kristalin memiliki ketebalan 0,7-1,1 nm, jauh lebih kecil dari grafit. Hal ini menunjukkan adanya 3 atau 4 lapisan atom karbon dengan kurang lebih terisi 20-30 heksagon di tiap lapisannya. Rongga antara kristal-kristal karbon diisi oleh karbon-karbon *amorf* yang berikatan secara tiga dimensi dengan atom-atom

lainnya terutama oksigen. Susunan karbon yang tidak teratur ini diselingi oleh retakan-retakan dan celah yang disebut pori dan kebanyakan berbentuk silindris. Kemampuan karbon aktif mengadsorpsi ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H, dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsional seperti pada Gambar 5. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya (Pujiyanto, 2010).



Gambar 5. Struktur kimia karbon aktif (Jankowska *et al.*, 1991).

2.5.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari dua tahap yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi. Proses karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon dari bahan baku dan proses ini sempurna pada suhu 400-600°C. Proses karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara sampai temperatur tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa selain karbon. Pada proses ini terjadi dekomposisi termal dari bahan yang mengandung karbon dan menghilangkan proses non karbonnya. Proses aktivasi adalah dilakukannya suatu perlakuan dengan tujuan memperbesar pori dengan memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat secara fisik atau kimia seperti bertambahnya diameter pori yang mengakibatkan daya absorpsinya semakin besar. Proses aktivasi karbon dapat dilakukan dengan cara aktivasi fisika atau kimia. Aktivasi fisika adalah proses mengembangkan struktur pori dan memperbesar luas permukaan karbon aktif dengan bantuan panas, uap oksigen dan nitrogen. Aktivasi adalah proses

pengubahan karbon dari daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Pada proses aktivasi ini terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas, dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi ini terjadi karena terbentuknya gugus aktif akibat adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Pada proses aktivasi juga terbentuk pori-pori baru karena adanya pengikisan atom karbon melalui oksidasi ataupun pemanasan (Yuliusman, 2015).

Aktivasi kimia adalah proses penukaran ion-ion rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia sehingga kapasitas adsorpsi karbon meningkat. *Activating agent* akan mengoksidasi karbon dan merusak bagian dalam karbon sehingga akan terbentuk pori dan meningkatkan daya adsorpsi. Aktivasi kimia oleh agen kimia seperti $ZnCl_2$, KOH , dan H_3PO_4 adalah cara yang lebih disukai karena dapat menghasilkan luas permukaan karbon aktif yang lebih besar dengan menggunakan suhu operasional yang rendah (Ponkarthikeyan and Sutha, 2017).

2.5.3 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Isoterm Langmuir untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum yang terjadi pada *monolayer* atau satu lapis di permukaan padatan adsorben, karena mengandung sejumlah tertentu situs aktif. Sedangkan pada isoterm Freundlich diasumsikan bahwa energi permukaan itu heterogenya dan dapat digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum yang terjadi pada multilayer atau banyak lapisan. Sedangkan ikatan yang terjadi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben dapat terjadi baik secara fisisorpsi maupun kemisorpsi (Nafi'ah dan Bekti, 2017).

2.5.4 Isotherm Adsorpsi Freundlich

Isoterm adsorpsi Freundlich merupakan jenis isoterm adsorpsi berupa adanya interaksi fisik antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Jika permukaan

adsorben telah tertutupi oleh adsorbat, maka adsorbat tidak hanya terserap pada lapisan tunggal adsorben melainkan akan terserap ke lapisan kedua dan seterusnya hingga menghasilkan lapisan multi (*multilayer*). Freundlich mengasumsikan bahwa permukaan pori-pori adsorben bersifat heterogen dengan distribusi adsorpsi yang tidak seragam pada permukaan adsorben (Kristiyani dkk., 2012). Asumsi yang digunakan pada model ini sebagai berikut:

1. Permukaan bersifat heterogen.
2. Tidak terjadi asosiasi dan disosiasi molekul-molekul adsorbat setelah teradsorpsi pada permukaan padat.
3. Hanya berlangsung adsorpsi fisika tanpa terjadi adsorpsi kimia.

2.5.5 pH *Point of Zero Charge* (pH_{PZC})

pH *point of zero charge* atau adalah nilai pH pada titik temu antara garis lurus dari kurva pH awal terhadap pH akhir (pada nilai pH awal sama dengan pH akhir) dengan pH akhir larutan (umpan) yang telah digunakan untuk merendam adsorben selama 48 jam. Pada nilai pH tersebut adsorben tidak lagi memberikan kontribusi terhadap perubahan pH (Wardiyati dkk., 2011). Bila nilai pH di atas pH *point of zero charge*, permukaan adsorben memiliki muatan negatif, akan tetapi jika nilai pH dibawah pH *point of zero charge*, permukaan adsorben memiliki muatan positif. Meningkatnya nilai pH dapat meningkatkan interaksi antara adsorbat dengan sisi aktif permukaan adsorben (Buhani *et al.*, 2021). Penentuan nilai pH_{PZC} dapat dilakukan melalui persamaan 1 (Ai *et al.*, 2011):

$$\Delta\text{pH} = \text{pH}_{\text{awal}} - \text{pH}_{\text{akhir}} \quad (1)$$

2.6 Karakterisasi

2.6.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas

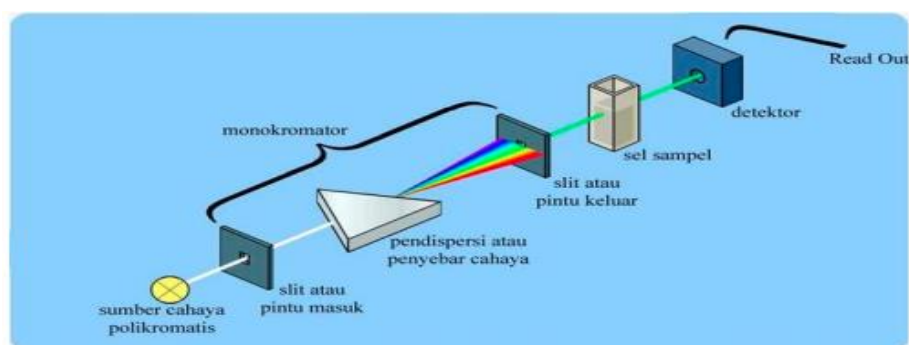
cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Spektrum elektromagnetik dibagi dalam beberapa daerah cahaya. Suatu daerah akan diabsorpsi oleh atom atau molekul dan panjang gelombang cahaya yang diabsorpsi dapat menunjukkan struktur senyawa yang diteliti. Spektrum elektromagnetik meliputi suatu daerah panjang gelombang yang luas dari sinar gamma gelombang pendek berenergi tinggi sampai pada panjang gelombang mikro (Marzuki, 2012). Sinar ultraviolet (Uv) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (Visible) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Keuntungan utama metode spektrofotometri adalah bahwa metode ini memberikan cara sederhana untuk menetapkan kuantitas zat yang sangat kecil. Selain itu, hasil yang diperoleh cukup akurat, dimana angka yang terbaca langsung dicatat oleh detektor dan tercetak dalam bentuk angka digital ataupun grafik yang sudah diregresikan (Yahya, 2013). Kelebihan spektrofotometer dengan fotometer adalah panjang gelombang dari sinar putih dapat lebih dideteksi dan cara ini diperoleh dengan alat pengurai seperti prisma, grating atau celah optis. Pada fotometer filter dari berbagai warna yang mempunyai spesifikasi melewati trayek pada panjang gelombang tertentu (Gandjar, 2007).

Ciprofloxacin dapat ditentukan kadarnya dengan Spektrofotometri. Dilihat dari strukturnya *ciprofloxacin* yang mempunyai gugus kromofor (ikatan rangkap terkonjugasi), maka senyawa ini dapat menyerap radiasi pada panjang gelombang di daerah ultraviolet. *Ciprofloxacin* memiliki serapan maksimum dalam larutan akuades pada panjang gelombang 278 nm. Dalam keadaan kering, bentuk basa dan garam HCl *ciprofloxacin* bersifat relatif stabil. Penelitian ini menggunakan metode spektrofotometri ultraviolet karena metode ini memiliki banyak keuntungan antara lain dapat digunakan untuk analisa suatu zat dalam jumlah kecil, pengerjaannya mudah, sederhana, cukup sensitif dan selektif, biayanya relatif murah, dan mempunyai kepekaan analisis cukup tinggi (Sari, 2013).

2.6.1.1 Prinsip kerja spektrofotometer

Spektrum elektromagnetik dibagi dalam beberapa daerah cahaya. Suatu daerah akan diabsorpsi oleh atom atau molekul dan panjang gelombang cahaya yang diabsorpsi dapat menunjukkan struktur senyawa yang diteliti. Spektrum elektromagnetik meliputi suatu daerah panjang gelombang yang luas dari sinar gamma gelombang pendek berenergi tinggi sampai pada panjang gelombang mikro (Marzuki, 2012) Spektrum absorpsi dalam daerah-daerah ultra ungu dan sinar tampak umumnya terdiri dari satu atau beberapa pita absorpsi yang lebar, semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah UV-tampak, oleh karena itu mereka mengandung elektron, baik yang dipakai bersama atau tidak, yang dapat dieksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Panjang gelombang pada waktu absorpsi terjadi tergantung pada bagaimana erat elektron terikat di dalam molekul. Elektron dalam satu ikatan kovalen tunggal erat ikatannya dan radiasi dengan energi tinggi, atau panjang gelombang pendek, diperlukan eksitasinya (Wunas dan Susanti, 2011).

Keuntungan utama metode spektrofotometri adalah bahwa metode ini memberikan cara sederhana untuk menetapkan kuantitas zat yang sangat kecil. Selain itu, hasil yang diperoleh cukup akurat, dimana angka yang terbaca langsung dicatat oleh detektor dan tercetak dalam bentuk angka digital ataupun grafik yang sudah diregresikan (Yahya, 2013). Pembacaan spektrofotometer ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pembacaan spektrofotometer (Suhartati, 2017)

Secara sederhana instrumen spektrofotometri yang disebut spektrofotometer terdiri dari :

Sumber cahaya – monokromatis – sel sampel – *detector- read out*

Fungsi masing-masing bagian :

1. Sumber sinar polikromatis berfungsi sebagai sumber sinar polikromatis dengan berbagai macam rentang panjang gelombang.
2. Monokromator berfungsi sebagai penyeleksi panjang gelombang yaitu mengubah cahaya yang berasal dari sumber sinar polikromatis menjadi cahaya monokromatis. Pada Gambar (6) di atas disebut sebagai pendispersi atau penyebar cahaya. Dengan adanya pendispersi hanya satu jenis cahaya atau cahaya dengan panjang gelombang tunggal yang mengenai sel sampel. Pada Gambar (6) di atas hanya cahaya hijau yang melewati pintu keluar.
3. Sel sampel berfungsi sebagai tempat meletakkan sampel-UV, VIS dan UV-VIS menggunakan kuvet sebagai tempat sampel. Kuvet biasanya terbuat dari kuarsa atau gelas, namun kuvet dari kuarsa yang terbuat dari silika memiliki kualitas yang lebih baik. Hal ini disebabkan yang terbuat dari kaca dan plastik dapat menyerap UV sehingga penggunaannya hanya pada spektrofotometer sinar tampak (VIS). Kuvet biasanya berbentuk persegi panjang dengan lebar 1 cm.-IR, untuk sampel cair dan padat (dalam bentuk pasta) biasanya dioleskan pada dua lempeng natrium klorida. Untuk sampel dalam bentuk larutan dimasukkan ke dalam sel natrium klorida. Sel ini akan dipecahkan untuk mengambil kembali larutan yang dianalisis, jika sampel yang dimiliki sangat sedikit dan harganya mahal.
4. Detektor berfungsi menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik. Macam-macam detektor yaitu detektor foto (*photo detector*), *photocell*, misalnya cadmium sulfide (CdS), *phototube*, hantaran foto, dioda foto, detektor panas.
5. *Read out* merupakan suatu sistem baca yang menangkap besarnya isyarat listrik

yang berasal dari detektor.

Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam spektrofotometri adalah :

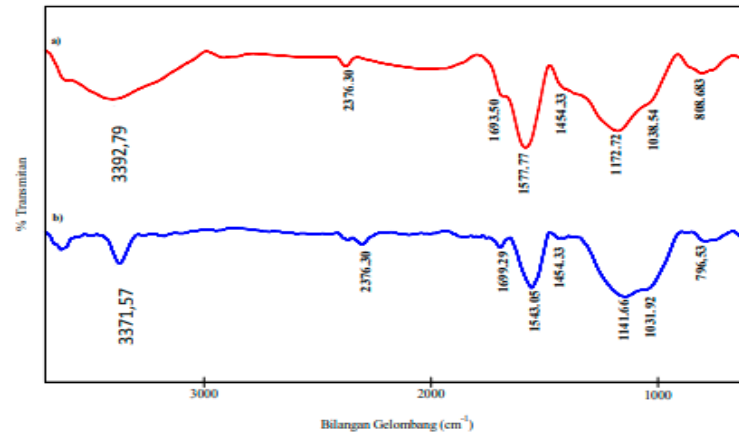
- a. Pada saat pengenceran alat-alat pengenceran harus betul-betul bersih tanpa adanya zat pengotor.
- b. Dalam penggunaan alat-alat harus betul-betul steril.
- c. Jumlah zat yang dipakai harus sesuai dengan yang telah ditentukan.
- d. Dalam penggunaan spektrofotometri uv, sampel harus jernih, dan tidak keruh.
- e. Dalam penggunaan spektrofotometri uv-vis, sampel harus berwarna.

Serapan dapat terjadi jika foton/radiasi yang mengenai cuplikan memiliki energi yang sama dengan energi yang dibutuhkan untuk menyebabkan terjadinya perubahan tenaga. Jika sinar monokromatik dilewatkan melalui suatu lapisan larutan dengan ketebalan (db), maka penurunan intensitas sinar (dl) karena melewati lapisan larutan tersebut berbanding langsung dengan intensitas radiasi (I), konsentrasi spesies yang menyerap (c), dan dengan ketebalan lapisan larutan (db).

2.6.2 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) atau spektroskopi inframerah adalah suatu metode analisis berdasarkan pada prinsip interaksi suatu senyawa kimia dengan radiasi elektromagnetik yang akan menghasilkan suatu getaran (vibrasi) dari suatu ikatan kimia poliatomik atau gugus fungsional senyawa kimia. Teknik ini disebut juga dengan spektroskopi vibrasional (Moros, 2010).

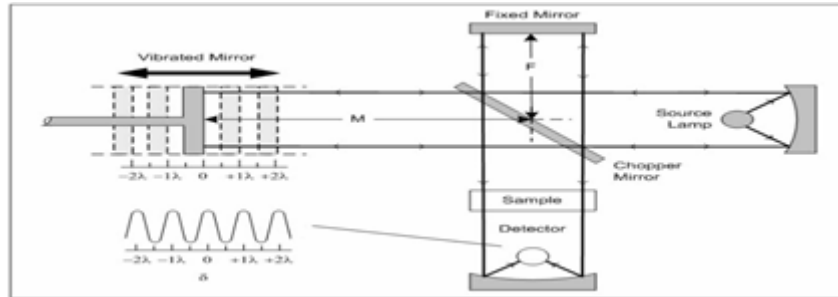
Spektroskopi FTIR memiliki kemampuan yang cepat dalam menganalisis, bersifat tidak merusak dan hanya dibutuhkan preparasi sampel yang sederhana. Spektrum FTIR dari karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Spektrum FTIR karbon aktif sebelum (a) dan setelah aktivasi (b) (Widya dkk., 2017).

Mekanisme kerja spektroskopi FTIR adalah ketika sinar datang dari sumber sinar lalu akan diteruskan. Kemudian dipecah oleh beam splitter menjadi 2 bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh 2 cermin, yaitu cermin statis/diam dan cermin bergerak. Lalu sinar hasil pemantulan dari kedua cermin tersebut akan dipantulkan kembali menuju beam splitter untuk saling berinteraksi. Dari beam splitter, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian akan menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar pada detektor berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor akan menghasilkan sinyal pada detektor yang terdapat di interferometer (Tahid, 1994). Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut. Pola absorbansi yang diserap oleh senyawa berbeda, sehingga senyawa dapat dibedakan dan dikuantifikasikan.

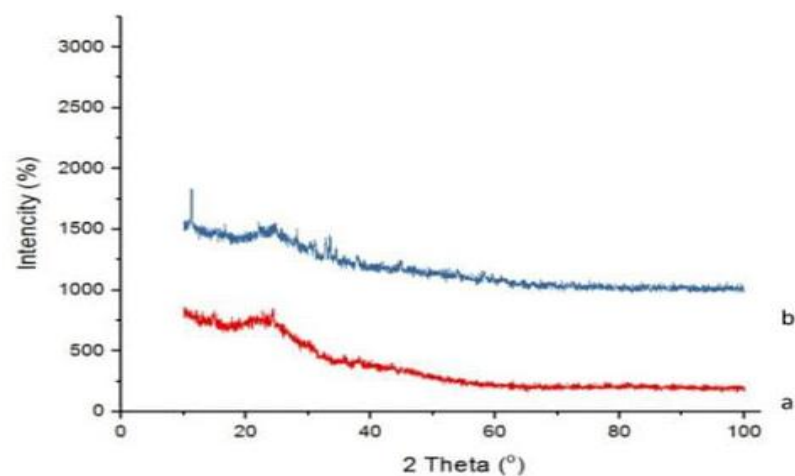
Skema alat spektroskopi inframerah menurut Anam dan Sofjan (2007) ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Skema alat spektroskopi inframerah

2.6.3 X rays Diffractometer (XRD)

XRD merupakan metode karakterisasi yang memanfaatkan sinar X yang ditembakkan kepada material yang menghasilkan spektrum difraksi sinar-X untuk menganalisa struktur kristal, ukuran kristal dari suatu material dengan cara menentukan parameter kisi. Data berupa grafik *peak* intensitas, hasil dari rekaman spektrum difraksi sinar-X yang dideteksi oleh detektor akan membentuk suatu pola yang nantinya dianalisa dengan mencocokkan antara pola difraksi sinar-X dari sampel yang tidak diketahui dengan sampel yang sudah diketahui hingga sampel yang tidak diketahui tersebut dapat teridentifikasi. Struktur dan ukuran kristal dari suatu sampel dapat dilihat menggunakan alat XRD (*Xrays Diffractometer*). Hasil XRD pada karbon aktif dengan H_3PO_4 ditunjukkan pada Gambar 9



Gambar 9. Difraktogram XRD: a) karbon aktif tanpa aktivasi, b) karbon aktif (Kasih, 2019).

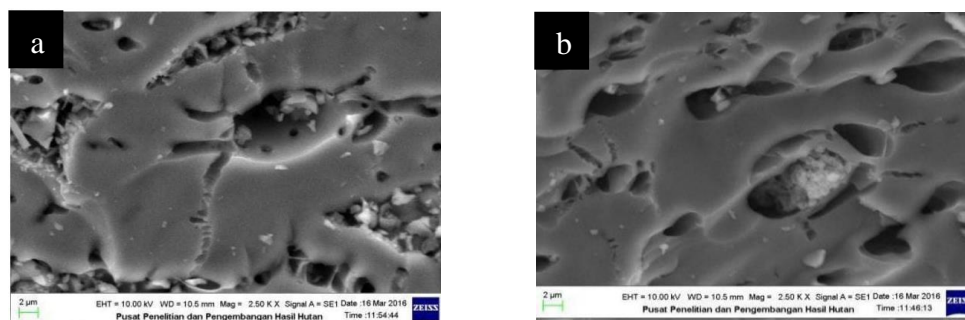
XRD bertujuan untuk menentukan ukuran sebuah kristal berdasarkan pelebaran puncak difraksi sinar X yang muncul. Menghitung besar ukuran kristal (nm) dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$D = \frac{k\lambda}{B\cos\theta} \quad (2)$$

Dengan k adalah konstanta material sebesar 0,9, λ adalah panjang gelombang sinar X (nm), B adalah lebar setengah puncak maksimum (rad), θ adalah sudut bragg puncak difraksi dan D adalah ukuran kristal (nm).

2.6.4 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron digunakan sebagai alat pendeteksi objek pada skala kecil. Scanning Electron Microscope (SEM) digunakan untuk menentukan struktur dan ukuran pori. Prinsip kerja SEM adalah deteksi elektron yang dihamburkan oleh suatu sampel (padat) ketika ditembak oleh berkas elektron berenergi tinggi secara kontinu yang dipercepat dalam kumparan elektromagnetik yang dihubungkan dengan tabung sinar katoda. Detektor yang ada dalam SEM akan mendeteksi elektron yang dipantulkan dengan intensitas tinggi (Mikrajuddin dan Khairurrijal, 2009). Karakterisasi SEM yang diambil adalah perbesaran dengan 5000x karena morfologi serta diameter pori lebih jelas dan mudah diukur. Hasil dari SEM pada karbon aktif aktivasi dan tanpa aktivasi ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil SEM karbon aktif (a) tanpa aktivasi (b) dan aktivasi (Verayana dkk., 2018)

SEM merupakan metode identifikasi dalam karakterisasi yang mampu memberikan resolusi yang tinggi untuk dapat mengamati apa yang terjadi di dalam dan di sekitar interface antara bahan dengan lapisan oksida secara detail. Scanning electron microscopy menggunakan elektron yang menggambarkan sampel dengan memindai seberkas elektron dalam pola scan raster. Pada proses identifikasi menggunakan SEM, tidak hanya sekedar pengambilan gambar dan fotografi, tetapi perlu dilakukan dengan teknik dan metode operasi yang benar karena pembentukan image pada alat ini merupakan interaksi korpuskular antara elektron sumber dengan atom pada bahan yang menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang topografi permukaan sampel, komposisi dan sifat-sifat lainnya seperti konduktivitas listrik.

Pada penggunaan SEM pada objek pengamatan yang berukuran kecil dan mengandung komponen non konduktif, akan memberikan kontras yang relatif rendah terlebih pada pembesaran yang tinggi, karena itu perlu pengaturan parameter seperti, *high voltage*, *spot size*, *bias*, dan *beam current* serta parameter optiknya seperti, kontras, fokus, dan *astigmatisma* yang tepat untuk memberikan gambar yang optimal secara ilmiah.

SEM dilengkapi dengan *Electron Dispersive X ray Spectroscopy* (EDX) yang dapat mendeteksi unsur-unsur dalam material. EDX merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui komposisi unsur dari suatu material. EDX dapat digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing-masing elemen dan dapat juga membuat pemetaan elemen dengan memberikan warna berbeda-beda dari masing-masing elemen di permukaan bahan (Cahyana dan Marzuki, 2014). Dengan kemampuan EDX yang dihasilkan dari sinar-X, yaitu menembakkan sinar-X pada posisi yang ingin diketahui komposisinya, setelah ditembakkan pada posisi yang diinginkan maka akan muncul puncak-puncak tertentu yang mewakili suatu unsur yang terkandung. EDX juga dapat membuat *elemental mapping* (pemetaan elemen) dengan memberikan warna berbeda dari masing-masing elemen yang berada di permukaan sampel. EDX bisa digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing-masing elemen. SEM-EDX bisa memberikan informasi seputar topografi, morfologi, dan

komposisi dari sampel yang dianalisis. Topografi adalah kemampuan untuk menganalisa permukaan dan tekstur. Morfologi adalah kemampuan untuk menganalisa bentuk dan ukuran dari benda sampel.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dari Oktober 2022 s.d Mei 2023 di Laboratorium Analitik FMIPA Universitas Lampung. Karakterisasi Karbon aktif menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), dan uji adsorpsi-desorpsi karbon aktif dengan antibiotik *ciprofloxacin* menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT-LTSIT) Universitas Lampung. Karakterisasi karbon aktif menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Padang.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas *beaker*, erlenmeyer, labu ukur, neraca analitik (*Galaxy HR-150A 152g x 0,1mg*), tabung reaksi, rak tabung reaksi, mortar dan alu, *magnetic stirrer* (*Stuart BioCote R200000 685*), *spinbar*, lemari asam (*V Fume Hood*), sentrifugasi (*Memmert 55*), tabung sentrifugasi, oven, corong kaca, pipet tetes, pipet *volume*, ayakan 100 mesh, bulb pipet, cawan krus, batang pengaduk, spatula, pH meter, botol semprot, desikator, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (*Alpha II-Bruker*), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray*

(SEM-EDX) (*EVO® MA 10*), tanur, dan Spektrofotometer *Ultraviolet-Visible* (UV-Vis).

Adapun bahan-bahan yang digunakan adalah; limbah kayu manis, standar *ciprofloxacin* (Merck™), HCl 0,1 M (Merck™), larutan NaOH 0,1 M (Merck™), H₃PO₄ pekat (Merck™), Aquades, Metanol (PA), Etanol (PA), aluminium foil, kertas saring, dan kertas indikator universal.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Proses Aktivasi

Karbon yang diperoleh, ditimbang sebanyak 300 gram dan diaktivasi secara kimia dengan larutan H₃PO₄ 10% sebanyak 600 ml dalam beaker glass 1000 mL selama 24 jam. Residu dicuci berulang kali dengan aquades secara berulang kali hingga pH netral dan dikeringkan dengan oven pada suhu 115°C ± selama 4 jam. Karbon yang telah diaktivasi kimia, kemudian diaktivasi secara fisika dengan menggunakan tanur pada suhu 500°C selama 2 jam. Karbon aktif yang diperoleh didinginkan dalam desikator dan disimpan dalam wadah tertutup.

3.3.2 Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kayu Manis

Limbah kayu manis dipotong kecil-kecil, lalu dicuci bersih dengan air untuk menghilangkan debu dan kotoran, setelah itu dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 sampai 3 hari dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 3 hari. Kayu manis yang telah bersih dan kering dikarbonisasi dalam kaleng bekas (pirolisis sederhana) sehingga diperoleh karbon kayu manis. Kayu manis yang sudah menjadi karbon dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 40 °C selama 4 hari kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan alu, serta diayak menggunakan pengayak berukuran 100 mesh. Karbon yang lolos dari ayakan kemudian diaktivasi dengan dua cara yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika (Trina, 2021).

3.3.3 Identifikasi Karakteristik Karbon aktif

Karbon aktif yang dihasilkan dan yang tidak diaktivasi dilakukan uji kualitas berdasarkan pada standar mutu SNI 06-3730-1995 tentang karbon aktif, yaitu rendemen kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat. Sedangkan pada karakterisasi SEM-EDX untuk mengetahui morfologi permukaan adsorben dan melihat komposisi yang terkandung dalam karbon aktif, serta FTIR untuk mengidentifikasi jenis-jenis gugus fungsi yang dapat mengindikasikan komposisi pada adsorben dan fase kristal molekul diidentifikasi menggunakan XRD.

3.3.3.1 Analisis Kadar Air

Karbon aktif ditimbang sebanyak 1 g, lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan ditimbang kemudian dimasukkan dalam oven pada suhu 115°C selama 3 jam. Hasil yang diperoleh kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar air dihitung dengan Persamaan (4) (SNI 06-3730-1995):

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{b-a} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

a = massa cawan kosong (g)

b = massa cawan + karbon aktif sebelum pemanasan (g)

c = massa cawan + karbon aktif setelah pemanasan (g)

3.3.3.2 Analisis Kadar Abu

Karbon aktif ditimbang sebanyak 1 g, lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan ditimbang, kemudian dimasukkan dalam furnace pada suhu 700°C selama kurang lebih ± 6 jam hingga seluruh karbon aktif menjadi abu. Hasil yang diperoleh kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar abu dihitung dengan Persamaan (5) (SNI 06-3730-1995):

$$\text{Kadar Abu} = \frac{c-a}{b-a} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

a = massa cawan kosong (g)

b = massa cawan + karbon aktif sebelum pemanasan (g)

c = massa cawan + karbon aktif setelah pemanasan (g)

3.3.3.3 Analisis Kadar Zat Menguap

Sebanyak 1 gram karbon aktif ditimbang sebagai massa awal. Kemudian dimasukkan dalam cawan yang telah diketahui bobot keringnya. Lalu karbon aktif dipanaskan dalam *furnace* sampai suhu 600°C. Selanjutnya, didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang sebagai massa akhir hingga mencapai bobot tetap. Kadar zat menguap dapat dihitung dengan Persamaan (6) (SNI 06-3730-1995):

$$\text{Kadar Zat Menguap} = \frac{b-c}{b-a} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

a = massa cawan kosong (g)

b = massa cawan + karbon aktif sebelum pemanasan (g)

c = massa cawan + karbon aktif setelah pemanasan (g)

3.3.3.4 Analisis Karbon Terikat

Karbon dalam karbon aktif adalah zat selain abu dan zat atsiri. Kadar karbon terikat dapat dihitung pada Persamaan (7) (SNI 06-3730-1995):

$$\text{KKT}\% = 100\% - (\text{KZM} + \text{KA})\% \quad (7)$$

Keterangan:

KKT = kadar karbon terikat

KZM = kadar zat menguap

KA = kadar abu

3.3.4 Pembuatan Larutan Induk *Ciprofloxacin* 100 ppm

Larutan induk antibiotik *ciprofloxacin* 100 ppm dibuat dengan cara melarutkan 10 mg padatan antibiotik *ciprofloxacin* dengan akuades dalam labu takar 100 mL hingga tanda terra dan dihomogenkan. Kemudian dibuat larutan standar antibiotik *ciprofloxacin* 2; 4; 6; dan 8 ppm dari larutan induk antibiotik *ciprofloxacin* sebanyak 50 mL, salah satu larutan standar di analisis menggunakan Spektrofotometer UV-vis pada Panjang gelombang 200-400 nm untuk mengetahui panjang gelombang maksimumnya.

3.3.5 Optimasi Parameter Ekstraksi *Ciprofloxacin* Menggunakan Metode DSPE

3.3.5.1 Penentuan Konsentrasi Optimum

Ditimbang 1 gram massa karbon aktif dimasukkan ke dalam gelas beaker, ditambahkan 20 mL larutan standar *ciprofloxacin* pada konsentrasi yang berbeda, yaitu 2; 4; 6; dan 8 ppm. Campuran yang dihasilkan distirrer selama 30 menit, lalu karbon aktif 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 maksimumnya.

3.3.5.2 Penentuan pH Optimum

Ditimbang 1 gram karbon aktif dimasukkan ke dalam gelas beaker, ditambahkan 20 mL larutan standar *ciprofloxacin* dengan konsentrasi pada kondisi optimum dengan pH 2; 4; 6; 8; dan 10 menggunakan larutan HCl 0,1 M atau larutan NaOH 0,1 M. Campuran yang dihasilkan distirrer selama 30 menit, lalu karbon aktif

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 optimum.

3.3.5.3 Penentuan Massa Optimum

Ditimbang karbon aktif sebanyak 20; 40; 60; dan 80 mg dimasukkan ke dalam gelas beaker, ditambahkan 20 mL larutan standar *ciprofloxacin* dengan pH dan konsentrasi pada kondisi optimum. Campuran yang dihasilkan distirrer selama 30 menit, lalu karbon aktif 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 optimum.

3.3.5.4 Penentuan Waktu Optimum

Ditimbang karbon aktif dengan massa pada kondisi optimum dimasukkan ke dalam gelas beaker, ditambahkan 20 mL larutan standar *ciprofloxacin* dengan pH dan konsentrasi pada kondisi optimum. Campuran yang dihasilkan distirrer dengan waktu yang berbeda selama 30; 50; 70; 90; 110; 130; dan 150 menit, lalu karbon aktif 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 optimum.

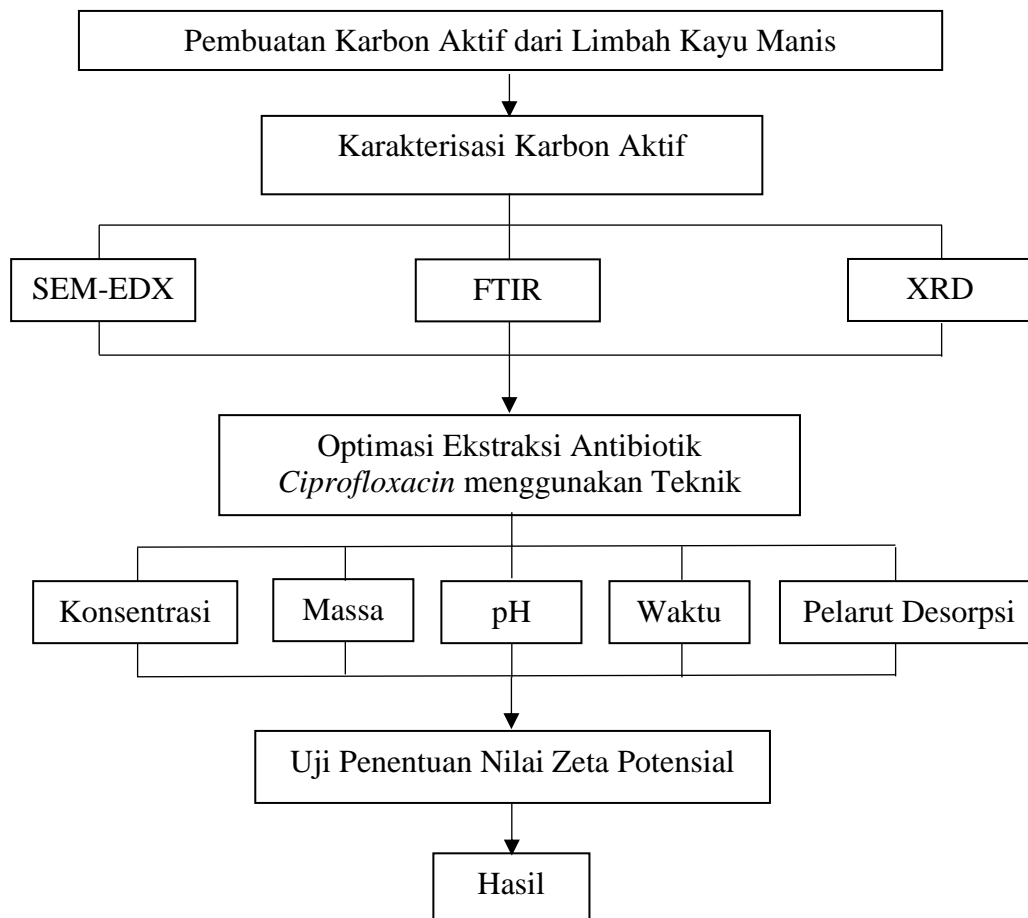
3.3.5.5 Penentuan Pelarut Desorpsi Optimum

Sebanyak 20 mL larutan standar antibiotik *ciprofloxacin* dengan pH dan konsentrasi pada kondisi optimum ditambahkan ke dalam karbon aktif dengan massa pada massa optimum. Campuran yang dihasilkan distirrer dengan waktu

optimum, lalu karbon aktif dipisahkan dari larutan dengan sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama waktu 15 menit. Larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring. Endapan yang dihasilkan dielusi menggunakan pelarut metanol, etanol, dan akuades, kemudian dilakukan perlakuan sama seperti sebelumnya. Filtrat yang diperoleh dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

3.3.6 Penentuan Nilai Zeta Potensial

Sebanyak 60 gram adsorben karbon dimasukkan ke dalam 20 mL NaNO_3 0,1 M. Kemudian, pH awal divariasikan dengan rentang 3–9 yang diatur menggunakan larutan HCl 0,1 M untuk suasana asam dan NaOH 0,1 M untuk suasana basa. Lalu, larutan dihomogenkan menggunakan pengaduk (*shaker*) selama 24 jam. Setelah itu, pH akhir diamati dan diukur dengan menggunakan pH meter. Lalu pH_{PZC} ditentukan berdasarkan persamaan 1. Diagram alir dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Alir 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 karbon aktif yang dibuktikan dengan hasil karakterisasi FTIR, SEM-EDX, dan XRD.
2. Karbon aktif kayu manis yang diaktivasi telah memenuhi standar mutu SNI 06-3730-1995 tentang karbon aktif. Hasil karakterisasi karbon aktif kayu manis menggunakan SEM-EDX menghasilkan permukaan karbon aktif pori-pori yang lebih terbuka dan terbentuk dibandingkan karbon. Jumlah persen berat unsur C sebelum diaktivasi sebesar 85,07% menjadi 95,14% sesudah diaktivasi, sedangkan unsur O sebelum aktivasi sebesar 14,93% menjadi 4,86% sesudah diaktivasi. Pada karakterisasi FTIR karbon yang tidak diaktivasi dan teraktivasi tidak mengalami perubahan vibrasi gugus -OH, C=O, C=C, C≡C, dan -CH. Karbon aktif berdasarkan hasil karakterisasi XRD berbentuk *amorf* yang ditandai dengan puncak yang melandai dan tidak runcing.
3. Adsorpsi antibiotik *ciprofloxacin* oleh karbon aktif dari limbah kayu manis optimum pada massa adsorben sebanyak 60 mg dengan konsentrasi adsorbat 4 ppm pada kondisi pH 6 dalam waktu kontak selama 110 menit dengan tingkat adsorpsi sebesar 87,68% dan menggunakan pelarut metanol untuk proses desorpsi dengan tingkat desorpsi sebesar 83,8%.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan:

1. Melakukan modifikasi pada pembuatan karbon aktif kayu manis dengan aktivator lain dan variasi konsentrasi.
2. Melakukan optimasi metode DSPE menggunakan parameter lain, seperti volume adsorbat, dan waktu sentrifugasi.
3. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap adsorpsi senyawa antibiotik lain oleh karbon aktif dari kayu manis sehingga dapat diaplikasikan di lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawi, T. F., Aji, I. M. L., dan Rini, D. S. (2021). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Asam Fosfat (H_3PO_4) Terhadap Kualitas Arang Aktif Cabang Bambu Duri (*Bambusa blumeana* Bl. Ex. Schult. F). *Jurnal Penelitian Kehutanan Faloak*. 5(1): 62–73.
- Ai, L., Zhang, C., Liao, F., Wang, Y., Li, M., Meng, L., and Jiang, J. (2011). Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution with Magnetite Loaded Multi-wall Carbon Nanotube: Kinetic, Isotherm and Mechanism Analysis. *Journal of Hazardous Materials*. 198: 282–290.
- Anam, C., dan Sofjan, F. K. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR. *Berkala Fisika*. 10(1): 79–85
- Anastassiades, M., Lehotay, S. J., Stajnbaher, D., and Schenck, F. J. 2003. Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and “Dispersive Solid-Phase Extraction” for the Determination of Pesticide Residues in Produce. *Journal of AOAC International*. 86: 412–431.
- Anggraeni, I. S., dan Yuliana, L. E., 2015. *Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan (Borassus Flabellifer L.) dengan Menggunakan Aktivator Seng Klorida ($ZnCl_2$) dan Natrium Karbonat (Na_2CO_3)*. (Final Project). Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Anggraini, A. B., dan Syachroni, S. 2020. Penggunaan Antibiotik Profilaksis pada Bedah Bersih di Rumah Sakit di Jakarta. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pelayanan Kesehatan*. 4(1): 7–12.
- Apriyanti, H., Candra, I. Y., dan Elvinawati. 2018. Karakterisasi Isoterm Adsorpsi dari Ion Logam Besi (Fe) Pada Tanah di Kota Bengkulu. *Alotrop: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 2(1): 14–19.
- Arif, A. R., Saleh, A., dan Saokani, J. 2015. Adsorpsi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (*Pangium edule*) Terhadap Penurunan Fenol. *Jurnal Al-Kimia*. 3(1): 34–47.

- Aulia, S. M., Imam, P., dan Teguh, A. 2022. *Adsorpsi dan Degradasi Ciprofloxacin Pada Air Limbah Simulasi dengan Proses Kombinasi Fenton Heterogen dan Ozonasi Katalitik*. (Disertasi). Universitas Gadjah Mada.
- Auliya, R. 2018. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (Musa Paradisiaca L.) sebagai Adsorben Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Fenantrena*. (Skripsi). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Batu, M. S., Emerensia, N., dan Maria, M. K. 2021. Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Sabut Kulit Pinang Asal Pulau Timor sebagai Biosorben Logam Ca dan Mg dalam Air Tanah. *Jurnal Integrasi Proses*. 11(1): 21–25.
- Buhani., Puspitarini, M., Rahmawaty., Suharso., Rilyanti, M., and Sumadi. 2018. Adsorption of Phenol and Methylene Blue in Solution by Oil Palm Shell Activated Carbon Prepared by Chemical Activation. *Orient. Journal Chem*. 34(4): 2043–2050.
- Cahyana, A., dan Marzuki, A. 2014. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) Pada Kaca TZN yang Dikristalkan Sebagian. *Prosiding Mathematics and Sciences Forum*. 23–26.
- Chang, P. H., Jiang, W. T., Li, Z., Jean, J. S., and Kuo, C. Y. 2015. Antibiotic Tetracycline in The Environments: A Review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*. 4(3): 15–40.
- Christian, G. D. 1994. *Analytical Chemistry*. J. Willey. Washington.
- Demiral, I., Samdan, C., and Demiral, H. 2021. Enrichment of The Surface Functional Groups of Activated Carbon By Modification Method. *Surfaces and Interfaces*. 22(5): 100873.
- Eka, K. 2007. *Penentuan Sifat Lipofilik (R_m) dan Sterik (Refraksi Molar) dari Ciprofloxacin dan Ofloksasin Serta Aktivitas Antibakterinya (KHM) Terhadap Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853*. (Skripsi). Universitas Erlangga. Surabaya.
- Eso, R., Luvi., dan Ririn. 2021. Efek Variasi Konsentrasi Zat Aktivator H₃PO₄ Terhadap Morfologi Permukaan dan Gugus Fungsi Karbon Aktif Cangkang Kemiri. *Jurnal Gravitasi*. 20(1): 19–23.
- Fagerquist, C. K., Lightfield. A. R., and Lehotay, S. J. 2005. Confirmatory and Quantitative Analysis of β -lactam Antibiotics in Bovine Kidney Tissue by Dispersive Solid-Phase Extraction and Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Journal Analytical Chemistry*. 77(5): 1473–1482.

- Fiqriawan, M. R., Anas, M., and Eriwati. 2022. Effect of H_3PO_4 Concentration Variations on The Quality of Active Carbon Candlenut Shells Based on Proximate Analysis. *Journal of Applied Physics*. 1(2): 42–47.
- Gandjar, I. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Goodman., dan Gilman. 2007. *Dasar Farmakologi Terapi*. Buku Kedokteran. ITB.
- Guan, S., Wu, H., Yang, L., Wang, Z., and Wu, J. 2020. Use of a Magnetic Covalent Organic Framework Material with a Large Specific Surface Area as an Effective Adsorbent for The Extraction and Determination of Six Fluoroquinolone Antibiotics by HPLC in Milk Sample. *Journal of Separation Science*. 43(19): 3715–3824.
- Guring, B. M., Harnandito, P., Aan, E., Ali, T., Nova, R., dan Sutarman. 2020. Ekplorasi Pemanfaatan Limbah Kayu Manis Sebagai Material Alternatif Furnitur. *Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan*. 1–5.
- Hamidah, S., Violet, B., dan Wiwin, T. I. 2009. Kajian Sifat Sifat Dasar Kayu Manis Sebagai Pertimbangan Pemanfaatan Limbah Pemanenan Limbah Kulit Kayu Manis. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*. 10(26): 210–223.
- Hijrah, N. N., Anas, M., dan Erniwati. 2020. Analisis Variasi Temperatur Aktivasi terhadap Gugus Fungsi Karbon Aktif Tandan Aren (*Arenga Pinnata Merr.*) dengan Agen Aktivasi Potassium Silicate (K_2SiO_3). *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*. 5(4): 295–299.
- Harrabi, M., Giustina, S., Aloulou, F., Rodríguez-Mozaz, S., Barcelo, D., and Elleuch, B. 2018. Analysis of Multiclass Antibiotic Residues in Urban Wastewater in Tunisia. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 10: 163–170.
- Hong, B., Lin, Q., Yu, S., Chen, Y., and Chiang, P. 2018. Urbanization Gradient of Selected Pharmaceuticals in Surface Water at a Watershed Scale. *The Science of the total environment*. 634: 448–458.
- Jankowska, H., Swiatkowski, A., and Choma, J. 1991. *Active Carbon*. Ellis Horwood. New York.
- Kasih, Y. O. 2019. *Studi Karbon Aktif Magnetik dari Limbah Kulit Singkong (Manihot utilisima) Sebagai Adsorben Untuk Menentukan Senyawa Antibiotik di Perairan*. (Skripsi). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Kemenkes RI. 2013. *Riset Kesehatan Dasar RISKESDAS*. Balitbang Kemenkes RI. Jakarta.

- Khuluk, R. H. 2016. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (Cocous nucifera L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru*. (Skripsi). Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Lampung. Lampung.
- Komarayati., dan Gusmailina. 1994. Pembuatan Karbon dan Briket Karbon dari Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii Ness ex. BL*) dan Kayu Sukun (*Artocarpus altilis Parkinson*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 12(6): 225–228.
- Kristiyani, D., Susatyo, E. B., dan Prasetya, A. T. 2012. Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam Padi Untuk Menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ Pada Air Sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 1(1): 13–19.
- Kumar, M., Shweta, J., Kushneet, K., Pallee. S., Dileep, K., Pawan, K., and Pratyooosh, S. 2019. Antibiotics Bioremediation: Perspectives on its Ecotoxicity and Resistance. *Environment International Journal*. 124(23): 448–461.
- Laos, L. E., dan Arkilaus, S. 2018. Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*. 1(1): 32–36.
- Maristela, C., Sergiane, C., and Ednei, G. 2014. New Sorbent in The Dispersive Solid Phase Extraction Step of Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe for The Extraction of Organic Contaminants in Drinking Water Treatment Sludge. *Journal of Chromatography*. 1(2): 73–79.
- Marsh, H., and Francisco, R. R. 2006. *Activated Carbon*. Elsevier Science and Technology E-Books.
- Marzuki, A. 2012. *Kimia Analisis Farmasi*. Dua Satu Press. Makassar.
- Masthura., dan Zulkarnain, P. 2018. Karakterisasi Mikrostruktur Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kayu Bakau. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*. 4(1): 45–54.
- Maulana, G. G. R., Agustina, L., dan Susi. 2017. Proses Aktivasi Karbon Aktif dari Cangkang Kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Aktivator Kimia. *Jurnal Ziraa'ah*. 42(3): 247–256.
- Mikrajuddin., dan Khairurrijal. 2009. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains and Nanoteknologi*. 2(1): 1–9.
- Mutiyar, P. K., and Mittal, A. K. 2014. Risk Assessment of Antibiotic Residues in Different Water Matrices in India: Key Issues and Challenges. *Environmental science and pollution research international*. 21(12): 7723–7736.

- Mohanasundaram, J., and Shantha, M. 2001. Effect of Duration of Treatment on *Ciprofloxacin* Induced Arthropathy in Young Rats. *Indian Journal of Pharmacology*. 33(2): 100–103.
- Moros. 2010. Vibrational Spectroscopy Provides a Green Tool for Multi-Component Analysis. *Journal TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 29(7): 578–591.
- Nafi'ah, R., dan Bekti, N. 2017. Kinetika Adsorpsi Timbal dengan Adsorben Sabut Siwalan Terxanthasi. *Cendekia Journal of Pharmacy*. 1(1): 9–17.
- Neme, I., Gonfa, G., and Masi, C. 2022. Preparation and Characterization of Activated Carbon from Castor Seed Hull by Chemical Activation with H_3PO_4 . *Journal Materials*. 15(1): 1–8.
- Obayiuwana, A., Ogunjobi, A., Yang, M., and Ibekwe, M., 2018. Characterization of Bacterial Communities and Their Antibiotic Resistance Profiles in Wastewaters Obtained from Pharmaceutical Facilities in Lagos and Ogun States Nigeria. *J. Environ. Res. Public Health*. 15(7): 1365.
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M., dan Putri, E. M. M. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Karbon Tempurung Kelapa dengan Aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 Sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1): 116–120.
- Pelczar, M. J dan Chan, E. C. S. 2008. *Dasar-Dasar Mikrobiologi Jilid I*. UI Press. Jakarta.
- Piña, B., Bayona, J. M., Christou, A., Fatta-Kassinos, D., Guillon, E., Lambropoulou, D., Michael, C., Polesel, F., and Sayen, S. 2020. On the Contribution of Reclaimed Wastewater Irrigation to the Potential Exposure of Humans to Antibiotics, Antibiotic Resistant Bacteria and Antibiotic Resistance Genes – NEREUS COST Action ES1403 Position Paper. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 8(1): 102131.
- Ponkarthikeyan, P., and Sutha, K. S. 2017. A Review of Activated Carbon By Chemical Activation. SSRG International *Journal of Civil Engineering*. Special issue ICRTCETM-2017: 524–531.
- Pratiwi, D. S. 2013. *Kajian Uji Resistensi dan Sensitivitas Antibiotik Ceftriaxone dan Ciprofloxacin Pada Penderita Infeksi Saluran Kemih di RSUP Fatmawati*. (Skripsi). Prodi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan. Jakarta.
- Pruden, A., Larsson, D. G., Amézquita, A., Collignon, P., Brandt, K. K., Graham, D. W, Lazorchak, J. M., Suzuki, S., Silley, P., Snape, J. R., Topp, E., Zhang, T., and Zhu, Y. G. 2013. Management Options for Reducing the Release of Antibiotics and Antibiotic Resistance Genes to the Environment.

Environmental health perspectives. 121(8): 878–885.

- Purnamasari, U. 2017. *Pembuatan Karbon Aktif Kulit Salak dengan Proses Pengaktifan Karbon Dioksida*. (Skripsi). Program Studi Teknik Kimia. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Rampe, M. J., and Vistarani, A. T. 2018. Fabrication and Characterization of Activated Carbon from Charcoal Coconut Shell Minahasa, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*. 1028(1): 1-6.
- Rinawati., Hidayat, D., Supriyanto, R., Permana, D. F., and Yunita, I. 2019. Adsorption of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons using Low-Cost Activated Carbon Derived from Rice Husk. *Journal of Physics*. 1338: 012005.
- Rita, E., Fauzia, A., dan Dona, A. 2010. Pola Resistensi Bakteri Penyebab Infeksi Saluran Kemih (ISK) Terhadap Antibakteri di Pekanbaru. *Jurnal Natur Indonesia*. 12(2): 130–135.
- Rodríguez, B. S., Herrera, A. V., Ramos, M. A., and Borges, J. H. 2015. *Analytical Separation Science, First Edition*. In Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA.
- Roja, S. I. 2021. *Optimasi Metode Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE) Menggunakan Adsorben Karbon Aktif dari Padi (Oryza sativa) Untuk Penentuan 80 Senyawa Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*. (Skripsi). Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Lampung. Lampung.
- Saputro, E. A., Lia, F. R., Imaya, M. N., dan Ratna, Y. 2020. Teknologi Aktivasi Fisika pada Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(26): 42-53.
- Sari, I. 2013. Analisis Kadar *Ciprofloxacin* dalam Sediaan Tablet dengan Metode Spektroskopi Near-Infrared dan Kemometrik. *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*. Fakultas Farmasi UNEJ. Jember.
- Sarro, A. D. and Sarro, G. D. 2001. Adverse Reactions to Fluoroquinolones. An Overview on Mechanism Aspects. *Current medicinal chemistry*. 8(4): 371–384.
- Shen, Q., and Cheung, H. Y. 2014. TiO₂/SiO₂ Core-Shell Composite-Based Sample Preparation Method for Selective Extraction of Phospholipids from Shrimp Waste Followed by Hydrophilic Interaction Chromatography Coupled with Quadrupole Time-of-Flight/Mass Spectrometry Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62(36): 8944–8951.
- Shofa. 2012. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida*. (Skripsi). Fakultas. Teknik UI. Depok.

- Silva, C. L., Haesen, N., and Camara, J. S. 2012. A New and Improved Strategy Combining a Dispersive-Solid Phase Extraction-Based Multiclass Method with Ultra High Pressure Liquid Chromatography for Analysis of Low Molecular Weight Polyphenols in Vegetables. *Journal of Chromatography*. 1260: 154–163.
- SNI. 1995. SNI 06-3730-1995. *Karbon aktif Teknis*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Soedarsono., dan Syahputra, B. 2005. Pengolahan Air Limbah Batik dengan Proses Kombinasi Elektrokimia, Filtrasi dan Adsorpsi. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Universitas Islam Sultan Agung. Semarang.
- Sontheimer, J. E. 1985. *Activated Carbon for Water Treatment*. Elsevier. Netherlands.
- Sudibandriyo, M. 2011. Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu dengan Aktivasi Kimia. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 10(3): 149–156.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-dasar Spektrofotometri Uv-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Aura. Lampung.
- Tahid. 1994. *Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier*. Warta Kimia Analitis. Bandung.
- Tandy, E. 2012. Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(2): 34–38.
- Tran, T. Q., Do, H. T., Xuan, L. H., Huyen, P. N., Anh, T. N., Thi, C. Q. N., and Hung, D. C. 2022. Study of the Ciprofloxacin Adsorption of Activated Carbon Prepared from Mangosteen Peel. *Journal Applied Sciences*. 12(17): 5–19.
- Trina, I. 2021. *Potensi Karbon Aktif Kayu Bakau sebagai Solid Phase Extraction (SPE) Pada Pengaruh Pemekatan Konsentrasi Fenol*. (Skripsi). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Tunde, A. A. 2020. Adsorption of Ciprofloxacin HCl from Aqueous Solution Using Activated Kaolin. *An International Scientific Journal*. 145: 62–73.
- Udyani, K., Dian, Y. P., Rio, S. dan Khalida, Y. 2019. Pembuatan Karbon Aktif dari Karbon Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika dengan Microwave. *Jurnal IPTEK*. 23(1): 31–46.
- Verayana., Mardjam, P., dan Hendri, I. 2018. Pengaruh Aktivator HCL dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Karbon Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi Pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Entropi*. 13(1): 67–75.

- Wardiyati, S., Fisli, A., dan Ridwan. 2011. Penyerapan Logam Ni dalam Larutan oleh Nanokomposit Fe₃O₄-Karbon Aktif. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(3): 224-228.
- Wibowo, S. Wasrin, S., dan Gustan, P. 2011. Karakterisasi Permukaan Karbon Aktif Tempurung Biji Nyamplung. *Jurnal Makara*. 15(1): 17-24.
- Widya, A., Paulina, Taba., dan Budion, Y. H. 2017. Pemanfaatan Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (*Pangium edule Reinw*) Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B. *Jurnal FMIPA UNHAS*. 2(3): 1-13.
- Wijaya, H. 2018. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong (Manihot utilissima) dengan Aktivator ZnCl₂ dan NaCl Untuk Mengadsorpsi Senyawa Fenantrena*. (Skripsi). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Worch, E. 2012. *Adsorption Technology in Water Treatment-Fundamentals, Processes, and Modeling*. Walter de Gruyter. Berlin.
- Wunas.Y dan Susanti. 2011. *Analisa Kimia Farmasi Kuantitatif*. Kimia Farmasi Fakultas Farmasi UNHAS. Makassar.
- Xion, L., Gao, Y. Q., Li, W. H., Yang, X. L., and Shimo, S. P. 2015. Simple and Sensitive Monitoring of β 2-Agonist Residues in Meat by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry using a QuEChERS with Preconcentration as The Sample Treatment. *Journal Meat Science*. 105(1): 96-107.
- Yahya, S. 2013. *Spektrofotometri UV-Vis*. Erlangga. Jakarta.
- Yakubu, M. 2012. Antimicrobial Sensitivity Pattern of Organisms Causing Urinary Tract Infection in Children with Sickcell Anemia in Maiduguri. *Journal of Clinical Practice*. 15(1): 420-423.
- Yuliusman. 2015. Pembuatan Karbon Aktif dari Batu Bara Termodifikasi TiO₂ untuk Penyerap Karbon Monoksida. *Jurnal Teknik*. 3(1): 1-7.
- Yustinah., Hudzaifah., Aprilia, M., dan Syamsudin, A. B. 2020. Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch. *Jurnal Konversi*. 9(12): 17-27.
- Zhang, B., Han, X., Gu, P., Fang, S., and Bai, J. 2017. Response Surface Methodology Approach for Optimization of Ciprofloxacin Adsorption Using Activated Carbon Derived from The Residue of Desilicated Rice Husk. *Journal of Molecular Liquids*. 238: 316-325.