



**AKTIVASI *BIOCHAR* DARI TEMPURUNG KELAPA
MENGUNAKAN H_3PO_4 UNTUK ADSORPSI NO_3^-**

SKRIPSI

Oleh:

**Novi Ikatasari
201810301017**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI KIMIA
JEMBER
2024**



**AKTIVASI *BIOCHAR* DARI TEMPURUNG KELAPA
MENGUNAKAN H_3PO_4 UNTUK ADSORPSI NO_3^-**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana
Sains pada program studi Kimia (S-1)*

SKRIPSI

Oleh:

**Novi Ikatasari
201810301017**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI KIMIA
JEMBER
2024**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa syukur dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu saya yaitu Ponirah yang telah menjadi ibu paling hebat. Terimakasih karena selalu menyayangi, mendukung dan memberikan saya semangat;
2. Kakak saya Ika Wahyu Refiana dan Agung Setioko yang sudah menyayangi, memberi izin dan membiayai saya selama kuliah
3. Adik saya Nova Ananda Putri yang memberikan dukungan kepada saya
4. Sahabat-sahabat tercinta (Sitta, Sofia, Intan, Sofi) yang sudah memberikan semangat, dukungan dan juga warna di kehidupan kuliah saya
5. Moch. Luthfi Zainullah yang menemani dan memberikan dukungan selama pengerjaan Tugas Akhir
6. Teman riset “*Biochar*” (Silvy, Leli, Uput, Khoirina) yang selalu menjadi tempat sharing dan diskusi selama pengerjaan Tugas Akhir
7. Teman seangkatan “WOLFRAM” yang sudah memberikan warna kehidupan kuliah
8. Guru-guru saya yang sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi telah bersedia membimbing dan memberikan ilmunya
9. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri. Novi Ikatasari. Terimakasih sudah berusaha bertanggung jawab menyelesaikan segala hal yang sudah di mulai, walaupun tertatih-tatih tapi kamu hebat mampu menyelesaikan masa kuliah dan tidak *resign*. Terimakasih sudah mau berusaha menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan segala tekanan dan hal-hal di luar kendali kamu. Perjalananmu masih panjang, mari berusaha kembali mencapai semua yang kamu inginkan. Berbahagia selalu dimanapun kamu berada Ika.

MOTTO

Maafkanlah orang lain, bukan untuk mereka, tapi untuk membebaskan dirimu sendiri

“Tidak ada ujian yang tidak bisa diselesaikan. Tidak ada kesulitan yang melebihi batas kesanggupan. Karena Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)*



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2006. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Pustaka Agung harapan

PERNYATAAN ORISINILITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Novi Ikatasari

NIM : 201810301017

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul, “*Aktivasi Biochar Tempurung Kelapa Menggunakan H_3PO_4 Untuk Adsorpsi Ion NO_3^-* ” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Juli 2024

Yang menyatakan,

Novi Ikatasari

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “*Aktivasi Biochar Dari Tempurung Kelapa Menggunakan H_3PO_4 Untuk Adsorpsi NO_3^-* ” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari/Tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji

Ketua

Anggota I

Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si.
NIP. 197107031997021001

Dr. Donatus Setyawan P.H, S.Si., M.Si.
NIP. 196808021994021001

Anggota II

Anggota III

Dwi Indarti, S.Si., M.Si.
NIP. 197409012000032004

Yudi Aris Sulistiyo, S.Si., M.Si.
NIP. 198809242014041001

ABSTRAK

Activation of biochar is one way to enhance its ability as an adsorbent. Biochar activation can be performed using various methods, there are chemical, physical, and biological activation. In this study, biochar activation was conducted using phosphoric acid (H_3PO_4) as an activating agent. The first, the production of biochar through the slow pyrolysis method at the temperature range of 280–400 °C for 4 hours. The obtained biochar was subsequently activated using phosphoric acid at various concentrations (0-40%) for 9 hours. The activated biochar was then characterized include ash content, water content, iodine number, and functional groups. As the results, showed that the optimal phosphoric acid concentration was 30%, moisture content of 0.47%, an ash content of 1.76%, and an iodine number of 1093.42 mg/g. The final step is the adsorption study of nitrate on the activated biochars. In the step, the contact time optimization was carried at contact time range of 10-80 minutes. As the results indicated that the optimum contact times for biochar activated with 0%, 10%, 20%, 30%, and 40% phosphoric acid were 60 minutes, 40 minutes, 30 minutes, 20 minutes, and 20 minutes, respectively. In here, the model adsorption also was studied using the model namely Langmuir isotherm and Freundlich isotherm. As the result the highest adsorption capacity of nitrate the best phosphoric acid concentration was 30%, with a nitrate adsorption capacity of 4.22 mg/g at 50 ppm. The obtained adsorption isothermal model indicated that all biochar samples activated with 0-40% phosphoric acid followed the Freundlich isothermal model.

Keywords: biochar, activated biochar, pyrolysis, phosphoric acid, adsorption, isothermal adsorption.

RINGKASAN

Aktivasi *Biochar* Dari Tempurung Kelapa Menggunakan H_3PO_4 Untuk Adsorpsi NO_3^- : Novi Ikatasari, 201810301017; 2024, 35 halaman; Jurusan Kimia; Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam; Universitas Jember.

Biochar merupakan biomaterial kaya karbon yang diproduksi dengan cara pemanasan minim oksigen atau pirolisis dan diaktivasi dengan agen pengaktivasi berupa senyawa kimia dan pemanasan dengan suhu tinggi. *Biochar* dapat dimanfaatkan sebagai pembenah tanah dan sebagai adsorben. Pada pengaplikasian sebagai adsorben, *biochar* memiliki kemampuan yang kurang efektif disebabkan luas permukaan dan gugus aktifnya yang terbatas. Cara untuk meningkatkan luas permukaan dan keefektifan *biochar* sebagai adsorben yaitu dengan aktivasi. Aktivasi dapat dilakukan dengan aktivasi kimia menggunakan senyawa kimia seperti asam fosfat, kalsium hidroksida dan natrium hidroksida serta senyawa-senyawa kimia lainnya.

Penelitian diawali dengan produksi *biochar* dengan cara pirolisis dan dilanjutkan dengan proses aktivasi. Proses pirolisis dilakukan dengan menggunakan metode pirolisis lambat pada suhu 280-400°C. *Biochar* yang telah diproduksi kemudian dilakukan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR dan dilanjutkan dengan proses aktivasi. Proses aktivasi dilakukan menggunakan larutan asam fosfat variasi konsentrasi (0-40%) selama 9 jam. *Biochar* teraktivasi kemudian dianalisis kadar air, kadar abu, bilangan iodin serta gugus fungsinya. Hasil karakteristik menunjukkan konsentrasi aktivator terbaik berada pada konsentrasi 30% dengan kadar air 0,47%, kadar abu 1,76% dan bilangan iodin sebesar 1093,42 mg/g. Hasil menunjukkan bahwa waktu kontak yang diperoleh dari *biochar* teraktivasi variasi konsentrasi dari 0-40% berturut-turut yaitu 60 menit, 40 menit, 30 menit, 20 menit dan 20 menit. Hasil yang diperoleh juga menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi tertinggi dengan waktu kontak optimum dan konsentrasi adsorbat 50 ppm yaitu konsentrasi 30% dengan nilai Q_e sebesar 4,22 mg/g. *Biochar* teraktivasi konsentrasi 0%, 10%, 20% dan 40% dengan kondisi yang sama memiliki

nilai Q_e berturut-turut sebesar 3,74 mg/g; 3,79 mg/g; 4,03 mg/g dan 3,66 mg/g. Model isothermal yang dihasilkan dari kelima variasi konsentrasi aktivator menunjukkan bahwa *biochar* teraktivasi mengikuti model isothermal Freundlich. Model isothermal tersebut menunjukkan bahwa adsorbat membentuk lapisan *multilayer* pada permukaan adsorben pada saat adsorpsi terjadi.



PRAKATA

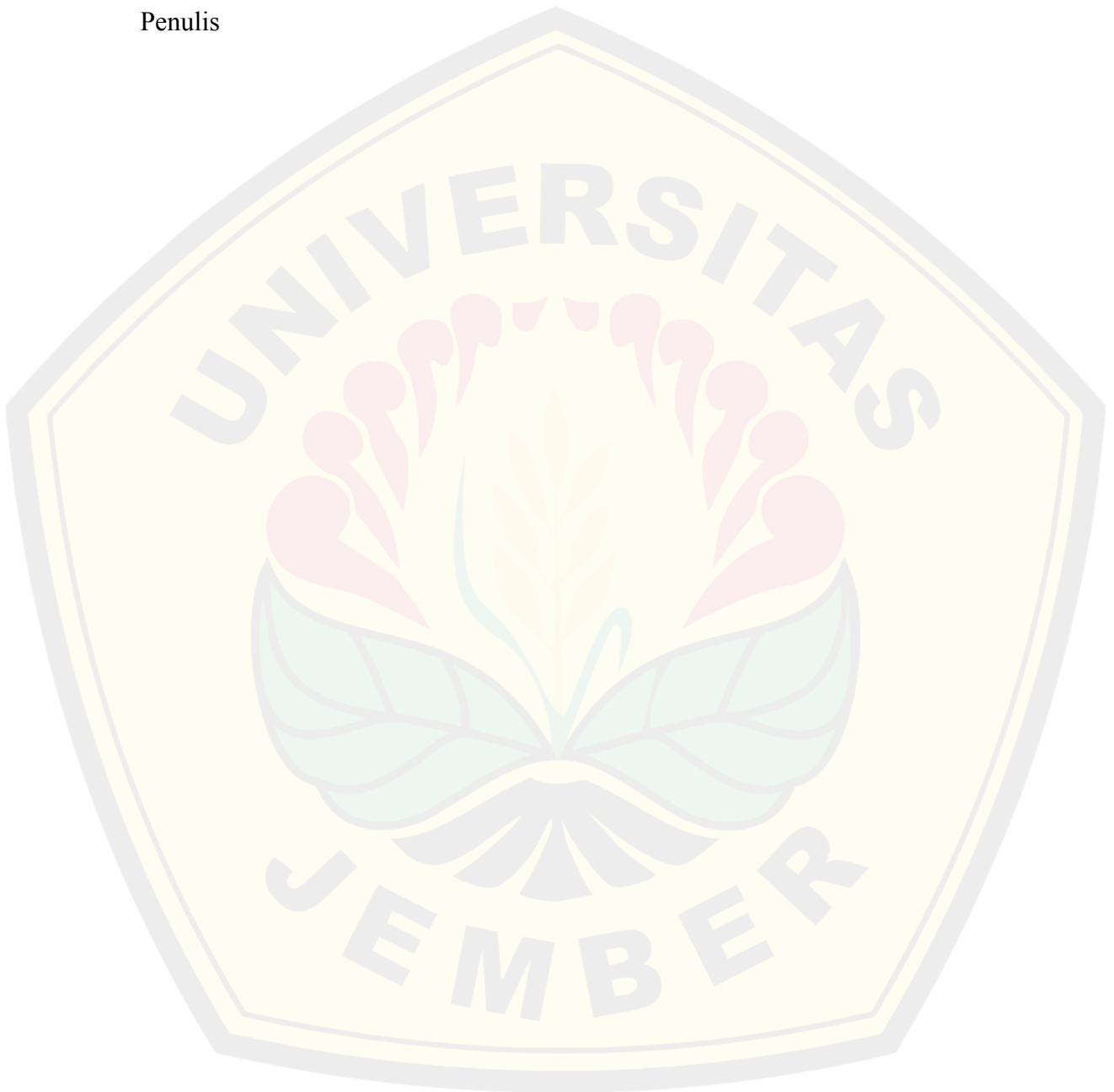
Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Aktivasi *Biochar* Dari Tempurung Kelapa Menggunakan H_3PO_4 Untuk Adsorpsi NO_3^- ”. Skripsi ini ditulis dengan tujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk lulus pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Prof. Dr. Anak Agung Istri Ratnadewi, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., dan Bapak Dr. Donatus Setyawan P.H, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran dan masukan dalam proses penyusunan skripsi ini;
4. Dwi Indarti, S.Si., M.Si., dan Yudi Aris Sulistiyo, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran, kritik dan koreksi untuk penyempurnaan skripsi ini;
5. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, saran dan motivasi selama menjadi mahasiswa;
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember yang telah memberikan ilmunya selama perkuliahan;
7. Seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dalam penulisannya masih memiliki kekurangan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Jember, 30 Juli 2024

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINILITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRAK	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Biochar</i> dan <i>Biochar</i> Aktif	4
2.2 Biomassa Lignoselulosa	6
2.3 Aktivasi	7
2.4 Kandungan Nitrat (NO_3^-)	8
2.5 Adsorpsi	8
2.6 Spektrofotometri UV-Vis	10
2.8 FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>)	11
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.2.1 Alat	12
3.2.2 Bahan	12
3.3 Prosedur Penelitian	13

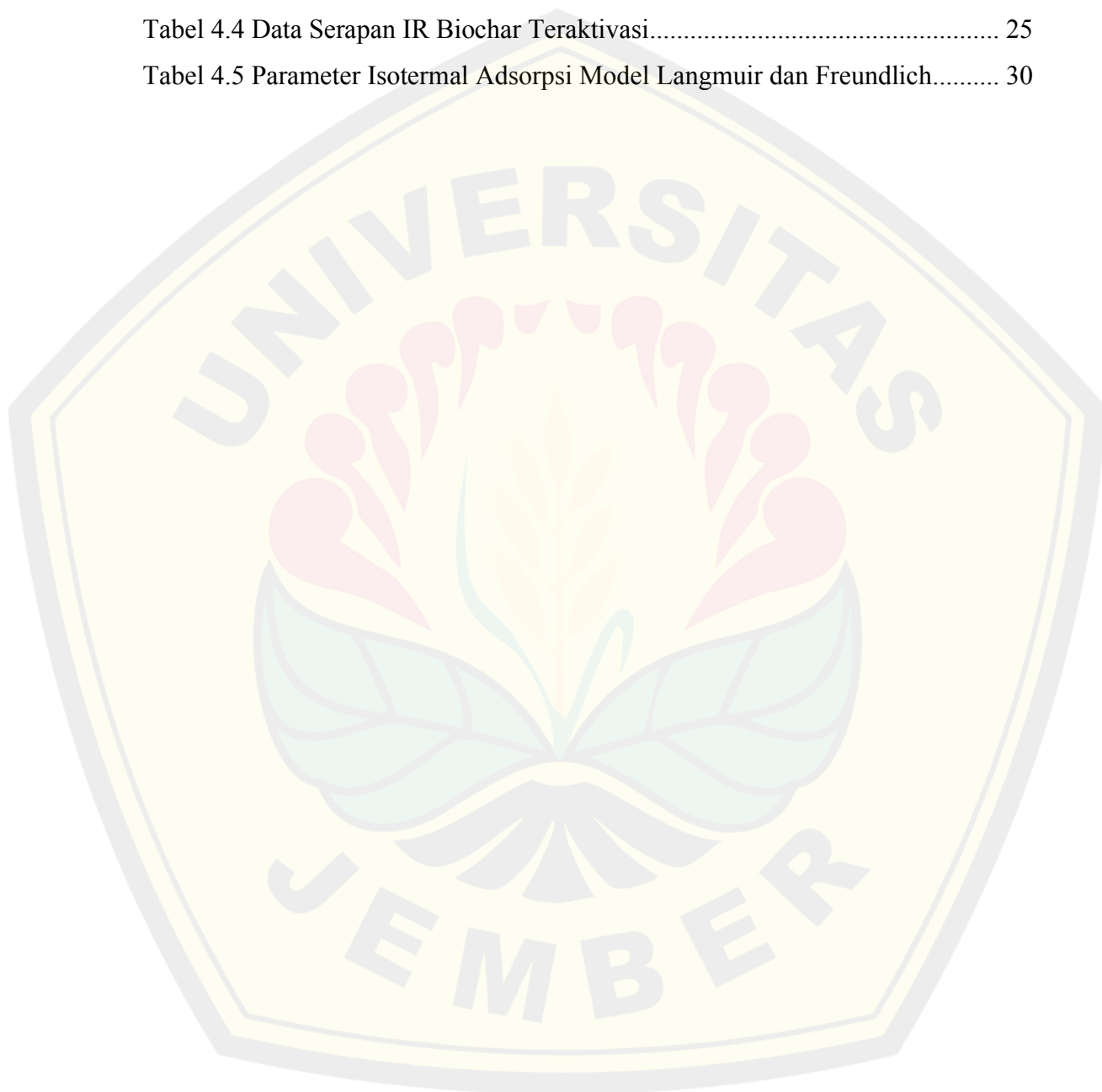
3.3.1 Sintesis <i>Biochar</i>	13
3.3.2 Proses Aktivasi	13
3.3.3 Karakterisasi	13
3.3.4 Adsorpsi <i>Biochar</i> Teraktivasi Terhadap Ion Nitrat (NO_3^-)	14
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1. Karakteristik <i>Biochar</i> Teraktivasi	16
4.2. Sifat Adsorpsi <i>Biochar</i> Aktif.....	26
4.2.1 Studi Waktu Kontak	26
4.2.2 Studi Model Isotermal	28
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kimia <i>Biochar</i>	4
Gambar 2.2 Reaksi pembentukan kompleks oleh brusin	11
Gambar 2.3 Hasil FTIR karbon aktif tempurung kelapa (a), pasir kuarsa (b)	11
Gambar 4.1 Konversi Biomassa (a) ke <i>Biochar</i> (b).....	16
Gambar 4.2 Spektra IR Tempurung Kelapa dan <i>Biochar</i> Tempurung Kelapa	18
Gambar 4.3 Kadar Air <i>Biochar</i> Teraktivasi	21
Gambar 4.4 Kadar Abu <i>Biochar</i> Teraktivasi	22
Gambar 4.5 Bilangan Iodin <i>Biochar</i> Teraktivasi	23
Gambar 4.6 Spektra IR <i>Biochar</i> Tempurung Kelapa dan <i>Biochar</i> Teraktivasi	24
Gambar 4.7 Spektra IR <i>Biochar</i> Teraktivasi	25
Gambar 4.8 Kurva Kemampuan Adsorpsi Terhadap Waktu Kontak	27
Gambar 4.9 Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Waktu Kesetimbangan..	28
Gambar 4.10 Ilustrasi Adsorpsi <i>Monolayer</i> (kiri) dan <i>Multilayer</i> (kanan).....	29

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Kadar Air dan Rendemen <i>Biochar</i> Tempurung Kelapa.....	16
Tabel 4.2 Perbandingan Spektra IR Tempurung Kelapa dan Biochar	17
Tabel 4.3 Rendemen Biochar Teraktivasi.....	20
Tabel 4.4 Data Serapan IR Biochar Teraktivasi.....	25
Tabel 4.5 Parameter Isotermal Adsorpsi Model Langmuir dan Freundlich.....	30



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biochar merupakan biomaterial yang diperoleh dari proses pirolisis menggunakan suhu antara 300-700°C. Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal biomassa yang dilakukan dengan minim oksigen. Suhu pirolisis dapat mempengaruhi hasil *biochar* yang dihasilkan. Suhu yang semakin tinggi, maka *biochar* yang dihasilkan semakin sedikit karena biomassa akan semakin terdekomposisi menjadi gas (Herlambang et al., 2021). *Biochar* dapat diproduksi dengan menggunakan dua metode yaitu pirolisis cepat dan pirolisis lambat. Pirolisis cepat menggunakan suhu di atas 500°C, sedangkan pirolisis lambat menggunakan suhu di bawah 500°C. Maniscalco et al., (2021) telah melakukan sintesis *biochar* dengan metode pirolisis lambat menggunakan suhu 280-400°C didapatkan hasil *biochar* sebanyak 48-67 wt%. Sedangkan Zhang et al., (2015) melakukan sintesis *biochar* dari jerami dengan metode pirolisis lambat menggunakan suhu 200-600°C selama 1-4 jam dengan hasil yang diperoleh yaitu persentase *fixed carbon* sebesar 55,37% pada waktu 4 jam.

Biochar dapat dimanfaatkan sebagai pembenah tanah dan sebagai adsorben. Pada pengaplikasian sebagai adsorben, *biochar* memiliki kemampuan yang kurang efektif disebabkan luas permukaan dan gugus aktifnya yang terbatas. Cara untuk meningkatkan luas permukaan dan keefektifan *biochar* sebagai adsorben yaitu dengan aktivasi. *Biochar* yang teraktivasi biasa disebut sebagai *biochar* aktif (Braghiroli et al., 2018). *Biochar* teraktivasi merupakan material karbon berpori yang memiliki luas permukaan antara 500-2000 m²/g (Kristianto, 2017). *Biochar* aktif dapat diperoleh dari berbagai macam biomassa, salah satunya adalah tempurung kelapa. Pemanfaatan biomassa tempurung kelapa menjadi *biochar* aktif dapat meningkatkan nilai ekonomis dari tempurung kelapa (Neme et al., 2022). Tempurung kelapa dapat dikonversi menjadi *biochar* teraktivasi yang memiliki luas permukaan tinggi yaitu 1926 m²/g (Li et al., 2008).

Proses aktivasi *biochar* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis aktivator, waktu aktivasi, konsentrasi aktivator, dan rasio impregnasi (v/w). Dada

et al., (2012) telah melakukan aktivasi *biochar* dari tempurung kelapa dengan berbagai aktivator yaitu H_3PO_4 , ZnCl_2 , dan KOH . Hasil yang diperoleh yaitu dibandingkan dengan aktivator lain, aktivator H_3PO_4 menghasilkan persentase *fixed carbon* yang paling tinggi sebesar 94%. Husin & Hasibuan, (2020) telah melakukan aktivasi *biochar* dari kulit durian dengan variasi konsentrasi H_3PO_4 sebesar 30-70% (v/v) serta variasi waktu aktivasi 3, 6, 9, 12 dan 15 jam memperoleh hasil konsentrasi H_3PO_4 optimum sebesar 30% dan waktu aktivasi 9 jam dengan luas permukaan sebesar $44,472 \text{ m}^2/\text{g}$. Sementara Adib et al., (2016) melakukan aktivasi *biochar* berbahan dasar baggas tebu dengan menggunakan variasi konsentrasi H_3PO_4 sebesar 5-30% dengan hasil yang diperoleh yaitu konsentrasi optimum dihasilkan pada konsentrasi 30% dengan adsorpsi iodin sebesar $974,96 \text{ mg/g}$ dan nilai kadar abu sebesar 4,35%.

Berdasarkan kelebihan *biochar* teraktivasi potensi *biochar* sebagai adsorben nutrisi seperti N, P dan K juga akan semakin tinggi. Kemampuan adsorpsi *biochar* aktif dapat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain waktu kontak, konsentrasi adsorbat dan massa adsorben. Mazarji et al., (2017) telah melakukan penelitian dengan menggunakan *biochar* aktif tempurung kelapa untuk adsorpsi nitrat dari perairan dengan mengkaji efek massa *biochar* aktif dan waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi nitrat. Penelitian ini mendapatkan massa adsorben optimum sebesar 0,4 gram dan waktu kontak optimum pada 120 menit. Hasil yang diperoleh yaitu dengan menggunakan model isothermal adsorpsi Langmuir, karbon aktif tempurung kelapa memiliki kapasitas adsorpsi sebesar $21,51 \text{ mg/g}$.

Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan penelitian tentang pembuatan *biochar* aktif dari tempurung kelapa yang diaktivasi dengan H_3PO_4 menggunakan variasi konsentrasi 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% selama 9 jam. *Biochar* aktif hasil sintesis akan dilakukan karakterisasi mengenai gugus fungsi menggunakan FTIR, kadar air, kadar abu dan bilangan iodin. Uji kapasitas adsorpsi akan dilakukan juga menggunakan larutan nitrat sebagai adsorbat dengan variasi massa adsorben dan waktu perendaman. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung kapasitas adsorpsi dan menentukan model isothermal adsorpsi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi aktivator terhadap sifat fisikokimia *biochar* tempurung kelapa dengan aktivator H_3PO_4 ?
2. Bagaimana model isothermal adsorpsi nitrat pada *biochar* aktif?

1.3 Batasan Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Proses pirolisis dilakukan menggunakan suhu 280-400°C selama 4 jam.
2. Ukuran partikel yang digunakan yaitu 50-60 mesh.
3. Sifat fisikokimia *biochar* aktif yang diamati antara lain kadar air, kadar abu, daya serap iodin, dan gugus fungsi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka penelitian ini memiliki tujuan yaitu sebagai berikut:

1. Mengkaji pengaruh variasi konsentrasi aktivator terhadap sifat fisikokimia *biochar* tempurung kelapa dengan aktivator H_3PO_4 .
2. Mengkaji model isothermal adsorpsi *biochar* aktif terhadap nitrat.

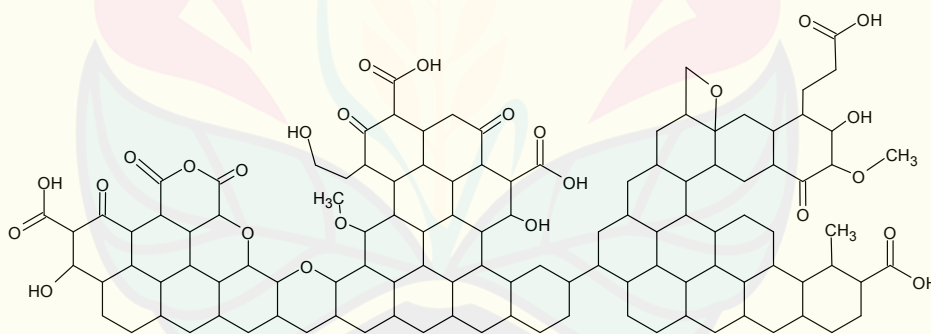
1.5 Manfaat Masalah

Penelitian ini diharapkan memberikan hasil yang bermanfaat untuk pengembangan *biochar* teraktivasi H_3PO_4 berbahan dasar tempurung kelapa yang memiliki kapasitas adsorpsi serta dapat memberikan informasi tentang pengaruh konsentrasi aktivator terhadap sifat fisikokimia *biochar* aktif.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Biochar* dan *Biochar* Aktif

Biochar merupakan produk hasil pirolisis biomassa yang mengandung banyak karbon. Karbon yang ada di dalam *biochar* terbentuk akibat dekomposisi termal biomassa. Pembentukan karbon dapat dilakukan dengan cara pembakaran menggunakan tanur sampai terbentuk arang. Pirolisis adalah proses pembakaran yang digunakan untuk membentuk karbon (*biochar*) baik dari sampah organik yang kemudian dapat digunakan sebagai bahan pembenah tanah. Karbon yang terbentuk berasal dari pengurangan komponen sampel yang dipanaskan melalui dekomposisi senyawa organik. *Biochar* dapat dibuat dari berbagai biomassa seperti kayu dari pohon tinggi, ampas tebu, serbuk gergaji, sekam padi dan tempurung kelapa (Zhang et al., 2020). *Biochar* memiliki struktur kimia seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. gambar 2.1 menunjukkan *biochar* memiliki struktur kimia berupa C, H dan O. Atom-atom tersebut terikat secara kimia membentuk suatu gugus seperti karboksil, fenol dan eter (Subandriyo, 2003).



Gambar 2.1 Struktur Kimia *Biochar*
(Subandriyo, 2003)

Karbon aktif atau *biochar* teraktivasi merupakan produk hasil pirolisis biomassa yang diaktivasi dengan menggunakan senyawa tertentu untuk meningkatkan luas permukaan dan situs aktifnya. Istilah *biochar* aktif sendiri pada umumnya berkaitan dengan karbon yang memiliki porositas tinggi, sifat fisikokimia yang tinggi, daya adsorpsi tinggi dan luas permukaan yang besar (Yahya et al., 2015). *Biochar* aktif merupakan padatan yang memiliki struktur fisik berupa kristalin yang sangat kecil. *Biochar* aktif memiliki struktur amorf yang

terdiri dari lapisan-lapisan bidang datar di mana atom-atom karbon tersusun dalam susunan heksagonal dan terikat secara kovalen (Subandriyo, 2003). Biochar aktif umumnya memiliki luas permukaan antara 300-3500 m²/g, yang berkaitan dengan struktur pori internalnya. Struktur pori ini memberikan *biochar* aktif kemampuan adsorpsi yang membuatnya sering digunakan sebagai adsorben. Kemampuan adsorpsi *biochar* aktif bergantung pada volume pori dan luas permukaannya (Yahya et al., 2015).

Terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi kualitas biochar aktif yang disintesis dari biomassa. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas karbon aktif ini antara lain:

a. Kadar air

Kadar air adalah jumlah air yang ada atau terkandung dalam karbon aktif. Kadar air pada karbon aktif dapat mempengaruhi kualitasnya, karena kadar air yang rendah menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki pori-pori yang besar dan tidak tertutup oleh air. Menurut Standar Industri Indonesia (SNI No. 0258-79), kadar air pada karbon aktif tidak boleh lebih dari 10%. Kadar air kemudian dihitung menggunakan persamaan 2.1.

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{s-p}{s} \times 100\% \quad (2.1)$$

dimana *s* merupakan berat awal sampel (gram) dan *p* adalah berat sampel akhir (gram) (Amin et al., 2016).

b. Kadar abu

Kadar abu adalah total jumlah residu yang tersisa dari proses pirolisis. Residu ini bisa berupa mineral (Ca, Mg, K, Na dst) atau zat lain yang tidak hilang selama pirolisis. Kadar abu dalam karbon aktif mempengaruhi kualitasnya, dengan karbon aktif berkualitas tinggi memiliki kadar abu yang rendah. Kadar abu maksimal yang diperbolehkan pada karbon aktif adalah 3%. Kadar abu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2.

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{w_2-w_1}{w_2} \times 100\% \quad (2.2)$$

dimana *w1* adalah berat sampel akhir (gram) dan *w2* adalah berat awal sampel (gram) (Amin et al., 2016).

c. Bilangan Iodin

Bilangan iodine merupakan uji yang dilakukan untuk melihat berapa banyak iodine yang teradsorpsi ke dalam karbon aktif. Nilai bilangan iodine mengindikasikan jumlah struktur mikropori yang terbentuk dan menunjukkan ukuran diameter yang dapat diakses oleh molekul yang lebih besar dari 10 Angstrom. Menurut SNI No. 06-3730-1995, nilai bilangan iodine minimal yang diperbolehkan adalah 760 mg/g. Bilangan iodine dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3.

$$\frac{X}{M} = \frac{(N_{I_2} \times 126,93 \times V_{I_2}) - [(V_{I_2} + V_{HCl})/V_F] \times (N_{Na_2S_2O_3} \times 126,93) \times V_{Na_2S_2O_3}}{M} \quad (2.3)$$

Di mana X/M merupakan iodine terserap per gram biochar, N_{I_2} merupakan konsentrasi I_2 (N), V_1 merupakan volume I_2 awal (mL), V_{HCl} merupakan volume HCl (mL), V_F merupakan V_{I_2} filtrat (mL), $N_{Na_2S_2O_3}$ merupakan konsentrasi $Na_2S_2O_3$ (N), $V_{Na_2S_2O_3}$ merupakan volume $Na_2S_2O_3$ titrasi (mL), M adalah massa biochar teraktivasi (g) dan 126,93 merupakan massa molar dari I_2 (Amin et al., 2016).

2.2 Biomassa Lignoselulosa

Lignoselulosa adalah biomassa yang dapat ditemukan pada tanaman dengan kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa. Stabilitas dari suatu biomassa ditentukan oleh kandungan lignin yang dimiliki biomassa tersebut. Selulosa merupakan salah satu komponen yang berupa polimer kristal monosakarida glukosa. Kandungan selulosa dan hemiselulosa memiliki kontribusi dalam pembentukan gugus fungsi yang mengandung oksigen dan cincin aromatik pada saat pirolisis. Selulosa dan hemiselulosa juga akan mengalami dekomposisi lebih cepat dibandingkan dengan lignin. Lignin yang tinggi dapat menyebabkan *biochar* yang dihasilkan lebih banyak karena kandungan karbon dan stabilitas termal yang tinggi dibandingkan selulosa dan hemiselulosa (Herlambang et al., 2021).

Tempurung kelapa merupakan salah satu biomassa yang sering dijadikan sebagai *biochar* atau karbon aktif. Tempurung kelapa dengan kandungan selulosa 41,11%, lignin 29,52% dan hemiselulosa 20,19% secara termal dapat dikonversi menjadi karbon yang diaktivasi menghasilkan *biochar* aktif. Tempurung kelapa

cocok digunakan sebagai bahan baku pembuatan *biochar* teraktivasi karena menghasilkan struktur mikropori. Struktur mikroporinya ini ada karena struktur alaminya yang sangat baik dan kadar abunya yang cukup rendah. Biochar aktif yang terbuat dari tempurung kelapa memiliki luas permukaan tertinggi dibandingkan dengan karbon aktif lainnya, sekitar 1926 m²/g. Selain itu, biochar aktif dari tempurung kelapa memiliki struktur permukaan yang berongga dan berlapis. Hal ini memberikan biochar aktif dari tempurung kelapa kemampuan daya serap yang sangat baik (Li et al., 2008).

2.3 Aktivasi

Aktivasi adalah tahap yang sangat penting dalam pembuatan karbon aktif. Proses ini bertujuan untuk menambah situs aktif, meningkatkan luas permukaan, dan mendistribusikan pori-pori, sehingga karbon aktif memiliki daya adsorpsi yang baik. Aktivasi juga dapat mempengaruhi bentuk dan ukuran pori-pori dari karbon aktif. Selama tahap aktivasi, unsur non-karbon yang terikat pada karbon akan dilepaskan. Aktivasi karbon dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah aktivasi secara kimia (Neme et al., 2022).

Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa asam, basa atau garam-garam. Senyawa kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator antara lain KOH, NaOH, H₃PO₄, HNO₃ dan lain-lain. Prinsip dasar dari aktivasi kimia yaitu proses perendaman sebelum dipanaskan. Aktivasi secara kimia sering dilakukan dengan menggunakan ZnCl₂, KOH dan H₃PO₄. Senyawa H₃PO₄ lebih disukai sebagai agen pengaktivasi karbon karena tidak menyebabkan pencemaran lingkungan. Selain itu aktivasi dengan menggunakan H₃PO₄ dapat membuka pori-pori dan rongga karbon aktif sehingga mampu meningkatkan daya adsorpsinya. Batok kelapa yang diaktivasi menggunakan H₃PO₄ menghasilkan luas permukaan sebesar 1344,83 m²/g dan memiliki kapasitas adsorpsi fenol sebesar 4,31 mg/g (Neme et al., 2022). Penggunaan H₃PO₄ sebagai aktivator juga dikarenakan proses penetralan produk karbon aktif yang mudah. Asam fosfat merupakan senyawa kimia yang memiliki komposisi senyawa oksida tinggi. Hal ini akan menyebabkan luas permukaan karbon aktif semakin tinggi apabila diaktivasi dengan asam fosfat

(Husin & Hasibuan, 2020). Menurut Esterlita & Herlina, (2015) faktor yang mempengaruhi proses aktivasi kimia yaitu sebagai berikut:

a. Waktu perendaman

Proses aktivasi karbon aktif biasa dilakukan dengan cara perendaman dengan aktivator. Perendaman ini akan menyebabkan lignin hilang. Proses perendaman setiap aktivator memiliki waktu berbeda-beda, misalnya karbon tempurung kelapa dengan aktivator ZnCl_2 direndam selama 20 jam sedangkan dengan H_3PO_4 direndam sekitar 12-24 jam (Esterlita & Herlina, 2015).

b. Konsentrasi aktivator

Konsentrasi aktivator dapat mempengaruhi proses aktivasi; semakin tinggi konsentrasi yang digunakan, semakin besar pengaruhnya. Dengan konsentrasi aktivator yang lebih tinggi, kemampuan aktivator untuk mengikat senyawa-senyawa tar dan mengeluarkannya melalui pori-pori akan meningkat. Akibatnya, pori-pori yang terbentuk akan semakin besar, sehingga meningkatkan daya adsorpsi karbon aktif (Esterlita & Herlina, 2015).

2.4 Nitrat (NO_3^-)

Nitrat merupakan sumber nitrogen bagi tanaman untuk tumbuh kembang yang optimal. Nitrogen merupakan salah satu nutrisi esensial bagi tanaman. Nitrogen pada tanaman berfungsi untuk pembentukan protein, enzim, klorofil dan asam nukleat bagi tanaman. Nitrogen diserap dalam tanah dalam bentuk nitrat dan amonium. Nitrat juga berperan dalam meningkatkan kualitas tanaman dengan meningkatkan kadar nitrogen yang dibutuhkan oleh tanaman. Nitrat dapat diserap oleh tanaman dengan cepat dan efisien, mengurangi resiko pencemaran air dan lingkungan. Pemberian pupuk nitrat yang sesuai akan memenuhi kebutuhan nitrogen oleh tanaman. (Febrianna et al., 2018).

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses di mana partikel atau zat diserap ke permukaan suatu zat penyerap. Zat yang bertindak sebagai penyerap disebut adsorben, sedangkan zat yang diserap disebut adsorbat. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan adsorpsi suatu material yaitu ukuran partikel, massa adsorben, waktu

kontak, dan pH adsorbat. Massa adsorben yang semakin tinggi akan menyebabkan kemampuan adsorpsi meningkat. Hal ini dikarenakan semakin tinggi massa adsorben maka sisi aktif adsorben juga akan meningkat. Tetapi perlu diingat, bahwa meningkatnya jumlah sisi aktif adsorben ini juga akan menurunkan kemampuan adsorpsi karena adanya kompetisi dalam penyerapan adsorbat. Waktu kontak semakin tinggi akan menyebabkan kemampuan adsorpsi semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena meningkatnya proses difusi dan menempelnya adsorbat berlangsung lebih lama (Nurhasni et al., 2018).

Isotermal adsorpsi merupakan hubungan matematis antara konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi ke permukaan adsorben dengan konsentrasi adsorbat yang berada pada fase cair atau gas di dalam kesetimbangan. *Isotermal* adsorpsi dapat dibedakan kedalam tiga jenis yaitu *Isotermal* Langmuir, *Isotermal* Freundlich dan *Isotermal* BET. *Isotermal* Langmuir merupakan jenis adsorpsi *Isotermal* yang didasarkan pada asumsi bahwa adsorpsi dapat terjadi pada situs adsorpsi yang terbatas di permukaan yang homogen. *Isotermal* Langmuir mengasumsikan bahwa satu molekul zat adsorbat hanya bisa mengisi satu situs adsorpsi pada satu waktu, tidak terjadi interaksi antara molekul adsorbat yang teradsorpsi di situs adsorpsi yang berbeda dan adsorpsi yang terjadi bersifat reversibel (Mazarji et al., 2017). Persamaan isotermal Langmuir dapat dilihat pada persamaan 2.4.

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_m} + \frac{1}{KL \cdot Q_m} \frac{1}{C_e} \quad (2.4)$$

Di mana C_e adalah konsentrasi akhir adsorbat (mg/L), Q_e adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), Q_m adalah kapasitas adsorpsi maksimum monolayer (mg/g) dan KL adalah konstanta adsorpsi Langmuir (mg/L) (Phuong Tran et al., 2022).

Adsorpsi *isotermal* Freundlich merupakan jenis adsorpsi *Isotermal* yang digunakan ketika permukaan adsorben bersifat heterogen dalam situs adsorpsi. *Isotermal* Freundlich mengasumsikan bahwa tidak terjadi interaksi antara molekul adsorbat yang teradsorpsi dan tidak adanya kejenuhan situs adsorpsi. Oleh karena itu, interpretasi dan penggunaan *Isotermal* jenis ini perlu dipertimbangkan dengan hati hati pada sistem adsorpsi yang spesifik (Mazarji et al., 2017). Persamaan isotermal Freundlich dapat dituliskan pada persamaan 2.5 dan 2.6.

$$Q_e = k \cdot C_e^{1/2} \quad (2.5)$$

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2.6)$$

dimana C_e adalah konsentrasi akhir adsorbat (mg/L), Q_e adalah kapasitas adsorpsi (mg/g) dan K_f adalah konstanta adsorpsi Freundlich, dan n adalah parameter Freundlich (Phuong Tran et al., 2022).

2.6 Spektrofotometri UV-Vis

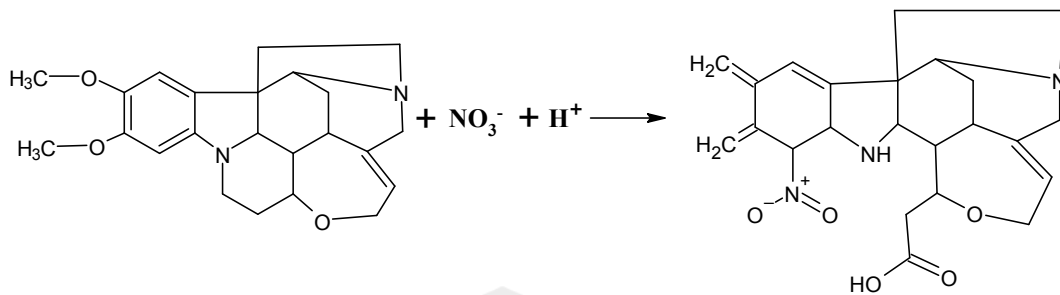
Spektrofotometri UV-Vis adalah metode analisis yang memanfaatkan interaksi antara cahaya dengan partikel analit. Partikel analit dapat menyerap, mengemisikan, atau menunjukkan fluoresensi ketika terpapar oleh gelombang cahaya atau foton. Metode ini berkaitan erat dengan pengukuran absorbansi energi cahaya oleh sistem kimia tergantung pada panjang gelombangnya. Spektrofotometri menggunakan prinsip hukum Lambert-Beer untuk menjelaskan serapan radiasi secara kuantitatif oleh zat kimia. Pengukuran menggunakan spektrofotometri UV-Vis didasarkan pada Hukum Lambert-Beer pada persamaan 2.7 dan 2.8

$$A = abc \quad (2.7)$$

$$A = \epsilon bc \quad (2.8)$$

dimana A adalah absorbansi, a adalah tetapan absorptivitas (L/mol.cm), b adalah tebal kuvet (cm), c adalah konsentrasi (M) dan ϵ adalah absorptivitas molar ($M^{-1} \text{ cm}^{-1}$) (Day & Underwood, 2002).

Analisis kandungan nitrat menggunakan spektrofotometer UV-visible dapat dilakukan dengan metode brusin. Metode ini didasarkan pada reaksi antara ion nitrat dengan brusin dalam kondisi asam. Reaksi tersebut akan menghasilkan senyawa kompleks yang berwarna kuning. Reaksi pembentukan senyawa kompleks oleh brusin dapat dilihat pada Gambar 2.2. Reaksi pada Gambar 22 akan menghasilkan panas sehingga larutan perlu didiamkan selama ± 30 menit sebelum diukur absorbansinya untuk memastikan bahwa reaksi telah selesai. Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 410 nm (Fatimah, 2015).

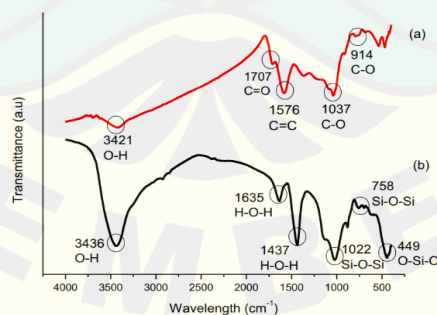


Gambar 2.2 Reaksi pembentukan kompleks oleh brusin

2.8 FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) adalah alat yang dapat digunakan untuk uji karakteristik. Alat ini menggunakan inframerah yang ditembakkan dengan panjang gelombang tertentu. Cahaya inframerah ini akan mendeteksi vibrasi dari gugus fungsi yang ada pada suatu senyawa. Spektrum FTIR akan menunjukkan absorbansi dengan transmisi dari suatu molekul (Pranoto et al., 2020).

Pengujian FTIR yang dilakukan oleh Pranoto et al., (2020) pada karbon aktif tempurung kelapa dilakukan pada panjang gelombang $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$. Gambar 2.3 merupakan hasil FTIR dari karbon aktif tempurung kelapa. Berdasarkan Gambar 2.3 menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang 3421 cm^{-1} yang mengidentifikasi ikatan O-H. Puncak lain berada pada 1705 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan C=O, panjang gelombang pada 1578 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan C=C dan panjang gelombang $914;1037\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C-O (Pranoto et al., 2020).



Gambar 2.3 Hasil FTIR karbon aktif tempurung kelapa (a), pasir kuarsa (b) (Sumber: Pranoto et al., 2019)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang diantaranya preparasi, aktivasi dan studi adsorpsi karbon aktif. *Furnace biochar* dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Analisis larutan nitrat dilakukan di Laboratorium Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Karakterisasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dilakukan di Laboratorium FTIR Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai dengan Mei 2024.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas beaker (50; 100; 600 mL), pipet tetes, pipet mohr (1; 5; 25; 50 mL), *ball* pipet, ayakan 50 dan 60 mesh, erlenmeyer 100 mL, buret 25 mL, statif, gelas ukur (50 dan 100 mL), corong hisap, spatula, botol semprot, neraca massa, batang pengaduk, labu ukur, kaca arloji, *shaker* (B-ONE *Orbital Shaker*), oven, desikator, *hot plate*, alat pirolisis, instrumen FTIR (*Thermo Scientific Nicolet 1s10*) dan Spektrofotometer Uv-Vis (*Thermo Scientific Genesys 10s*).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kertas saring, aquades, tempurung kelapa (CV. Medipety Nusantara), brusin anhidrat 99% (Loba Chemie), KNO₃ (Pudak), H₃PO₄ 85% (Smartlab), iodin (Merck), KIO₃ (Merck), amilum (Merck), KI (Merck), HCl 37% (Merck), H₂SO₄ 98% (Smartlab), dan Na₂S₂O₃·5H₂O (Merck).

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Sintesis *Biochar*

Biochar dibuat dengan cara membersihkan tempurung kelapa dari seratnya. Tempurung kelapa kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kering dan ditimbang massanya. Tempurung kelapa dihancurkan kemudian dimasukkan ke dalam reaktor sebanyak 1/4 reaktor dan dipirolisis selama 4 jam dengan suhu 280-400°C. Desain reaktor dapat dilihat pada lampiran 1.2. Hasil pirolisis kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari sampai kering. *Biochar* yang sudah kering lalu dihaluskan dengan cara ditumbuk dan diayak dengan ayakan 50 *mesh* dan 60 *mesh* agar didapatkan ukuran yang seragam yaitu 50-60 *mesh*. Padatan kemudian dikarakterisasi FTIR dengan bilangan gelombang 400-4000 cm⁻¹.

3.3.2 Proses Aktivasi

Sebanyak 100 gram *biochar* yang telah diayak direndam dalam 500 mL larutan H₃PO₄ dengan berbagai variasi konsentrasi yaitu 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% (w/w) pada suhu 27°C selama 9 jam (Husin dan Hasibuan, 2020). *Biochar* kemudian disaring dan dicuci menggunakan akuades hingga pH netral. Padatan *biochar* hasil filtrasi dioven pada suhu 105°C hingga kering. *Biochar* yang sudah kering lalu dikarbonasi dengan *furnace* pada suhu 575°C selama 1 jam hingga diperoleh *biochar* teraktivasi. *Biochar* teraktivasi kemudian dikarakterisasi FTIR dengan bilangan gelombang 400-4000 cm⁻¹.

3.3.3 Karakterisasi

a. Uji Bilangan Iodin

Biochar teraktivasi ditimbang sebanyak 0,200 gram ditambah 10 mL HCl 5% lalu dipanaskan selama 30 detik. Campuran kemudian ditambah 100 mL iodin 0,1N dan diaduk selama 30 detik. Campuran kemudian disaring dan diambil filtratnya sebanyak 50 mL. Filtrat yang diperoleh dititrasi dengan Na₂S₂O₃ 0,1N hingga muncul warna kuning pucat, lalu ditambahkan beberapa tetes amilum 1% dan dilanjutkan titrasi sampai warna biru hilang. Bilangan iodin kemudian dihitung menggunakan persamaan (2.3).

b. Uji Kadar Abu

Biochar yang sudah teraktivasi sebanyak 1,000 gram ditempatkan cawan porselin yang sebelumnya telah dikeringkan dalam oven. Sampel lalu dipanaskan dengan suhu 615°C selama 1 jam. Sampel kemudian didinginkan di dalam desikator lalu ditimbang. Prosedur diulangi sampai didapatkan berat konstan. Kadar abu dihitung menggunakan persamaan (2.2).

c. Kadar Air

Biochar yang sudah teraktivasi sebanyak 0,200 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah dioven dengan suhu 105°C selama 30 menit dan ditimbang. Cawan yang berisi *biochar* teraktivasi lalu dioven pada suhu 105°C selama 3 jam. Cawan kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali. Prosedur diulangi sampai dihasilkan berat konstan. Kadar air dihitung menggunakan persamaan (2.1).

3.3.4 Adsorpsi *Biochar* Teraktivasi Terhadap Ion Nitrat (NO_3^-)

a. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi diawali dengan membuat larutan standart NO_3^- . Larutan KNO_3 10-50 ppm sebanyak 5 mL masing-masing dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Larutan tersebut kemudian ditambahkan 0,5 mL brusin 2% dan 5 mL H_2SO_4 98%. Campuran kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas, sehingga menghasilkan larutan KNO_3 dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8 10 ppm. Larutan blanko dibuat dengan mengganti larutan KNO_3 menggunakan akuades. Penambahan brusin 2% dan H_2SO_4 98% dilakukan dengan volume yang sama. Larutan kemudian didiamkan selama 30 menit lalu dilakukan *scanning* panjang gelombang pada 350-500 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Larutan kemudian diukur absorbansinya menggunakan panjang gelombang maksimum yang diperoleh. Absorbansi yang diperoleh kemudian dibuat menjadi kurva antara absorbansi (sumbu x) dengan konsentrasi (sumbu y), lalu ditentukan persamaan linier dan nilai regresi yang didapat.

b. Pengaruh Waktu Kontak

Sebanyak 0,400 gram *biochar* teraktivasi dimasukkan ke dalam 50 mL larutan KNO_3 dengan konsentrasi 50 ppm. Campuran kemudian di gojog menggunakan *shaker* berkecepatan 180 rpm selama variasi waktu kontak (10-80 menit).

Campuran kemudian disaring kemudian filtrat sebanyak 5 mL ditambahkan 0,5 mL reagen brusin 2% dan 5 mL H₂SO₄ pekat, kemudian diencerkan hingga volume 25 mL. Campuran didiamkan selama 30 menit. Larutan diukur absorbansinya dengan panjang gelombang maksimum. Prosedur dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Nilai Absorbansi yang diperoleh kemudian digunakan untuk mencari konsentrasi akhir nitrat (C_e) dengan memasukkan nilai absorbansi ke dalam persamaan linier yang didapat pada kurva kalibrasi. Nilai C_e yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menghitung kapasitas adsorpsi dengan persamaan 3.1.

$$Q_e = \frac{V}{m} \times (C_0 - C_e) \quad (3.1)$$

dimana Q_e adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), V adalah volume larutan (L), m adalah massa *biochar* teraktivasi (gram), C₀ adalah konsentrasi awal nitrat (mg/L) dan C_e adalah konsentrasi sisa nitrat (mg/L). Langkah selanjutnya dibuat kurva antara kapasitas adsorpsi (Q_e, sumbu y) dengan waktu (t, sumbu x) untuk menentukan waktu optimum.

c. Penentuan Model *Isothermal* Adsorpsi

Sebanyak 0,4 gram *biochar* aktif dimasukkan dalam 50 mL larutan KNO₃ dengan konsentrasi 15; 20; 30; 40 dan 50 ppm. Campuran kemudian digojog dengan *shaker* selama waktu kontak optimum yang telah didapatkan. Campuran diperlakukan sama dengan perlakuan sebelumnya hingga diperoleh nilai absorbansi yang digunakan untuk mencari konsentrasi akhir nitrat (C_e) dan kemampuan adsorben (Q_e). Langkah selanjutnya yaitu memasukkan data yang telah diperoleh ke dalam persamaan Langmuir dan Freundlich untuk menentukan model *Isothermal* adsorpsi. Analisis model *Isothermal* Langmuir didasarkan pada persamaan 2.4 dan dibuat kurva hubungan antara 1/C_e (sumbu x) vs 1/Q_e (sumbu y). Analisis model *Isothermal* Freundlich didasarkan pada persamaan 2.6 dan dibuat kurva antara log Q_e (sumbu x) vs log C_e (sumbu y).

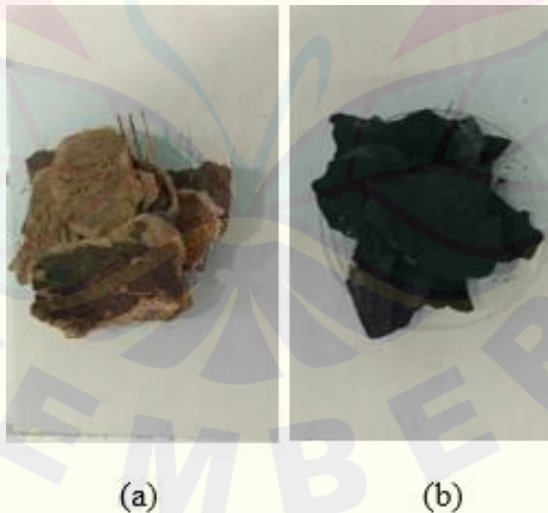
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik *Biochar* Teraktivasi

Penelitian ini diawali dengan pembuatan *biochar* dengan metode pirolisis lambat menggunakan suhu 280-400°C selama 6 jam. Tabel 4.1 menunjukkan kadar air biomassa dan *biochar* serta jumlah rendemen hasil pirolisis. Kadar air biomassa memiliki nilai sebesar 11,73% dan mengalami penurunan menjadi 6,86% setelah dikonversi menjadi *biochar*. Kadar air biomassa dapat mempengaruhi jumlah *biochar* yang dihasilkan. Menurut Xiong et al., (2013) kadar air biomassa yang tinggi akan menurunkan jumlah *biochar* yang dihasilkan. Rendemen *biochar* yang dihasilkan dari pirolisis yang telah dilakukan yaitu 36,47%. Menurut Brown, (2021) proses pirolisis lambat dapat menghasilkan jumlah *biochar* yang lebih banyak yaitu sekitar 25-45%.

Tabel 4. 1 Kadar Air dan Rendemen *Biochar* Tempurung Kelapa

Biomassa	Kadar Air (%)		Rendemen (%)
	Sebelum Pirolisis	Setelah Pirolisis	
Tempurung Kelapa	11,73	6,86	36,47%



Gambar 4.1 Konversi Biomassa (a) ke *Biochar* (b)

Gambar 4.1 merupakan Gambar perbandingan biomassa sebelum dan sesudah pirolisis. Gambar tersebut menunjukkan adanya perubahan fisik pada

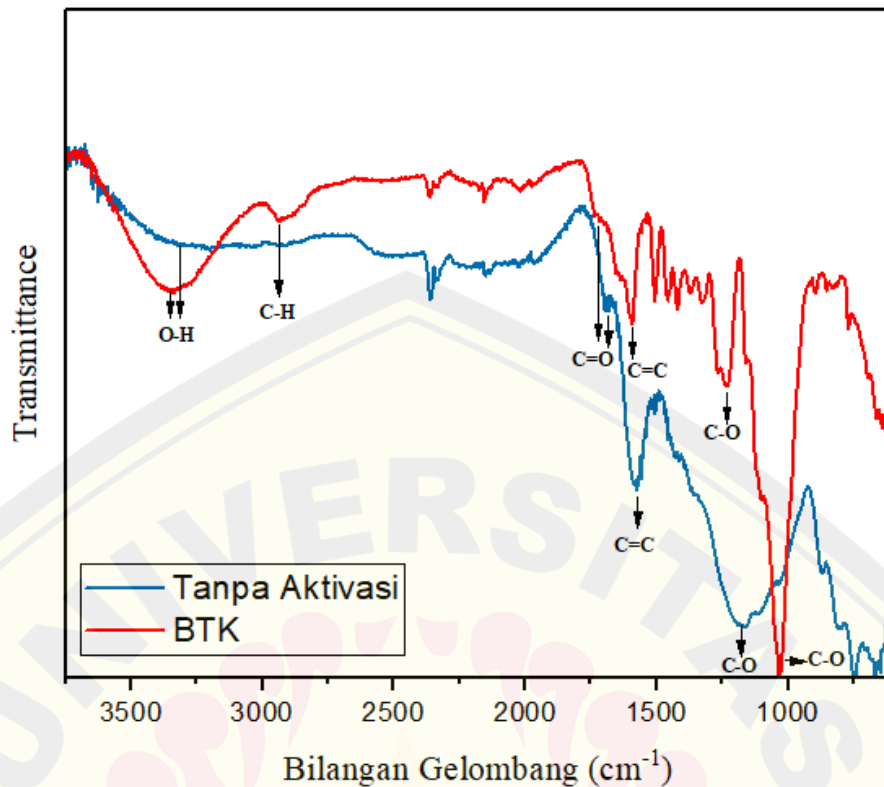
biomassa sebelum pirolisis yaitu berwarna kuning kecokelatan menjadi *biochar* yang berwarna hitam pekat. Perubahan warna tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi pembentukan karbon pada biomassa. Selain itu terjadi penyusutan berat dari biomassa yang disebabkan karena dekomposisi dari kandungan lignoselulosa pada biomassa menjadi gas dan tar selama proses pirolisis terjadi. Menurut penelitian Zhang et al., (2015) proses dekomposisi komponen pada biomassa tersebut akan menghasilkan struktur pori dan meningkatkan luas permukaan pada *biochar*. Menurut Jamilatun et al., (2022) dalam proses dekomposisi biomassa terjadi secara bertahap dimulai dengan evaporasi air, dekomposisi hemiselulosa dan dekomposisi lignin. Evaporasi air terjadi pada suhu $<150^{\circ}\text{C}$ kemudian dilanjutkan dengan dekomposisi hemiselulosa pada suhu $250\text{--}350^{\circ}\text{C}$. Selulosa mulai terdekomposisi pada suhu $325\text{--}400^{\circ}\text{C}$ yang hampir bersamaan dengan dekomposisi lignin yaitu pada suhu $350\text{--}550^{\circ}\text{C}$. Bentuk *biochar* memiliki kemiripan dengan bentuk biomasanya dikarenakan pada suhu 400°C lignin tidak terdekomposisi secara sempurna.

Biochar yang dihasilkan dari proses pirolisis kemudian dilakukan analisis menggunakan FTIR untuk mengamati adanya perubahan gugus fungsi pada biomassa setelah dikonversi menjadi *biochar*. Keberhasilan dari proses pirolisis dapat dilihat dengan dari perubahan intensitas serapan gugus fungsi pada *biochar*. Perubahan intensitas gugus fungsi dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan diperjelas pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan Spektra IR Tempurung Kelapa dan *Biochar*

Bilangan Gelombang		Gugus Fungsi*	Intensitas Serapan	
Biomassa	<i>Biochar</i>		Biomassa	<i>Biochar</i>
$\sim 3349\text{ cm}^{-1}$	$\sim 3343\text{ cm}^{-1}$	-OH	Tinggi	Sedang
$\sim 2932\text{ cm}^{-1}$	-	C-H alifatik	Rendah	-
$\sim 1646\text{ cm}^{-1}$	$\sim 1680\text{ cm}^{-1}$	C=O karbonil	Rendah	Rendah
$\sim 1592\text{ cm}^{-1}$	$\sim 1578\text{ cm}^{-1}$	C=C aromatik	Rendah	Sedang
$\sim 1232\text{ cm}^{-1}$	$\sim 1177\text{ cm}^{-1}$	C-O	Rendah	Sedang
$\sim 1032\text{ cm}^{-1}$		C-O	Tinggi	(melebar)

*Sumber: (Nuryana et al., 2020)



Gambar 4.2 Spektra IR Tempurung Kelapa dan *Biochar* Tempurung Kelapa

Spektra IR pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa tempurung kelapa dan *biochar* tempurung kelapa memiliki masing-masing puncak khas. Biomassa memiliki puncak serapan gugus fungsi antara lain -OH ($\sim 3349 \text{ cm}^{-1}$), C-H alifatik ($\sim 2932 \text{ cm}^{-1}$), C=O karbonil ($\sim 1646 \text{ cm}^{-1}$), C=C aromatik ($\sim 1592 \text{ cm}^{-1}$), C-O ($\sim 1232 \text{ cm}^{-1}$ dan $\sim 1032 \text{ cm}^{-1}$). Puncak serapan bilangan gelombang $\sim 3349 \text{ cm}^{-1}$, $\sim 1232 \text{ cm}^{-1}$, $\sim 1032 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan OH dan C-O yang muncul pada komponen lignin, selulosa dan hemiselulosa pada biomassa. Puncak serapan pada bilangan gelombang $\sim 2932 \text{ cm}^{-1}$, $\sim 1646 \text{ cm}^{-1}$ dan $\sim 1592 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C-H, C=O karbonil dan C=C aromatik yang terkandung dalam komponen lignin dari biomassa. Serapan serapan gugus tersebut mengalami perubahan intensitas, perubahan puncak dan juga pergeseran puncak setelah dilakukan pirolisis untuk mengkonversi biomassa menjadi *biochar* yang ditunjukkan Gambar 4.2 dan diperjelas Tabel 4.2.

Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 menunjukkan terjadinya perubahan serapan pada gugus fungsi pada tempurung kelapa. Penurunan intensitas gugus O-H pada

bilangan gelombang $\sim 3343 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan terjadinya degradasi komponen lignin, selulosa dan hemiselulosa pada biomassa serta terjadinya evaporasi air karena proses pirolisis. Hilangnya gugus C-H pada bilangan gelombang $\sim 2932 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan terjadinya degradasi termal yang menyebabkan terputusnya ikatan C-H alifatik pada lignin. Kenaikan intensitas gugus C=C dari biomassa menunjukkan terjadinya restrukturisasi gugus aromatik pada lignin menjadi gugus aromatik yang padat dan panjang. Hal ini menunjukkan bahwa struktur *biochar* telah berhasil terbentuk. Bergabungnya puncak serapan C-O ulur pada bilangan gelombang $\sim 1032 \text{ cm}^{-1}$ dan $\sim 1232 \text{ cm}^{-1}$ menjadi satu dan lebar pada bilangan gelombang $\sim 1177 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan terjadinya degradasi lignin, selulosa dan hemiselulosa yang diikuti dengan restrukturisasi gugus menjadi lebih heterogen sehingga menyebabkan puncak serapan menjadi lebar.

Biochar yang dihasilkan dari proses pirolisis kemudian dilakukan proses aktivasi menggunakan larutan H_3PO_4 dengan variasi konsentrasi. Variasi konsentrasi yang digunakan yaitu 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Proses aktivasi dilakukan dengan cara merendam *biochar* dengan larutan H_3PO_4 variasi konsentrasi selama 9 jam. Waktu perendaman tersebut dipilih karena didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Husin & Hasibuan, (2020) yang menyatakan bahwa waktu optimum dalam aktivasi *biochar* menggunakan H_3PO_4 adalah 9 jam. Semakin lama waktu aktivasi akan menghasilkan pori yang baik, tetapi pada waktu yang lebih lama maka ukuran pori yang dihasilkan akan semakin besar sehingga tidak efektif untuk adsorpsi senyawa tertentu. Menurut Neme et al, (2022) proses aktivasi ini bertujuan untuk menambah situs aktif, meningkatkan luas permukaan dan memperluas distribusi pori dengan cara melepaskan unsur non karbon yang masih terikat pada *biochar*. *Biochar* yang sudah direndam selama 9 jam kemudian di saring dan dicuci menggunakan akuades hingga pH netral. Pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan sisa H_3PO_4 yang masih ada serta menghilangkan bahan yang tidak stabil. Pengecekan pH dilakukan dengan menggunakan pH universal pada larutan filtrat dengan pH sekitar 6-7. Tahapan selanjutnya yaitu *biochar* di oven dengan suhu 105°C selama 1 jam untuk menghilangkan sisa air agar tidak mengganggu pada saat proses *furnace*. Proses *furnace* dilakukan dengan

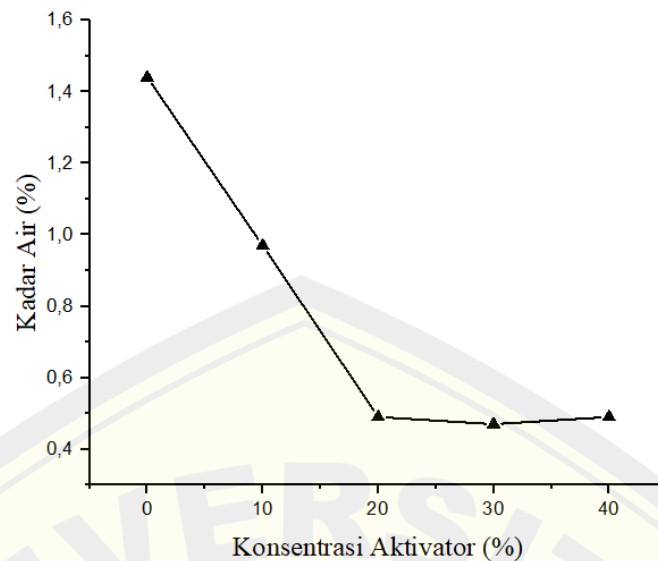
menggunakan suhu 575°C selama 1 jam. Proses *furnace* ini bertujuan untuk membuka pori dan meningkatkan luas permukaan. Selain itu pada suhu tinggi akan terjadi proses pembentukan karbon aktif yang berstruktur pori sangat banyak dan luas. Pada suhu tinggi molekul molekul volatil dan zat anorganik akan terlepas sehingga akan membentuk pori pada permukaan *biochar*. Data rendemen *biochar* aktif dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rendemen *Biochar* Teraktivasi

Konsentrasi Aktivator (%)	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Rendemen (%)
0%	100,001	78,527	78,526%
10%	100,003	78,099	78,096%
20%	100,006	78,657	78,652%
30%	100,002	76,593	76,591%
40%	100,006	79,462	79,457%

Tabel 4.3 merupakan hasil rendemen dari *biochar* yang telah diaktivasi menggunakan H_3PO_4 variasi konsentrasi. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa rendemen paling tinggi ada di konsentrasi aktivator 40% dan rendemen paling rendah pada konsentrasi aktivator 30%. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi 30% larutan memiliki ion H^+ lebih banyak yang berfungsi untuk meningkatkan laju reaksi dehidrasi dan devolatilisasi. Akibatnya, lebih banyak komponen volatil dan non karbon dihilangkan dari bahan baku, yang bisa mengurangi rendemen. Namun pada konsentrasi aktivator yang terlalu tinggi asam fosfat dapat beraksi lebih agresif dengan komponen mineral dalam *biochar* menghasilkan lebih banyak produk samping yang tidak terkarbonisasi sempurna, sehingga rendemen *biochar* mengalami peningkatan.

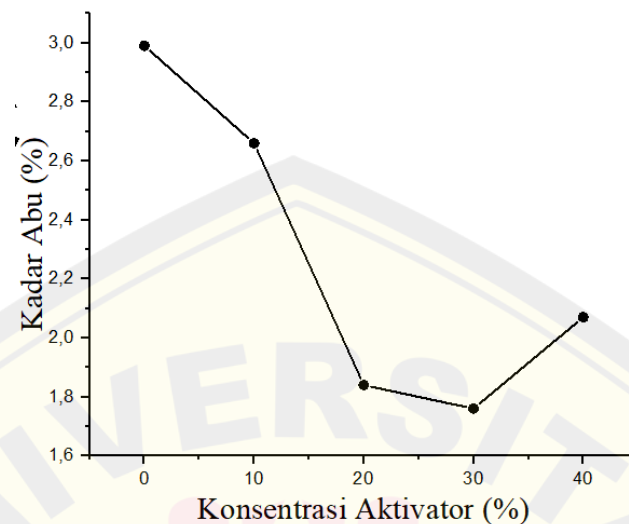
Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat *higroskopis* dari *biochar* aktif tempurung kelapa. Penentuan kadar air dilakukan pada *biochar* sebelum dan sesudah aktivasi yang bertujuan untuk melihat perbedaan kadar air dari kedua sampel. Data hasil kadar air yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Gambar 4.3 Kadar Air *Biochar* Teraktivasi

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa proses aktivasi dapat mempengaruhi kadar air dari *biochar*. Semakin besar konsentrasi H_3PO_4 maka kadar air yang dihasilkan semakin menurun. Namun pada konsentrasi H_3PO_4 40% terjadi kenaikan kadar air yang relatif kecil yaitu 0,02%. Kenaikan ini disebabkan karena pada konsentrasi H_3PO_4 yang tinggi dikarenakan asam fosfat bersifat higroskopis. Pada konsentrasi yang tinggi jumlah asam fosfat yang tersisa pada *biochar* dimungkinkan masih cukup besar sehingga kemungkinan untuk menyerap air dari lingkungan mengalami kenaikan. Secara keseluruhan kadar air *biochar* aktif telah memenuhi syarat dari SNI No. 0258-79 yaitu nilai maksimal kadar air *biochar* aktif sebesar 10%. Tinggi rendahnya kadar air *biochar* dipengaruhi oleh sifat *higroskopis* dan porositas *biochar* aktif. Kadar air yang baik adalah kadar air yang memiliki nilai sekecil-kecilnya karena dapat mempengaruhi daya serap dari *biochar* aktif. Kadar air terbaik yang memiliki nilai paling kecil dari penelitian ini yaitu pada konsentrasi aktivator 30%.

Kadar abu merupakan sisa mineral dan material anorganik yang tertinggal pada saat proses pirolisis. Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui total jumlah sisa residu hasil dari pirolisis. *Biochar* aktif memiliki kualitas yang baik ketika kadar abunya rendah. Hal ini dikarenakan abu yang berlebihan dapat menyebabkan penyumbatan pori pada *biochar* aktif. Kadar abu dilakukan

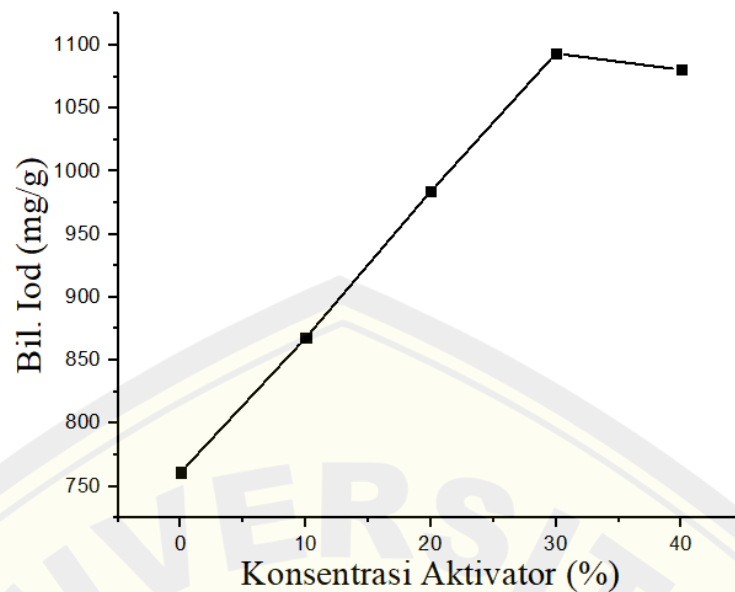
menggunakan *furnace* dengan suhu 615°C. Hasil kadar abu dari *biochar* aktif dengan variasi konsentrasi aktivator dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Kadar Abu *Biochar* Teraktivasi

Berdasarkan Gambar 4.4 kadar abu semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi aktivator. Penurunan kadar abu disebabkan karena mineral yang ada pada *biochar* aktif ikut terlepas pada saat proses penetralan aktivator. Kadar abu yang semakin menurun akan menyebabkan pori pada *biochar* aktif semakin terbuka. Berdasarkan Gambar 4.4 kadar abu paling kecil yaitu konsentrasi aktivator 30% dan meningkat pada konsentrasi aktivator 40%. Peningkatan kadar abu ini disebabkan karena pada konsentrasi tinggi proses penetralan akan membutuhkan waktu yang lama sehingga *biochar* akan lebih lama berkontak dengan udara yang akan meningkatkan kadar air. Kadar air yang meningkat akan menghambat sisa mineral untuk menguap pada saat proses *furnace*. Secara keseluruhan kadar abu yang diperoleh pada penelitian ini telah sesuai dengan SNI 06-3730-1995 yaitu nilai maksimal kadar abu sebesar 3%.

Uji bilangan iodin bertujuan untuk mengetahui besarnya iodin yang mampu diserap oleh *biochar* aktif. Penentuan bilangan iodin dilakukan pada *biochar* aktif dengan variasi konsentrasi. Uji bilangan iodin dilakukan dengan mereaksikan larutan iodin dengan *biochar* aktif kemudian dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat. Data uji bilangan iodin dapat dilihat pada Gambar 4.5.

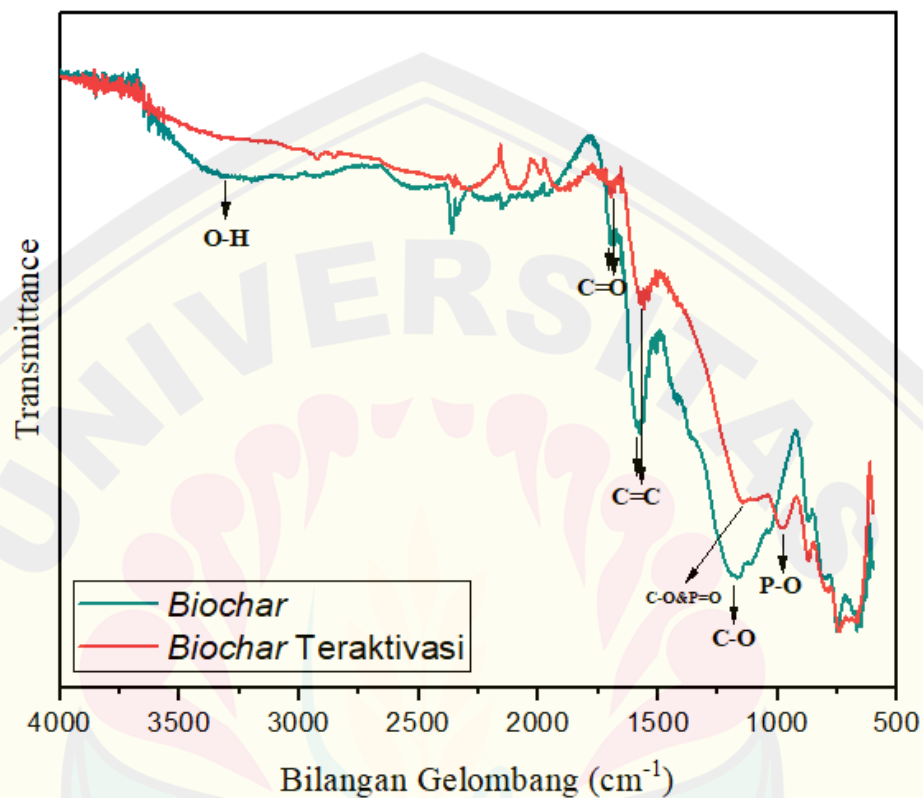


Gambar 4.5 Bilangan Iodin *Biochar* Teraktivasi

Gambar 4.5 menunjukkan pengaruh konsentrasi aktivator terhadap jumlah iodine yang diserap oleh *biochar* aktif. Semakin besar konsentrasi aktivator maka nilai bilangan iodine juga semakin besar yang menunjukkan semakin banyaknya iodine yang mampu diserap oleh *biochar* aktif. Peningkatan tersebut berhubungan dengan nilai kadar abu dari *biochar* teraktivasi, semakin kecil nilai kadar abu maka nilai bilangan iodine akan semakin besar. Hal tersebut disebabkan karena konsentrasi aktivator yang semakin tinggi mampu melepas mineral yang ada pada *biochar* aktif yang menyebabkan semakin luasnya pori pada *biochar* aktif. Nilai bilangan iodine dapat digunakan untuk memperkirakan luas permukaan dan porositas dari *biochar* teraktivasi. Menurut Siragi et al.,(2021) nilai bilangan iodine yang tinggi menunjukkan luas permukaan spesifik yang semakin tinggi. Nilai bilangan iodine pada konsentrasi aktivator 40% mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi tersebut telah terjadi saturasi, dimana *biochar* teraktivasi telah mencapai kapasitas maksimum untuk menyerap molekul iodine. Bilangan iodine pada *biochar* aktif berkisar antara 761-1093 mg/g. Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995, nilai bilangan iodine pada *biochar* aktif minimum bernilai 760 mg/g dan hasil yang diperoleh sudah sesuai dengan syarat SNI.

Karakteristik *biochar* aktif dari tempurung kelapa diidentifikasi dengan menggunakan Spektrofotometer FTIR yang bertujuan untuk menganalisis gugus

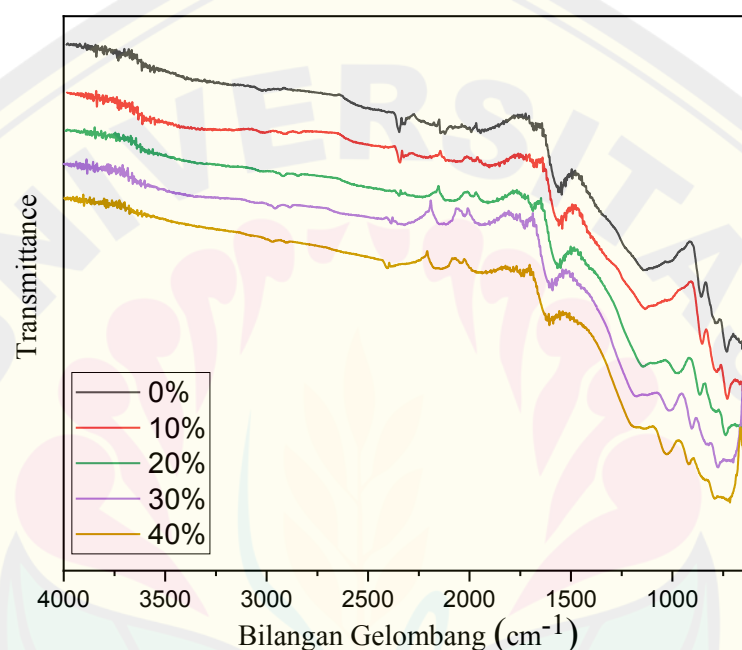
fungsi penyusun *biochar* aktif. Gugus fungsi merupakan karakteristik yang penting dari *biochar* aktif, karena dapat menentukan sifat dari permukaan *biochar* aktif yang terbentuk. Analisis perubahan gugus fungsi *biochar* dan *biochar* teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Spektra IR *Biochar* Tempurung Kelapa dan *Biochar* Teraktivasi

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa terjadi perubahan serapan IR pada *biochar* sebelum dan sesudah aktivasi. Perubahan gugus yang terjadi yaitu pada gugus OH ($\sim 3407 \text{ cm}^{-1}$), gugus C=O ($\sim 1692 \text{ cm}^{-1}$) dan gugus P-O ($\sim 982 \text{ cm}^{-1}$) serta perubahan intensitas serapan yang terjadi pada gugus C=C ($\sim 1559 \text{ cm}^{-1}$) dan gugus C-O ($\sim 1151 \text{ cm}^{-1}$). Hilangnya gugus OH pada *biochar* teraktivasi menunjukkan bahwa proses aktivasi menyebabkan dehidrasi atau penghilangan molekul air dari *biochar* teraktivasi. Selain itu proses aktivasi juga dapat mereduksi sifat *higroskopis* dengan menghilangkan kandungan OH pada *biochar* teraktivasi. Hilangnya serapan gugus C=O diikuti dengan penurunan gugus C=C pada bilangan gelombang $\sim 1159 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan terjadinya pembentukan *mikropori* baru yang menyebabkan kedua gugus tersebut terdekomposisi. Perubahan serapan C-O pada bilangan

gelombang $\sim 1151 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus baru yang terbentuk yaitu P=O yang berikatan dengan C-O-P akibat proses aktivasi. Menurut Yang et al., (2020) proses aktivasi dapat menyebabkan terbentuknya puncak pada bilangan gelombang $\sim 1153 \text{ cm}^{-1}$. Puncak serapan pada bilangan gelombang $\sim 982 \text{ cm}^{-1}$ teridentifikasi sebagai gugus P-O akibat dari proses aktivasi. Menurut Laine et al., (1989) *biochar* tempurung kelapa yang diaktivasi dengan asam fosfat akan memiliki gugus P-O yang teridentifikasi pada bilangan gelombang $\sim 985 \text{ cm}^{-1}$.



Gambar 4.7 Spektra IR *Biochar* Teraktivasi

Tabel 4.4 Data Serapan IR *Biochar* Teraktivasi

Bilangan Gelombang					Keterangan	Referensi
0%	10%	20%	30%	40%		
~ 1559	~ 1559	~ 1572	~ 1577	~ 1552	C=C Alkena	Kurniati et al., (2011)
~ 1157	~ 1151	~ 1151	~ 1138	~ 1112	P=O dan C-O yang berikatan hidrogen dengan C-O-P	Yang et al., (2020)
~ 982	~ 982	~ 982	~ 982	~ 982	P-O	Laine et al., (1989)

Analisa serapan gugus fungsi pada *biochar* aktif variasi konsentrasi aktivator dapat dilihat pada Gambar 4.7 yang diperjelas pada Tabel 4.4. Hasil FTIR

menunjukkan bahwa *biochar* aktif memiliki komponen yang hampir mirip antara satu dengan yang lain. Gambar 4.7 menunjukkan adanya serapan gugus C=C alkena pada $\sim 1559\text{ cm}^{-1}$, gugus C-O dan P=O yang berikatan hidrogen dengan C-O-P pada ~ 1157 , gugus P-O pada ~ 982 . Analisa FTIR menunjukkan adanya perbedaan bentuk spektra, pergeseran, dan pengurangan intensitas gugus.

Gugus fungsi C=C yang teridentifikasi pada bilangan gelombang $\sim 1559\text{ cm}^{-1}$ mengalami penurunan intensitas seiring dengan meningkatnya konsentrasi aktivator. Hal ini dikarenakan berubahnya sifat kepolaran dari *biochar* setelah di aktivasi. Menurut Wibowo et al., (2019) gugus C=C pada *biochar* tanpa aktivasi mengindikasikan bahwa permukaan *biochar* tersebut bersifat non polar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator maka permukaan *biochar* teraktivasi akan semakin polar. Puncak serapan pada bilangan gelombang $\sim 1151\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus baru yang terbentuk yaitu C-O dan P=O yang berikatan dengan C-O-P akibat proses aktivasi yang muncul pada semua konsentrasi aktivator. Menurut Yang et al., (2020) proses aktivasi dapat menyebabkan terbentuknya puncak pada bilangan gelombang $\sim 1153\text{ cm}^{-1}$. Puncak pada bilangan gelombang $\sim 982\text{ cm}^{-1}$ teridentifikasi sebagai gugus P-O akibat dari proses aktivasi yang muncul pada semua konsentrasi aktivator. Menurut Laine et al., (1989) *biochar* tempurung kelapa yang diaktivasi dengan asam fosfat akan memiliki gugus P-O yang teridentifikasi pada bilangan gelombang $\sim 985\text{ cm}^{-1}$.

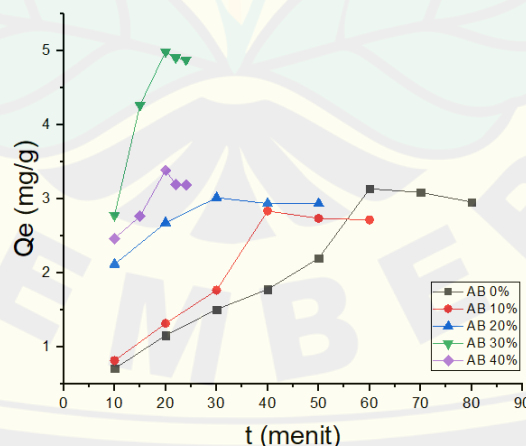
4.2. Sifat Adsorpsi *Biochar* Aktif

4.2.1 Studi Waktu Kontak

Biochar aktif tempurung kelapa kemudian dianalisis kemampuan adsorpsinya terhadap nitrat menggunakan metode *batch*. Variasi yang digunakan pada metode ini yaitu variasi waktu kontak dan konsentrasi nitrat. Variasi waktu kontak dilakukan untuk mencari waktu kontak optimum dari *biochar* tempurung kelapa. Variasi waktu kontak pada setiap konsentrasi aktivator dilakukan dengan waktu yang berbeda-beda. Waktu kontak yang digunakan secara berturut turun dari konsentrasi 0-40% yaitu 10-80 menit; 10-60 menit; 10-50 menit; 10-24 menit dan

10-24 menit. Kurva hubungan waktu kontak terhadap kemampuan adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.8.

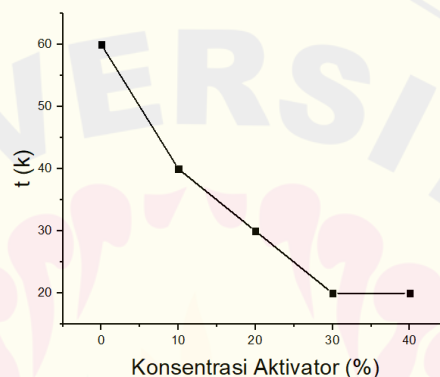
Berdasarkan Gambar 4.8 secara keseluruhan konsentrasi aktivator, kemampuan adsorpsi mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu kontak. Kemampuan adsorpsi pada waktu kontak optimum dari variasi konsentrasi aktivator mengalami penurunan dari konsentrasi 0% ke 10% dan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya konsentrasi aktivator. Kemampuan adsorpsi tertinggi pada konsentrasi asam fosfat 30%. Tingginya kemampuan adsorpsi pada konsentrasi aktivator 0% terjadi karena disebabkan pelebaran pori yang terlalu besar akibat proses *furnace*. Selain itu hal tersebut juga bisa disebabkan karena saturasi adsorben, pada konsentrasi yang lebih tinggi adsorben mungkin lebih cepat mencapai titik saturasi sehingga tidak ada lagi situs aktif yang tersedia untuk mengadsorpsi adsorbat. Menurut Husin dan Hasibuan (2020), kenaikan kemampuan adsorpsi disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi aktivator semakin banyak pula situs aktif yang ada pada permukaan *biochar*, tetapi pada konsentrasi tinggi terjadi blokade pori pada permukaan *biochar* sehingga akan mempengaruhi kemampuan adsorpsinya. Selain itu, kemampuan adsorpsi juga berkaitan dengan karakteristik *biochar* seperti kadar air, kadar abu dan bilangan iodin. Pada konsentrasi 40% kadar air, kadar abu dan bilangan iodin mengalami perubahan pola sehingga dapat mempengaruhi proses adsorpsi yang terjadi.



Gambar 4.8 Kurva Kemampuan Adsorpsi Terhadap Waktu Kontak

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa waktu kontak semakin singkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi aktivator. Menurut Sholikhah et al., (2021)

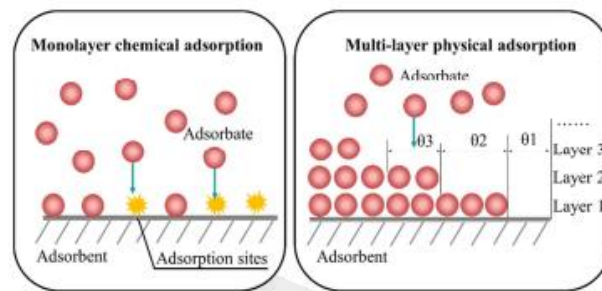
meningkatnya konsentrasi aktivator akan menurunkan kadar abu dan meningkatkan bilangan iodin sehingga pori dan luas permukaan akan semakin meningkat. Hal tersebut menyebabkan waktu kesetimbangan pada proses adsorpsi lebih cepat tercapai. Waktu kesetimbangan pada *biochar* teraktivasi dengan masing-masing konsentrasi aktivator berurutan dari 0-40% yaitu 60 menit, 40 menit, 30 menit, 20 menit dan 20 menit. Keadaan setimbang tersebut menunjukkan *biochar* teraktivasi telah mencapai waktu jenuh yang merupakan keadaan penambahan waktu kontak tidak mengubah kemampuan adsorpsi (Zian et al., 2016).



Gambar 4.9 Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Waktu Kesetimbangan

4.2.2 Studi Model Isotermal

Isotermal adsorpsi merupakan hubungan matematis antara konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi ke permukaan adsorben dengan konsentrasi adsorbat yang berada pada fase cair atau gas di dalam kesetimbangan. Asumsi model yang digunakan pada penelitian ini yaitu model isotermal Langmuir dan model isotermal Freundlich. Model isotermal Langmuir merupakan model isotermal yang mengansumsikan bahwa adsorben hanya mampu menampung atau menyerap satu molekul adsorbat (*monolayer*). Sedangkan, model isotermal Freundlich mengasumsikan bahwa satu permukaan adsorben dapat menyerap lebih dari satu molekul adsorbat (*multilayer*). Kedua model tersebut telah diilustrasikan oleh Wang & Guo, (2020) pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Ilustrasi Adsorpsi *Monolayer* (kiri) dan *Multilayer* (kanan)
(Sumber : Wang dan Guo, 2020)

Masing-masing dari kedua model memiliki parameter atau syarat tertentu untuk mengasumsikan *biochar* aktif sesuai dengan model tersebut. *Biochar* aktif dapat dikatakan mengikuti model isotermal Langmuir apabila memenuhi parameter dari model tersebut seperti nilai konstanta Langmuir (K_L) > 0 , nilai kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m) > 0 dan nilai regresi (R^2) $> 0,70$. Nilai konstanta Langmuir menunjukkan adanya interaksi antara adsorben dengan adsorbat. Nilai K_L yang tinggi menggambarkan kuatnya interaksi antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m) menunjukkan jumlah molekul adsorbat yang mampu diserap oleh per gram adsorben. Sementara, *biochar* aktif dapat dikatakan mengikuti model isotermal Freundlich apabila memenuhi parameter dari model tersebut seperti nilai konstanta Freundlich (K_f) > 0 , nilai $n > 1$ dan nilai regresi (R^2) $> 0,70$. Jika nilai R kedua model sama sama lebih dari 0,70 maka dipilih nilai R yang paling tinggi. Nilai konstanta Freundlich (K_f) menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum secara *multilayer*. Nilai n menunjukkan interaksi yang terjadi antar adsorbat dengan adsorben. Nilai $n > 1$ menunjukkan adanya interaksi fisik yang kuat antara adsorben dengan adsorbat, sedangkan $n < 1$ menunjukkan adanya interaksi kimia antara adsorben dengan adsorbat (Wang dan Guo, 2020).

Penentuan model isotermal *biochar* aktif pada penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi dari adsorbat. Model isotermal yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan analisis regresi linier. Hal ini karena analisis regresi linier dapat menggambarkan distribusi adsorbat dan menganalisa sistem adsorpsi yang terjadi. Kurva regresi model isotermal adsorpsi dari masing-masing *biochar* teraktivasi

dapat dilihat pada Lampiran 9. dan diperjelas oleh data 4.5. Pada Lampiran 9. menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi semakin meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi aktivator dan menurun pada konsentrasi 40%. Menurut Husin dan Hasibuan (2020), kenaikan kemampuan adsorpsi disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi aktivator semakin banyak pula situs aktif yang ada pada permukaan *biochar*, tetapi pada konsentrasi tinggi terjadi blokade pori pada permukaan *biochar* sehingga akan mempengaruhi kemampuan adsorpsinya. Selain itu, kemampuan adsorpsi juga berkaitan dengan karakteristik *biochar* seperti kadar air, kadar abu dan bilangan iodin. Pada konsentrasi 40% kadar air, kadar abu dan bilangan iodin mengalami perubahan pola sehingga dapat mempengaruhi proses adsorpsi yang terjadi.

Tabel 4.5 Parameter Isotermal Adsorpsi Model Langmuir dan Freundlich

Konsentrasi	Isotermal Langmuir			Isotermal Freundlich			
	K_L (mg/L)	Q_m (mg/g)	R^2	K_f (mg/g)	n	$1/n$	R^2
0%	-0,043	-0,797	0,9611	0,001	0,376	2,657	0,989
10%	-0,045	-0,791	0,9539	0,001	0,367	2,728	0,9943
20%	-0,052	-0,582	0,9599	0,0002	0,293	3,412	0,9811
30%	-0,058	-0,523	0,9599	0,0001	0,265	3,796	0,9811
40%	-0,043	-0,639	0,9375	0,0006	0,346	2,890	0,9903

Biochar aktif dengan variasi konsentrasi aktivator menunjukkan nilai regresi yang lebih condong ke model isotermal Freundlich. Nilai regresi ini menggambarkan bahwa terjadi adsorpsi secara *multilayer* pada *biochar* aktif. Parameter Langmuir yang didapatkan semua *biochar* teraktivasi memiliki nilai $K_L < 0$ dan $Q_m < 0$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa *biochar* aktif tidak mengikuti model isotermal Langmuir. Nilai $K_f > 0$ menunjukkan adanya potensi terjadi interaksi kimia antara nitrat dengan *biochar* aktif secara *multilayer*. Nilai $n < 1$ pada menunjukkan adanya interaksi kimia yang terjadi antara nitrat dengan *biochar* aktif. Nilai $1/n > 1$ menunjukkan bahwa interaksi antara *biochar* aktif dengan nitrat terjadi secara kooperatif. Adsorpsi kooperatif dalam model Freundlich mengasumsikan bahwa adsorpsi lebih sulit dilakukan pada konsentrasi adsorbat yang lebih tinggi yang menunjukkan adanya interaksi negatif antara molekul adsorbat atau sifat permukaan adsorben yang berkurang untuk adsorpsi lebih lanjut.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Sintesis *biochar* teraktivasi menggunakan asam fosfat variasi konsentrasi sebagai agen pengaktivasi telah berhasil dilakukan. Nilai kadar air dari *biochar* teraktivasi asam fosfat dari konsentrasi 0-40% secara berturut-turut yaitu 1,44%; 0,97%; 0,49%; 0,47 dan 0,49%. Nilai kadar abu *biochar* teraktivasi dari konsentrasi 0-40% berturut-turut yaitu 3,09%; 2,69%; 1,83%; 1,76% dan 2,09%. *Biochar* teraktivasi asam fosfat konsentrasi 0-40% mampu menyerap iodine berturut-turut sebesar 761,11 mg/g; 867,69 mg/g; 984,05 mg/g; 1093,42 mg/g dan 1080,39 mg/g. Hasil tersebut menunjukkan semakin meningkatnya konsentrasi aktivator akan menurunkan nilai kadar air dan kadar abu serta akan meningkatkan nilai bilangan iodine. Hasil analisis gugus fungsi secara keseluruhan konsentrasi aktivator menunjukkan bahwa *biochar* teraktivasi memiliki gugus -OH, C-O, C=C, P=O, P-O dan C-O-P.
2. Hasil studi isothermal adsorpsi *biochar* teraktivasi terhadap nitrat menunjukkan bahwa keseluruhan *biochar* teraktivasi asam fosfat variasi konsentrasi mengikuti model isothermal Freundlich.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian yaitu dilakukan analisis luas permukaan menggunakan *Brunauer Emmet Teller* (BET) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui luas permukaan dan porositas *biochar* teraktivasi secara pasti. Selain itu perlu dilakukan studi mengenai model isothermal selain Langmuir dan Freundlich untuk mengetahui apakah model lain lebih sesuai dengan *biochar* teraktivasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adib, M. R. M., Suraya, W. M. S. W., Rafidah, H., Amirza, A. R. M., Attahirah, M. H. M. N., Hani, M. S. N. Q., & Adnan, M. S. (2016). Effect of Phosphoric Acid Concentration on the Characteristics of Sugarcane Bagasse Activated Carbon. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 136(1).
- Amin, A., Sitorus, S., & Yusuf, B. (2016). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) Sebagai Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Amonia, Nitrit dan Nitrat pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Teknik Celup. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(2), 78–84.
- Braghiroli, F. L., Bouafif, H., Neculita, C. M., & Koubaa, A. (2018). Activated Biochar as an Effective Sorbent for Organic and Inorganic Contaminants in Water. *Water, Air, and Soil Pollution*, 229(7).
- Brown, R. C. (2021). Negative Economy. *Processes*, 9(882), 1–17.
- Dada, A. ., Inyinbor, A. ., & Oluyori, A. . (2012). Preparation and Characterization of Activated Carbon from Palm Kernel Shell. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 17(2), 188–197.
- Day, R. ., & Underwood, A. . (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif*. Erlangga.
- Esterlita, M. O., & Herlina, N. (2015). Pengaruh penambahan aktivator ZnCl_2 , KOH, Dan H_3PO_4 dalam pembuatan karbon aktif dari pelepah aren (Arenga Pinnata). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 47–52.
- Fatimah, S. (2015). Optimasi Parameter Adsorpsi NO_3^- Dan NO_2^- Dalam Limbah Cair Tahu Menggunakan Arang Aktif Tempurung Kelapa Dengan Sistem Dinamis. In *Universitas Jember*, 21(1).
- Febrianna, M., Prijono, S., & Kusumarini, N. (2018). Meningkatkan Serapan Nitrogen Serta Pertumbuhan Dan Produksi Sawi (*Brassica Juncea* L .) Pada Tanah Berpasir. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 5(2), 1009–1018.
- Herlambang, S., Yudhiantoro, D., Gomareuzzaman, M., & Lestari, I. (2021). *BOICHAR: Amandemen Tanah Dan Mitogasi Lingkungan*. UPN Veteran Yogyakarta.
- Husin, A., & Hasibuan, A. (2020). Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Posfat (H_3PO_4) dan Waktu Perendaman Karbon terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Kulit Durian. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 9(2), 80–86.
- Jamilatun, S., Pitoyo, J., Arifah, Z., Amelia, S., & Maarif, A. (2022). Pirolisis Ampas Tebu (*Saccharum officinarum* Linn): Pengaruh Suhu terhadap Yield dan Karakteristik Produk. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 1–11.

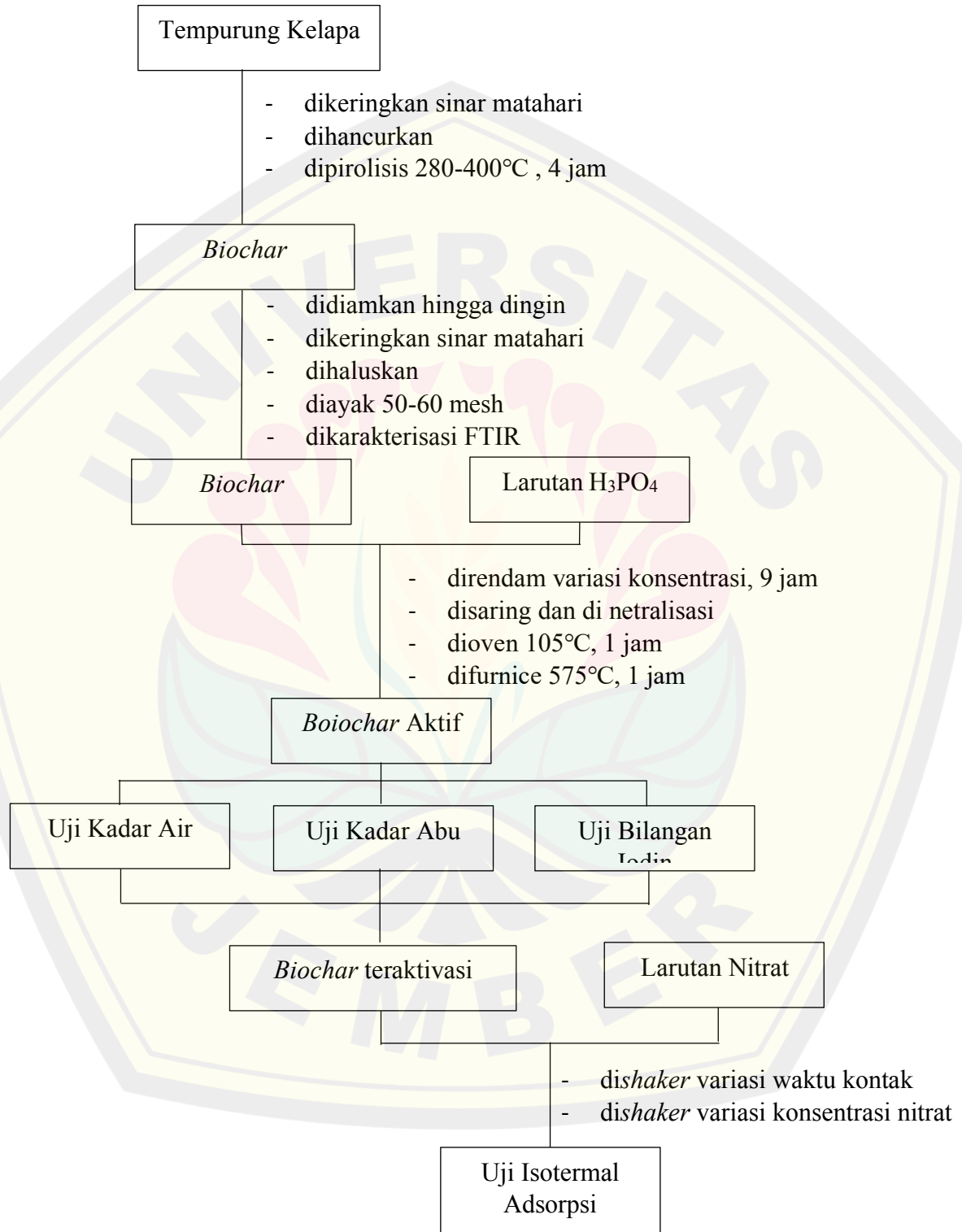
- Kristianto, H. (2017). Review: Sintesis Karbon Aktif Dengan Menggunakan Aktivasi Kimia ZnCl_2 . *Jurnal Integrasi Proses*, 6(3), 104–111.
- Kurniati, D. F., Pardoyo, & Suhartana. (2011). Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Sintesis Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 14(3), 72–76.
- Laine, J., Calafat, A., & labady, M. (1989). Preparation and Characterization Of Activated Carbons From Coconut Shell Impregnated With Phosphoric Acid. *Carbon*, 27(2), 191–195.
- Li, W., Yang, K., Peng, J., Zhang, L., Guo, S., & Xia, H. (2008). Effects of carbonization temperatures on characteristics of porosity in coconut shell chars and activated carbons derived from carbonized coconut shell chars. *Industrial Crops and Products*, 28(2), 190–198.
- Maniscalco, M., Infurna, G., Caputo, G., Botta, L., & Dintcheva, N. T. (2021). Slow pyrolysis as a method for biochar production from carob waste: Process investigation and products' characterization. *Energies*, 14(24).
- Mazarji, M., Aminzadeh, B., Baghdadi, M., & Bhatnagar, A. (2017). Removal of nitrate from aqueous solution using modified granular activated carbon. *Journal of Molecular Liquids*, 233, 139–148.
- Neme, I., Gonfa, G., & Masi, C. (2022). Activated carbon from biomass precursors using phosphoric acid: A review. *Heliyon*, 8(12).
- Nurhasni, N., Mar'af, R., & Hendrawati, H. (2018). Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (*Arachis hipogaea* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(2), 156–167.
- Nuryana, D., Semarang, U. N., Fahrul, M., Alim, R., Semarang, U. N., Yahayu, M., Abbas, M., & Zaini, A. (2020). Methylene Blue Removal Using Coconut Microwave-Assisted Pyrolysis. *Jurnal Teknologi*. 5(December), 31–41.
- Phuong Tran, T. C., Nguyen, T. P., Nguyen, T. T., Le, P. C., Tran, Q. B., & Nguyen, X. C. (2022). Equilibrium single and co-adsorption of nutrients from aqueous solution onto aluminium-modified biochar. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*,.
- Pranoto, Martini, T., Astuti, F., & Maharditya, W. (2020). Test the Effectiveness and Characterization of Quartz Sand/Coconut Shell Charcoal Composite as Adsorbent of Manganese Heavy Metal. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 858(1).
- Sanni, E. S., Emetere, M. E., Odigure, J. O., Efeovbokhan, V. E., Agboola, O., & Sadiku, E. R. (2017). Determination of optimum conditions for the production of activated carbon derived from separate varieties of coconut shells.

International Journal of Chemical Engineering,.

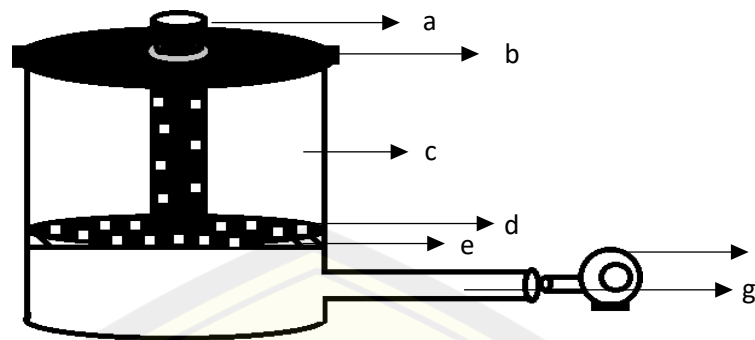
- Sembiring, T., dan Sinaga, S. (2003). *Arang Aktif (Pengenalannya dan Proses Pembuatannya)*. Fakultas Teknik Industri Universitas Sumatera Utara.
- Sholikhah, H. I., Putri, H. R., & Inayati, I. (2021). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Fosfat (H_3PO_4) pada Pembuatan Karbon Aktif dari Sabut Kelapa terhadap Adsorpsi Logam Kromium. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 5(1), 45-.
- Siragi D. B., M., Desmecht, D., Hima, H. I., Mamane, O. S., & Natatou, I. (2021). Optimization of Activated Carbons Prepared from *Parinari macrophylla* Shells. *Materials Sciences and Applications*, 12(05), 207–222.
- Subandriyo, M. (2003). *A Generalized Ono-Kondratice Model for High Pressure on Carbon Adsorption*. Oklahoma State University.
- Wang, J., & Guo, X. (2020). Adsorption Isothermal models: Classification, physical meaning, application and solving method. *Chemosphere*, 258, 127279.
- Wibowo, S., Syafi, W., & Pari, G. (2019). Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji. *Makara*. 15(1), 17–24.
- Xiong, S., Zhuo, J., Zhang, B., & Yao, Q. (2013). Effect of moisture content on the characterization of products from the pyrolysis of sewage sludge. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 104, 632–639.
- Yahya, M. A., Al-Qodah, Z., & Ngah, C. W. Z. (2015). Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 46, 218–235.
- Yang, Z., Gleisner, R., Mann, D. H., Xu, J., Jiang, J., & Zhu, J. Y. (2020). Lignin based activated carbon using h_3po_4 activation. *Polymers*, 12(12), 1–16.
- Zhang, J., Liu, J., & Liu, R. (2015). Effects of pyrolysis temperature and heating time on biochar obtained from the pyrolysis of straw and lignosulfonate. *Bioresource Technology*, 176, 288–291.
- Zhang, M., Song, G., Gelardi, D. L., Huang, L., Khan, E., Mašek, O., Parikh, S. J., & Ok, Y. S. (2020). Evaluating biochar and its modifications for the removal of ammonium, nitrate, and phosphate in water. *Water Research*, 186.
- Zian, Ulfin, I., & Harmami. (2016). Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5(2), 107–110.

LAMPIRAN

3.1 Diagram Alir



3.2 Desain Reaktor



Gambar 3. 1 Desain Reaktor

Keterangan:

a = tempat keluar asap

b = penutup bejana

c = bejana (tempat biomassa)

d = pembatas antara tempat biomassa dan tempat oksigen

e = penampang

f = kipas keong

g = tempat masuk oksigen

3.3 Persiapan Bahan

a. Larutan Brusin 2%

Larutan brusin dibuat dengan cara melarutkan 1 gram brusin dengan akuades. Campuran kemudian ditambahkan 5 mL H_2SO_4 98%. Campuran kemudian diencerkan dalam labu ukur 50 mL sampai tanda batas.

b. Larutan Induk NO_3^- (1000 ppm)

Larutan induk NO_3^- 1000 ppm dibuat dengan cara melarutkan 0,815 gram KNO_3 dalam akuades pada gelas beaker. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 500 mL dan diencerkan hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan induk NO_3^- dengan konsentrasi sebesar 1000 ppm.

c. Larutan Standart NO_3^-

Sebanyak 0,25 mL; 0,50 mL; 0,75 mL; 1 mL; dan 1,25 mL larutan induk 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Larutan kemudian diencerkan hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan baku NO_3^- dengan konsentrasi 10 ppm; 20 ppm; 30 ppm; 40 ppm dan 50 ppm.

d. Pembuatan Indikator Amilum 1%

Sebanyak 1 gram amilum dilarutkan ke dalam 10 mL akuades pada gelas beaker dan diaduk hingga menjadi pasta. Sebanyak 90 mL akuades dipanaskan hingga mendidih. Pasta amilum kemudian dimasukkan ke dalam 90 mL akuades mendidih sambil diaduk.

e. Pembuatan Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N

Sebanyak 24,821 gram padatan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dilarutkan ke dalam akuades pada gelas beaker hingga larut. Larutan kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan diencerkan hingga tanda batas.

f. Pembuatan Larutan Iodin 0,1N

Sebanyak 12,7 gram padatan I_2 dan 19,1 gram padatan KI dimasukkan kedalam gelas kimia. Campuran kemudian ditambahkan akuades dan di *stirer* selama 30-1 jam hingga padatan iodin larut sempurna. Larutan kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan diencerkan hingga tanda batas.

g. Pembuatan Larutan KIO_3 0,1N

Sebanyak 3,57 gram padatan KIO_3 dilarutkan ke dalam akuades pada gelas beaker hingga larut. Larutan kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan diencerkan hingga tanda batas.

h. Standarisasi Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dengan KIO_3 0,1N

Sebanyak 25 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dimasukkan ke dalam buret 25 mL. Langkah selanjutnya, pada erlenmeyer dimasukkan 10 mL KIO_3 0,1N kemudian ditambahkan 2 gram KI dan dihomogenkan. Larutan tersebut kemudian ditambah 2 mL HCl 2N. Selanjutnya, larutan tersebut di titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Saat warna kuning hampir hilang, dihentikan titrasi dan ditambahkan 5 tetes indikator amilum 1%. Titrasi dilanjutkan hingga warna biru menghilang. Catat volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan. Prosedur dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

i. Standarisasi Larutan Iodin dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N

Sebanyak 25 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N dimasukkan ke dalam buret 25 mL. Pada erlenmeyer, dimasukkan 10 mL larutan iodin kemudian di titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hingga larutan iodin berwarna kuning muda. Larutan iodin kemudian ditambah beberapa tetes indikator amilum 1 % dan dilanjutkan titrasi hingga warna biru hilang. Dicatat volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang diperlukan. Prosedur dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

j. Larutan HCl 2N

Sebanyak 16,6 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Larutan kemudian di encerkan hingga tanda batas. Larutan HCl 2N siap digunakan.

k. Larutan HCl 5%

Sebanyak 13,5 mL HCl 37% dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Larutan kemudian di encerkan hingga tanda batas. Larutan HCl 5% siap digunakan.

3.4 Perhitungan Pembuatan larutan

1. Pembuatan larutan H_3PO_4 (10-40%)

a. 10%

Larutan basic H_3PO_4 85%

$$\begin{aligned} m \text{ H}_3\text{PO}_4 &= \% \times \rho \times V \text{ awal} \\ &= 0,85 \times 1,88 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times 10 \text{ ml} \\ &= 15,98 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ air} &= \% \times \rho \times V \text{ awal} \\ &= 0,15 \times 1,88 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times 10 \text{ ml} \\ &= 2,82 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ larutan} &= 0,1x = 15,98 \text{ gram} \\ &= x = 159,8 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ air akhir} &= (m_{\text{larutan akhir}} - m_{\text{asam fosfat awal}}) - m_{\text{air awal}} \\ &= (159,8 \text{ gram} - 15,98 \text{ gram}) - 2,82 \text{ gram} \\ &= 141 \text{ gram} \end{aligned}$$

b. 20%

Larutan basic H_3PO_4 85%

$$\begin{aligned} m \text{ H}_3\text{PO}_4 &= \% \times \rho \times V \text{ awal} \\ &= 0,85 \times 1,88 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times 25 \text{ ml} \\ &= 39,95 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ air} &= \% \times \rho \times V \text{ awal} \\ &= 0,15 \times 1,88 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times 25 \\ &= 7,05 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ larutan} &= 0,2x = 39,95 \text{ gram} \\ &= x = 199,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ air akhir} &= (m_{\text{larutan akhir}} - m_{\text{asam fosfat awal}}) - m_{\text{air awal}} \\ &= (199,75 \text{ gram} - 39,95 \text{ gram}) - 7,05 \text{ gram} \\ &= 152,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

c. 30%

Larutan basic H_3PO_4 85%

$$\begin{aligned} m \text{ H}_3\text{PO}_4 &= \% \times \rho \times V \text{ awal} \\ &= 0,85 \times 1,88 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times 35 \text{ ml} \\ &= 55,93 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ air} &= \% \times \rho \times V \text{ awal} \\ &= 0,15 \times 1,88 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times 35 \\ &= 9,87 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ larutan} &= 0,3x = 55,93 \text{ gram} \\ &= x = 186,43 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ air akhir} &= (m_{\text{larutan akhir}} - m_{\text{asam fosfat awal}}) - m_{\text{air awal}} \\ &= (186,43 \text{ gram} - 55,93 \text{ gram}) - 9,87 \text{ gram} \\ &= 120,6 \text{ gram} \end{aligned}$$

d. 40%

Larutan basic H_3PO_4 85%

$$\begin{aligned} m \text{ H}_3\text{PO}_4 &= \% \times \rho \times V \text{ awal} \\ &= 0,85 \times 1,88 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times 50 \text{ ml} \\ &= 79,9 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ air} &= \% \times \rho \times V \text{ awal} \\ &= 0,15 \times 1,88 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times 50 \\ &= 14,1 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ larutan} &= 0,4x = 79,9 \text{ gram} \\ &= x = 199,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ air akhir} &= (m_{\text{larutan akhir}} - m_{\text{asam fosfat awal}}) - m_{\text{air awal}} \\ &= (199,75 \text{ gram} - 79,9 \text{ gram}) - 14,1 \text{ gram} \\ &= 105,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Pembuatan Larutan Brusin 2%

$$\text{Massa jenis air } (\rho) = 1 \text{ g/mL}$$

$$V \text{ larutan} = 50 \text{ mL} = V \text{ air}$$

$$\begin{aligned}
 m_{\text{air}} &= V \times \rho \\
 &= 50 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL} \\
 &= 50 \text{ gram} \\
 \% \text{massa} &= \frac{m_{\text{brusin}}}{m_{\text{larutan}}} \times 100\% \\
 m_{\text{brusin}} &= \frac{\% \text{massa} \times m_{\text{larutan}}}{100\%} \\
 &= \frac{2\% \times 50 \text{ gram}}{100\%} \\
 &= 1 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

3. Pembuatan Larutan Induk Nitrat 1000 ppm

$$\begin{aligned}
 m_{\text{KNO}_3} &= \frac{BM_{\text{KNO}_3}}{Ar_{\text{NO}_3}} \times 1000 \text{ ppm} \times f_k \times V_{\text{KNO}_3} \\
 &= \frac{101 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{62 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times 1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times 0,5 \text{ L} \\
 &= 0,815 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

4. Pembuatan Larutan Standart Nitrat (10-50 ppm)

a. 10 ppm

$$\begin{aligned}
 M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\
 1000 \text{ ppm} \times V_1 &= 10 \text{ ppm} \times 50 \text{ ml} \\
 V_2 &= 0,5 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

b. 20 ppm

$$\begin{aligned}
 M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\
 1000 \text{ ppm} \times V_1 &= 20 \text{ ppm} \times 50 \text{ ml} \\
 V_2 &= 1 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

c. 30 ppm

$$\begin{aligned}
 M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\
 1000 \text{ ppm} \times V_1 &= 30 \text{ ppm} \times 50 \text{ ml} \\
 V_2 &= 1,5 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

d. 40 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 40 \text{ ppm} \times 50 \text{ ml}$$

$$V_2 = 2 \text{ ml}$$

e. 50 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 50 \text{ ppm} \times 50 \text{ ml}$$

$$V_2 = 2,5 \text{ ml}$$

5. Pembuatan Larutan Amilum 1%

$$\text{Massa jenis air } (\rho) = 1 \text{ g/mL}$$

$$V \text{ larutan} = 100 \text{ mL} = V \text{ air}$$

$$m \text{ air} = V \times \rho$$

$$= 100 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL}$$

$$= 100 \text{ gram}$$

$$\% \text{ massa} = \frac{m \text{ amilum}}{m \text{ larutan}} \times 100\%$$

$$m \text{ amilum} = \frac{\% \text{ massa} \times m \text{ larutan}}{100\%}$$

$$= \frac{1\% \times 100 \text{ gram}}{100\%}$$

$$= 1 \text{ gram}$$

6. Pembuatan Larutan HCl 2N dari HCl 37%

$$\text{HCl } 37\% \text{ (v/v)} = 37 \text{ mL dalam } 100 \text{ mL}$$

$$m \text{ HCl} = V \times \rho$$

$$= 37 \text{ ml} \times 1,19 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

$$= 44,03 \text{ gram}$$

$$N = \frac{m}{BE \times V}$$

$$= \frac{44,03 \text{ gram}}{36,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0,1 \text{ L}}$$

$$= 12,06 \text{ N}$$

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$12,06 \text{ N} \times V_1 = 2 \text{ N} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_2 = 16,6 \text{ ml}$$

7. Pembuatan Larutan I₂ 0,1N (1000 mL)

$$\begin{aligned}N &= \frac{m}{BM} \times \frac{1000}{V} \times \text{valensi} \\0,1N &= \frac{m}{254 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{1000 \text{ ml}} \times 2 \\m &= 12,7 \text{ gram}\end{aligned}$$

8. Pembuatan Larutan KIO₃ 0,1N (1000 mL)

$$\begin{aligned}N &= \frac{m}{BM} \times \frac{1000}{V} \times \text{valensi} \\0,1N &= \frac{m}{214,016 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{1000 \text{ ml}} \times 6 \\m &= 3,57 \text{ gram}\end{aligned}$$

9. Pembuatan Larutan Na₂S₂O₃ 0,1N (1000 mL)

$$\begin{aligned}N &= \frac{m}{BM} \times \frac{1000}{V} \times \text{valensi} \\0,1N &= \frac{m}{248,21 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{1000 \text{ ml}} \times 1 \\m &= 24,821 \text{ gram}\end{aligned}$$

4.1 Hasil Uji Kadar Air Biomassa

Pengulangan	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Kadar Air (%)	Rata-Rata (%)	SD (%)	RSD
1	1,000	0,885	11,5	11,73	0,21	0,018
2	1,000	0,881	11,9			
3	1,000	0,882	11,8			

4.2 Hasil Rendemen *Biochar*

Massa Awal (kg)	Massa Akhir (kg)	Rendemen (%)
9,7	3,1	31,96

4.3 Hasil Uji Kadar Air *Biochar*

Pengulangan	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Kadar Air (%)	Rata-Rata (%)	SD (%)	RSD
1	0,514	0,479	6,81	6,86	0,072	0,01
2	0,512	0,477	6,84			
3	0,504	0,469	6,94			

4.4 Rendemen Aktivasi

Konsentrasi	Massa Awal (kg)	Massa Akhir (kg)	Rendemen (%)
0%	100,001	78,527	78,52621474
10%	100,003	78,099	78,0966571
20%	100,006	78,657	78,65228086
30%	100,002	76,593	76,59146817
40%	100,006	79,462	79,45723257

4.5 Kadar Air *Biochar* Teraktivasi

Konsentrasi	Pengulangan	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Kadar Air (%)	Rata-Rata (%)	SD (%)	RSD
0	1	0,208	0,205	1,44	1,44	0,008	0,006
	2	0,208	0,205	1,44			
	3	0,21	0,207	1,43			
10	1	0,21	0,208	0,95	0,97	0,02	0,02
	2	0,208	0,206	0,96			
	3	0,202	0,2	0,99			
20	1	0,206	0,205	0,49	0,49	0,008	0,016
	2	0,207	0,206	0,48			
	3	0,201	0,2	0,49			
30	1	0,209	0,208	0,48	0,47	0,005	0,009
	2	0,211	0,21	0,47			
	3	0,213	0,212	0,47			
40	1	0,203	0,202	0,49	0,49	0,002	0,005
	2	0,204	0,203	0,49			
	3	0,202	0,201	0,49			

4.6 Kadar Abu *Biochar* Teraktivasi

Konsentrasi	Berat Cawan (g)	Berat Sampel (g)	Berat Cawan 2 (g)	Berat Abu (g)	Kadar Abu (%)	Rata2 (%)	SD	RSD
0%	17,424	1,000	17,455	0,030	3,093	3,099	0,099	0,032
	17,424	1,000	17,456	0,032	3,202			
	17,424	1,000	17,454	0,030	3,003			
10%	20,390	1,000	20,416	0,026	2,657	2,685	0,046	0,017
	20,390	1,000	20,416	0,026	2,659			
	20,390	1,000	20,417	0,027	2,739			
20%	15,256	1,000	15,274	0,018	1,84	1,829	0,05	0,027
	15,256	1,000	15,274	0,017	1,774			
	15,256	1,000	15,275	0,018	1,874			
30%	16,477	1,000	16,495	0,017	1,763	1,763	0,059	0,033
	16,477	1,000	16,495	0,018	1,822			
	16,477	1,000	16,494	0,017	1,704			
40%	12,341	1,000	12,361	0,020	2,069	2,092	0,101	0,048
	12,341	1,000	12,361	0,020	2,004			
	12,341	1,000	12,363	0,022	2,203			

4.7 Bilangan Iodin *Biochar* Teraktivasi

H ₃ PO ₄	N I ₂	Mr I ₂	V I ₂	V HCl 5%	Vf (I ₂ titrasi)	N Na ₂ S ₂ O ₃	V Na ₂ S ₂ O ₃	<i>Biochar</i>	Bil. Iodin	Rata-rata	SD	RSD
							40,00		761,58			
0%							40,00		761,58	761,114	0,806	0,001
							40,01		760,18			
							39,25		866,30			
10%							39,22		870,49	867,693	2,418	0,002
							39,25		866,30			
							38,40		984,98			
20%	0,1	126,9	100	10	50	0,1	38,42	0,200	982,18	984,046	1,612	0,001
							38,40		984,98			
							37,65		1089,69			
30%							37,60		1096,68	1093,417	3,513	0,003
							37,62		1093,88			
							37,70		1082,71			
40%							37,70		1082,71	1080,386	4,03	0,003
							37,75		1075,73			

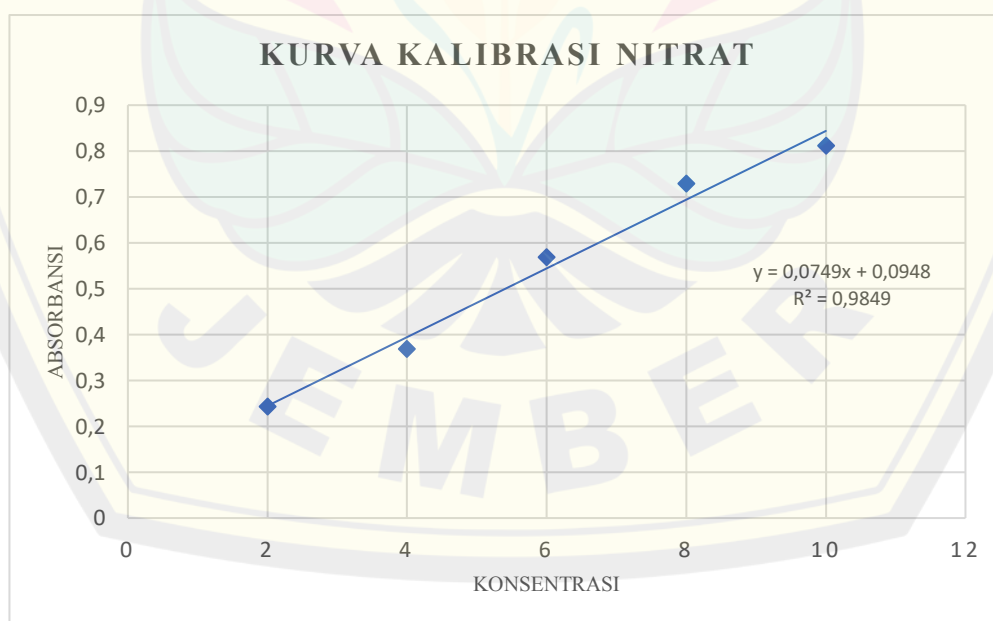
4.8 *Scanning* Panjang Gelombang Maksimum dan Kurva Standart

1. *Scanning* Panjang Gelombang Maksimum Nitrat

Panjang Gelombang	Absorbansi
401.00.00	0,5
402.00.00	0,500694
403.00.00	0,501289
404.00.00	0,501289
405.00.00	0,501389
406.00.00	0,500694
407.00.00	0,500694
408.00.00	0,5
409.00.00	0,497917
410.00.00	0,497222

2. Kurva Kalibrasi Nitrat 1

Pengulangan	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	Absorbansi rata-rata
1	2	0,243	0,243
2		0,244	
3		0,243	
1	4	0,369	0,369
2		0,367	
3		0,37	
1	6	0,568	0,568
2		0,565	
3		0,57	
1	8	0,729	0,729
2		0,731	
3		0,728	
1	10	0,812	0,812
2		0,811	
3		0,814	



4.9 Penentuan Waktu Kontak Optimum *Biochar* Teraktivasi

1. Kosentrasi Aktivator 0%

Waktu (mnt)	Pengulangan	Co (ppm)	Massa Adsorben (gram)	Absorbansi				RSD	C (ppm)	fp	Ce (ppm)	V (L)	Qe (mg/g)	Qe Rata'' (mg/g)	RSD
				1	2	3	Rata''								
10	1	50	0,400	0,759	0,759	0,759	0,759	0,003	8,868	5	44,34	0,05	0,71	0,71	0,029
	2	50	0,400	0,755	0,755	0,755	0,755		8,814	5	44,07	0,05	0,74		
	3	50	0,400	0,761	0,761	0,761	0,761		8,895	5	44,47	0,05	0,69		
30	1	50	0,400	0,662	0,662	0,662	0,662	0,004	7,573	5	37,86	0,05	1,52	1,51	0,015
	2	50	0,400	0,667	0,667	0,667	0,667		7,640	5	38,20	0,05	1,48		
	3	50	0,400	0,661	0,661	0,661	0,661		7,559	5	37,80	0,05	1,53		
60*	1	50	0,400	0,466	0,466	0,466	0,466	0,003	4,956	5	24,78	0,05	3,15	3,14	0,004
	2	50	0,400	0,47	0,47	0,469	0,469		5,005	5	25,02	0,05	3,12		
	3	50	0,400	0,468	0,468	0,468	0,468		4,983	5	24,91	0,05	3,14		
70	1	50	0,400	0,472	0,472	0,473	0,472	0,005	5,040	5	25,20	0,05	3,10	3,10	0,007
	2	50	0,400	0,476	0,476	0,476	0,476		5,089	5	25,45	0,05	3,07		
	3	50	0,400	0,47	0,47	0,47	0,47		5,009	5	25,05	0,05	3,12		
80	1	50	0,400	0,487	0,49	0,487	0,488	0,004	5,250	5	26,25	0,05	2,97	2,96	0,004
	2	50	0,400	0,492	0,492	0,49	0,491		5,294	5	26,47	0,05	2,94		
	3	50	0,400	0,489	0,489	0,488	0,488		5,259	5	26,29	0,05	2,96		

2. Kosentrasi Aktivator 10%

Waktu (mnt)	Pengulangan	Co (ppm)	Massa Adsorben (gram)	Absorbansi				RSD	C (ppm)	fp	Ce (ppm)	V (L)	Qe (mg/g)	Qe Rata"	RSD
				1	2	3	Rata"								
10	1	50	0,400	0,746	0,746	0,746	0,746	0,002	8,694	5	43,47	0,05	0,82	0,82	0,01
	2	50	0,400	0,744	0,744	0,744	0,744		8,668	5	43,34	0,05	0,83		
	3	50	0,400	0,747	0,747	0,747	0,747		8,708	5	43,54	0,05	0,81		
30	1	50	0,400	0,63	0,631	0,63	0,630	0,003	7,150	5	35,75	0,05	1,78	1,76	0,01
	2	50	0,400	0,634	0,635	0,635	0,635		7,208	5	36,04	0,05	1,75		
	3	50	0,400	0,632	0,632	0,632	0,632		7,172	5	35,86	0,05	1,77		
40*	1	50	0,400	0,502	0,502	0,502	0,502	0,009	5,437	5	27,18	0,05	2,85	2,84	0,01
	2	50	0,400	0,509	0,509	0,509	0,509		5,530	5	27,65	0,05	2,79		
	3	50	0,400	0,498	0,498	0,498	0,498		5,383	5	26,92	0,05	2,89		
50	1	50	0,400	0,519	0,519	0,519	0,519	0,006	5,664	5	28,32	0,05	2,71	2,74	0,01
	2	50	0,400	0,516	0,516	0,516	0,516		5,623	5	28,12	0,05	2,74		
	3	50	0,400	0,512	0,512	0,512	0,512		5,570	5	27,85	0,05	2,77		
60	1	50	0,400	0,52	0,521	0,521	0,521	0,004	5,686	5	28,43	0,05	2,70	2,72	0,01
	2	50	0,400	0,518	0,518	0,518	0,518		5,650	5	28,25	0,05	2,72		
	3	50	0,400	0,515	0,515	0,515	0,515		5,610	5	28,05	0,05	2,74		

3. Kosentrasi Aktivator 20%

Waktu (mnt)	Pengulangan	Co (ppm)	Massa Adsorben (gram)	Absorbansi				RSD	C (ppm)	fp	Ce (ppm)	V (L)	Qe (mg/g)	Qe Rata" (mg/g)	RSD
				1	2	3	Rata"								
10	1	50	0,400	0,589	0,589	0,589	0,589	0,002	6,598	5	32,99	0,05	2,13	2,12	0,005
	2	50	0,400	0,59	0,59	0,59	0,590		6,611	5	33,06	0,05	2,12		
	3	50	0,400	0,592	0,592	0,592	0,592		6,638	5	33,19	0,05	2,10		
20	4	50	0,400	0,524	0,524	0,524	0,524	0,004	5,730	5	28,65	0,05	2,67	2,68	0,006
	5	50	0,400	0,519	0,519	0,52	0,519		5,668	5	28,34	0,05	2,71		
	6	50	0,400	0,523	0,523	0,523	0,523		5,717	5	28,58	0,05	2,68		
30*	1	50	0,400	0,474	0,474	0,474	0,474	0,018	5,063	5	25,31	0,05	3,09	3,02	0,024
	2	50	0,400	0,477	0,478	0,479	0,478		5,116	5	25,58	0,05	3,05		
	3	50	0,400	0,494	0,494	0,494	0,494		5,330	5	26,65	0,05	2,92		
40	1	50	0,400	0,493	0,493	0,493	0,493	0,003	5,316	5	26,58	0,05	2,93	2,94	0,004
	2	50	0,400	0,49	0,49	0,49	0,490		5,276	5	26,38	0,05	2,95		
	3	50	0,400	0,492	0,492	0,492	0,492		5,303	5	26,52	0,05	2,94		
50	1	50	0,400	0,49	0,49	0,49	0,490	0,002	5,276	5	26,38	0,05	2,95	2,94	0,002
	2	50	0,400	0,491	0,491	0,491	0,491		5,290	5	26,45	0,05	2,94		
	3	50	0,400	0,492	0,492	0,492	0,492		5,303	5	26,52	0,05	2,94		

4. Kosentrasi Aktivator 30%

Waktu (mnt)	Pengulangan	Co (ppm)	Massa Adsorben (gram)	Absorbansi				RSD	C (ppm)	fp	Ce (ppm)	V (L)	Qe (mg/g)	Qe Rata"	RSD
				1	2	3	Rata"								
10	1	50	0,400	0,506	0,506	0,506	0,506	0,009	5,490	5	27,45	0,05	2,82	2,78	0,013
	2	50	0,400	0,516	0,517	0,516	0,516		5,628	5	28,14	0,05	2,73		
	3	50	0,400	0,509	0,509	0,509	0,509		5,530	5	27,65	0,05	2,79		
15	1	50	0,400	0,336	0,336	0,336	0,336	0,010	3,220	5	16,10	0,05	4,24	4,27	0,006
	2	50	0,400	0,331	0,331	0,331	0,331		3,154	5	15,77	0,05	4,28		
	3	50	0,400	0,328	0,328	0,328	0,328		3,113	5	15,57	0,05	4,30		
20*	1	50	0,400	0,245	0,245	0,245	0,245	0,016	2,005	5	10,03	0,05	5,00	4,99	0,007
	2	50	0,400	0,251	0,251	0,251	0,251		2,085	5	10,43	0,05	4,95		
	3	50	0,400	0,24	0,242	0,242	0,241		1,956	5	9,78	0,05	5,03		
22	1	50	0,400	0,255	0,255	0,255	0,255	0,005	2,139	5	10,69	0,05	4,91	4,91	0,002
	2	50	0,400	0,257	0,257	0,257	0,257		2,166	5	10,83	0,05	4,90		
	3	50	0,400	0,254	0,254	0,254	0,254		2,126	5	10,63	0,05	4,92		
24	1	50	0,400	0,26	0,26	0,26	0,260	0,002	2,206	5	11,03	0,05	4,87	4,87	0,001
	2	50	0,400	0,261	0,261	0,261	0,261		2,219	5	11,09	0,05	4,86		
	3	50	0,400	0,26	0,26	0,26	0,260		2,206	5	11,03	0,05	4,87		

5. Kosentrasi Aktivator 40%

Waktu (mnt)	Pengulangan	Co (ppm)	Massa Adsorben (gram)	Absorbansi				RSD	C (ppm)	fp	Ce (ppm)	V (L)	Qe (mg/g)	Qe Rata"	RSD
				1	2	3	Rata"								
10	1	50	0,400	0,547	0,547	0,547	0,547	0,002	6,037	5	30,19	0,05	2,48	2,47	0,004
	2	50	0,400	0,549	0,549	0,549	0,549		6,064	5	30,32	0,05	2,46		
	3	50	0,400	0,546	0,546	0,546	0,546		6,024	5	30,12	0,05	2,48		
15	1	50	0,400	0,51	0,51	0,51	0,51	0,003	5,543	5	27,72	0,05	2,79	2,77	0,005
	2	50	0,400	0,514	0,514	0,514	0,514		5,597	5	27,98	0,05	2,75		
	3	50	0,400	0,512	0,512	0,512	0,512		5,570	5	27,85	0,05	2,77		
20*	1	50	0,400	0,44	0,44	0,44	0,44	0,006	4,609	5	23,04	0,05	3,37	3,39	0,006
	2	50	0,400	0,434	0,434	0,434	0,434		4,529	5	22,64	0,05	3,42		
	3	50	0,400	0,439	0,439	0,439	0,439		4,595	5	22,98	0,05	3,38		
22	1	50	0,400	0,461	0,461	0,461	0,461	0,002	4,889	5	24,45	0,05	3,19	3,20	0,002
	2	50	0,400	0,459	0,459	0,459	0,459		4,862	5	24,31	0,05	3,21		
	3	50	0,400	0,46	0,46	0,46	0,46		4,876	5	24,38	0,05	3,20		
24	1	50	0,400	0,459	0,459	0,459	0,459	0,003	4,862	5	24,31	0,05	3,21	3,20	0,003
	2	50	0,400	0,46	0,46	0,461	0,460		4,880	5	24,40	0,05	3,20		
	3	50	0,400	0,462	0,462	0,462	0,462		4,903	5	24,51	0,05	3,19		

Contoh penentuan kemampuan adsorpsi *biochar* tempurung kelapa teraktivasi asam fosfat 10% terhadap nitrat dengan waktu kontak 10 menit,

Persamaan linier $y = 0,0749x + 0,0948$

Absorbansi 0,746

$$y = 0,0749x + 0,0948$$

$$0,746 = 0,0749x + 0,0948$$

$$0,0749x = 0,746 - 0,0948$$

$$0,0749x = 0,6512$$

$$x = 8,69$$

$$C_e = 8,64 \times \text{faktor pengenceran}$$

$$= 8,64 \times 5$$

$$= 43,47 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemampuan Adsorpsi (Qe)} &= \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \\ &= \frac{(50 - 43,47) \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{6,53 \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{0,3265 \text{ mg}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= 0,82 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

4.10 Penentuan Model Isotermal Adsorpsi *Biochar* Teraktivasi

1. Konsentrasi 0%

Waktu Kontak (mnt)	Massa Adsorben (gram)	Co (ppm)	Pengulangan	Absorbansi				RSD	C (ppm)	fp	Ce (ppm)	Ce rata" (ppm)	V (L)	Qe (mg/g)	Qe rata" (mg/g)	RSD
				1	2	3	rata"									
60	0,400	15	1	0,269	0,269	0,269	0,269	0,000	2,047	5	10,24	10,24	0,05	0,60	0,60	0,000
	0,400	15	2	0,269	0,269	0,269	0,269		2,047	5	10,24		0,05	0,60		
	0,400	15	3	0,269	0,269	0,269	0,269		2,047	5	10,24		0,05	0,60		
	0,400	20	1	0,298	0,298	0,298	0,298	0,003	2,462	5	12,31	12,24	0,05	0,96	0,97	0,009
	0,400	20	2	0,297	0,297	0,297	0,297		2,448	5	12,24		0,05	0,97		
	0,400	20	3	0,296	0,296	0,296	0,296		2,433	5	12,17		0,05	0,98		
	0,400	30	1	0,335	0,335	0,335	0,335	0,002	2,991	5	14,96	14,98	0,05	1,88	1,88	0,003
	0,400	30	2	0,336	0,336	0,336	0,336		3,006	5	15,03		0,05	1,87		
	0,400	30	3	0,335	0,335	0,335	0,335		2,991	5	14,96		0,05	1,88		
	0,400	40	1	0,385	0,385	0,385	0,385	0,003	3,707	5	18,53	18,53	0,05	2,68	2,68	0,003
	0,400	40	2	0,384	0,384	0,384	0,384		3,692	5	18,46		0,05	2,69		
	0,400	40	3	0,386	0,386	0,386	0,386		3,721	5	18,61		0,05	2,67		
	0,400	50	1	0,407	0,407	0,407	0,407	0,002	4,021	5	20,11	20,11	0,05	3,74	3,74	0,002
	0,400	50	2	0,408	0,408	0,408	0,408		4,036	5	20,18		0,05	3,73		
	0,400	50	3	0,406	0,406	0,406	0,406		4,007	5	20,04		0,05	3,75		

Contoh penentuan kemampuan adsorpsi *biochar* teraktivasi asam fosfat 0% terhadap nitrat dengan konsentrasi adsorbat 15 ppm

Persamaan linier $y = 0,0699x + 0,1259$

Absorbansi 0,269

$$y = 0,0699x + 0,1259$$

$$0,269 = 0,0699x + 0,1259$$

$$0,0699x = 0,269 - 0,1259$$

$$0,0699x = 0,1431$$

$$x = 2,047$$

$$C_e = 2,047 \times \text{faktor pengenceran}$$

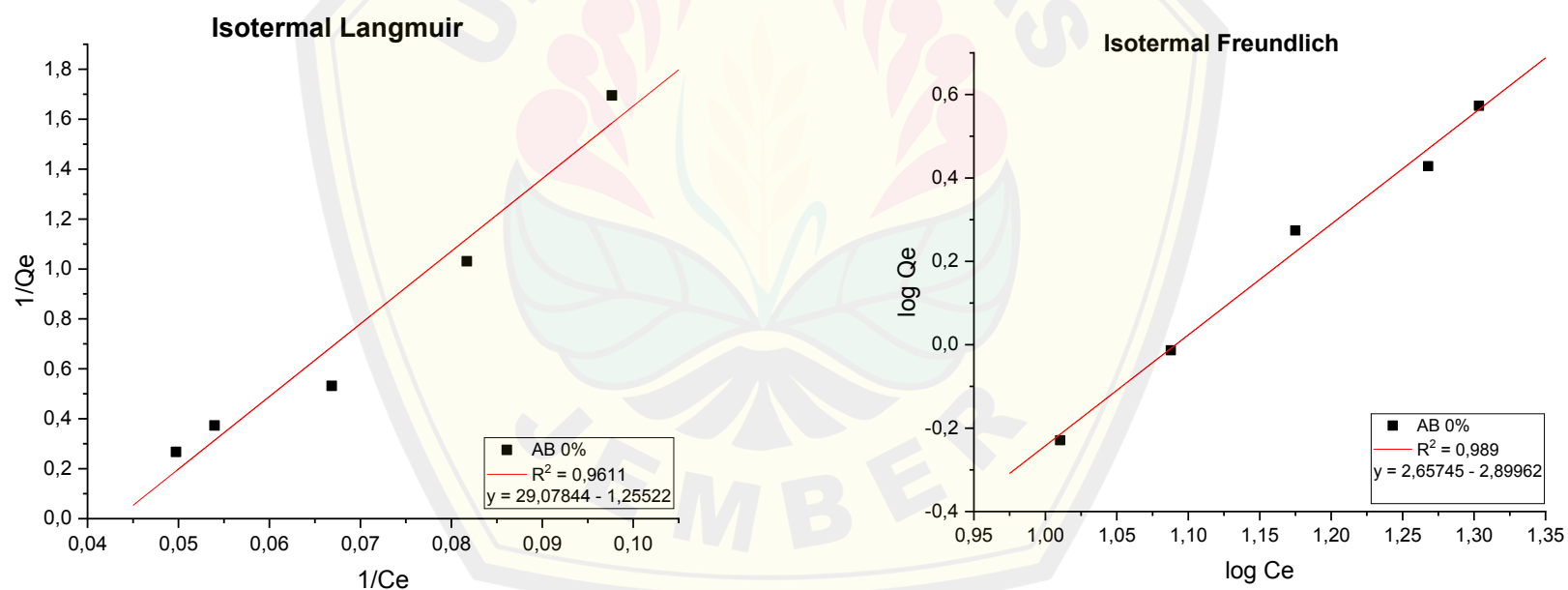
$$= 2,047 \times 5$$

$$= 10,24 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemampuan Adsorpsi (Qe)} &= \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \\ &= \frac{(15 - 10,24) \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{4,76 \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{0,238 \text{ mg}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= 0,60 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Plot grafik isothermal Langmuir dan Freundlich

Ce	Qe	1/Ce	1/Qe	log Ce	log Qe
10,24	0,59	0,09765625	1,694915	1,0103	-0,22915
12,24	0,97	0,081699346	1,030928	1,087781	-0,01323
14,96	1,88	0,06684492	0,531915	1,174932	0,274158
18,53	2,68	0,053966541	0,373134	1,267875	0,428135
20,11	3,74	0,049726504	0,26738	1,303412	0,572872



Parameter yang diperoleh:

Langmuir			Freundlich			
$Q_{\max}$	K_L	R^2	K_f	n	$1/n$	R^2
-0,79667	-0,04317	0,9611	0,00126	0,376308	2,657	0,989

Penentuan parameter isothermal adsorpsi

- Model isothermal Langmuir

$$y = 29,07844x - 1,25522$$

$$\text{intercept} = \frac{1}{Q_{\max}} = -1,25522$$

$$Q_{\max} = \frac{1}{\text{intercept}} = \frac{1}{-1,25522} = -0,79667$$

$$K_L = \frac{1}{Q_{\max} \times \text{slope}} = \frac{1}{-0,79667 \times 29,07844} = -0,04317$$

- Model isothermal Freundlich

$$y = 2,65745x - 2,89962$$

$$\text{intercept} = \log K_f = -2,89962,$$

$$\text{maka } K_f = 10^{-2,89962} = 0,00126$$

$$n = \frac{1}{\text{slope}} = \frac{1}{2,65745} = 0,376308$$

2. Konsentrasi 10%

Waktu Kontak (mnt)	Massa Adsorben (gram)	Co (ppm)	Pengulangan	Absorbansi				RSD	C (ppm)	fp	Ce (ppm)	Ce rata" (ppm)	V (L)	Qe (mg/g)	Qe rata" (mg/g)	RSD
				1	2	3	rata"									
40	0,400	15	1	0,266	0,266	0,266	0,266	0,006	2,004	5	10,02	10,12	0,05	0,62	0,61	0,022
	0,400	15	2	0,267	0,267	0,267	0,267		2,019	5	10,09		0,05	0,61		
	0,400	15	3	0,269	0,269	0,269	0,269		2,047	5	10,24		0,05	0,60		
	0,400	20	1	0,288	0,288	0,288	0,288	0,009	2,319	5	11,60	11,74	0,05	1,05	1,03	0,023
	0,400	20	2	0,293	0,293	0,293	0,293		2,391	5	11,95		0,05	1,01		
	0,400	20	3	0,289	0,289	0,289	0,289		2,333	5	11,67		0,05	1,04		
	0,400	30	1	0,332	0,332	0,332	0,332	0,006	2,948	5	14,74	14,79	0,05	1,91	1,90	0,010
	0,400	30	2	0,335	0,335	0,335	0,335		2,991	5	14,96		0,05	1,88		
	0,400	30	3	0,331	0,331	0,331	0,331		2,934	5	14,67		0,05	1,92		
	0,400	40	1	0,372	0,372	0,372	0,372	0,003	3,521	5	17,60	17,68	0,05	2,80	2,79	0,003
	0,400	40	2	0,374	0,374	0,374	0,374		3,549	5	17,75		0,05	2,78		
	0,400	40	3	0,373	0,373	0,373	0,373		3,535	5	17,68		0,05	2,79		
	0,400	50	1	0,399	0,399	0,399	0,399	0,005	3,907	5	19,54	19,68	0,05	3,81	3,79	0,005
	0,400	50	2	0,403	0,403	0,403	0,403		3,964	5	19,82		0,05	3,77		
	0,400	50	3	0,401	0,401	0,401	0,401		3,936	5	19,68		0,05	3,79		

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Contoh penentuan kemampuan adsorpsi *biochar* teraktivasi asam fosfat 0% terhadap nitrat dengan konsentrasi adsorbat 15 ppm

Persamaan linier $y = 0,0699x + 0,1259$

Absorbansi 0,267

$$y = 0,0699x + 0,1259$$

$$0,267 = 0,0699x + 0,1259$$

$$0,0699x = 0,267 - 0,1259$$

$$0,0699x = 0,141$$

$$x = 2,023$$

$$C_e = 2,023 \times \text{faktor pengenceran}$$

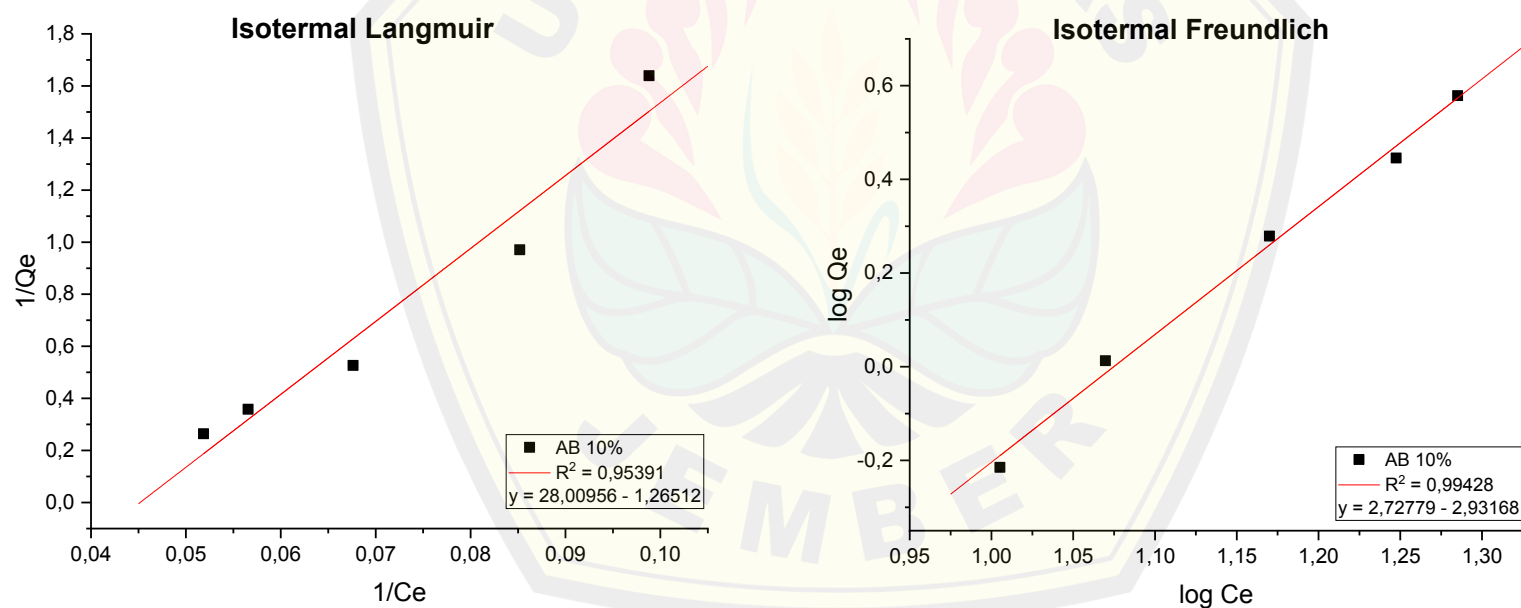
$$= 2,023 \times 5$$

$$= 10,12 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemampuan Adsorpsi (Qe)} &= \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \\ &= \frac{(15 - 10,12) \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{4,88 \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{0,244 \text{ mg}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= 0,61 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Plot grafik isotermal Langmuir dan Freundlich

Ce	Qe	1/Ce	1/Qe	log Ce	log Qe
10,12	0,61	0,098814	1,639344	1,005181	-0,21467
11,74	1,03	0,085179	0,970874	1,069668	0,012837
14,79	1,9	0,067613	0,526316	1,169968	0,278754
17,68	2,79	0,056561	0,358423	1,247482	0,445604
19,28	3,79	0,051867	0,263852	1,285107	0,578639



Parameter yang diperoleh:

Langmuir			Freundlich			
$Q_{\max}$	K_L	R^2	K_f	n	$1/n$	R^2
-0,7904	-0,04517	0,9539	0,00117	0,36659	2,7278	0,9943

Penentuan parameter isothermal adsorpsi

- Model isothermal Langmuir

$$y = 28,00956x - 1,26512$$

$$\text{intercept} = \frac{1}{Q_{\max}} = -1,26512$$

$$Q_{\max} = \frac{1}{\text{intercept}} = \frac{1}{-1,26512} = -0,7904$$

$$K_L = \frac{1}{Q_{\max} \times \text{slope}} = \frac{1}{-0,7904 \times 28,00956} = -0,04517$$

- Model isothermal Freundlich

$$y = 2,72779x - 2,93168$$

$$\text{intercept} = \log K_f = -2,93168,$$

$$\text{maka } K_f = 10^{-2,93168} = 0,00117$$

$$n = \frac{1}{\text{slope}} = \frac{1}{2,72779} = 0,36659$$

3. Konsentrasi 20%

Waktu Kontak (mnt)	Massa Adsorben (gram)	Co (ppm)	Pengulangan	Absorbansi				RSD	C (ppm)	fp	Ce (ppm)	Ce rata" (ppm)	V (L)	Qe (mg/g)	Qe rata" (mg/g)	RSD
				1	2	3	rata"									
30	0,400	15	1	0,246	0,246	0,246	0,246	0,002	2,019	5	10,09	10,14	0,05	0,61	0,61	0,008
	0,400	15	2	0,247	0,247	0,247	0,247		2,032	5	10,16		0,05	0,60		
	0,400	15	3	0,247	0,247	0,247	0,247		2,032	5	10,16		0,05	0,60		
	0,400	20	1	0,271	0,271	0,271	0,271	0,006	2,352	5	11,76	11,65	0,05	1,03	1,04	0,012
	0,400	20	2	0,269	0,269	0,269	0,269		2,326	5	11,63		0,05	1,05		
	0,400	20	3	0,268	0,268	0,268	0,268		2,312	5	11,56		0,05	1,05		
	0,400	30	1	0,31	0,31	0,31	0,31	0,011	2,873	5	14,37	14,63	0,05	1,95	1,92	0,016
	0,400	30	2	0,315	0,315	0,315	0,315		2,940	5	14,70		0,05	1,91		
	0,400	30	3	0,317	0,317	0,317	0,317		2,967	5	14,83		0,05	1,90		
	0,400	40	1	0,324	0,324	0,324	0,324	0,006	3,060	5	15,30	15,43	0,05	3,09	3,07	0,005
	0,400	40	2	0,328	0,328	0,328	0,328		3,113	5	15,57		0,05	3,05		
	0,400	40	3	0,326	0,326	0,326	0,326		3,087	5	15,43		0,05	3,07		
	0,400	50	1	0,359	0,359	0,359	0,359	0,004	3,527	5	17,64	17,73	0,05	4,05	4,03	0,003
	0,400	50	2	0,362	0,362	0,362	0,362		3,567	5	17,84		0,05	4,02		
	0,400	50	3	0,36	0,36	0,36	0,36		3,541	5	17,70		0,05	4,04		

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Contoh penentuan kemampuan adsorpsi *biochar* teraktivasi asam fosfat 0% terhadap nitrat dengan konsentrasi adsorbat 15 ppm

Persamaan linier $y = 0,0749x + 0,0948$

Absorbansi 0,247

$$y = 0,0749x + 0,0948$$

$$0,247 = 0,0749x + 0,0948$$

$$0,0749x = 0,247 - 0,0948$$

$$0,0749x = 0,1522$$

$$x = 2,032$$

$$C_e = 2,032 \times \text{faktor pengenceran}$$

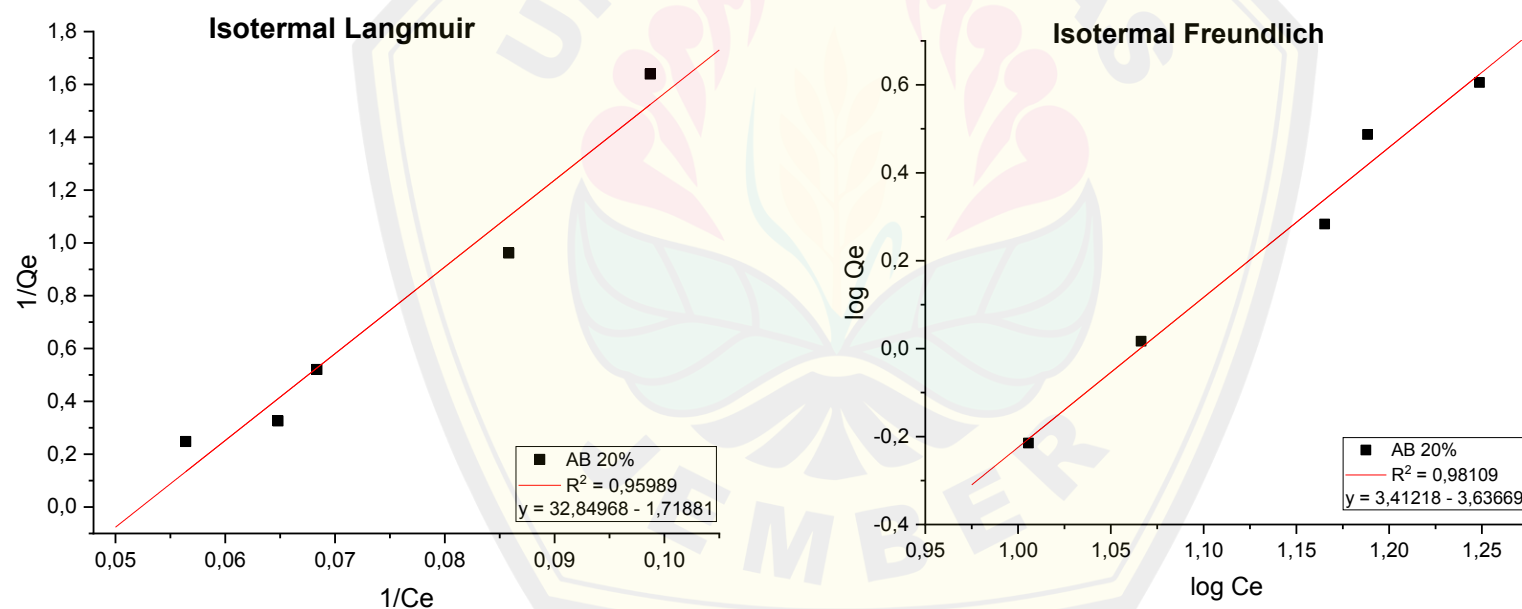
$$= 2,032 \times 5$$

$$= 10,16 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemampuan Adsorpsi (Qe)} &= \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \\ &= \frac{(15 - 10,16) \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{4,84 \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{0,242 \text{ mg}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= 0,61 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Plot grafik isotermal Langmuir dan Freundlich

Ce	Qe	1/Ce	1/Qe	log Ce	log Qe
10,13	0,61	0,098717	1,639344	1,005609	-0,21467
11,65	1,04	0,085837	0,961538	1,066326	0,017033
14,63	1,92	0,068353	0,520833	1,165244	0,283301
15,43	3,07	0,064809	0,325733	1,188366	0,487138
17,73	4,03	0,056402	0,248139	1,248709	0,605305



Parameter yang diperoleh:

Langmuir			Freundlich			
$Q_{\max}$	K_L	R^2	K_f	n	$1/n$	R^2
-0,5818	-0,0523	0,9599	0,000231	0,293066	3,4122	0,9811

Penentuan parameter isothermal adsorpsi

- Model isothermal Langmuir

$$y = 32,84968x - 1,71881$$

$$\text{intercept} = \frac{1}{Q_{\max}} = -1,71881$$

$$Q_{\max} = \frac{1}{\text{intercept}} = \frac{1}{-1,71881} = -0,5818$$

$$K_L = \frac{1}{Q_{\max} \times \text{slope}} = \frac{1}{-0,5818 \times 32,84968} = -0,0523$$

- Model isothermal Freundlich

$$y = 3,41218x - 3,63669$$

$$\text{intercept} = \log K_f = -3,63669,$$

$$\text{maka } K_f = 10^{-3,63669} = 0,00231$$

$$n = \frac{1}{\text{slope}} = \frac{1}{3,41218} = 0,29307$$

4. Konsentrasi 30%

Waktu Kontak (mnt)	Massa Adsorben (gram)	Co (ppm)	Pengulangan	Absorbansi				RSD	C (ppm)	fp	Ce (ppm)	Ce rata" (ppm)	V (L)	Qe (mg/g)	Qe rata" (mg/g)	RSD
				1	2	3	rata"									
20	0,400	15	1	0,244	0,244	0,244	0,244	0,002	1,992	5	9,96	9,94	0,05	0,63	0,63	0,008
	0,400	15	2	0,244	0,244	0,244	0,244		1,992	5	9,96		0,05	0,63		
	0,400	15	3	0,243	0,243	0,243	0,243		1,979	5	9,89		0,05	0,64		
	0,400	20	1	0,261	0,261	0,261	0,261	0,004	2,219	5	11,09	11,09	0,05	1,11	1,11	0,007
	0,400	20	2	0,262	0,262	0,262	0,262		2,232	5	11,16		0,05	1,10		
	0,400	20	3	0,26	0,26	0,26	0,26		2,206	5	11,03		0,05	1,12		
	0,400	30	1	0,297	0,297	0,297	0,297	0,003	2,700	5	13,50	13,56	0,05	2,06	2,05	0,004
	0,400	30	2	0,298	0,298	0,298	0,298		2,713	5	13,56		0,05	2,05		
	0,400	30	3	0,299	0,299	0,299	0,299		2,726	5	13,63		0,05	2,05		
	0,400	40	1	0,317	0,317	0,317	0,317	0,005	2,967	5	14,83	14,72	0,05	3,15	3,16	0,004
	0,400	40	2	0,315	0,315	0,315	0,315		2,940	5	14,70		0,05	3,16		
	0,400	40	3	0,314	0,314	0,314	0,314		2,927	5	14,63		0,05	3,17		
	0,400	50	1	0,338	0,338	0,338	0,338	0,003	3,247	5	16,23	16,28	0,05	4,22	4,22	0,002
	0,400	50	2	0,34	0,34	0,34	0,34		3,274	5	16,37		0,05	4,20		
	0,400	50	3	0,338	0,338	0,338	0,338		3,247	5	16,23		0,05	4,22		

Contoh penentuan kemampuan adsorpsi *biochar* teraktivasi asam fosfat 0% terhadap nitrat dengan konsentrasi adsorbat 15 ppm

Persamaan linier $y = 0,0749x + 0,0948$

Absorbansi 0,244

$$y = 0,0749x + 0,0948$$

$$0,244 = 0,0749x + 0,0948$$

$$0,0749x = 0,244 - 0,0948$$

$$0,0749x = 0,1492$$

$$x = 1,992$$

$$C_e = 1,992 \times \text{faktor pengenceran}$$

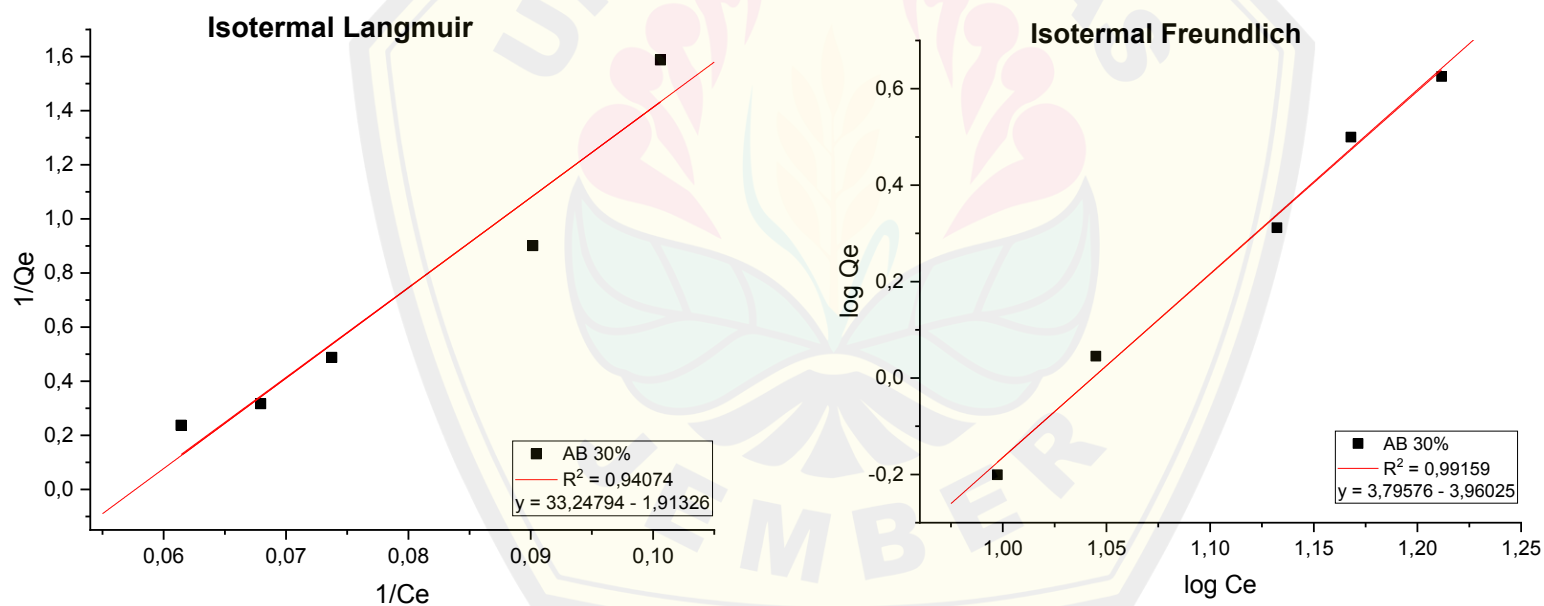
$$= 1,992 \times 5$$

$$= 9,959 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemampuan Adsorpsi (Qe)} &= \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \\ &= \frac{(15 - 9,959) \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{5,04 \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{0,252 \text{ mg}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= 0,63 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Plot grafik isothermal Langmuir dan Freundlich

Ce	Qe	1/Ce	1/Qe	log Ce	log Qe
9,94	0,63	0,100604	1,587302	0,997386	-0,20066
11,09	1,11	0,090171	0,900901	1,044932	0,045323
13,56	2,05	0,073746	0,487805	1,13226	0,311754
14,69	3,16	0,067935	0,316456	1,167908	0,499687
16,24	4,22	0,061425	0,236967	1,211654	0,625312



Parameter yang diperoleh:

Langmuir			Freundlich			
$Q_{\max}$	K_L	R^2	K_f	n	$1/n$	R^2
-0,5227	-0,0575	0,9599	0,0001	0,2635	3,7958	0,9811

Penentuan parameter isothermal adsorpsi

- Model isothermal Langmuir

$$y = 33,24794x - 1,91326$$

$$\text{intercept} = \frac{1}{Q_{\max}} = -1,91326$$

$$Q_{\max} = \frac{1}{\text{intercept}} = \frac{1}{-1,91326} = -0,5227$$

$$K_L = \frac{1}{Q_{\max} \times \text{slope}} = \frac{1}{-0,5227 \times 33,24794} = -0,0575$$

- Model isothermal Freundlich

$$y = 3,79576x - 3,96025$$

$$\text{intercept} = \log K_f = -3,96025,$$

$$\text{maka } K_f = 10^{-3,96025} = 0,0001$$

$$n = \frac{1}{\text{slope}} = \frac{1}{3,79576} = 0,2635$$

5. Konsentrasi 40%

Waktu Kontak (mnt)	Massa Adsorben (gram)	Co (ppm)	Pengulangan	Absorbansi				RSD	C (ppm)	fp	Ce (ppm)	Ce rata" (ppm)	V (L)	Qe (mg/g)	Qe rata" (mg/g)	RSD
				1	2	3	rata"									
20	0,400	15	1	0,259	0,259	0,259	0,259	0,004	2,192	5	10,96	10,89	0,05	0,50	0,51	0,016
	0,400	15	2	0,257	0,257	0,257	0,257		2,166	5	10,83		0,05	0,52		
	0,400	15	3	0,258	0,258	0,258	0,258		2,179	5	10,89		0,05	0,51		
	0,400	20	1	0,283	0,283	0,283	0,283	0,002	2,513	5	12,56	12,59	0,05	0,93	0,93	0,005
	0,400	20	2	0,284	0,284	0,284	0,284		2,526	5	12,63		0,05	0,92		
	0,400	20	3	0,283	0,283	0,283	0,283		2,513	5	12,56		0,05	0,93		
	0,400	30	1	0,337	0,337	0,337	0,337	0,003	3,234	5	16,17	16,17	0,05	1,73	1,73	0,005
	0,400	30	2	0,336	0,336	0,336	0,336		3,220	5	16,10		0,05	1,74		
	0,400	30	3	0,338	0,338	0,338	0,338		3,247	5	16,23		0,05	1,72		
	0,400	40	1	0,381	0,381	0,381	0,381	0,013	3,821	5	19,11	19,27	0,05	2,61	2,59	0,016
	0,400	40	2	0,38	0,38	0,38	0,38		3,808	5	19,04		0,05	2,62		
	0,400	40	3	0,3892	0,3892	0,3892	0,3892		3,931	5	19,65		0,05	2,54		
	0,400	50	1	0,407	0,407	0,407	0,407	0,006	4,168	5	20,84	20,69	0,05	3,64	3,66	0,006
	0,400	50	2	0,405	0,405	0,405	0,405		4,142	5	20,71		0,05	3,66		
	0,400	50	3	0,402	0,402	0,402	0,402		4,101	5	20,51		0,05	3,69		

Contoh penentuan kemampuan adsorpsi *biochar* teraktivasi asam fosfat 0% terhadap nitrat dengan konsentrasi adsorbat 15 ppm

Persamaan linier $y = 0,0749x + 0,0948$

Absorbansi 0,258

$$y = 0,0749x + 0,0948$$

$$0,258 = 0,0749x + 0,0948$$

$$0,0749x = 0,258 - 0,0948$$

$$0,0749x = 0,1632$$

$$x = 2,179$$

$$C_e = 2,179 \times \text{faktor pengenceran}$$

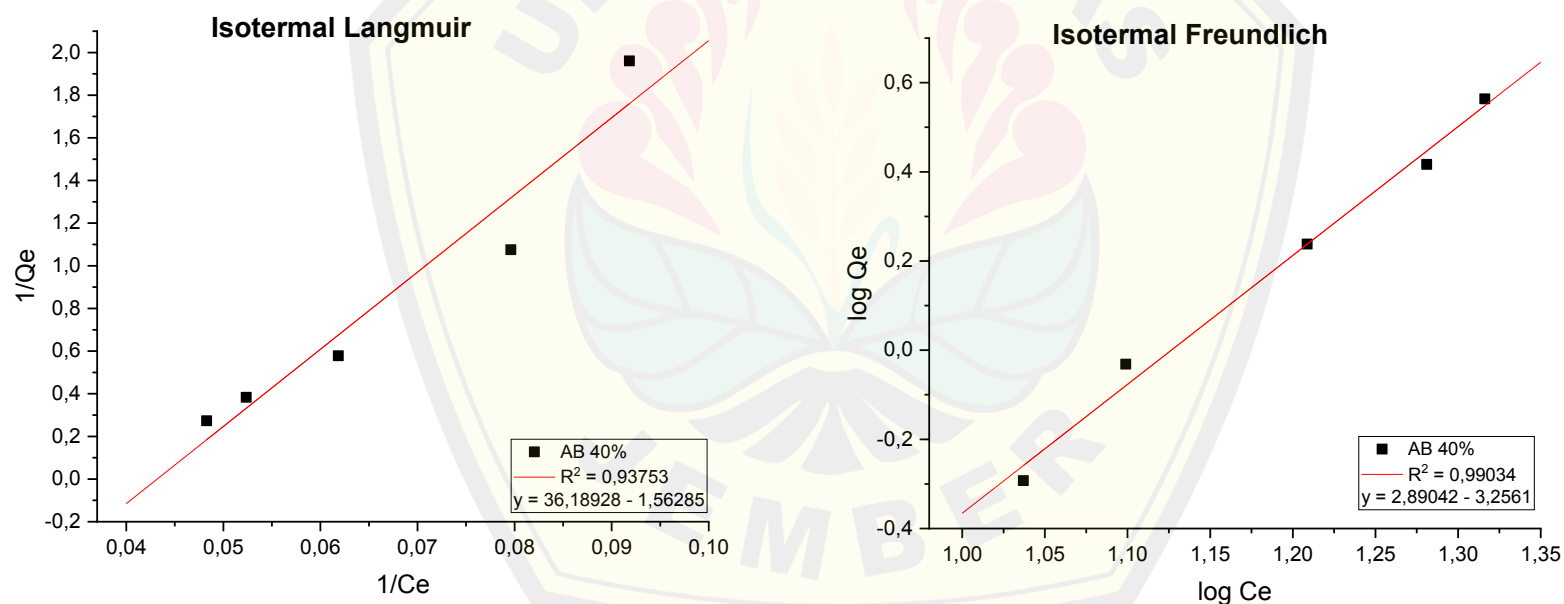
$$= 2,179 \times 5$$

$$= 10,89 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemampuan Adsorpsi (Qe)} &= \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \\ &= \frac{(15 - 10,89) \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{4,11 \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= \frac{0,2055 \text{ mg}}{0,4 \text{ gram}} \\ &= 0,51 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Plot grafik isotermal Langmuir dan Freundlich

Ce	Qe	1/Ce	1/Qe	log Ce	log Qe
10,89	0,51	0,091827	1,960784	1,037028	-0,29243
12,56	0,93	0,079618	1,075269	1,09899	-0,03152
16,17	1,73	0,061843	0,578035	1,20871	0,238046
19,1	2,61	0,052356	0,383142	1,281033	0,416641
20,71	3,66	0,048286	0,273224	1,31618	0,563481



Parameter yang diperoleh:

Langmuir			Freundlich			
$Q_{\max}$	K_L	R^2	K_f	n	$1/n$	R^2
-0,6399	-0,0432	0,9375	0,0006	0,346	2,8904	0,9903

Penentuan parameter isothermal adsorpsi

- Model isothermal Langmuir

$$y = 36,18928x - 1,56285$$

$$\text{intercept} = \frac{1}{Q_{\max}} = -1,56285$$

$$Q_{\max} = \frac{1}{\text{intercept}} = \frac{1}{-1,56285} = -0,6399$$

$$K_L = \frac{1}{Q_{\max} \times \text{slope}} = \frac{1}{-0,6399 \times 36,18928} = -0,0432$$

- Model isothermal Freundlich

$$y = 2,89042x - 3,2561$$

$$\text{intercept} = \log K_f = -3,2561,$$

$$\text{maka } K_f = 10^{-3,2561} = 0,0006$$

$$n = \frac{1}{\text{slope}} = \frac{1}{2,89042} = 0,346$$