

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

(Skripsi)

Oleh

SABILA AMALYA HARYANTO



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

ABSTRAK

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

Oleh

Sabila Amalya Haryanto

Di Indonesia, antibiotik 77,6% dapat diperoleh tanpa resep dan antibiotik yang banyak digunakan adalah *amoxicillin*. Antibiotik yang digunakan secara berlebihan dapat mengakibatkan pencemaran dan berdampak pada munculnya residu maupun metabolit antibiotik terutama di lingkungan perairan. Salah satu teknik preparasi sampel residu antibiotik *amoxicillin* 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. Uji adsorpsi antibiotik *amoxicillin* menggunakan karbon aktif kayu manis dilakukan dengan lima variasi, yaitu variasi pH, konsentrasi adsorbat, massa adsorben dan waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum menggunakan karbon aktif pada pH 5 dengan konsentrasi 20 ppm pada massa 2 g dan waktu kontak selama 30 menit dengan tingkat adsorpsi sebesar 67,46%.

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

ABSTRACT

DSPE OPTIMIZATION BASED ON ACTIVATED CARBON FROM CINNAMON WASTE FOR DETERMINATION OF AMOXICILLIN RESIDUES

By

Sabila Amalya Haryanto

In Indonesia, 77.6% of antibiotics can be obtained without a prescription and the most widely used antibiotic is amoxicillin. Antibiotics that are used excessively can cause pollution if the residual waste and have an impact on the appearance of antibiotic residues and metabolites, especially in the aquatic environment. One of the sample preparation techniques for amoxicillin antibiotic residues in the environment is dispersive solid phase extraction (DSPE) using activated carbon adsorbents 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 the functional groups, XRD to determine the level of crystallinity, and SEM-EDX to see the surface morphology and elemental composition. Adsorption test of amoxicillin antibiotic using cinnamon activated carbon was conducted with five variations, namely pH variation, concentration adsorbate, mass adsorbent and contact time. The results showed that the optimum conditions using activated carbon at pH 5 with a concentration of 20 ppm at a mass of 2 g and contact time for 30 minutes with an adsorption rate of 67.46%.

Keywords: Activated carbon, amoxicillin antibiotic, cinnamon, DSPE.

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

Oleh

SABILA AMALYA HARYANTO

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
AMOXICILLIN**

Nama Mahasiswa : **Sabila Amalya Haryanto**


NPM : **1917011038**

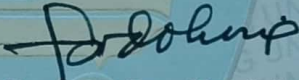
Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

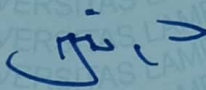


1. **Komisi Pembimbing**


Rinawati, Ph.D.
NIP. 197104142000032001


Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU.
NIP. 196102031987031002

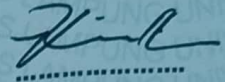
2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA**


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


MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

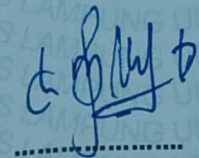
Ketua : **Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D.**



Sekretaris : **Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU.**

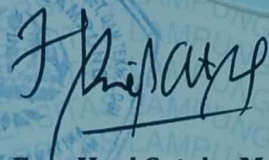


Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Mita Rilyanti, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **2 Agustus 2023**

**LEMBAR PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Sabila Amalya Haryanto
Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011038
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 *Amoxicillin***". 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



Sabila Amalya Haryanto
NPM. 1917011038

RIWAYAT HIDUP



Sabila Amalya Haryanto adalah nama penulis skripsi ini. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Amin Haryanto dan Ibu Tatu Mutia. Penulis dilahirkan di Ganjar Agung, Kota Metro pada tanggal 14 Mei 2002

Penulis menempuh pendidikan dimulai dari jenjang pendidikan di SD Negeri 1 Adipuro, Lampung Tengah pada tahun 2007 dan lulus pada tahun 2013.

Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 12 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2016. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 4 Metro pada tahun 2019 dan pada tahun yang sama penulis diterima sebagai Mahasiswi 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 Biro Penerbitan Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) FMIPA Unila kepengurusan tahun 2020 dan 2021. Pada bulan Januari-Februari tahun 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kenanga Sari Kecamatan Seputih Surabaya, Kabupaten Lampung Tengah. Pada bulan Juni-Juli tahun 2022 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Instrumentasi Universitas Lampung dengan judul "Pembuatan Arang Aktif dari

Limbah Kayu Mahoni". 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 *Amoxicillin*".

MOTTO

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”

(Q.S. Al Ghafir: 44)

“Cukuplah Allah menjadi penolong kami dan Allah sebaik-baik Pelindung”

(Q.S. Ali Imran:173)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al-Baqarah:128)

“Ada sesuatu yang menantimu setelah banyak kesabaran (yang kau jalani), yang akan membuatmu terpana hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit”

(Ali bin Abi Thalib)

“If you look inside your heart, You don't have to be afraid of what you There's an answer if you reach into your soul and the sorrow that you know will melt away, and be strong.”

(Hero Mariah Carey)

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 Amin Haryanto dan Ibu Tatu Mutia yang selalu memberikan kasih sayang dan doa yang tak henti-hentinya serta kerja keras untuk anakmu
Terimakasih mah, pah.*

Adikku tersayang

Maulana Gibran Haryanto yang selalu menghiburku.

Keluarga tercinta

sudah dengan tulus bersedia mengurus bila, do'a dan kebaikan yang tak henti hentinya.

Almamater tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Assalamualaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu kita nantikan syafaat-Nya di Yaumul Akhir nanti. Aamiin ya rabbal alamin sehingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Optimasi DSPE Berbasis Karbon Aktif dari Limbah Kayu Manis untuk Penentuan Residu Antibiotik *Amoxicillin***” 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 dan rintangan. Namun, hal tersebut dapat terlewati berkat ridho Allah SWT dan ridho orang tua serta dukungan dari berbagai pihak, sehingga kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Rinawati, Ph.D., selaku pembimbing I selalu sabar membimbing dan memberikan saran, ilmu, serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan ibu.
2. Bapak Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU., selaku pembimbing II yang telah membimbing, memberikan motivasi dan nasihat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan bapak.
3. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si., selaku penguji penelitian yang telah memberikan kritik, saran, dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini

dapat terselesaikan dengan baik. Semoga ibu selalu dalam lindungan Allah SWT.

4. Bapak Prof. Andi Setiawan, M.Sc., Ph.D., selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasihat kepada penulis selama kuliah di jurusan kimia.
5. Alm. Bapak Dr. R. Supriyanto, M.Si. yang memberikan ilmu dan saran kepada penulis.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
7. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu Dosen Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama kuliah. Semoga ilmu yang diberikan dapat membawa keberkahan.
9. Seluruh laboran, staff dan karyawan FMIPA Universitas Lampung atas semua bantuannya selama ini.
10. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
11. Teman seperbimbingan Dian, Melati, Isro, atas kerja samanya, motivasi, saran serta dukungan selama melakukan penelitian sampai akhir. Terimakasih atas kebaikan kalian.
12. Pemilik NPM 1917011037, seseorang yang telah menjadi rumah tempat berkeluh kesah, meluangkan waktu, tenaga dan pikiran kepada saya. Terimakasih sudah bersedia menemani dan mendukung saya.
13. Sahabat- sahabatku, Adel, Corry, Rara, Nelli yang telah memberi semangat dan dukungan untuk penulis.
14. Teman-teman KKN Desa Kenanga Sari yang telah memberikan semangat dan menghibur penulis.
15. Teman- teman kimia angkatan 2019 yang telah kebersamai dan memberikan motivasi selama ini.

16. Almamater tercinta Universitas Lampung.
17. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan kalian.

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.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 07 Agustus 2023
Penulis,

Sabila Amalya Haryanto

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 Senyawa Antibiotik <i>Amoxicillin</i>	5
2.2 <i>Dispersive Solid Phase Extraction</i> (DSPE)	6
2.3 Adsorpsi	8
2.4 Kayu Manis	9
2.5 Karbon Aktif	11
2.5.1 Struktur Fisika dan Kimia Karbon aktif.....	12
2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Daya Serap Karbon aktif	14
2.5.3 Pembuatan Karbon aktif.....	15
2.5.4 <i>pH Point of Zero Charge</i> (pH_{PZC}).....	16
2.6 Karakterisasi	17
2.6.1 Spektrofotometer UV-Vis	17
2.6.2 <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX)	19
2.6.3 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	21
2.6.4 <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	23
III. METODE PENELITIAN	26

3.1 Waktu dan Tempat.....	26
3.2 Alat dan Bahan.....	26
3.3 Prosedur Penelitian	27
3.3.1 Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kayu Manis.....	27
3.3.2 Proses Aktivasi	27
3.3.3 Identifikasi Karakteristik Karbon aktif	28
3.3.4 Pembuatan Larutan Induk <i>Amoxicillin</i> 500 ppm.....	30
3.3.5 Optimasi Parameter Ekstraksi <i>Amoxicillin</i> Menggunakan Metode DSPE	30
3.3.6 Penentuan Nilai Zeta Potensial	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Preparasi Kayu Manis dan Pembuatan Karbon Aktif	33
4.1.1 Rendemen.....	35
4.2 Uji Kualitas dan Karakterisasi Karbon Aktif.....	35
4.2.1 Kadar Air.....	35
4.2.2 Kadar Abu	36
4.2.3 Kadar Zat Menguap	36
4.2.4 Kadar karbon terikat	37
4.2.5 Karakterisasi dengan <i>Spektrofotometer Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	38
4.2.6 Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	40
4.2.7 <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM- EDX)</i>	41
4.3 Penentuan Nilai Zeta Potensial	43
4.4 Optimasi Metode <i>Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE)</i>	44
4.4.1 Penentuan pH Optimum Adsorbat	44
4.4.2 Penentuan Konsentrasi Optimum Adsorbat	46
4.4.3 Penentuan Massa Optimum Adsorben	47
4.4.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	49
4.4.5 Mekanisme Reaksi Adsorpsi	51
V. KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi tanaman kayu manis.....	10
2. Sifat fisika dan kimia karbon kayu manis	11
3. Persyaratan kualitas karbon aktif	12
4. Hasil uji kualitas karbon berdasarkan (SNI 06-3730-1995)	38
5. Hasil FT-IR	40
6. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan pH optimum adsorbat	45
7. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	47
8. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan massa optimum adsorben	48
9. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan waktu kontak optimum.....	50
10. Kurva kalibrasi I untuk penentuan pH optimum adsorbat	70
11. Data uji adsorpsi I penentuan pH adsorbat optimum	71
12. Kurva kalibrasi II untuk penentuan pH optimum adsorbat	72
13. Data uji adsorpsi II penentuan pH adsorbat optimum.....	72
14. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan pH adsorbat optimum.....	73
15. Kurva kalibrasi I untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	74
16. Data uji I untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat	74
17. Kurva kalibrasi II untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	76
18. Data uji II untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	76
19. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	77
20. Kurva kalibrasi I untuk penentuan massa optimum adsorben.	77
21. Data uji I untuk penentuan massa optimum adsorben	78
22. Kurva kalibrasi II untuk penentuan massa optimum adsorben	79
23. Data uji II untuk penentuan massa optimum adsorben	79

24. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan massa adsorben optimum	80
25. Kurva kalibrasi I untuk penentuan waktu optimum adsorben	81
26. Data uji I untuk penentuan waktu optimum adsorben	81
27. Kurva kalibrasi II untuk penentuan waktu optimum adsorben	83
28. Data uji II untuk penentuan waktu optimum adsorben	83
29. Data rata-rata uji adsorpsi penentuan waktu kontak optimum.....	84
30. Data pH_{PZC} adsorben Karbon	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur <i>amoxicillin</i>	6
2. Skema teknik DSPE	7
3. Limbah kayu manis	11
4. Struktur fisika karbon.....	12
5. Struktur kimia karbon	13
6. Prinsip kerja SEM	19
7. Hasil SEM karbon aktif serbuk kayu jati.	21
8. Prinsip FTIR.....	22
9. Spektrum FTIR karbon aktif	23
10. Difraktogram XRD.....	24
11. Diagram alir Penelitian	32
12. Kayu manis (a) setelah dibersihkan (b) dikeringkan.....	33
13. (a) Aktivasi kimia (b) filtrat hasil aktivasi kimia	34
14. Karbon (a) sebelum, (b) sesudah aktivasi	34
15. Hasil spektrum FTIR.....	38
16. Hasil difraktogram XRD	40
17. Hasil karakterisasi SEM pada permukaan adsorben	41
18. Hasil spektrum EDX pada adsorben (a) karbon, (b) karbon aktif	42
19. Kurva pH_{PZC} adsorben karbon aktif	43
20. Hasil uji adsorpsi berdasarkan variasi pH adsorbat Karbon	44
21. Hasil uji adsorpsi berdasarkan pengaruh konsentrasi optimum adsorbat	46
22. Hasil uji adsorpsi berdasarkan pengaruh massa optimum adsorben.....	48
23. Hasil uji adsorpsi berdasarkan pengaruh waktu kontak.....	50

24. Mekanisme adsorpsi 1 karbon aktif dengan amoxicillin.....	51
25. Mekanisme adsorpsi 2 karbon aktif dengan amoxicillin.....	52
26. Kurva kalibrasi I untuk penentuan pH optimum adsorbat	69
27. Kurva kalibrasi II untuk penentuan pH optimum adsorbat	72
28. Kurva kalibrasi I untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat	74
29. Kurva kalibrasi II untuk penentuan konsentrasi optimum adsorbat.....	75
30. Kurva kalibrasi I untuk penentuan massa optimum adsorben	77
31. Kurva kalibrasi II untuk penentuan massa optimum adsorben	79
32. Kurva kalibrasi I untuk penentuan waktu optimum adsorben	81
33. Kurva kalibrasi II untuk penentuan waktu optimum adsorben	82

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan antibiotik merupakan salah satu kebutuhan dasar kesehatan manusia yang berfungsi sebagai obat atau zat anti bakteri untuk mengatasi berbagai penyakit infeksi. Sumber kegiatan yang berpotensi menghasilkan sisa antibiotik dalam badan air diantaranya melalui berbagai macam kegiatan dalam bidang pertanian, peternakan, produk farmasi dan perawatan tubuh dan industri (Kurniawan dan Mariadi, 2019; Liguori *et al.*, 2022). Antibiotik yang digunakan secara berlebihan dapat mengakibatkan pencemaran dan berdampak pada munculnya residu maupun metabolit antibiotik terutama di lingkungan perairan (Wulur dkk., 2021). Salah satu residu yang banyak ditemukan adalah *amoxicillin*.

Amoxicillin merupakan suatu antibiotik semisintetik penicillin yang memiliki cincin β -laktam yang digunakan untuk mengobati infeksi bakteri yang disebabkan oleh mikroorganisme (Kassaye and Genete, 2013). Di Indonesia, antibiotik 77,6% dapat diperoleh tanpa resep dan antibiotik yang banyak digunakan adalah *amoxicillin* (Anna dan Fernandez, 2013). Pemakaian yang luas ini dapat menyebabkan semakin meningkatnya residu antibiotik *amoxicillin* karena pembuangan limbah sisa obat antibiotik yang tidak dikonsumsi lagi dibuang tanpa prosedur yang tepat (Rahayu dan Rindawati, 2021). Selain itu antibiotik yang dikonsumsi tidak diserap dengan baik di dalam tubuh dan sekitar 30-90% dari antibiotik diekresesikan tanpa perubahan dalam urin atau feses dan mengalir ke sistem pembuangan limbah rumah tangga (Hernandez *et al.*, 2021). Kegiatan rumah sakit menghasilkan beberapa residu obat-obatan, salah satunya antibiotik

karena instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang dimiliki oleh rumah sakit tidak dirancang untuk mengolah limbah yang mengandung obat-obatan sehingga limbah yang dihasilkan oleh proses pengolahan akan mengandung kontaminan sisa penggunaan antibiotik dapat terbuang ke dalam sistem pembuangan air (Kurniawan dkk., 2019). Hal tersebut dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan memodifikasi informasi genetik bakteri alami sehingga terjadi resistensi (Anggraini dan Pujilestari, 2017). Akibatnya, lingkungan perairan yang terkontaminasi tidak hanya membahayakan manusia tetapi juga menyebabkan kerusakan spesies individu, populasi, dan komunitas biologis (Santos and Ramos, 2016). Oleh sebab itu maka perlu dilakukan penentuan antibiotik *amoxicillin* yang tepat dan efisien. Namun, residu antibiotik di lingkungan merupakan hal yang rumit dikarenakan matriks yang dianalisis memiliki kompleksitas tinggi (Alampanos *et al.*, 2019). Oleh karena itu diperlukan teknik preparasi sampel yang tepat untuk menentukan kadar residu antibiotik lingkungan.

Selama ini teknik preparasi yang digunakan adalah *Solid Phase Extraction* (SPE). Metode SPE merupakan teknik preparasi sampel yang memiliki komponen utama fasa padat dengan fungsi sebagai adsorben yang diletakkan dalam kolom. Namun, metode SPE memiliki kelemahan seperti membutuhkan waktu yang lama pada setiap tahap preparasi sampel, hanya dapat digunakan dalam satu kali pakai, memerlukan jumlah sampel yang cukup banyak dan biaya relatif mahal (Anastassiades *et al.*, 2003). Oleh karena itu diperlukan pengembangan metode menggunakan *Dispersive Solid Phase Extraction* (DSPE) atau metode ekstraksi fasa padat terdispersi. Metode DSPE memiliki beberapa kelebihan yaitu membutuhkan waktu yang singkat, lebih banyak sampel dianalisis pada satu waktu, dan membutuhkan pelarut yang sedikit. Metode DSPE terdiri dari penambahan adsorben padat yang langsung dimasukkan ke larutan sampel. Prinsip metode DSPE didasarkan pada analit yang ada dalam matriks sampel yang akan teradsorpsi ke fasa padat DSPE (Islas *et al.*, 2017).

Salah satu langkah penting dalam DSPE adalah pemilihan adsorben, perlu untuk mempertimbangkan karakteristik kimia dan fisik yang memungkinkan interaksi maksimal antara adsorben dan analit (Islas *et al.*, 2017). Pada umumnya adsorben yang digunakan teknik DSPE adalah adsorben sintesis seperti *multi walled carbon nanotubes*, *gold nanoparticles*, dan *halloysite nanotubes* (Qin *et al.*, 2019).

Namun pada penggunaan adsorben sintesis diperlukan biaya mahal dan proses sintesis sulit untuk pembuatannya (Firdaus, 2013). Alternatif dari kekurangan tersebut yaitu menggunakan adsorben ramah lingkungan, mudah tersedia, dan biaya rendah berbasis bahan pertanian (Shaikh, 2020). Adsorben yang banyak digunakan yaitu silika gel, zeolit, dan karbon aktif (Puspita dkk., 2017).

Karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben karena memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif juga memiliki sifat adsorpsi yang selektif, tergantung pada luas permukaan dan ukuran pori-pori karbon aktif tersebut (Saputro *et al.*, 2020). Luas permukaan dari suatu karbon aktif dapat bertambah atau meningkat setelah karbon aktif melalui tahap aktivasi baik secara kimia atau fisika. Luasnya permukaan karbon aktif disebabkan karena karbon memiliki permukaan dalam yang berongga, sehingga karbon mampu menyerap zat atau senyawa yang terdapat dalam suatu larutan (Maulinda dkk., 2015). Karbon aktif dapat mengadsorpsi zat warna tekstil, dapat sebagai adsorben pengolahan senyawa pencemar seperti logam berat, fenol, padatan tersuspensi (Lestari *et al.*, 2020) dan dapat mengadsorpsi senyawa-senyawa antibiotik seperti tetrasiklin, beta-laktam, kuinolon, *amoxicillin*, dan sulfonamid (Chang *et al.*, 2015).

Karbon aktif yang berkualitas dapat dibuat dari bahan organik yang mengandung biopolimer seperti lignin, hemiselulosa, atau selulosa (Demiral *et al.*, 2021).

Bahan dari limbah pertanian dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif dengan biaya yang cukup rendah (Wang and Kaskel, 2012). Limbah kayu manis merupakan sisa kayu yang tidak ikut dikupas untuk diambil kulitnya sebagai bahan rempah-rempah yang selama ini setelah ditebang hanya diambil kulitnya dan kayunya hanya dibiarkan saja. Limbah kayu manis termasuk salah satu limbah pertanian yang bisa dijadikan sebagai karbon aktif karena mengandung

selulosa 25-35%, hemiselulosa 18-22%, lignin 19-27% (Hamidah dkk., 2009). Menurut Komarayati dan Gusmailina (1994) tentang pembuatan karbon aktif dari kayu manis 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 sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai karbon aktif.

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 *amoxicillin*.

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, dan waktu kontak optimum dalam proses ekstraksi senyawa antibiotik *amoxicillin*.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karbon aktif dari Limbah kayu manis untuk penentuan residu senyawa antibiotik *amoxicillin*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

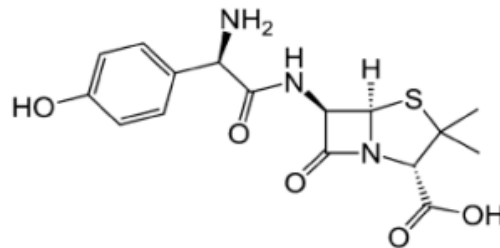
2.1 Senyawa Antibiotik *Amoxicillin*

Antibiotik adalah senyawa alami yang dihasilkan oleh jamur atau mikroorganisme lain yang dapat membunuh bakteri penyebab penyakit pada manusia ataupun hewan. Beberapa antibiotik merupakan senyawa sintetis (tidak dihasilkan oleh mikroorganisme) yang juga dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan bakteri. Meski antibiotik memiliki banyak manfaat, tetapi penggunaannya telah berkontribusi terhadap terjadinya resistensi (Katzung, 2007). Antibiotik digunakan sebagai obat untuk mengatasi infeksi bakteri yang bersifat bakterisid (membunuh bakteri) atau bakteristatik (mencegah berkembangbiaknya bakteri), selain itu antibiotik juga digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas hewan dan tumbuhan (Yang *et al.*, 2020).

Amoxicillin termasuk salah satu antibiotik golongan penicillin yang biasanya digunakan untuk mengobati berbagai jenis infeksi pada anak-anak maupun orang dewasa. Antibiotik *amoxicillin* banyak digunakan karena memiliki spektrum antibakteri yang luas, memiliki bioavailabilitas oral yang tinggi, serta harganya relatif murah (Amanda dkk., 2022). *Amoxicillin* diindikasikan untuk infeksi bakteri pada telinga, tenggorokan, sinus, kulit, saluran kemih, abdomen dan darah (Sofyani dkk., 2018). *Amoxicillin* aktif melawan infeksi yang disebabkan bakteri gram positif yang tidak menghasilkan B-laktamase dan aktif melawan bakteri gram negatif karena obat tersebut dapat menembus pori-pori dalam membran fosfolipid luar (Neal, 2007).

Amoxicillin merupakan antibiotik yang memiliki bentuk butir, berwarna putih, sedikit pahit, serta memiliki titik leleh 194 °C. *Amoxicillin* memiliki nama lain D(-

)-a-amino-phydroxybenzylpenicillin, *amoxicillin* atau amoksiiline. Rumus kimia *amoxicillin* adalah (2S,5R,6R)-6-[[[(2R)-2-Amino-2-(4-hidroksifenil) asetil] amino]- 3,3 - dimetil- 7- okso - 4- tia - 1- aza - bisiklo [3.2.0]heptan-2karboksilat (Kaur *et al.*, 2011). Struktur dari *amoxicillin* dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur *amoxicillin* (Wronska *et al.*, 2015)

2.2 Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE)

Metode *Dispersive Solid Phase Extraction* (DSPE) merupakan metode yang efektif. Pada metode ini adsorben diterapkan langsung ke dalam volume sampel cair tanpa perlu persiapan sampel sebelumnya dan seluruh metode bergantung pada pengocokan dan sentrifugasi. Metode DSPE ini memungkinkan keseimbangan ekstraksi tercapai dengan cepat dan jumlah pelarut yang dibutuhkan sangat rendah (Scigalski *and* Kosobucki, 2020).

Metode 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 (Fagerquist *et al.*, 2005). Namun salah satu langkah penting dalam DSPE adalah pemilihan adsorben, dan perlu mempertimbangkan kimia dan fisik karakteristik yang memungkinkan interaksi maksimal antara adsorben dan analit, memastikan ekstraksi selektivitas, penghapusan, atau prakonsentrasi analit hadir dalam analitis 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).

Metode 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. Keunggulan DSPE memungkinkan lebih banyak sampel untuk dianalisis pada satu waktu, cukup cepat, dan membutuhkan konsumsi pelarut yang rendah. DSPE terdiri dari penambahan adsorben padat, langsung ke dalam larutan sampel. Proses dispersi meningkatkan area kontak antara adsorben 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 sorben bisa dengan mudah dielusi atau dihilangkan dengan penambahan bahan organik yang memadai. Rangkaian metode DSPE ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema teknik DSPE (Roja, 2021).

Salah satu langkah penting dalam teknik DSPE adalah pemilihan adsorben dan perlu mempertimbangkan karakteristik kimia dan fisik yang memungkinkan interaksi maksimal antara adsorben dan analit, memastikan ekstraksi selektivitas. Bahan karbon yang digunakan dalam metode DSPE harus memiliki karakteristik khusus dalam morfologinya seperti luas permukaan yang tinggi ukuran dan kapasitas penyerapan yang besar (Islas *et al.*, 2017).

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Tandy dkk., 2012). Mekanisme adsorpsi proses adsorpsi dapat berlangsung jika padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul adsorbat, sehingga didalamnya terjadi gaya kohesif atau gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida. Molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi/melekat ke permukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan yang terakumulasi/melekat disebut adsorbat. Adsorpsi oleh karbon aktif paling disukai tidak hanya karena luas permukaan yang besar, porositas, dan kapasitas adsorpsi yang besar, tetapi juga karena kesederhanaan dalam analisis dan kemudahan perlakuannya (Bhatnagar *and* Sillanpaa, 2017).

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan 2 jenis yaitu:

A. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Gaya Van der Waals adalah gaya tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben ke bagian permukaan adsorben lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya.

B. Adsorpsi kimia

Adsorpsi kimia yaitu adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kovalen dan ion antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk merupakan lapisan *monolayer*. Adsorpsi kimia diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau ikatan hidrogen kemudian melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasa merupakan ikatan kovalen (Shofa, 2012).

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori letak tertentu didalam partikel tersebut. Pada umumnya pori-pori yang terdapat di adsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan persentase penyerapan yang tinggi (Shofa, 2012).

2.4 Kayu Manis

Kayu manis (*cinnamomum burmannii*) merupakan tanaman semak atau pohon kecil yang umumnya dikenal sebagai *cassia* Indonesia, *cassia* Batavia, dan *cassia* Padang, dan merupakan anggota dari Lauraceae. Tanaman ini tersebar di Asia Tenggara dan dibudidayakan di negara Indonesia dan Filipina. Tanaman ini memiliki bentuk lonjong-elips yang panjangnya 4-14 cm dengan daun berbentuk

bulat yang berwarna hijau mengkilap. Kulit kering dari tanaman ini sering ditemukan dengan bentuk gulungan di pasar dan digunakan untuk bumbu masakan (Al-Dhubiab, 2012). Adapun klasifikasi tanaman kayu manis ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi tanaman kayu manis

Kingdom	Plantae
Divisi	Magnoliophyta
Class	Magnoliopsida
Ordo	Laurales
Family	Cinnamomum
Spesies	cinnamomum burmanni

(Qomar, 2017).

Kayu manis adalah produk kayu dengan golongan kayu keras. Bagian pohon kayu manis yang banyak dimanfaatkan adalah kulit batang. Kulit kayu manis digunakan sebagai bahan rempah dan digunakan sebagai campuran makanan, minuman, obat-obatan, kosmetik, dan aroma terapi. Salah satu usaha yang perlu dilakukan adalah pemanfaatan limbah kayu manis yaitu sisa kayu yang tidak ikut dikupas untuk diambil kulitnya sebagai bahan rempah-rempah yang selama ini setelah ditebang hanya diambil kulitnya dan kayunya hanya dibiarkan saja (Eksak, 2014). Pemanfaatan limbah menjadi karbon aktif, Komarayati dan Gusmailina (1994) melakukan penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari kayu manis dan melaporkan bahwa kadar karbon terikat 78,31 %. Adapun sifat fisik dan kimia karbon kayu manis ditunjukkan pada Tabel 2 dan foto limbah kayu manis ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 2. Sifat fisika dan kimia karbon kayu manis

Parameter Nilai	Nilai
Kadar air (<i>Moisture content</i>)	4,55%
Kadar abu (<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).

Limbah kayu manis ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Limbah kayu manis (Guring dkk., 2020).

2.5 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben. Karbon aktif atau karbon aktif padatan dengan bahan dasar karbon yang memiliki pori-pori dengan luas permukaan yang sangat tinggi yaitu di atas 600 m²/gram. Karbon aktif ini biasanya dapat dibuat dengan pemanasan sehingga menjadi arang. Karbon aktif memiliki pori-pori mikro makro dengan jumlah, bentuk serta ukuran yang bervariasi. Bentuk pori bisa berupa silinder, empat persegi panjang atau tidak beraturan dengan ukuran diameter antara 10-100.000 Å (Sudrajat dan Pari, 2011). Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan yang semakin besar pori-pori

karbon aktif mengakibatkan luas permukaan semakin besar dan kecepatan adsorpsi bertambah. Karbon aktif yang baik menurut SNI mempunyai persyaratan yang tertera pada Tabel 3.

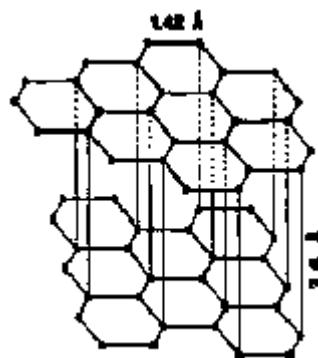
Tabel 3. Persyaratan kualitas karbon aktif

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%
Daya Serap Iod	Minimal 750 mg/g

(SNI 06-3730-1995)

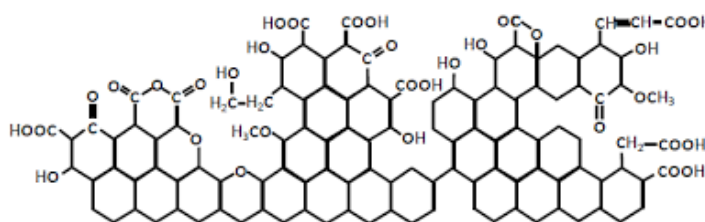
2.5.1 Struktur Fisika dan Kimia Karbon aktif

Karbon aktif mempunyai bentuk yang amorf yang terdiri dari pelat-pelat datar di mana atom-atom karbonnya tersusun dan terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal. Hal tersebut telah dibuktikan dengan penelitian menggunakan sinar-X yang menunjukkan adanya bentuk-bentuk kristalin yang sangat kecil. Adapun struktur fisika karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur fisika karbon (Sudarman, 2001).

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. Selain mengandung karbon, karbon aktif juga mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang secara kimiawi terikat dalam berbagai gugus fungsi seperti karbonil, karboksil, fenol, lakton, quinon, dan gugus-gugus eter. Gugus fungsional dibentuk selama proses aktivasi oleh interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dengan gugus fungsionalnya ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur kimia karbon (Sudribandriyo, 2003).

Beberapa material yang dapat digunakan untuk menghilangkan antibiotik seperti material dari karbon misalnya karbon aktif, karbon nanotube, grafena, dan biochar (Ahmed *and* Theydan, 2012; Chen *and* Huang, 2010; Zhang *et al.*, 2011), tanah liat dan mineral (Wu *et al.*, 2016), resin polimer, logam oksida seperti aluminium oksida dan nanopartikel polimer yang dicetak secara molekular kitosan dan gel (Ersan *et al.*, 2013). Di antara adsorben tersebut, material karbon telah banyak digunakan karena jumlah struktur pori yang besar, luas permukaan yang spesifik, dan gugus fungsi permukaan yang dapat disesuaikan (Yu *et al.*, 2016). Pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa adsorpsi menggunakan karbon aktif efektif untuk menghilangkan berbagai antibiotik termasuk tetrasiklin,

sulfonamida, fluoroquinolones, macrolides dan β -lactam (Yu *et al.*, 2016).

2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Daya Serap Karbon aktif

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap karbon aktif, menurut (Suprianofa, 2016) faktor- faktor tersebut diantaranya adalah :

1. Temperatur

Temperatur Dalam pemakaian karbon aktif dianjurkan untuk mengamati temperatur pada saat berlangsungnya proses. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya.

2. pH (Derajat Keasaman)

Adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

3. Waktu Kontak

Karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah karbon yang digunakan. Pengadukan juga mempengaruhi waktu kontak. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel karbon aktif untuk berkontak dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama.

4. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing masing senyawa.

Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama.

2.5.3 Pembuatan Karbon aktif

1. Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas atau proses pengarangan dalam ruang tanpa adanya oksigen dan bahan kimia lainnya, biasanya dilakukan dalam tanur. Tujuan karbonisasi adalah untuk menghilangkan zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*) yang terkandung pada bahan dasar. Proses pembakaran ini menyebabkan penguraian senyawa organik yang dapat menyusun struktur bahan baku seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin (Faizal dkk., 2014).

2. Aktivasi

Aktivasi adalah bagian dari proses pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka, menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi. Proses aktivasi karbon aktif mampu meningkatkan daya adsorpsi dan luas permukaan, hal ini dikarenakan karbon aktif hasil karbonisasi biasanya masih mengandung zat lain sehingga menutup pori-pori permukaan karbon aktif. Hidrokarbon, tar, dan senyawa organik yang melekat pada karbon dilepaskan pada saat proses ini terjadi. Proses aktivasi terdiri dari 2 jenis, yaitu:

a. Aktivasi Fisika

Aktivasi secara fisika dilakukan dengan memanaskan karbon pada suhu sekitar 500-800 °C dan dialirkan gas pengoksidasi seperti uap air, oksigen atau CO₂. Gas pengoksidasi akan bereaksi dengan karbon dan melepaskan karbon monoksida dan hidrogen untuk gas pengoksidasi berupa uap air. Senyawa-senyawa produk samping akan terlepas pada proses ini sehingga akan memperluas pori dan meningkatkan daya adsorpsi. Struktur karbon

terbentuk karena terjadinya pengurangan massa karbon dalam jumlah yang besar pada aktivasi fisika. Kelebihan oksida eksternal seringkali terjadi pada aktivasi fisika sewaktu gas pengoksidasi berdifusi pada karbon, sehingga terjadi pengurangan ukuran adsorben (Marsh *and* Francisco, 2006).

b. Aktivasi kimia

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Pada cara ini, proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan bahan kimia (aktivator) sebagai agen pengaktivasi. Aktivator adalah zat atau bahan kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif pada adsorben karbon aktif sehingga dapat menyebabkan daya serapnya menjadi lebih baik. Selanjutnya zat aktivator akan memasuki pori dan membuka permukaan karbon aktif yang masih tertutup oleh deposit tar. Aktivator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti hidroksida, logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya ZnCl serta asam-asam anorganik seperti H₃SO₄ dan H₃PO₄ (Sudibandriyo dan Lidya, 2011).

2.5.4 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):

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

2.6 Karakterisasi

2.6.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan teknik analisa spektroskopi yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekan dan daerah *visible* dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometer UV-Vis didasarkan pada absorpsi gelombang elektromagnetik (cahaya) oleh suatu molekul, dimana energi cahaya yang terserap selanjutnya digunakan untuk transisi elektron. Pada Spektrofotometer ultraviolet (200-400 nm), yang diserap adalah cahaya ultra ungu, dengan cara ini larutan tak berwarna dapat diukur. Metode Spektrofotometer sinar tampak (*visible*) (400-750 nm) didasarkan pada penyerapan sinar tampak oleh suatu larutan. Pengukuran panjang gelombang *amoxicillin* kisaran 200-400 nm. *Amoxicillin* memiliki serapan maksimum dalam larutan asam pada panjang gelombang 229 nm. Pergeseran panjang gelombang pada instrumen spektrofotometer UV-Vis disebabkan adanya efek hipokromik yaitu terjadinya penurunan intensitas absorbansi akibat adanya perbedaan dan perubahan pelarut yang digunakan. Metode spektrofotometri UV-Vis mempunyai banyak keuntungan penggunaannya luas dapat digunakan untuk senyawa organik, anorganik dan biokimia yang absorpsi pada daerah ultraviolet maupun daerah tampak, sensitivitasnya tinggi, selektivitasnya tinggi, ketelitiannya baik, pengukurannya mudah, dengan kinerjanya yang tepat (Ningtias dan Robby, 2022).

Prinsip dari Spektrofotometer UV-Vis adalah mengukur jumlah cahaya yang diabsorpsi atau ditransmisikan oleh molekul-molekul didalam larutan. yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet (200-400 nm) dan sinar tampak (400-750 nm). Ketika panjang gelombang cahaya ditransmisikan melalui larutan, sebagian energi cahaya tersebut akan diserap. Besarnya kemampuan molekul-molekul zat terlarut untuk mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu dikenal dengan istilah absorbansi (A), yang setara dengan nilai konsentrasi larutan tersebut dan panjang berkas cahaya yang dilalui ke suatu point dimana persentase jumlah cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi diukur dengan *phototube* (Harmita, 2006).

Menurut Khopkar (2003) Instrumen Spektrofotometri Uv-Vis adalah:

a. Sumber Cahaya

Sumber yang biasa digunakan pada spektroskopi absorpsi adalah lampu wolfram. Pada daerah UV digunakan lampu hidrogen atau lampu deuterium. Kebaikan lampu wolfram adalah energi radiasi yang dibebaskan tidak bervariasi pada berbagai panjang gelombang.

b. Monokromator

Monokromator adalah alat yang akan memecah cahaya polikromatis menjadi cahaya tunggal (monokromatis) dengan komponen panjang gelombang tertentu. Monokromator berfungsi untuk mendapatkan radiasi monokromator dari sumber radiasi yang memancarkan radiasi polikromatis. Monokromator terdiri dari susunan: celah (slit) masuk – filter – prisma – kisi (grating) – celah (slit) keluar.

c. Wadah sampel (kuvet)

Kuvet merupakan wadah sampel yang akan dianalisis. Kuvet dari leburan silika (kuarsa) dipakai untuk analisis kualitatif dan kuantitatif pada daerah pengukuran 190 – 1100 nm, dan kuvet dari bahan gelas dipakai pada daerah pengukuran 380 – 1100 nm karena bahan dari gelas mengabsorpsi radiasi UV.

d. Detektor

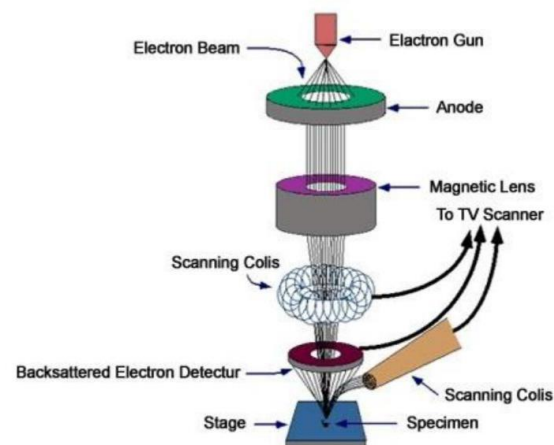
Detektor akan menangkap sinar yang diteruskan oleh larutan. Sinar kemudian diubah menjadi sinyal listrik oleh amplifier dan dalam rekorder akan ditampilkan dalam bentuk angka-angka pada reader (komputer).

e. *Visual Display/Recorder*

Visual Display/Recorder sistem baca yang memperagakan besarnya isyarat listrik, menyatakan dalam bentuk % transmittan maupun absorbansi.

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

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan teknik karakterisasi material yang digunakan untuk melihat morfologi permukaan partikel sampai pada ukuran 1 nm (Charurvedi *and* Dave, 2012). Prinsip kerja dari SEM adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh sampel yang akan dianalisis. Prinsip kerja SEM ditunjukkan Gambar 6.



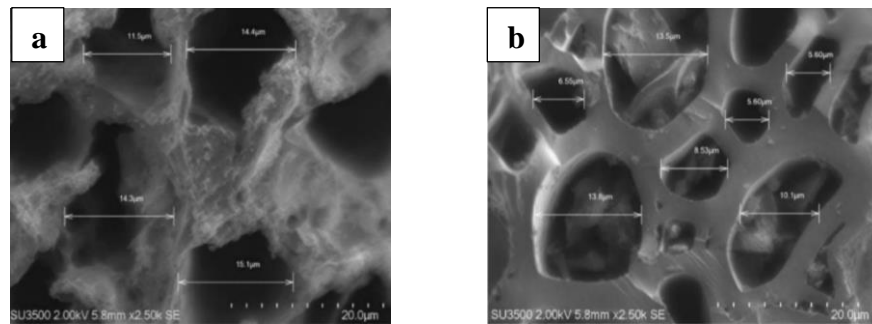
Gambar 6. Prinsip kerja SEM (Schweitzer, 2014).

Syarat agar SEM dapat menghasilkan citra permukaan yang tajam adalah permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan elektron sekunder ketika ditembak dengan berkas elektron memiliki sifat demikian adalah logam. Jika permukaan logam diamati dibawah SEM maka profil permukaan akan tampak dengan jelas. Sementara, pada profil permukaan bukan logam untuk diamati dengan SEM, permukaan material tersebut harus dilapisi dengan logam. Film tipis logam dibuat pada permukaan material tersebut sehingga

dapat memantulkan berkas elektron. Metode pelapisan yang umum dilakukan adalah *coating*. SEM memiliki beberapa keunggulan, diantaranya mampu menggambarkan area yang besar secara komparatif dari spesimen, mengukur komposisi dan sifat dasar dari spesimen serta memiliki resolusi tinggi (Wijaya, 2008).

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. Komposisi adalah kemampuan menganalisis komposisi dari permukaan benda secara kuantitatif dan kualitatif (Girao *et al.*, 2017). Perbedaan morfologi pori permukaan karbon aktif tanpa aktivasi dengan aktivasi. Pada gambar terlihat adanya pengaruh aktivasi memiliki pori-pori yang lebih besar daripada karbon tanpa aktivasi. Hal ini dikarenakan pori-pori karbon tanpa aktivasi, sebagian besar pori-pori masih tertutup oleh hidrogen dan senyawa organik lainnya yang komponennya terdiri dari abu, air, nitrogen, dan belerang. Hasil SEM pada karbon aktif dengan pelarut H_3PO_4 ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil SEM karbon aktif serbuk kayu jati (a) tanpa aktivasi (b) dengan aktivasi (Wijaya dkk., 2018).

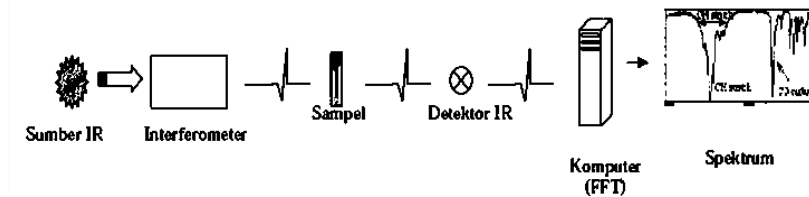
2.6.3 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

FTIR dapat memberikan informasi dalam hal kimia, seperti struktur dan konformasional serta mendapatkan spektrum inframerah dari absorbansi, emisi, fotokonduktivitas dari sampel padat, cair, dan gas. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. FTIR juga dapat digunakan untuk analisis kuantitatif menggunakan prinsip hukum Beer, dimana puncak intensitas (absorbansi) dari spektrum inframerah (IR) berbanding lurus dengan konsentrasi sampel (Che Man *et al.*, 2011). FTIR secara efektif dapat memberikan informasi mengenai komposisi kimia bahan pada tingkat molekular. FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi kimia dari senyawa organik dan anorganik (Bunaciu *et al.*, 2014). Spektra IR dapat dibagi dalam tiga daerah utama, yaitu IR jauh ($<400\text{ cm}^{-1}$), IR tengah ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$) dan IR dekat ($13000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$). Dari ketiga daerah itu, IR tengah merupakan daerah yang paling banyak digunakan untuk analisis karena semua molekul mempunyai absorbansi karakteristik dan vibrasi molekul utama dalam daerah ini (Davis *and* Mauer, 2010).

Interferometer dapat mengubah cahaya IR yang polikromatik menghasilkan beberapa berkas cahaya membentuk sinyal interferogram. Gelombang tersebut dilewatkan pada sampel dan ditangkap oleh detektor yang terhubung ke komputer

sehingga dihasilkan gambaran spektrum sampel yang diuji. Spektrum tersebut menunjukkan hubungan antara intensitas serapan sampel dan bilangan gelombang (Suseno dan Firdausi, 2008).

Prinsip kerja FTIR secara umum dapat ditunjukkan pada Gambar 8.

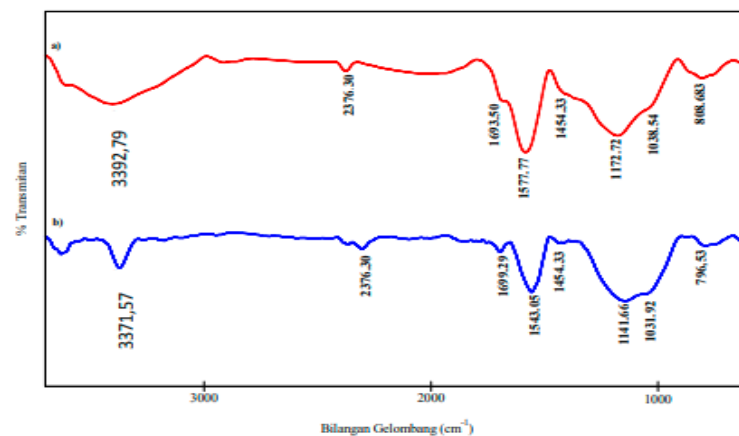


Gambar 8. Prinsip FTIR (Suseno dan Firdausi, 2008).

Mekanisme yang terjadi pada FTIR yaitu sinar datang dari sumber sinar yang kemudian diteruskan, lalu akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Kemudian sinar hasil pantulan dari kedua cermin tersebut akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian 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 sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang terdapat pada interferometer (Prastika, 2015).

Setiap sampel yang diuji memiliki senyawa yang menyerap energi dari cahaya inframerah sehingga molekul tersebut akan tereksitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi. Penyerapan energi tersebut mengakibatkan perubahan energi vibrasi yang terjadi pada molekul tersebut. Vibrasi molekul dapat digolongkan menjadi vibrasi regangan (*stretching*) dan vibrasi bengkokan (*bending*). Keuntungan dari penggunaan spektrofotometer FTIR diantaranya: tidak menyebabkan kerusakan pada sampel yang dianalisis, dapat menganalisis senyawa organik maupun

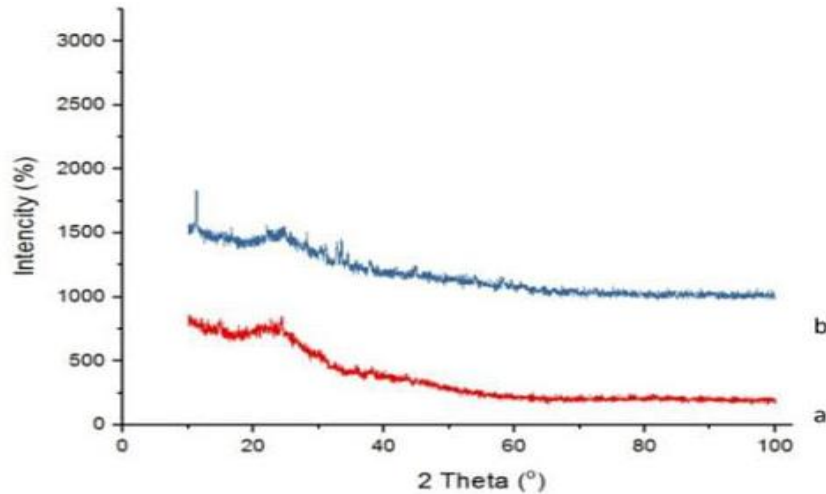
anorganik pada berbagai bentuk fisik (padat, cair dan gas), serta memiliki referensi standar untuk berbagai senyawa kimia yang telah diterbitkan di seluruh dunia sehingga dapat dijadikan rujukan dalam menganalisis spektrum (Uddin, 2012). Hasil dari FT-IR Spektrum karbon aktif sebelum dan setelah aktivasi ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Spektrum FTIR karbon aktif sebelum (a) dan setelah aktivasi (b) (Widya dkk., 2017).

2.6.4 X-ray Diffraction (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. Grafik karakterisasi XRD dari karbon aktif dapat ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Difraktogram XRD: a) karbon aktif tanpa aktivasi, b) karbon aktif (Kasih, 2019).

Pada difraktogram karbon dan karbon aktif dapat dilihat bahwa terdapat puncak melebar pada daerah 2θ yaitu $20-30^\circ$ yang menunjukkan struktur karbon amorf yang umum ditemukan pada karbon aktif. Pada difraktogram karbon terdapat puncak-puncak yang muncul pada daerah 2θ masing-masing sebesar $14, 24,$ dan 30° yang menjadi puncak khas pada karbon tersebut. Pada gambar menunjukkan difraktogram karbon aktif yang berbeda dengan karbon yaitu terdapat puncak-puncak baru yang muncul pada daerah 2θ sebesar $11, 22, 24, 30,$ dan 32° .

Dasar dalam menggunakan dan menganalisa hasil XRD adalah menggunakan hukum Bragg (Ismunandar, 2006), Persamaan (2):

$$2d \cdot \sin\theta = X \quad (2)$$

Dimana:

D = jarak antara dua bidang kisi (nm)

θ = sudut antara sinar datang dengan bidang normal

X = panjang gelombang sinar-X yang digunakan (nm)

Berdasarkan Persamaan 2 tersebut, jika sinar-X ditembakkan pada sampel atau material yang memiliki struktur kristal, maka bidang kristal tersebut akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang yang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut.

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 karbon aktif dengan antibiotik *amoxicillin* 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 0,1 mg*), 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 kayu manis, standar *amoxicillin* (Merck™), HCl 0,1 M, larutan H₃PO₄ pekat (Merck™), larutan NaOH 0,1 M (Merck™), aluminium foil, akuades, kertas saring, dan kertas indikator universal.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 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. 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).

3.3.2 Proses Aktivasi

Proses aktivasi kimia pada karbon aktif dilakukan dengan cara 300 gram karbon aktif yang telah diayak direndam dalam H₃PO₄ 10% selama 24 jam, kemudian karbon aktif di saring dan dibilas menggunakan aquades hingga mendekati pH netral dan dikeringkan dengan oven pada suhu 110 °C selama 4 jam. Karbon yang telah diaktivasi kimia kemudian diaktivasi fisika dengan cara karbon aktif hasil aktivasi kimia setelah itu dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 500 °C selama 1 jam kemudian didinginkan didalam desikator sampai suhu stabil (Masthura dan Zulkarnain, 2018).

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.

1. Rendemen

Analisis rendemen karbon aktif dilakukan dengan cara menimbang massa awal karbon aktif dan massa akhir karbon aktif setelah aktivasi. Rendemen dihitung dengan Persamaan (3) (SNI 06-3730-1995):

$$\text{Rendemen} = \frac{b}{a} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

a = massa awal karbon aktif (g)

b = massa akhir karbon aktif setelah aktivasi (g)

2. 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. 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)

4. 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)

5. 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 *Amoxicillin* 500 ppm

Larutan induk antibiotik *amoxicillin* 500 ppm dibuat dengan cara melarutkan 50 mg padatan antibiotik *amoxicillin* dengan larutan HCL 0,1 M dalam labu takar 100 mL hingga tanda terra dan dihomogenkan.

3.3.5 Optimasi Parameter Ekstraksi *Amoxicillin* Menggunakan Metode DSPE

3.3.5.1 Penentuan pH Optimum

Ditimbang 1 gram karbon aktif dimasukkan ke dalam gelas beaker, ditambahkan 20 mL larutan standar *amoxicillin* pada konsentrasi 20 ppm dengan pH 3; 5; 7; 9; 11 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 maksimumnya (Kistianti, 2022).

3.3.5.2 Penentuan Konsentrasi Optimum

Ditimbang 1 gram karbon aktif dimasukkan ke dalam gelas beaker, ditambahkan 20 mL larutan standar *amoxicillin* pada pH optimum dengan konsentrasi yang berbeda, yaitu 20; 30; 40; 50 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 (Kistianti, 2022).

3.3.5.3 Penentuan Massa Optimum

Ditimbang karbon aktif 1; 1,5; 2; 2,5; 3 gram dimasukkan ke dalam gelas beaker, ditambahkan 20 mL larutan standar *amoxicillin* pH dan konsentrasi 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 maksimumnya (Kistianti, 2022).

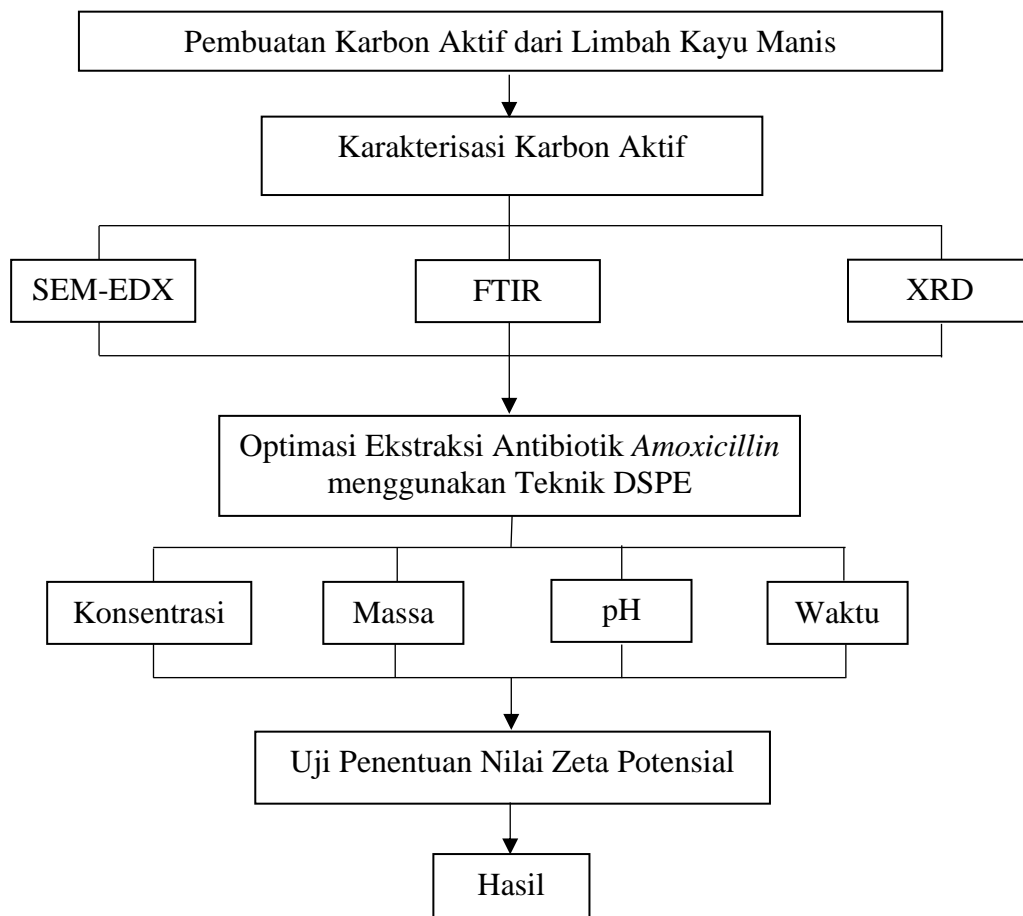
3.3.5.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum

Ditimbang karbon sebanyak massa optimum. dimasukkan ke dalam gelas beaker, ditambahkan 20 mL larutan standar *amoxicillin* dengan pH dan konsentrasi pada kondisi optimum. Campuran yang dihasilkan *distirrer* dengan waktu yang berbeda selama 10; 30; 50; 70 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 (Kistianti, 2022).

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 diaduk 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 pori-pori karbon yang lebih terbuka dan terbentuk. 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 $-OH$, $C=O$, $C=C$, $C\equiv C$, dan $-CH$. Karbon aktif berdasarkan hasil karakterisasi XRD berbentuk amorf yang ditandai dengan puncak yang melandai dan melebar.
3. Adsorpsi antibiotik *amoxicillin* oleh karbon aktif dari limbah kayu manis optimum pada massa adsorben sebanyak 2 gram dengan konsentrasi adsorbat 20 ppm pada kondisi pH 5 dalam waktu kontak selama 30 menit dengan tingkat adsorpsi sebesar 67,46%.

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., Irwan, M. L. A., dan Dwi, S. R. 2021. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Asam Fosfat terhadap Kualitas Karbon aktif Cabang Bambu Duri (*Bambusa blumeana* Bl. Ex. Schult. F.). *Jurnal Penelitian Kehutanan Faloak*. 5(1): 62-73.
- Ahmed, M. J., and Theydan. 2012. Adsorption of Cephalexin Onto Activated Carbons from Albizia Lebbeck Seed Pods by Microwave-Induced KOH and K₂CO₃ Activations. *Chemical Engineering Journal*. (211–212): 200–207.
- Alampanos, V., Samanidou, V., and Papadoyannis, I. 2019. Trends in Sample Preparation for the HPLC Determination of Penicillins in Biofluids. *Journal of Applied Bioanalysis*. 5(1): 9–17.
- Al-Dhubiab, D. B. 2012. *Pharmaceutical Applications and Phytochemical Profile of Cinnamomum Burmannii*. Department of Pharmaceutical Science King Faisal University. Saudi Arabia. 246-252.
- Ali, I., Afshinb, S., Poureshgh, Y., Azari, Y., Rashtbari, Y., Feizizadeh, A., Hamzezade, A., and Fazlzadeh, M. 2020. Green Preparation of Activated Carbon from Pomegranate Peel Coated with Zero-Valent Iron Nanoparticles (nZVI) and Isotherm and Kinetic Studies of Amoxicillin Removal in Water. *Journal Environmental Science and Pollution*. 27(7): 36372-36743.
- Amanda, E. R., Khoirun, N., Wulan, N., dan Winda, S. F. 2022. Pengembangan Ekstraksi Fase Padat Terdispersi Berbasis Karbon Aktif untuk Pemisahan Amoxicillin dalam Urin. *Indonesian Chemistry and Application Journal*. 5(1): 5-14.
- Anastassiades., Michelangelo., Steven, J. L., Darinka, Š., and Frank, J. S. 2003. Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction/Partitioning. *Journal of AOAC International*. 86(2): 412–31.
- Anggraini, D. I., dan Pujilestari, I. 2017. Efektivitas Fotodegradasi Amoxicillin yang Dikatalisis dengan TiO₂ dengan Keberadaan Ion Ag(I). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 20(3): 105-109.
- Anna, B., dan Fernandez, M. 2013. Studi Penggunaan Antibiotik Tanpa Resep di

Kabupaten Manggarai dan Manggarai Barat-NTT. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*. 2(2): 1–17.

- Aranda, L. F. and Rivas, L. B. 2022. Removal of Amoxicillin Through Different Methods Emphasizing Removal by Biopolymers and Its Derivatives An Overview. *Journal of the Chilean Chemical Society*. 67(3): 5643-5655.
- Auliya, R. 2018. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (Musa Paradisiaca L.) sebagai Adsorben Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Fenantrena*. (Skripsi). 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.
- Balarak, D., Mostafapour, F. K., Akbar, H., and Joghtaei, A. 2017. Adsorption of Amoxicillin Antibiotic from Pharmaceutical Wastewater by Activated Carbon Prepared from *Azolla filiculoides*. *Journal of Pharmaceutical Research International*. 18(3): 1-13.
- Bhatnagar, A., and Sillanpaa, M. 2017. Chemosphere Removal of Natural Organic Matter (NOM) and its Constituents from Water by Adsorption. *A Review Chemosphere*. 166: 497-510.
- Bunaciu, A. A., Hoang, V. D., and Aboul-Enein, H. Y. 2014. Applications of FTIR Spectrophotometry in Cancer Diagnostics. *Critical Review in Analytical Chemistry*. 1–34.
- 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. *Journal Pharmacy Analytical*. 4: 15-40.
- Christian, G. D. 1994. *Analytical Chemistry*. J. Willey. Washington.
- Charurvedi and Dave, P. 2012. *Microscopy in Nanotechnology*. Formatex. 946-952.
- Che Man, Y. B., Rohman, M. A., and Mansor, T. S. T. 2011. Differentiation of Lard from Other Edible Fats and Oils by Means of Fourier Transform Infrared 77 Spectroscopy and Chemometrics. *Journal of The American Oils Chemist's Society*. 88: 187–192.
- Chen, W. R., and Huang, C. H. 2010. Adsorption and Transformation of Tetracycline Antibiotics with Aluminum Oxide. *Chemosphere*. 79: 779–

785.

- Davis, R., and Mauer, L. J. 2010. Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy: A Rapid Tool for Detection and Analysis of Foodborne Pathogenic Bacteria. *Journal Pharmacy Fortamex*. 1582-1594.
- Demiral, I., Samdan, C., and Demiral, H. 2021. Enrichment of The Surface Functional Groups of Activated Carbon by Modification Method. *Surfaces and Interfaces*. 22: 100873.
- Desiana, N., Ngatijo, dan Lagowa, I. M. 2022. Pengelolaan Air Limbah Tambang dengan Metode Bioadsorpsi Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 18(2): 97-103.
- Dewi, R., Azhari., dan Novriadi, I. 2020. Aktivasi Karbon dengan Kulit Pinang dengan Menggunakan Aktivator Kimia NaOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 9(2): 12-22.
- Eksak, E. 2014. Pemanfaatan Limbah Ranting Kayu Manis untuk Menciptakan Kerajinan dengan Teknik Laminasi. *Dinamika Kerajinan dan Batik*. 13(2): 65-74.
- Elsaprike, J., Yahya, S. P. R., dan Yuwana. 2018. Pembuatan Arang dengan Metode Tungku Pirolis Double Burner Menggunakan Limbah Kayu dengan Metode Manduk di Kecamatan Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 7(2): 33-40.
- Ersan, M., Bağda, E., and Bağda, E. 2013. Investigation of Kinetic and Thermodynamic Characteristics of Removal of Tetracycline with Sponge Like, Tannin Based Cryogels. *Colloids Surfaces B: Biointerfaces*. 104: 75–82.
- 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.
- Faizal, M., Andynapratiwi, I., dan Putri, P. D. A. 2014. Pengaruh Komposisi Arang dan Perekat terhadap Kualitas Biobriket dari Kayu Karet. *Jurnal Teknik Kimia*. 20(2): 36-44.
- Farma, R., dan Tondang, O. L. 2019. Analisis Sifat Fisis Karbon Aktif Dari Biomassa Daun Kelapa Sawit dengan Variasi Konsentrasi KOH Berbantuan

- Iradiasi Gelombang Mikro. *Prosiding Seminar Nasioal Fisika*. 1-6.
- Fiqriawan, M. R., Anas, M., dan 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.
- Firdaus, M. L. 2013. *Studi Perbandingan Berbagai Adsorben Sintestis dan Alami untuk Mengikat Logam Berat*. Universitas Bengkulu. Bengkulu. 1–7.
- Girao, A. V., Caputo, G., and Ferro, M. C. 2017. Application of Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS). *Comprehensive Analytical Chemistry*. 153-168.
- 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.
- Harmita. 2006. *Buku Ajar Fisikokimia*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hasibuan, A. 2020. *Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Fosfat (H_3PO_4) dan Waktu Perendaman Karbon terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Kulit Durian*. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hernandez, J. E. S., Zuluaga, I, A. L. Pacheco, I. T. Y. L., Martinez, E. M., Aghalari Z., Limon, D. S., Iqbal, H. M. N., and Saldivar, R. P. 2021. Sources of Antibiotics Pollutants in the Aquatic Environment Under SARS-CoV-2 Pandemic Situation. *Journal Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 4(7): 1-6.
- Hijrah, N. N., Anas, M., dan Erniwati. 2020. Analisis Variasi Temperatur Aktivasi terhadap Gugus Fungsi Arang Aktif Tandan Aren (*Arenga Pinnata Merr.*) dengan Agen Aktivasi Potassium Silicate (K_2SiO_3). *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*. 5(3): 295-299.
- Islas, G., Ibarra, I. S., Hernandez, P., Miranda, J. M., and Cepeda, A. 2017. Dispersive Solid Phase Extraction for the Analysis of Veterinary Drugs Applied to Food Samples: A Review. *International Journal of Analytical Chemistry*. 5(2): 1-14.
- Ismunandar. 2006. *Padatan Oksida Logam : Struktur, Sintesis dan Sifat-Sifatnya*. ITB. Bandung.
- Kasih, Y. O. 2019. *Studi Karbon Aktif Magnetik dari Lmbah Kulit Singkong (*Manihot utilisima*) sebagai Adsorben untuk Menentukan Senyawa*

- Antibiotik di Perairan*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Kassaye, L., and Genete, G. 2013. Evaluation and Comparison of In-vitro Dissolution Profiles for Different Brands of Amoxicillin Capsules. *African Health Sciences*. 13(2): 369-373.
- Katzung, B. G. 2007. *Basic and Clinical Pharmacology*, 10th ed. McGraw Hill. Boston.
- Kaur, S. P., Rao, R., and Nanda, S. 2011. Amoxicillin: A broad spectrum antibiotic. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 3(3): 30-37.
- Khopkar, S. M. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press. Jakarta.
- Kistianti, S. O. 2022. *Aplikasi Graphene Oxide dari Limbah Kulit Singkong (Manihot utilissima) untuk Ekstraksi Antibiotik Tetrasiklin*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Komarayati, S., dan Gusmailina. 1994. Pembuatan Arang dan Briket Arang dari Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii* Ness ex. BL) dan Kayu Sukun (*Artocarpus altilis* Parkinson). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 12(6): 225-228.
- Kurniawan, I., dan Mariadi, P. D. 2019. Analisis Potensi Cemaran Sisa Penggunaan Antibiotik di Perairan. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 16(2): 110-121.
- Kurniawan, I., Mariadi, P. D., dan Huda, A., 2019. Hubungan Tingkat Penggunaan Antibiotik di Rumah Sakit dengan Potensi Cemeran Antibiotik di Perairan Umum. *Prosiding Seminar II Hasil Litbangyasa Industri*. 165-173.
- La Hasan, N., Zakir, M. dan Budi, P. 2014. Desilikasi Karbon Aktif Sekam Padi sebagai Adsorben Hg pada Limbah Pengolahan Emas di Kabupaten Buru Propinsi Maluku. *Jurnal Chimica Acta*. 7(2): 1-11.
- Wijaya, L. S., Diky, S. A., dan Ely, K. 2018. Karbon aktif Serbuk Kayu Jati Menggunakan Aktivator H₃PO₄ dan Modifikasi TiO₂. *Jurnal Teknik Kimia*. 16(2): 73-79.
- Lestari, S., Diana, A., Anisk., and Moch, S. 2020. Treatment of Water River with Activated Carbon from Coal and Palm Shells as Adsorbent. *Journal Pembangunan dan Alam Lestari*. 11(1): 8-15.
- Liguori, K., Keenum, I., Davis, B. C., Calarco, J., Milligan, E., Harwood, V. J., and Pruden, A. (2022). Antimicrobial Resistance Monitoring of Water

- Environments: A Framework for Standardized Methods and Quality Control. *Environmental science and technology*. 56(13): 9149–9160.
- Limousy, L., Ghouma, I., Ouederni, A., and Jeguirim, M. 2016. Amoxicillin Removal from Aqueous Solution Using Activated Carbon Prepared by Chemical Activation of Olive Stone. *Environmental Science and Pollution Research*. 24: 9993–10004.
- Marsh, H., and Francisco, R. R. 2006. *Activated Carbon*. Elsevier Science and E-Books. Ukraina. 336-337.
- Masthura dan Zulkarnain, P. 2018. Karakterisasi Mikrostruktur Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kayu Bakau. *Journal of Islamic Science and Technology*. 4(1): 45-54.
- Maulinda, L., Nazrul, Z. A., dan Dara, N. S. 2015. Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 4(2): 11-19.
- Mohan, D., S. Ankur., K. S. Vinod., A. F. Maria., C. U. and Pittman Jr. 2011. Development of Magnetic Activated Carbon from Almond Shells for Trinitrophenol Remover from Water. *Chemical Engineering Journal*. 172: 1111-1125.
- Moussavi, G., Alahabadi, A., Yaghmaeian, K., and Eskandari, M. 2013. Preparation, Characterization and Adsorption Potential of the NH_4Cl -Induced Activated Carbon for the Removal of Amoxicillin Antibiotic from Water. *Chemical Engineering Journal*. 217: 119-128.
- Neal, M. J. 2007. *At a Glance Farmakologi Medis*. Erlangga. Jakarta.
- 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.
- Ningtias, M. P., dan Robby, C. P. 2022. Pengaruh Suhu Penyimpanan terhadap Kadar Amoxicillin Tablet yang Diukur Menggunakan Metode Spektrofotometri UV Vis. *Jurnal Analisis Farmasi*. 7(1): 13-24.
- Prastika, I. 2015. *Analisis Cemaran Lemak Babi dalam Bakso di Purwokerto Menggunakan Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Kemometrik*. (Skripsi). UMP. Purwokerto.
- Purnamasari, U. 2018. *Pembuatan Karbon Aktif Kulit Salak dengan Proses Pengaktifan Karbon Dioksida*. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara: Medan
- Putra, E. K., Pranowoa, R., Sunarsob, J., Indraswatia, N., and Ismadjia, S. 2009.

Performance of Activated Carbon and Bentonite for Adsorption of Amoxicillin from Wastewater: Mechanisms, Isotherms and Kinetics. *Journal Water Research*. 43: 2419–2430

- Puspita, M., Lutfi, F., dan Nurhamidah. 2017. Pembuatan Karbon aktif Sabut Kelapa Sawit sebagai Adsorben Zat Warna Sintesis Reactive Red-120 dan Direct Green-26. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 1(1): 75-79.
- Qin, Z., Jiang, Y., Piao, H., Tao, S., Sun, Y., Wang, X., Ma, P., and Song, D. 2019. Packed Hybrids of Gold Nanoparticles and Halloysite Nanotubes for Dispersive Solid Phase Extraction of Triazine Herbicides, and Their Subsequent Determination by HPLC. *Microchimica Acta*. 186(489): 1–8.
- Qomar, M. S. 2017. *Uji Efektivitas berbagai Konsentrasi Ekstrak Daun Tanaman Kayu Manis terhadap Diameter Zona Hambat Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus Epidermis sebagai Sumber Belajar Biologi*. (Skripsi). UMM. Malang.
- Rahayu, A. P., dan Rindawati, A. Y. 2021. Pengelolaan Obat yang Tidak Terpakai dalam Skala Rumah Tangga di Kota Bandung. *Jurnal Farmaseutik*. 19(2): 238-244.
- 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: 1-8.
- Rizki, R. G., Syamsul,B. dan Zainuddin, G. 2022. Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit dalam Biji Kopi (*Endocarp*) Menggunakan Aktivator KOH dan H₃PO₄. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 11(2): 183-192.
- Roja, S. I. 2021. *Optimasi Metode Dispersive Solid Phase Extraction (DSPE) Menggunakan Adsorben Karbon Aktif dari Padi (Oryza sativa) untuk Penentuan Senyawa Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Santos, L., and Ramos, F. 2016. Analytical Strategies for The Detection Qauntifiqation of Antibiotic Residues In Agriculture Fishes: A Review. *Trends In Food Science and Technology*. 52: 16–30.
- Saputro, E. A., Varadila, D. R. W., Bellani, Y.W., Rachmad, R.Y., and Nove, K. E. 2020. The Process of Activated Carbon from Coconut Shell Through Chemical Activation. *Journal of Science and Technology*. 9(1): 23–28.
- Schweitzer. 2014. *Scanning Electron Microscope*. Radiological and Environmental Management. Purdue University.
- Ścigalski, P., and Kosobucki, P. 2020. Recent Materials Developed for Dispersive Solid Phase Extraction. *Molecules*. 25(21): 1–26.

- Setyawan, Mohammad. N., Sri, W, dan Ella, K. 2018. Arang Kulit Kacang Tanah Teraktivasi H_3PO_4 sebagai Adsorben Ion Logam Cu (II) dan Diimobilisasi dalam Beton. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(3): 263-269.
- Shafeeyan, M. S., Wan Daud, M. A. W. D., Houshmand, A., and Shamiri, A. 2010. A Review on Surface Modification of Activated Carbon for Carbon Dioxide Adsorption. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 89(2): 143-151.
- Shaikh, T. M. A. 2020. Adsorption of Pb (II) from Wastewater by Natural and Synthetic Adsorbents. *Journal Applied Chemistry*. 10(5): 6522-6539.
- Shofa. 2012. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidrosida*. (Skripsi). Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. 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.
- Sirajudin dan Domiskus, B. 2021. Pengaruh Konsentrasi H_3PO_4 dan Gelombang Ultrasonik terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Cangkang Karet. *Prosiding Sentrinov*. 7(1): 174-181.
- Siregar, M. Z., dan Ansari. 2020. Penggunaan Katalis Fe terhadap Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit dan Karbon Aktif Sekam Padi pada Proses Impregnasi. *Jurnal Vorteks*. 1(1): 13-19.
- SNI. 1995. SNI 06-3730-1995: Karbon aktif Teknis. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Sofyani, C. M., Taofik, R., dan Anis, Y. C. 2018. Validasi Metode Analisis Kromatografi Cair Kinerja Tinggi untuk Penetapan Kadar Uji Disolusi Terbanding Tablet Amoxicillin. *Jurnal Farmaka*. 16(1): 324-330.
- Sudarman. 2001. *Manfaat Karbon aktif*. Universitas Hassanudin. Makassar.
- Sudibandriyo, M., dan Lidya. 2011. Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu dengan Aktivasi Kimia. *Jurnal Kimia Indonesia*. 10(3): 149-156.
- Sudrajat, R., dan Pari, G. 2011. *Karbon aktif Teknologi Pengolahan dan Masa Depan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta.
- Sudribandriyo, M. A. 2003. *Generalized Ono-Kondo Lattice Model for High*

- Pressure on Carbon Adsorben*. Ph. D Dissertation. Oklahoma State University.
- Suprianofa, C. 2016. *Pembuatan Karbon aktif dari kulit Durian sebagai Adsorben Zat Warna dari Limbah Cair Tenun Songket dengan Aktivator KOH*. (Skripsi). Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Suseno, J. E., dan Firdausi, K. S. 2008. Rancang Bangun Spektroskopi FTIR untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Berkala Fisika*. 11(1): 23-28.
- Tandy, E., Ismail, F. H., dan Hamidah, H. 2012. Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet alam terhadap Minyak Pelumas dalam Air. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(2): 34-38.
- Tiwow, V. A., Rampe, J. M., dan Apita, A. 2021. Pola Inframerah Arang Tempurung Kelapa Hasil Pemurnian Menggunakan Asam. *Jurnal Chem Prog*. 14(2): 116-123.
- 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.
- Uddin, J. 2012. *Macro to Nano Spectroscopy*. Intech. Croatia.
- Verayana, Paputungan, M., dan Iyabu, H. 2018. Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Entropi*. 13(1): 67-75.
- Wang, J., and Kaskel, S. 2012. KOH Activation of Carbon-Based Materials for Energy Storage. *Journal Mater Chem*. 22(23): 710-725.
- Wardani, A. G., Octavia, A. N., Fathurohman, M., Hidayat, T., dan Noviyanti, E., 2022. Arang Aktif Ampas Tebu Termodifikasi Kitosan sebagai Adsorben Tetrasiklin: Pemanfaatan Metode Kolom. *Jurnal Riset Kimia*: 8(3): 280-291.
- Wibowo, S., Syafi, W., dan Pari, G. 2011. Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung. *Makara Journal of Technology*. 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 Universitas Hasanuddin*. 2(3): 1-13.
- Wijaya, L. 2008. *Modifikasi Elektroda Karbon dengan Nanopartikel Emas dan Aplikasinya sebagai Sensor Arsen (III)*. (Skripsi). Universitas Indonesia. Jakarta.
- Wronska, N., Alenxandra, F., and Katarzyna, L. 2015. Propylene Imine (POLY)

- Dendrimers and Amoxicillin as Dual-Action Antibacterial Agents. *Molecules*. 20(10): 1-13.
- Wu, H., Xie, H., He, G., Guan, Y., and Zhang, Y. 2016. Effects of The pH and Anions On The Adsorption of Tetracycline on Iron-Montmorillonite. *Appl. Clay Sci.* 119: 161–169.
- Wulur, E. Y. A., Ronald, I., Otay, Zwingly, C. J. G., dan Parendang. 2021. Identifikasi Cefixime pada Bakteri di Perairan Pesisir Kota Manado. *Jurnal Kedokteran Komunitas dan Tropik*. (9(2): 356-360.
- Xiong, 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.
- Yang, C., Song, G., and Lim, W. 2020. A Review of The Toxicity in Fish Exposed to Antibiotics. *Comparative Biochemistry and Physiology Part - C: Toxicology and Pharmacology*. 237: 1-12.
- Yu, J., Kang, Y., Yin, W., Fan, J., and Guo, Z. 2020. Removal of Antibiotics from Aqueous Solutions by a Carbon Adsorbent Derived from Protein Waste-Doped Biomass. *Journal ACS*. 5(30): 19187-19193.
- Yu, F., Li, Y., Han, S., and Ma, J. 2016. Adsorptive Removal of Antibiotics from Aqueous Solution Using Carbon Materials. *Chemosphere*. 153: 365–385.
- Zandipak, R., and Sobhanardakani, S. 2018. Mesoporous Fe₃O₄/SiO₂/CTAB–SiO₂ as An Effective Adsorbent for The Removal of Amoxicillin and Tetracycline from Water. *Journal Clean Technologies and Environmental Policy*. 20(5): 871-885.
- Zhang, Y., Chen, B., Zhang, L., Huakrisng, J., Chen, F., Yang, Z., Yao, J., and Zhang, Z. 2011. Controlled Assembly of Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticles on Graphene Oxide. *Nanoscale*. 3: 1446–1450.