

**MODIFIKASI BIOMASSA ALGA *SARGASSUM* sp. MENGGUNAKAN  
SURFAKTAN *CETHYL TRYMETHYL AMMONIUM CHLORIDE* (CTAC)  
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA *COOMASSIE BRILLIANT BLUE* (CBB)  
DAN ION FOSFAT DALAM LARUTAN.**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Ahmad Barep Prayogo**



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

## ABSTRAK

### **MODIFIKASI BIOMASSA ALGA *SARGASSUM* sp. MENGGUNAKAN SURFAKTAN *CETHYL TRY METHYL AMMONIUM CHLORIDE* (CTAC) SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA *COOMASSIE BRILLIANT BLUE* (CBB) DAN ION FOSFAT DALAM LARUTAN.**

Oleh

**Ahmad Barep Prayogo**

Pada penelitian ini telah dilakukan modifikasi biomassa alga *Sargassum* sp. menggunakan surfaktan *Cethyl Trymethyl Ammonium Chloride* (CTAC) yang bertujuan mengubah permukaan alga yang bermuatan anionik menjadi lebih parsial positif untuk mengadsorpsi CBB dan fosfat. Karakterisasi material adsorben dilakukan menggunakan FTIR dan SEM-EDX. Karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-Na ( $1419,61\text{ cm}^{-1}$ ) pada alga-Na dan adanya C-H dari kelompok metil surfaktan CTAC ( $1342,46\text{ cm}^{-1}$ ) pada alga-CTAC. Karakterisasi SEM menunjukkan bahwa permukaan adsorben alga-Na terdapat butiran halus yang mengindikasikan keberadaan Na sedangkan pada alga-CTAC terdapat butiran lengket yang menandakan keberadaan CTAC. Spektrum EDX menunjukkan adanya unsur Na pada alga-Na dan unsur Cl tidak terdeteksi karena memiliki keelektronegatifan tinggi sehingga larut saat proses pembuatan alga-CTAC. Hasil uji adsorpsi menunjukkan bahwa adsorpsi CBB optimum pada pH 3 untuk alga, alga-Na dan alga-CTAC sedangkan fosfat optimum pada pH 6 (alga-Na dan alga-CTAC) dan 4 (alga). Waktu kontak optimum CBB adalah 90 (alga), 150 (alga-Na) dan 120 menit (alga-CTAC) sedangkan fosfat 60 (alga dan alga-Na), 120 menit (alga-CTAC) dengan konsentrasi optimum 300 dan 200 mg/L. Kinetika adsorpsi CBB dan anion fosfat cenderung mengikuti kinetika pseudo orde dua dan isotherm adsorpsinya cenderung mengikuti pola isotherm Freundlich. Hasil uji terhadap pasangan bikomponen menunjukkan alga-CTAC cenderung lebih baik dalam mengadsorpsi CBB dan anion fosfat. Mekanisme adsorpsi dilakukan pada alga-CTAC untuk adsorpsi CBB dan fosfat serta menunjukkan bahwa interaksinya didominasi oleh interaksi elektrostatik, selanjutnya alga-CTAC efektif digunakan untuk adsorpsi CBB dan anion fosfat sebanyak tiga kali siklus penggunaan dengan Q untuk CBB di atas 40 mg/g serta anion fosfat di atas 60 mg/g.

**Kata kunci** : adsorpsi, CBB, CTAC, fosfat, *Sargassum* sp.

## ABSTRAK

### **MODIFICATION OF BIOMASS ALGAE *SARGASSUM* sp. USING CETHYL TRYMETHYL AMMONIUM CHLORIDE (CTAC) SURFACTANT AS AN ADSORBENT OF COOMASSIE BRILLIANT BLUE (CBB) DYE AND phosphate IONS IN SOLUTION.**

By

**Ahmad Barep Prayogo**

In this research, modification of the biomass of *Sargassum* sp. algae has been carried out using Cethyl Trymethyl Ammonium Chloride (CTAC) surfactant which aims to change the surface of algae which has anionic charge to be more partially positive to adsorb CBB and phosphate. The characterization of the adsorbent material was carried out using FTIR and SEM-EDX. FTIR characterization showed the presence of the O-Na functional group (1419.61 cm<sup>-1</sup>) in the Na-algae and the presence of C-H from the CTAC surfactant methyl group (1342.46 cm<sup>-1</sup>) in the algae-CTAC. SEM characterization showed that the surface of the Na-algae adsorbent contained fine grains indicating the presence of Na while on the CTAC-algae there were sticky grains indicating the presence of CTAC. The EDX spectrum showed the presence of Na in the algae-Na and Cl was not detected because it has a high electronegativity so it dissolves during the algae-CTAC manufacturing process. The adsorption test results showed that CBB adsorption was optimum at pH 3 for algae, alga-Na and alga-CTAC while for phosphate optimum at pH 6 (algae-Na and alga-CTAC) and Ph 4 (algae). Optimum contact time for CBB was 90 (algae), 150 (algae-Na) and 120 minutes (algae-CTAC) while phosphate was 60 (algae and algae-Na), 120 minutes (algae-CTAC) with optimum concentrations of 300 and 200 mg/l. The adsorption kinetics of CBB and phosphate anions tend to follow pseudo second order kinetics and their adsorption isotherms tend to follow the Freundlich isotherm pattern. Test results on bicomponent pairs showed that algae-CTAC tended to be better at adsorbing CBB and phosphate anions. The adsorption mechanism was carried out on alga-CTAC for CBB and phosphate adsorption and showed that the interaction was dominated by electrostatic interactions, then algae-CTAC was effectively used for adsorption of CBB and phosphate anions for three cycles of use with Q for CBB above 40 mg/g and phosphate anions above 60 mg/g.

**Key words** : adsorption, CBB, CTAC, phospat, *Sargassum* sp.

**MODIFIKASI BIOMASSA ALGA *SARGASSUM* sp. MENGGUNAKAN  
SURFAKTAN *CETHYL TRYMETHYL AMMONIUM CHLORIDE* (CTAC)  
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA *COOMASSIE BRILLIANT BLUE* (CBB)  
DAN ION FOSFAT DALAM LARUTAN.**

**Oleh**

**Ahmad Barep Prayogo**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Kimia**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



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

Judul Skripsi

: **MODIFIKASI BIOMASSA ALGA *SARGASSUM* sp. MENGGUNAKAN SURFAKTAN *CETHYL TRYMETHYL AMMONIUM CHLORIDE* (CTAC) SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA *COOMASSIE BRILLIANT BLUE* (CBB) DAN ION FOSFAT DALAM LARUTAN.**

Nama Mahasiswa

: **Ahmad Barep Prayogo**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1917011043**

Jurusan

: **Kimia**

Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

Bandar Lampung, Juli 2023

**MENYETUJUI**

**Komisi Pembimbing**

**Prof. Dr. Buhani, S.Pd. M.Si.**  
NIP 19690416 199403 2 003

**Prof. Ir. Suharso, Ph.D.**  
NIP 19690530 199512 1 001

**Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung**

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

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Prof. Dr. Buhani, S.Pd. M.Si.**



**Sekretaris : Prof. Ir. Suharso, Ph.D.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Rudy T. M. Situmeang, M.Sc.**



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



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

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Juli 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : *Ahmad Barep Prayogo*  
NPM : 1917011043  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**Modifikasi Biomassa Alga *Sargassum* sp. Menggunakan Surfaktan *Cethyl Trymethyl Ammonium Chloride* (CTAC) Sebagai Adsorben Zat Warna *Coomassie Brilliant Blue* (CBB) dan Ion Fosfat dalam Larutan**” merupakan hasil penelitian dan pemikiran yang telah dikerjakan oleh saya sendiri dan tidak terdapat karya atau pendapat orang lain dalam hasil penelitian saya, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Saya tidak keberatan apabila data pada skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Juli 2023

Pembuat pernyataan



**Ahmad Barep Prayogo**

NPM 1917011043

## RIWAYAT HIDUP



Dilahirkan di Desa Tanjung Perak, Kotagajah dari pasangan suami istri bernama Bapak Rasidin dan Ibu Ruswati, pada 11 Februari 2001. Berzodiak Aquarius yang ambisius dalam setiap hal. Pendidikan dimulai dari Taman Kanak-kanak PKK Kotagajah, dilanjutkan dengan pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2007 dan berakhir dalam enam tahun pada 2013. Lolos dalam seleksi penerimaan SMP dengan nilai sepuluh terbesar, dan masuk pada Sekolah Menengah Pertama Negeri 02 Kotagajah. Melanjutkan Jenjang Pendidikan pada SMA Negeri Kotagajah serta lulus dan diterima di Universitas Lampung pada tahun 2019.

Pengalaman organisasi penulis dimulai sebagai Kader Muda Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Unila sebagai anggota Biro Usaha Mandiri (BUM) periode 2020-2021. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dan menerbitkan dua Novel ber-ISBN pada tahun 2020 dan 2021. Selanjutnya mengikuti beberapa organisasi tingkat fakultas yaitu Rois Fmipa dan Universitas yakni DPM U dan PSM Unila.

Pernah mengikuti MBKM pertukaran pelajar di Universitas Indonesia dengan mata kuliah yang diambil Keselamatan Kerja dengan memperoleh Nilai Akhir A. Menciptakan beberapa novel di platform online, dengan telah ada 13 judul.



## MOTTO

“Mencintai yang berupa rusak saja masih ada keraguan, apalagi untuk mencintai tuhanmu yang tak memiliki rupa?”

**“Penulis”**

“Tetaplah bernafas.”

**“Jack kahuna lahuna”**

“Jangan terlalu banyak memakan nasi goreng yang terlalu basah, atau bahkan menjadi lilin yang menyal, aku tahu meski kau hari ini tak berdandan. Tapi itu lebih baik.”

**“Penulis”**

“Tuhan tak pernah berjanji langit akan selalu biru, atau matahari tidak akan meninggalkan tempatnya.”

**“Penulis”**

“Baik atau buruknya seseorang, tergantung dari sutradara mana yang kau dengar.”

**“No Name”**

“Jika kau tahu kalau ini akan menjadi sulit, entah kau akan mengerah atau tidak, bukankah lebih baik kalau kau melakukan sesuatu yang kau sukai?”

## **Welcome To Waikiki 2**

“Kegelapan merupakan realitas hampa yang tiada, yang ada adalah ketiadaan cahaya. Begitu pula kejahatan, yang ada hanyalah ketiadaan Tuhan di hati manusia.”

**“Einstein”**

“Kalau orang lain bisa kenapa harus saya?”

**“No Name”**

”Two Baddies Two Baddies one Poreh”

**“Jaehyun”**

## PERSEMBAHAN

*Segala puji dan syukur kepada Allah SWT., dengan ketulusan hati aku persembahkan karya ini kepada:*

*Kedua orang tuaku, Bapak Rasidin dan Ibu Ruswati yang telah membesarkan, memberi kasih sayang serta dukungan hingga aku bisa menyelesaikan study ini dengan lancar.*

*Kepada adikku Aldi Yusuf Ramadhani, yang selalu memberi dorongan dan tawa kebahagiaan dalam hidupku.*

*Kepada zerobaseone terutama KiM Taerae yang telah memberikan semangat dan menghapus segala kesedihan dari suara yang mereka perdengarkan.*

*Kepada Dony Ega Utama dan Riski Pangestu yang selalu menemani dan membantu jika ada kesulitan.*

*Kepada teman-teman dan juga yang telah mendukung dan memberi support.*

*Almamater tercinta Universitas Lampung*

## SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul

**“Modifikasi Biomassa Alga *Sargassum* sp. Menggunakan Surfaktan *Cethyl Trimethyl Ammonium Chloride* (CTAC) Sebagai Adsorben Zat Warna *Coomassie Brilliant Blue* (CBB) dan Ion Fosfat dalam Larutan”**

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Dalam penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan, namun itu semua dapat penulis lalui berkat rahmat dan ridho Allah SWT serta bantuan dan dukungan dari orang-orang terdekat penulis. Jazakumullahu khoir orang-orang baik yang telah membersamai dan memberi banyak dukungan bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangannya sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran. Selain itu, penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembacanya. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT
2. Kedua orang tuaku tercinta, adikku yang selalu memberikan dukungan baik materi maupun moral, cinta, kasih sayang, dan ketulusan, dalam membesarkanku selama ini, yang tak henti-hentinya memberikan do'a disetiap langkahku. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian yang tidak ternilai harganya, Aamiin.

3. Ibu Prof. Dr. Buhani, M.Si., selaku pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, ilmu, nasihat, semangat, saran, dan motivasi serta kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga ibu selalu dalam lindungan ALLAH SWT dan semoga ALLAH membalas semua kebaikan ibu.
4. Bapak Prof. Suharso Ph.D. selaku pembimbing II yang juga selalu memberikan ilmu dan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga ibu sehat selalu dan semoga ALLAH yang membalas semua kebaikan ibu.
5. Ibu Dr. Rinawati, M.Si., Ph.D. selaku Penguji penelitian yang telah memberikan ilmu, saran, motivasi, nasihat, serta kritik yang membangun kepada penulis sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik. Semoga ibu sehat selalu dan semoga ALLAH yang membalas semua kebaikan ibu.
6. Bapak Drs. R. Supriyanto, M.S. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasihat kepada penulis selama kuliah di jurusan kimia.
7. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
8. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
9. Bapak dan Ibu Dosen Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah mendidik, dan memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat kepada penulis selama menempuh perkuliahan. Semoga Allah SWT yang membalas semua kebaikan bapak dan ibu dosen dan menjadikan pahala jariyah dari ilmu yang semoga bermanfaat bagi lingkungan.
10. Mba Liza Apriliya, S.Si., selaku Laboran Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik yang telah banyak membantu penulis untuk menyediakan alat dan bahan selama penelitian.
11. Seluruh laboran, staff dan karyawan FMIPA Universitas Lampung atas semua bantuannya selama ini.
12. Kepada rekan saya Mhd. Afif Alim Nasution, Happy Yunia Putri, dan Yohanna Risky Nora Simatupang selaku tim penelitian *adsorption* dan jugakepada sahabat-sahabat saya yang telah memberikan dukungan

moril kepada saya. Tak lupa juga kepada patner saya terimakasih sudah memberikan dukungan, semangat, nasihat, saran, masukan, dan keceriaanselama penelitian. Semoga selalu diberikan perlindungan dimanapun kalian nantinya.

13. Kepada Dony Ega Utama dan Riski Pangestu, yang selalu membantu dan telah menjadi sahabat yang terbaik bagi saya.
14. Seluruh teman-teman Kimia Unila Angkatan 2019 yang luar biasa, tanpa kalian kehidupanku sebagai mahasiswi kimia bukan apa-apa. Aku bangga pada kalian, dukungan kalian tak ternilai harganya.
15. Kepada Kim Taerae dan anggota ZeroBaseOne yang selalu memberikan support melalui tingkah dan juga lagu-lagunya yang mendidik serta membuat hati tenang sehingga penulisan skripsi saya menjadi lancar.
16. Kepada NCT 127 dan NCT Dream yang juga membantu saya dengan lagu-lagunya sehingga membuat saya memiliki semangat kembali.
17. Semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini, yang tidak bisa disebutkan satu persatu, jazakumullahu khoir atas semua bantuan dan dukungan secara tulus dan ikhlas dalam menyusun skripsi ini.

Akhir kata, penulis memohon maaf apabila skripsi ini masih kurang dari kesempurnaan. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 12 Juli 2023

Penulis,

Ahmad Barep Prayogo

**DAFTAR ISI**

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.3 Manfaat Penelitian.....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Biomassa Alga.....	7
2.2 Fosfat .....	8
2.4 Surfaktan .....	10
2.5 <i>Cetrimonium chloride</i> , atau <i>cetyltrimethylammonium chloride</i> (CTAC) .....	11
2.6 Adsorpsi.....	12
2.7 Bikomponen .....	14
2.8 Kinetika dan Isoterm Adsorpsi.....	15
2.9 Karakterisasi .....	19
2.9.1 Spektrofotometer UV-Vis.....	19

2.9.2 <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	21
2.9.3 <i>Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)</i> .....	22
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	23
3.2 Alat dan Bahan .....	23
3.3 Cara Kerja.....	25
3.3.1 Preparasi Biomassa Alga <i>Sargassum sp.</i> .....	25
3.3.2 Pembuatan Adsorben Alga-Na .....	25
3.3.3 Pembuatan Adsorben Alga-CTAC .....	25
3.3.4 Karakterisasi .....	25
3.3.5 Pembuatan Larutan Induk 1000 ppm.....	26
3.3.6 Pembuatan Agen Pengompleks Fosfat .....	26
3.3.7 Penentuan Nilai Zeta Potensial .....	26
3.3.8 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum CBB dan Fosfat .....	26
3.3.9 Uji Adsorpsi.....	27
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
4.1 Preparasi dan Modifikasi Biomassa Alga <i>Sargassum sp.</i> .....	30
4.2 Karakterisasi Material Adsorben.....	31
4.2.1 Karakterisasi Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR) .....	31



4.2.2 Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX) .....	33
4.3 Uji Adsorpsi .....	36
4.3.1 Sistem Monokomponen .....	37
4.3.2 Sistem Bikomponen .....	50
4.3.3 Mekanisme Adsorpsi .....	53
4.3.4 Uji Penggunaan Ulang Adsorben .....	54
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>56</b>
5.1. Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>578</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Struktur ( <i>Coomasie Brilliant Blue</i> ).....	10
<b>Gambar 2.</b> <i>Cetyltrimethylammonium Chloride</i> (CTAC).....	11
<b>Gambar 3.</b> Grafik Model Isoterm Adsorpsi Langmuir.....	17
<b>Gambar 4.</b> Rentang Warna pada Spektrofotometri UV-Vis.....	21
<b>Gambar 5.</b> Hasil modifikasi (a) adsorben alga <i>Sargassum sp.</i> (b) adsorben Alga-Na (c) adsorben Alga-CTAC .....	30
<b>Gambar 6.</b> Spektra FTIR adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC .....	31
<b>Gambar 7.</b> Mikrograf SEM adsorben (a) alga <i>Sargassum sp.</i> (b) alga-Na (c) alga- CTAC .....	34
<b>Gambar 8.</b> Spektrum EDX adsorben (a) alga <i>Sargassum sp.</i> (b) alga-Na (c) alga- CTAC .....	35
<b>Gambar 9.</b> Kurva variasi pH pada adsorpsi zat warna (a) CBB (b) Anion Fosfat ....	37
<b>Gambar 10.</b> Kurva pH <sub>pzc</sub> adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC.....	39
<b>Gambar 11.</b> Interaksi CBB dan anion Fosfat dengan alga-CTAC : Surfaktan CTAC: Fosfat : CBB: Interaksi elektrostatik.....	40
<b>Gambar 12.</b> Kurva variasi waktu kontak pada adsorpsi zat warna (a) CBB (b) Anion Fosfat.....	41
<b>Gambar 13.</b> Kinetika pseudo orde satu zat warna CBB dan Fosfat terhadap adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC .....	43
<b>Gambar 14.</b> Kinetika pseudo orde dua zat warna CBB dan Anion Fosfat terhadap adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC.....	44
<b>Gambar 15.</b> Kurva pengaruh konsentrasi adsorpsi zat warna (a) CBB (b) Anion Fosfat.....	46

<b>Gambar 16.</b> Pola isoterm adsorpsi Langmuir CBB dan anion Fosfat pada adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC .....	47
<b>Gambar 17.</b> Pola isoterm adsorpsi Freundlich (a) CBB (b) Anion Fosfat pada adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC.....	48
<b>Gambar 18.</b> Kurva pengaruh konsentrasi adsorpsi pasangan larutan bikomponen pada adsorben (a) alga (b) alga-Na (c) alga-CTAC. ....	51
<b>Gambar 19.</b> Hasil desorpsi CBB dan Fosfat pada adsorben alga-CTAC menggunakan eluen akuades, KNO <sub>3</sub> , HCl, dan Na <sub>2</sub> EDTA .....	53
<b>Gambar 20.</b> Hasil uji penggunaan ulang adsorben alga-CTAC dalam mengadsorpsi CBB dan Fosfat. ....	55
<b>Gambar 21.</b> Kurva panjang gelombang maksimum (a) CBB (b) Anion Fosfat .....	70
<b>Gambar 22.</b> Kurva larutan standar (a) CBB (b) Fosfat untuk variasi pH.....	72
<b>Gambar 23.</b> Kurva larutan standar (a) CBB (b) Anion Fosfat variasi waktu kontak	75
<b>Gambar 24.</b> Pola kinetika pseudo orde satu CBB .....	78
Gambar 25. Pola kinetika pseudo orde satu Anion Fosfat .....	81
<b>Gambar 26.</b> Pola kinetika pseudo orde dua CBB .....	83
<b>Gambar 27.</b> Pola kinetika pseudo orde dua Anion Fosfat .....	86
<b>Gambar 28.</b> Kurva larutan standar (a) CBB (b) Anion Fosfat untuk variasi konsentrasi .....	88
<b>Gambar 29.</b> Pola isoterm adsorpsi Langmuir CBB variasi konsentrasi .....	91
<b>Gambar 30.</b> Pola isoterm adsorpsi Langmuir Anion Fosfat variasi konsentrasi .....	94
<b>Gambar 31.</b> Pola isoterm adsorpsi Freundlich CBB variasi konsentrasi.....	97
<b>Gambar 32.</b> Pola isoterm adsorpsi Freundlich Anion Fosfat variasi konsentrasi....	100
<b>Gambar 33.</b> Kurva larutan standar (a) CBB (b) Anion Fosfat untuk pasangan larutan bikomponen.....	102
<b>Gambar 34.</b> Kurva larutan standar (a) CBB (b) Anion Fosfat untuk mekanisme	

adsorpsi ..... 108

**Gambar 35.** Kurva larutan standar CBB dan Anion Fosfat untuk uji penggunaan  
ulang adsorben ..... 112

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Hasil analisis gugus fungsi adsorben .....	33
<b>Tabel 2.</b> Parameter kinetika adsorpsi CBB dan anion fosfat .....	44
<b>Tabel 3.</b> Parameter isoterm adsorpsi CBB dan anion fosfat terhadap alga, alga-Na, dan alga-CTAC .....	49
<b>Tabel 4.</b> Adsorpsi isoterm Langmuir biner pada CBB dan anion fosfat terhadap adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC.....	52
<b>Tabel 5.</b> Hasil penentuan nilai zeta potensial alga, alga-Na, dan alga-CTAC .....	71
<b>Tabel 6.</b> Data absorbansi larutan standar CBB dan Anion fosfat variasi pH .....	72
<b>Tabel 7.</b> Hasil uji adsorpsi CBB pada variasi pH.....	73
<b>Tabel 8.</b> Hasil uji adsorpsi fosfat pada variasi pH.....	74
<b>Tabel 9.</b> Data absorbansi larutan standar CBB dan anion fosfat variasi waktu kontak .....	75
<b>Tabel 10.</b> Hasil uji adsorpsi CBB pada variasi waktu kontak .....	76
<b>Tabel 11.</b> Hasil uji adsorpsi fosfat pada variasi waktu kontak.....	76
<b>Tabel 12.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu CBB pada adsorben alga .....	77
<b>Tabel 13.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu CBB pada adsorben alga-Na .....	77
<b>Tabel 14.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu CBB pada adsorben alga-CTAC .....	78
<b>Tabel 15.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu anion fosfat pada adsorben alga.....	79
<b>Tabel 16.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu anion fosfat pada	

adsorben alga-Na.....	80
<b>Tabel 17.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu anion fosfat pada adsorben alga-CTAC.....	80
<b>Tabel 18.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua CBB pada adsorben alga .....	82
<b>Tabel 19.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua CBB pada adsorben alga-Na .....	82
<b>Tabel 20.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua CBB pada adsorben alga-CTAC .....	83
<b>Tabel 21.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua anion fosfat pada adsorben alga.....	84
<b>Tabel 22.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua Anion Fosfa pada adsorben alga-Na.....	85
<b>Tabel 23.</b> Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua anion fosfat pada adsorben alga-CTAC.....	85
<b>Tabel 24.</b> Data absorbansi larutan standar CBB dan anion fosfat untuk variasi konsentrasi .....	88
<b>Tabel 25.</b> Uji adsorpsi CBB pada variasi konsentrasi .....	89
<b>Tabel 26.</b> Uji adsorpsi anion fosfat pada variasi konsentrasi .....	89
<b>Tabel 27.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir CBB pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga.....	90
<b>Tabel 28.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir CBB pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-Na.....	90
<b>Tabel 29.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir CBB pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-CTAC.....	91
<b>Tabel 30.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir anion fosfat pada variasi	

konsentrasi terhadap adsorben alga.....	93
<b>Tabel 31.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir anion fosfat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-Na.....	93
<b>Tabel 32.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir anion fosfat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-CTAC.....	94
<b>Tabel 33.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freudlich CBB pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga.....	96
<b>Tabel 34.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freudlich CBB pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-Na.....	96
<b>Tabel 35.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freudlich CBB pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-CTAC.....	97
<b>Tabel 36.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freudlich anion fosfat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga.....	98
<b>Tabel 37.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freudlich anion fosfat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-Na.....	99
<b>Tabel 38.</b> Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freudlich anion fosfat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-CTAC.....	99
<b>Tabel 39.</b> Data absorbansi larutan standar CBB dan anion fosfat pasangan larutan bikomponen.....	102
<b>Tabel 40.</b> Uji adsorpsi CBB pada pasangan larutan bikomponen variasi konsentrasi .....	103
<b>Tabel 41.</b> Uji adsorpsi Anion Fosfat pada pasangan larutan bikomponen variasi konsentrasi .....	103
<b>Tabel 42.</b> Data perhitungan persamaan Langmuir biner pada adsorpsi larutan pasangan bikomponen terhadap adsorben alga .....	104
<b>Tabel 43.</b> Data perhitungan dengan SPSS persamaan Langmuir biner pada adsorpsi	

larutan pasangan bikomponen terhadap adsorben alga.....	104
<b>Tabel 44.</b> Perhitungan isotherm adsorpsi Langmuir biner adsorben Alga-Na .....	105
<b>Tabel 45.</b> Data perhitungan SPSS dengan persamaan Langmuir biner terhadap adsorben Alga-Na.....	105
<b>Tabel 46.</b> Perhitungan isotherm adsorpsi Langmuir biner adsorben Alga-CTAC .....	106
<b>Tabel 47.</b> Data perhitungan SPSS dengan persamaan Langmuir biner terhadap adsorben Alga-CTAC.....	106
<b>Tabel 48.</b> Data absorbansi larutan standar CBB untuk mekanisme adsorpsi .....	108
<b>Tabel 49.</b> Hasil perhitungan jumlah CBB yang terdesorpsi pada adsorben alga-CTAC .....	109
<b>Tabel 50.</b> Hasil perhitungan jumlah Anion fosfat yang terdesorpsi pada adsorben alga-CTAC .....	110
<b>Tabel 51.</b> Data absorbansi larutan standar CBB dan anion fosfat untuk uji penggunaan ulang adsorben .....	112
<b>Tabel 52.</b> Hasil perhitungan jumlah CBB yang teradsorpsi pada adsorben alga-CTAC .....	113
<b>Tabel 53.</b> Hasil perhitungan jumlah anion fosfat yang teradsorpsi pada adsorben alga-CTAC .....	114



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Lingkungan dan sekitarnya tercemar dapat disebabkan karena limbah industri yang tidak dikelola dengan baik dan dibuang begitu saja secara bebas. Apalagi limbah zat warna yang mana sebelum menjadi limbah digunakan dalam produksi industri tekstil Indonesia berupa bahan tekstil, produk tekstil, dan industri pakaian. Tuntutan kenaikan produksi tekstil, dapat menyebabkan efek negatif. Akibat teknis yang mungkin timbul adalah meningkatnya kuantitas dan kualitas bahan buangan atau limbah. Dampak negatif industri tekstil terutama berasal dari proses pencelupan (*dyeing*), lingkungan yang paling berdampak adalah lingkungan perairan (Yustinah dkk, 2019).

Perairan tercemar limbah terdiri dari zat warna yang sukar terurai. Air yang mengandung limbah zat warna dalam lingkungan perairan akan menyebabkan peningkatan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) (Deb *et al.*, 2019). Adanya limbah zat warna yang masuk ke wilayah perairan akan membentuk struktur kimia yang lebih kompleks sehingga menyebabkan zat warna sulit terurai di dalam air (Buhani *et al.*, 2019).

Pada proses pencelupan tekstil dihasilkan sekitar 24% zat warna dan 6% garam yang digunakan pada pewarnaan yang kemudian masuk ke lingkungan perairan sebagai limbah. Warna limbah muncul karena adanya gugus kromofor dalam zat

warna tekstil yang digunakan pada proses pencelupan. Limbah hasil pencelupan yang dibuang menyebabkan kualitas air akan menurun sehingga tidak sesuai lagi dengan peruntukannya dan ekosistem lingkungan akan terganggu. Selain sulit diuraikan, bahan aktif zat warna seperti azo (monoazo, diazo, triazo) dilaporkan bersifat karsinogenik (Huda *et al*, 2018). Selain itu pencemaran perairan juga dapat disebabkan oleh fosfat yang berlebih.

Fosfat pada perairan berbentuk ortofosfat ( $\text{PO}_4$ )<sup>3-</sup>. Kandungan fosfat dalam perairan pada umumnya berasal dari limpasan pupuk pada pertanian, kotoran manusia maupun hewan, kadar sabun, pengolahan sayuran, serta industri pulp dan kertas (Dewi dan Ali, 2003). Penggunaan detergen dalam rumah tangga juga menjadi penyumbang kadar fosfat yang signifikan dalam perairan. Biota air membutuhkan kadar fosfat untuk kehidupannya, namun jika dalam konsentrasi yang berlebihan akan menimbulkan dampak yang berbahaya. Jumlah fosfat yang tinggi akan menghasilkan pertumbuhan alga yang sangat besar dan berakibat kurangnya sinar matahari yang masuk ke perairan (Mustofa, 2015). Keberadaan ion fosfat dalam lingkungan perairan dapat menimbulkan gangguan keseimbangan perairan yakni meningkatnya jumlah kesuburan tumbuhan air yang berakibat pada penutupan permukaan air. Sinar matahari akan terhalang dan pertukaran oksigen dalam air juga terganggu (Leatemia *et al*, 2013).

Beberapa studi telah dilakukan untuk mengurangi limbah zat warna terutama CBB dan limbah fosfat, yaitu dengan proses kristalisasi menggunakan pasir silika (Dewi dan Ali, 2003), resin penukar ion dan proses adsorpsi (Crini dan Badot, 2008). Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian telah berfokus pada proses adsorpsi karena dinilai lebih efektif (Desheng, 2010). Adsorpsi merupakan metode yang efektif digunakan untuk mendegradasi polutan di lingkungan perairan dan tanah (Vatandoostarani *et al*, 2017). Metode adsorpsi memiliki kelebihan karena prosesnya mudah dilakukan, biaya relatif murah, ramah lingkungan, tidak menimbulkan efek beracun, serta dapat digunakan berulang kali (Buhani *et al.*, 2017a).

Adsorben yang baik memiliki karakteristik antar lain tidak larut dalam air dan pelarut organik, dapat digunakan berulang kali dan selektif terhadap adsorbat (Buhani, *et al.*, 2017a). Selain itu, keberhasilan proses adsorpsi sangat ditentukan oleh kapasitas adsorpsi, luas permukaan adsorben, volume pori, dan ukuran pori distribusi (Kaykhali *et al.*, 2018).

Selain menggunakan silika gel, karbon aktif, zeolite, dan alumina sebagai adsorben juga telah dikembangkan adsorben dari jamur, bakteri, ragi, dan alga. Pemilihan alga sebagai adsorben pada proses adsorpsi dikarenakan alga memiliki efektifitas yang tinggi, relatif stabil, dan ketersediaannya yang melimpah di alam sehingga mudah untuk didapatkan (Kausar *et al.*, 2020). Biomassa alga sebagai adsorben banyak digunakan karena biomassa alga mengandung senyawa polisakarida, protein atau lipid yang terdiri dari gugus fungsional seperti amina, karboksil, hidroksil, sulfat dan fosfat yang reaktif terhadap adsorbat (Buhani dan Suharso, 2009). Dalam penelitian ini akan digunakan biomassa alga *Sargassum* sp. sebagai adsorben zat warna CBB dan fosfat di dalam lingkungan perairan dan tanah pertanian. *Sargassum* sp. adalah jenis makroalga yang termasuk ke dalam kelompok alga coklat (*Phaeophyceae*) dan merupakan kelompok alga laut paling melimpah kedua di alam (Hifney *et al.*, 2015).

Pada penelitian sebelumnya, dilakukannya adsorpsi CBB dengan menggunakan Alga *Sargassum* sp. yang dimodifikasi dengan *Hexadecyltrimethylammonium Bromide* (HDTMA-Br) pada pH optimum CBB pada adsorben alga-HDTMA berada pada pH 6 dengan persentase adsorpsi sebesar 95,09%. Kemampuan adsorpsi alga-HDTMA mengalami peningkatan dari adsorben alga dan alga-Na lain yang telah sama dilakukan pengujian, karena permukaan adsorben Alga-HDTMA bermuatan kationik, sehingga terjadi tarik menarik dengan zat warna CBB yang bermuatan anionik (Khairunisa, 2022). Penelitian adsorpsi mengenai ion fosfat telah dilakukan dengan adsorben bentonit yang dimodifikasi dengan *Cethyltrymethilammonium Bromide* (CTAB) pada pH yang rendah dimana

konsentrasi ion  $H_3O^+$  lebih tinggi dapat berpengaruh pada lapisan permukaan bentonit yang termodifikasi dengan CTAB. Lapisan permukaan bentonit akan cenderung mengalami protonasi yang menyebabkan terjadinya tolakan antara gugus ammonium kuartener sehingga formasi surfaktan merenggang dan situs positif untuk adsorpsi anion fosfat berkurang sehingga kapasitasnya meningkat (Adawiyah dkk., 2020).

Pada penelitian ini dipilih Alga *Sargassum* sp. karena memiliki kandungan yang terdapat dalam *Sargassum* sp. di antaranya adalah polisakarida, polifenol, serta mengandung gugus fungsi O-H (alkohol), -COOH (asam karboksilat), R-O-R (eter), -NH<sub>2</sub> (amina), dan amida, serta fucoidan (*sulfated poly saccharides*) yang mengandung gugus fungsi asam sulfonat [R-S(=O)<sub>2</sub>-OH] (Ale *et al.*, 2012; Barquilha *et al.*, 2018; Jesumani *et al.*, 2019; Saldarriaga-hernandez *et al.*, 2020). Karena kandungan dan gugus fungsi yang dimilikinya, makabiomassa alga *Sargassum* sp. memiliki potensi yang baik digunakan sebagai adsorben zat warna CBB dan fosfat. Kemudian, untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya terhadap zat warna CBB dan fosfat, maka biomassa alga *Sargassum* sp. dimodifikasi menggunakan surfaktan *Cethyltrimethylammonium Chloride* (CTAC) yang merupakan jenis surfaktan kationik (Jumaeri *et al.*, 2018). Surfaktan CTAC dipilih karena untuk membantu proses adsorpsi dengan melakukan pertukaran kation organik dengan kation anorganik (surfaktan) (Otavo-Loaiza *et al.*, 2019; Sriatun *et al.*, 2008) yang diharapkan akan memiliki kapasitas adsorpsi lebih baik dari penelitian-penelitian sebelumnya. Selain itu, surfaktan CTAC juga memiliki harga yang relatif murah dan banyak tersedia dipasaran (Karnjanakom and Maneechakr, 2019). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dihasilkan material alternatif dari biomassa alga *Sargassum* sp. untuk menyerap zat warna CBB dan fosfat.

Material adsorben biomassa alga *Sargassum* sp. termodifikasi CTAC yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) untuk mengetahui struktur morfologi dan analisis unsur pada permukaan adsorben, serta analisa *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

untuk mengetahui gugus fungsi pada adsorben dilakukan sebelum dan sesudah adsorpsi. Kapasitas adsorpsi adsorben dapat diketahui interaksinya terhadap zat warna CBB dan fosfat, melalui penentuan variasi pH, waktu kontak, konsentrasi, uji bikomponen, uji penggunaan ulang adsorben, dan mekanisme adsorpsi maka dilakukan analisa menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. Dengan demikian, akan dihasilkan material adsorben biomassa alga *Sargassum* sp. termodifikasi CTAC yang efektif digunakan dalam menyerap Zat Warna CBB dan fosfat di dalam lingkungan perairan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari cara memodifikasi biomassa alga *Sargassum* sp. dengan CTAC dan karakterisasinya.
2. Menentukan pH optimum, waktu kontak optimum, dan konsentrasi optimum zat warna CBB dan fosfat yang diadsorpsi oleh biomassa alga *Sargassum* sp. Termodifikasi CTAC.
3. Mempelajari kinetika adsorpsi dan *isotherm* adsorpsi zat warna CBB dan fosfat yang diadsorpsi oleh biomassa alga *Sargassum* sp. termodifikasi CTAC.
4. Mempelajari kemampuan adsorpsi biomassa alga *Sargassum* sp. termodifikasi CTAC terhadap pasangan larutan bikomponen antara fosfat serta zat warna CBB.
5. Mempelajari ikatan yang mempengaruhi proses adsorpsi dan penggunaan ulang dari adsorben alga *Sargassum* sp. termodifikasi CTAC terhadap zat warna CBB dan fosfat.

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Selanjutnya, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya pemanfaatan biomassa alga sebagai adsorben, penanganan limbah yang mengandung zat warna CBB dan fosfat, serta dapat memberikan informasi mengenai studi adsorpsinya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biomassa Alga

Alga adalah kelompok organisme eukariotik yang mengandung klorofil dan dapat ditemukan di air laut, ataupun air tawar. Ukuran alga dimulai dari ukuran mikro (organisme sel tunggal) hingga berukuran makro (panjang hingga seratus kaki) (ElFar *et al.*, 2021). Sampai saat ini diketahui terdapat lebih dari 50.000 jenis *strain* mikroalga yang dapat ditemukan di air laut maupun air tawar.

Pertumbuhan berbagai jenis alga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor abiotik dan biotik, dimana faktor abiotik dapat meliputi cahaya, suhu, nutrisi, kandungan oksigen terlarut, pH, salinitas, konsentrasi CO<sub>2</sub>, dan keberadaan bahan kimia toksik dalam media pertumbuhannya. Faktor biotik yang mempengaruhi misalnya bakteri, jamur, virus, dan adanya kompetisi dengan jenis alga lain (Shen *et al.*, 2009).

Alga memiliki pigmen *fucoxanthin*, klorofil a dan c, betakaroten, dan xantofil lainnya dan juga karbohidrat yang disimpan sebagian besar tersedia dalam bentuk laminaran (polisakarida glukosa; terbentuk dari proses fotosintesis), disertai dengan pati dalam jumlah tertentu tergantung spesiesnya. Dinding selnya terbuat dari selulosa dan asam alginat (Guiri, 2007) dalam jurnal Lutfiawan *et al.*, 2015).

Alga dibagi menjadi tiga kelas utama yaitu *Chlorophyceae* (alga hijau), *Bacillariophyceae* (diatom), dan *Phaeophyceae* (alga coklat). Habitat *Phaeophyceae* (alga coklat) adalah pada perairan dangkal, biasanya berada pada kedalaman 0,5-10 m yang diikuti adanya ombak dan arus. Alga coklat menempel pada substrat batu karang di

daerah perairan jernih dan dapat tumbuh dengan subur pada daerah tropis. Alga coklat biasanya menyerupai tumbuhan bercabang yang berbentuk benang kecil dan halus (*ectocarpus*), bertalus lebar (beberapa diantaranya dapat mencapai lebar 2 m, seperti *alaria* dan *laminaria*), tetapi memiliki tangkai yang pendek (Pakidi dan Suwoyo, 2017). Alga coklat memiliki kapasitas biosorpsi yang tinggi karena kandungan polisakarida seperti fucoidan dan alginat yang terkandung di dalam dinding selnya. Polisakarida ini memberikan gugus fungsi  $-COOH$  (asam karboksilat) dan sulfat yang aktif pada proses pertukaran ion (Davis *et al.*, 2003). Gugus fungsional lain yang telah diketahui dari alga coklat adalah amida, O-H (alkohol), dan R-O-R (eter) yang reaktif berinteraksi dengan adsorbat (Barquilha *et al.*, 2018).

Morfologi *Sargassum* sp. menyerupai tumbuhan tingkat tinggi, di mana *thallus*-nya dapat dibedakan antara akar, batang, dan daun. *Sargassum* sp. memiliki *holdfast* berbentuk cakram yang berfungsi untuk melekat pada substratnya. Percabangannya memiliki gelembung udara berbentuk bulat yang berukuran kecil dengan diameter 1,5-2 mm dan berfungsi untuk membantu mengapung di permukaan air jika *holdfast* lepas dari substrat. Ekstrak *Sargassum* sp. mengandung air 12,59, abu 51,30, lemak 22,90, serat 0,89 dan nitrogen 20,94%, protein, mineral, polisakarida, vitamin dan beberapa senyawa lainnya yakni laminaran, fucoidan, selulosa, manitol, fenolat, kompleks diterpenoid, terpenoid aromatik, saponin, dan flavonoid (Satyarsa, 2019).

## 2.2 Fosfat

Fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) merupakan senyawa anionik yang memasuki sungai melalui air buangan penduduk, limbah pertanian dan industri yang menggunakan detergen seperti industri pencucian, industri logam dan sebagainya. Pembuangan limbah fosfat yang berlebih ke dalam badan air dapat menghambat penguraian pada proses biologis dan terjadinya eutrofikasi (Budi, 2006). Fosfat juga bersifat persisten sehingga terjadi akumulasi yang dapat menyebabkan iritasi sedangkan pada konsentrasi tinggi dapat merusak hati dan ginjal pada manusia (Pan dan Baohong, 2009). Oleh karena itu, perlu adanya penanganan khusus untuk mengurangi kandungan fosfat sampai pada nilai tertentu (baku mutu efluen



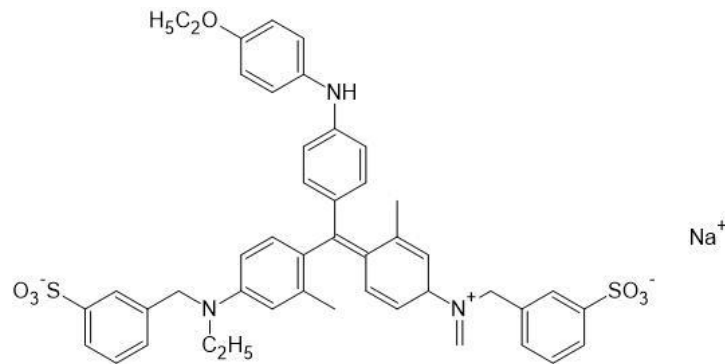
2 mg/L) (Masduqi, 2006).

Sumber utama fosfat secara alami berasal dari perairan itu sendiri melalui proses penguraian, pelapukan, dekomposisi tumbuhan, sisa-sisa organisme mati, dan buangan limbah daratan (domestik, industri, pertanian, peternakan dan sisa pakan) yang akan terurai oleh bakteri menjadi zat hara (Wattayakorn, 1988 dalam Patty, 2014). Menurut Wulandari *et al.* (2013) kondisi padang lamun di Teluk Awur relatif subur, dengan kerapatan lamun yang cukup tinggi, namun terdapat beberapa titik lokasi dengan kondisi lamun tumbuh tidak merata. Fosfat merupakan zat hara yang berperan penting dalam pertumbuhan dan metabolisme tumbuhan yang merupakan indikator untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan perairan (Fachrul *et al.*, 2005).

### **2.3 Coomassie Brilliant Blue (CBB)**

Zat warna CBB termasuk ke dalam salah satu zat warna sintetik anionik yang mengandung gugus trifenil metana dan digunakan secara luas untuk elektroforesis dan penentuan kadar protein. CBB dibagi menjadi dua jenis, yaitu CBB R-250 dan CBB G-250 di mana R mengacu pada warna kemerahan produk sedangkan G mengacu pada warna kehijauan pewarna. Perbedaan lain antara kedua jenis CBB tersebut juga terletak pada gugus metil tambahan. CBB G-250 memiliki rumus molekul  $C_{47}H_{48}N_3O_7S_2$  - (Ibrahim *et al.*, 2019) sedangkan CBB R-250 memiliki rumus molekul  $C_{45}H_{44}N_3O_7S_2$  - (Abdel-Ghani *et al.*, 2017).

*Coomassie Brilliant Blue* G-250 (CBB) adalah jenis pewarna sintesis terpenting pada industri tekstil yang mewakili kelas penting dari organopolutan beracun dengan rumus molekul  $C_{47}H_{49}N_3NaO_7S_2$  yang memiliki berat molekul  $855,028 \pm 0,054$  g/mol. Senyawa ini memiliki densitas sebesar 0,96 g/mL dengan refractive index sebesar 1,334. CBB G-250 memiliki tambahan dua gugus metil pada strukturnya. *Coomassie* merupakan nama merek dagang yang masih digunakan oleh *Imperial Chemical Industries* (ICI, yang kemudian diakuisisi oleh Akzo Nobel Inc.) (Abbas *et al.*, 2015; Mekaoui *et al.*, 2012). Struktur CBB dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 1.** Struktur *Coomasie Brillian Blue* (Rauf *et al.*, 2005)

## 2.4 Surfaktan

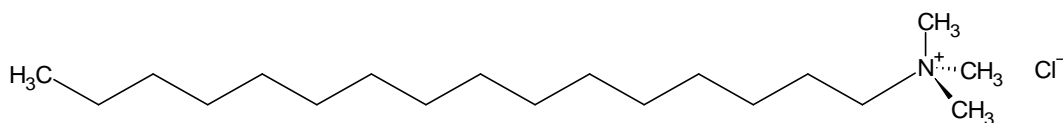
Surfaktan (*surface active agent*) merupakan bahan yang dapat menurunkan tegangan permukaan suatu cairan dan di antarmuka fasa (baik cair-gas maupun cair-cair), sehingga mempermudah penyebaran dan pemerataan. Kebutuhan surfaktan di Indonesia saat ini mencapai 95 ribu ton per tahun sedangkan kapasitas produksi dalam negeri sekitar 55 ribu ton per tahun dengan harga surfaktan mencapai 16 dolar per liter yang ke depan harganya terus menanjak. Salah satu surfaktan yang banyak digunakan adalah surfaktan golongan alkil poliglikosida yang banyak digunakan pada detergen, produk herbisida, produk-produk perawatan tubuh, produk kosmetik maupun untuk industri tekstil (Swasono dkk., 2012).

Surfaktan adalah suatu zat yang memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan suatu sistem apabila diberikan dalam konsentrasi rendah. Surfaktan memiliki struktur yang terdiri dari bagian kepala dan ekor. Bagian kepala adalah bagian yang bersifat hidrofilik yang artinya suka terhadap air sehingga tidak diperlukan energi yang besar apabila melakukan kontak dengan air. Bagian ekor adalah bagian yang bersifat hidrofobik atau tidak suka terhadap air. Bagian ekor terbentuk atas rantai karbon yang apabila makin panjang maka makin baik untuk menjerap zat yang bersifat non-polar (Kurniadie dkk., 2017).

Surfaktan terbagi menjadi tiga jenis, yaitu surfaktan anionik, surfaktan kationik, dan surfaktan non-ionik. Surfaktan anionik adalah surfaktan yang membawa muatan negatif, surfaktan kationik adalah surfaktan yang membawa muatan positif, dan surfaktan non-ionik adalah surfaktan yang tidak memiliki muatan (Kurniadie dkk., 2017). Surfaktan Amfoter yaitu surfaktan yang bagian alkilnya mempunyai muatan positif dan negatif. Contohnya surfaktan yang mengandung asam amino, betain, fosfobetain (Pratiwi, 2015). Jenis surfaktan kationik biasanya sering digunakan untuk mengarah molekul pada sintesis material berpori. Surfaktan kationik dapat digunakan pada beberapa produk, seperti inhibitor korosi, pelembut kain, dan agen antimikroba (Juni dkk., 2012).

### 2.5 *Cetrimonium Chloride*, atau *Cetyltrimethylammonium Chloride* (CTAC)

*Cetrimonium chloride*, atau *cetyltrimethylammonium chloride* (CTAC), adalah antiseptik dan surfaktan topikal. Surfaktan amonium kuarterner rantai panjang, seperti *cethyltrimethylammonium chloride* (CTAC), umumnya dikombinasikan dengan alkohol lemak rantai panjang, seperti alkohol stearyl, dalam formulasi kondisioner rambut dan sampo. Konsentrasi surfaktan kationik dalam kondisioner umumnya berkisar 1-2% dan konsentrasi alkohol biasanya sama dengan atau lebih besar dari surfaktan kationik. Sistem terner, surfaktan / alkohol lemak / air, mengarah ke struktur pipih yang membentuk jaringan perkolasi yang menghasilkan gel. Ini adalah garam amonium kuarterner dan garam klorida organik, ini mengandung ion setiltrimetilamonium. Senyawa *Cetyltrimethylammonium Chloride* yang garam dan turunannya digunakan terutama sebagai antiseptik topikal (Omar *et al.*, 2017).



**Gambar 2.** *Cetyltrimethylammonium Chloride* (CTAC) (Omar *et al.*, 2017)

*Cetyltrimethylammonium Chloride* (CTAC), juga dikenal sebagai *cetrimonium chloride* adalah antiseptik (topikal) dan surfaktan populer yang menampilkan rumus kimia  $C_{19}H_{42}ClN$ . Selain sifat antiseptiknya yang kuat, ia juga dituntut karena sifat pengkondisiannya yang sangat baik yang membuat produk ini paling cocok untuk digunakan sebagai bahan yang efektif saat memformulasi sampo dan kondisioner yang menghidrasi.

## 2.6 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses yang menunjukkan kemampuan adsorbat untuk menempel pada bahan penjerap (Murtono dan Iriany, 2017). Proses adsorpsi disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antar molekul atau interaksi kimia atau karena akibat medan gaya pada permukaan adsorben yang menarik molekul adsorbat. Gaya intermolekul yang terlibat dalam proses adsorpsi adalah gaya Van der Waals, ikatan hidrogen, gaya hidrofob, ikatan kovalen, dan gaya elektrostatis (Mahatmanti dan Sumarni, 2003). Adsorpsi merupakan salah satu teknik yang efektif jika dibandingkan dengan teknik koagulasi, pengendapan kimia, dan ekstraksi (Issabayeva *et al.*, 2010).

Adsorpsi dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu sebagai berikut :

### 1. Adsorpsi fisika

Adsorpsi secara fisika dapat terjadi akibat adanya gaya Van der Waals antara permukaan dengan adsorbat (Yuliusman dkk., 2013). Interaksi yang terjadi pada adsorpsi fisika adalah interaksi nonkovalen yang sangat dipengaruhi oleh jarak antara adsorbat dengan adsorben (Liu *et al.*, 2017).

### 2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi secara kimia terjadi akibat adanya ikatan kovalen atau ionik antara

adsorben dengan adsorbat. Proses yang terjadi pada adsorpsi kimia adalah transfer elektron antara adsorben dengan adsorbat selama adsorpsi berlangsung. Proses tersebut menyebabkan ikatannya kuat, prosesnya *irreversible*, dan dapat membentuk lapisan monolayer (Liu *et al.*, 2017; Yuliusman dkk., 2013).

Adsorben yang baik memiliki karakteristik menurut Tien (2019) di antaranya adalah :

1. Ukuran adsorben. Ukuran adsorben berkaitan erat dengan laju penyerapan terhadap adsorbat.
2. Densitas adsorben, dimana tingkat adsorpsi sering dinyatakan dengan unit massa adsorben
3. Porositas pori memberikan indikasi struktur internal suatu adsorben agar efektif untuk menyerap adsorbat yang sesuai.
4. Ukuran pori dan distribusi ukuran. Ukuran pori digolongkan menjadi mikropori ( $d_{\text{pore}} < 20 \text{ \AA}$ ), mesopori ( $20 \text{ \AA} < d_{\text{pore}} < 500 \text{ \AA}$ ), dan makropori ( $d_{\text{pore}} > 500 \text{ \AA}$ ).
5. Luas permukaan spesifik sangat mempengaruhi kapasitas adsorpsi suatu adsorben dan tingkat penyerapan suatu adsorbat pada tingkat yang lebih rendah. Luas permukaan spesifik dapat ditentukan berdasarkan volume pori suatu adsorben.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi menurut Widayatno dkk (2017) adalah sebagai berikut :

1. Karakteristik adsorben Energi permukaan dan gaya tarik permukaan sangat mempengaruhi proses adsorpsi, sehingga sifat fisik adsorben seperti ukuran partikel dan luas permukaan menjadi sifat penting suatu adsorben.
2. Konsentrasi zat Apabila konsentrasi suatu zat makin besar, maka jumlah *solute* yang dapat diadsorpsi juga akan semakin besar.
3. Luas permukaan Semakin luas permukaan adsorben maka memungkinkan zat yang menempel pada permukaan adsorben bertambah sehingga adsorpsi yang terjadi semakin besar.
4. Tekanan Apabila tekanan diperbesar maka molekul adsorbat akan semakin

mudah teradsorpsi, sehingga jumlah adsorbat yang terserap semakin banyak.

Artinya, tekanan dapat memperbesar jumlah zat yang teradsorpsi.

5. Daya larut terhadap adsorben Apabila daya larut adsorben tinggi maka dapat menghambat proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan gaya melarutkan *solute* berlawanan dengan gaya tarik adsorben terhadap adsorbat.

Menurut Buhani *et al* (2019b) jumlah zat warna yang teradsorpsi per satuan massa adsorben dan persentase zat warna yang teradsorpsi dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V \quad (1)$$

$$q_t = \frac{C_0 - C_t}{m} \times V \quad (2)$$

$$R(\%) = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (3)$$

Dimana :

$C_0$  = konsentrasi pada keadaan awal ( $\text{mg L}^{-1}$ )

$C_e$  = konsentrasi pada kesetimbangan ( $\text{mg L}^{-1}$ )

$C_t$  = konsentrasi pada waktu tertentu dalam larutan ( $\text{mg L}^{-1}$ )

$m$  = massa adsorben (gram)

$V$  = volume larutan (L)

$q$  = jumlah adsorbat yang teradsorpsi per satuan massa ( $\text{mg g}^{-1}$ )

$R$  = presentase zat warna yang teradsorpsi

## 2.7 Bikomponen

Adsorpsi dengan model Langmuir multikomponen merupakan model yang paling sering digunakan dalam menyesuaikan data yang diperoleh dari adsorpsi bikomponen

(campuran biner). Model ini mengasumsikan bahwa pada permukaan adsorben yang homogen tidak ada interaksi antara spesi yang teradsorpsi serta situs adsorpsi tersedia secara merata untuk semua spesi yang teradsorpsi (Yustinah dkk, 2019). Persamaan yang merepresentasikan model isoterm Langmuir untuk campuran biner dapat ditulis menggunakan persamaan :

Dimana  $q_m$  adalah konstanta Langmuir yang berhubungan dengan kapasitas adsorpsi,  $b_1$  dan  $b_2$  adalah konstanta isoterm biner Langmuir.

$$q_1 = \frac{q_m C_1^* b_1}{1 + b_1 C_1^* + b_2 C_2^*} \quad (4)$$

Model Freundlich mengasumsikan bahwa kesetimbangan biosorpsi dalam sistem biner yang representasi matematisnya dapat ditulis pada persamaan

$$q_{e,1} = \frac{K_{F,1} C_{e,1}^{n_1 + x_1}}{C_{e,1}^{x_1} + y_1 C_{e,2}^{z_1}} \quad (5)$$

$$q_{e,2} = \frac{K_{F,2} C_{e,2}^{n_2 + x_2}}{C_{e,2}^{x_2} + y_2 C_{e,1}^{z_2}} \quad (6)$$

Dimana  $K_{F1}$ ,  $K_{F2}$ ,  $n_1$  dan  $n_2$  dapat diperkirakan dari persamaan isoterm Freundlich monokomponen yang sesuai dan enam parameter lainnya ( $x_1, y_1, z_1$  dan  $x_2, y_2, z_2$ )

## 2.8 Kinetika dan Isoterm Adsorpsi

Kinetika adalah salah satu cabang ilmu kimia yang membahas mengenai laju reaksi, orde reaksi, dan tetapan laju reaksi. Kinetika kimia dapat memberikan informasi mengenai mekanisme reaksi (Musta dkk., 2020). Kinetika adsorpsi merupakan laju reaksi suatu proses adsorpsi berlangsung. Waktu kesetimbangan adsorpsi digunakan

untuk mendapatkan adsorpsi maksimum adsorbat di permukaan adsorben. Laju reaksi akan semakin tinggi apabila waktu reaksi semakin pendek (Buhani *et al.*, 2012b).

#### A. Isoterm adsorpsi

Adsorpsi suatu adsorbat pada keadaan setimbang dan isotermal sering dinyatakan dengan persamaan empiris Freundlich dan Langmuir. Yang dapat dijelaskan :

##### 1. Persamaan Freundlich

Persamaan Freundlich adalah persamaan empiris dengan menggunakan pendekatan penjerapan secara fisis (Bhattacharyaa dkk., 2006). Proses penjerapan pada adsorben terjadi dengan tingkat energi yang berbeda. Asumsi yang digunakan :

- a. Setelah molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan padatan tidak ada asosiasi dan disosiasi.
- b. Hanya terjadi mekanisme adsorpsi secara fisis tidak ada mekanisme chemisorption.
- c. Permukaan padat bersifat heterogen.

Bentuk persamaan Freundlich sebagai berikut :

$$\frac{C}{n} = \frac{1}{n_m k} + \frac{C}{n_m} \quad (7)$$

Dimana :

$C$  = konsentrasi adsorbat saat kesetimbangan ( $\text{mg L}^{-1}$ )

$n$  = jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben saat konsentrasi awal ( $\text{mg g}^{-1}$ )

$n_m$  = jumlah zat yang teradsorpsi saat keadaan jenuh (kapasitas adsorpsi) ( $\text{mg g}^{-1}$ )

$K_L$  = konstanta kesetimbangan ( $\text{L mol}^{-1}$ )

Energi adsorpsi adalah energi yang dihasilkan ketika terdapat sejumlah mol zat yang teradsorpsi dalam adsorben serta jumlahnya sebanding dengan nilai negatif dari perubahan energi bebas Gibbs standar. Selanjutnya, untuk menghitung energi



adsorpsi dapat digunakan energi bebas Gibbs yang mengikuti persamaan (7) (Buhani *et al.*, 2019b).

$$\text{Energi adsorpsi} = \Delta G^0_{\text{ads}} = - R T \ln K \quad (8)$$

Dimana :

$E$  = Energi adsorpsi ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )

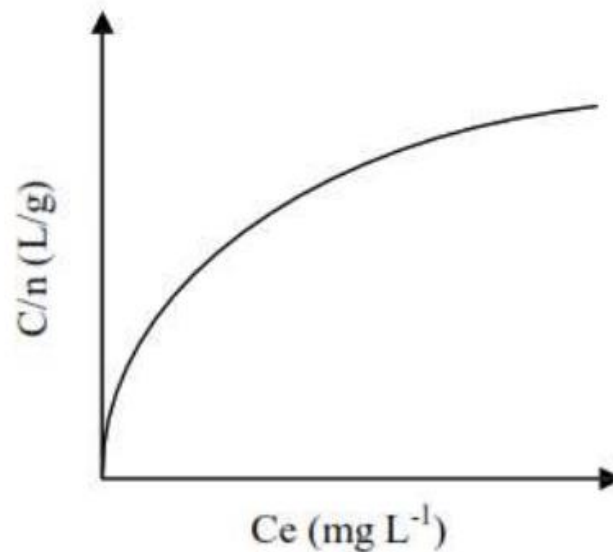
$R$  = Konstanta gas universal ( $8,314 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ )

$T$  = Suhu (Kelvin)

$K$  = Konstanta kesetimbangan

### B. Persamaan Langmuir

Grafik model isoterm adsorpsi Langmuir ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Model Isoterm Adsorpsi Langmuir (Murtihapsari, 2012).

Pada persamaan Langmuir menggunakan pendekatan kinetika, yaitu proses kesetimbangan terjadi pada saat kecepatan adsorpsi sama dengan desorpsi (Yustinah dkk, 2019). Asumsi yang digunakan :

- a. Lapisan molekul yang teradsorpsi akan membentuk satu lapisan tunggal (monolayer)
- b. Mekanisme *chemisorption* lebih utama
- c. Tidak ada interaksi diantara molekul-molekul adsorbat
- d. Permukaan padatan bersifat homogen dan afinitas setiap lokasi untuk molekul adsorbat sama.
- e. Adsorbat teradsorpsi pada tempat yang sudah tertentu dan tidak dapat bergerak pada permukaan padatan sehingga bersifat *irreversible*.

### C. Kinetika Adsorpsi

#### a. Pseudo orde satu

Model kinetika pseudo-order-pertama diturunkan berdasarkan persamaan laju reaksi Lagergren. Pada 1898, Lagergren pertama kali memperkenalkan persamaan untuk adsorpsi cair-padat berdasarkan kapasitas padatan. Persamaan pseudo order satu dari Lagergren diberikan pada persamaan (9).

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \quad (9)$$

Di mana  $q_t$  (mg/g) adalah jumlah adsorbat yang diserap pada waktu  $t$  (min),  $q_e$  (mg/g) adalah kapasitas adsorpsi kesetimbangan, dan  $k_1$  ( $\text{min}^{-1}$ ) adalah konstanta laju persamaan pseudo-orde-pertama Lagergren (Buhani *et al.*, 2010; Buhani *et al.*, 2012a).

#### b. Pseudo orde dua

Model kinetika pseudo-orde-kedua dapat dinyatakan seperti pada persamaan (9). Dalam hal ini Ho mengasumsikan bahwa kapasitas adsorpsi proporsional terhadap jumlah *site* aktif (*active site*) pada adsorben.

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2 (q_e - q_t)^2 \quad (10)$$

Dimana  $k_2$  (g/mg min) adalah konstanta laju model pseudo-orde-kedua

## 2.9 Karakterisasi

Karakterisasi pada umumnya digunakan untuk mengetahui komposisi, bidang kristal, ikatan kimia, atau senyawa dari suatu sampel pada proses penelitian. Selain itu juga, karakterisasi dapat digunakan untuk mengetahui kualitas dari sampel tersebut yang dapat mempengaruhi berbagai aspek penelitian. Mayoritas alat karakterisasi memiliki prinsip dasar yang sama, yaitu dengan adanya *probe/source* yang akan dipancarkan spesimen sehingga menghasilkan signal atau gambaran yang kemudian dikumpulkan untuk dilakukan interpretasi agar diperoleh informasi penting yang diinginkan. Beberapa contoh alat untuk karakterisasi adalah *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)*, Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, dan Spektrofotometer UV-Vis.

### 2.9.1 Spektrofotometer UV-Vis

Pengukuran absorbansi atau transmittan dalam spektrofotometer ultra violet dan sinar tampak digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif spesi kimia. Penyerapan ultra violet dan sinar tampak oleh suatu molekul dapat menyebabkan terjadinya eksitasi molekul tersebut dari tingkat dasar (*ground stated*) ke tingkat energi yang lebih tinggi (*excited stated*). Penyerapan ultra violet dan sinar tampak oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi elektron ikatan, akibatnya panjang gelombang serapan maksimum dapat dikorelasikan dengan jenis ikatan yang ada dalam molekul yang sedang diamati. Berdasarkan hal tersebut, maka analisis kualitatif dari UV-Vis dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang

ada dalam suatu molekul, namun spektrofotometer UV-Vis lebih umum digunakan secara kuantitatif untuk menentukan konsentrasi suatu larutan.

Spektrofotometer UV-Vis adalah instrumen yang bekerja berdasarkan prinsip kalorimetri yaitu metode yang menyatakan intensitas warna larutan yang bergantung pada konsentrasi komponennya. Konsentrasi ditetapkan dengan cara mengukur banyaknya cahaya yang diserap (absorpsi) oleh larutan yang diukur. Hubungan antara cahaya yang diserap dengan konsentrasi komponen yang menyerap dinyatakan oleh hukum Lambert-Beer dengan ditunjukkan pada persamaan 11 (Harvey, 2000).

$$\text{Log} \frac{P_0}{P} = e.b.C \quad (11)$$

$$A = e.b.C \quad (12)$$

Keterangan:

$P_0$  = Intensitas cahaya yang datang pada larutan

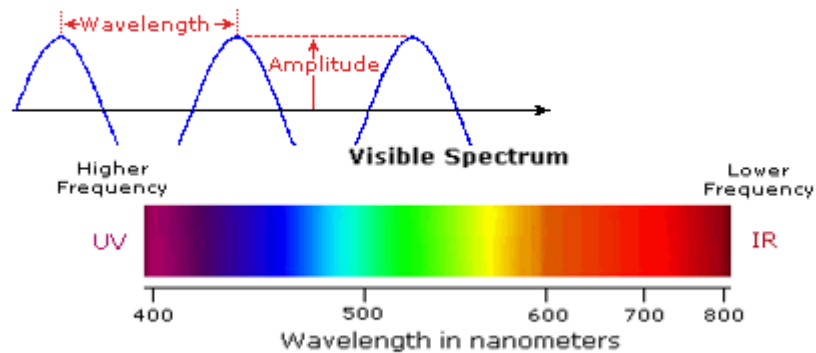
$P$  = Intensitas cahaya yang diteruskan oleh larutan

$A$  = Absorbansi =  $-\log \%T$

$e$  = Absorptivitas molar larutan ( $\text{cm}^{-1}\text{M}^{-1}$ )

$b$  = Tebal kuvet (cm)

$C$  = Konsentrasi larutan ( $\text{mol.L}^{-1}$ )



**Gambar 4.** Rentang Warna pada Spektrofotometri UV-Vis (Harvey, 2000)

### 2.9.2 Fourier Transform Infra Red (FTIR)

*Fourier Transform Infrared* adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya (Anam *et al.*, 2007). Spektroskopi inframerah memiliki manfaat untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks, spektrum yang kompleks dikarenakan terdiri dari banyak puncak yang menandakan adanya gugus fungsi yang ditandai dengan bilangan gelombang (Chusnul, 2011).

Salah satu instrumen yang banyak digunakan yaitu spektrofotometer FTIR yang berfungsi untuk mengetahui spektrum vibrasi molekul dan manfaatnya untuk memprediksi struktur senyawa kimia. Pada umumnya pembuatan spektrum sampel menggunakan FTIR memiliki tiga teknik pembuatan spektrum sampel yang memiliki karakteristik spektrum vibrasi molekul tertentu yaitu *DemounTabel liquid cell*, *Diffuse reflectance measuring* (DRS-8000), *Total Attenuated Reflectance* (ATR 8000) (Beasley *et al.*, 2014).

Teknik spektrometri IR dapat digunakan dalam dua varian: transmisi dan reflektansi. Transmisi digunakan untuk menguji efek dari penyerapan radiasi IR

dalam volume sampel. Hal ini dimungkinkan untuk menguji sampel dalam bentuk padat, cair dan gas dengan menggunakan prosedur yang tepat. Gas dan cairan ditempatkan dalam *cuvettes* khusus dengan jendela, terbuat dari bahan transparan untuk radiasi IR (misalnya kristal ionik: KBr, NaCl). Spektrum padatan dapat diukur dengan menggunakan spesimen dalam Tabelt dari KBr, NaCl, sampel cairan/suspensi dalam parafin cair. Jika objek yang diuji cukup tipis dan transparan, spektrum yang diukur langsung pada sampel. Teknik transmisi tidak dapat digunakan untuk bahan yang kuat menyerap radiasi IR (Ferraro dan Krishnan, 1990).

Adapun cara kerja FTIR seperti berikut ini: mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati *chopper*. Setelah melalui prisma atau *grating*, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh perekam/rekorder. Selanjutnya diperlukan amplifier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah (Pambudi dkk., 2017).

Saat cahaya infra merah berinteraksi dengan sampel, molekul-molekul yang saling terikat pada sampel akan mengalami regangan dan mengalami tekukan (Kang dkk, 1998). Hasil spektrum menunjukkan absorbansi dan transmisi molekul yang menggambarkan rekaman data molekul dari sampel tersebut. Tidak ada rekaman data yang sama untuk tiap molekul yang berbeda sehingga spektroskopi FT-IR dapat digunakan untuk berbagai tipe analisis (Day dan Underwood, 2001). Contoh dari aplikasi FT-IR memberikan informasi seperti menentukan struktur molekul pada polimer, indentifikasi senyawa berikatan kovalen, mengetahui kemurnian bahan, dan gugus fungsi dari molekul (Suseno dan Sofjan, 2008).

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

*Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)* adalah

analisis yang digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan sampel dan untuk menganalisis komponen elemen pada sampel, termasuk elemen cahaya tampak seperti karbon, oksigen, dan nitrogen. Pada EDX detektornya dilengkapi dengan jendela cahaya elemen ultra tipis yang berfungsi untuk mendeteksi unsur menggunakan nomor atom (Bakti dkk., 2018).

Prinsip kerja SEM yaitu penggunaan berkas elektron terfokus yang bereaksi dengan sampel menghasilkan gambar yang berupa topologi dan komposisi relatif. Setelah elektron yang terfokus mengalami kontak dengan sampel maka akan dihasilkan elektron sekunder (SE), hamburan balik elektron, dan sinar-X yang kemudian dideteksi oleh dektektor dan kemudian ditampilkan pada monitor (Bakti dkk., 2018).

Sementara itu, pada EDX mampu mendeteksi unsur yang memiliki nomor atom lebih besar dari boron pada konsentrasi minimal 0,1% menggunakan mikroskop pemindaian elektron. Setelah terjadi tumbukan dengan berkas elektron pada SEM, maka sampel akan berinteraksi dengan berkas dan akan menghasilkan sinar-X yang khas. Sinar-X setiap unsur dapat terbentuk karena tidak ada unsur yang memiliki spektrum emisi sinar-X yang sama sehingga konsentrasinya dalam sampel dapat dibedakan dan diukur. Sinar-X adalah hasil pancaran utama dari interaksi elektron dengan inti atom pada sampel, sinar-X terdiri dari kontinum sinar-X yang dihasilkan dari perambatan elektron dan karakteristik sinar-X yang dihasilkan dari dari deselerasi elektron (Abd Mutalib *et al.*, 2017).

Perbesaran yang dimiliki oleh SEM yaitu berkisar antara 10-3000000x, resolusi sebesar 1-10 nm, dan *depth of field* berkisar 0,4-4mm. Menurut Walewangko *et al* (2021) fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi berikut ini :

a. Topografi

Topografi meliputi ciri-ciri permukaan dan tekstur suatu sampel, biasanya dapat berupa kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan lainnya.

b. Morfologi

Morfologi meliputi bentuk serta ukuran partikel yang menyusun objek, seperti kekuatan dan cacat pada *Integrated Circuit* (IC) dan chip.

c. Komposisi

Komposisi yang dapat diketahui melalui SEM yaitu berupa data semi kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek, seperti reaktifitas, titik lebur, dan kekerasan.

d. Informasi kristalografi

Informasi kristalografi meliputi bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati, seperti sifat elektrik, kekuatan, dan konduktivitas.



### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilakukan dari bulan Oktober 2022 sampai Maret 2023 dengan di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung. Biomassa alga *Sargassum* sp. diperoleh dari perairan Laut Sebalang Tarahan yang terletak di Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Karakterisasi FTIR dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Departemen Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada. Karakterisasi SEM-EDX dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung. Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas, spatula, neraca analitik, pengaduk magnet, *magnetic stirrer*, *shaker*, sentrifugasi, oven, desikator, pH meter, mortar dan alu, pengayak (*siever*) 100  $\mu\text{m}$ , Spektrofotometer FTIR, *Scanning Electron Microscopy with Energi Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), dan Spektrofotometer UV-Vis.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biomassa alga *Sargassum* sp., surfaktan kationik CTAC, akuades, kertas saring, indikator pH, zat CBB G-250, larutan NaCl 1 M, larutan buffer, NaCl 0,1 M, KNO<sub>3</sub> 0,1 M, Na<sub>2</sub>EDTA 0,1 M, NaNO<sub>3</sub> 0,1 M, HCl, NaOH, larutan Ammonium Molibdat dan SnCl<sub>2</sub>.

### 3.3 Cara Kerja

#### 3.3.1 Preparasi Biomassa Alga *Sargassum* sp.

Biomassa alga *Sargassum* sp. dicuci dahulu menggunakan akuades untuk menghilangkan kotoran. Kemudian dijemur selama 3 hari, lalu dikeringkan kembali dengan oven pada suhu 60°C selama 12 jam. Alga yang sudah kering dihaluskan menggunakan *blender*. Selanjutnya, biomassa alga diayak dengan saringan 100 mesh (Suharso *et al.*, 2010).

#### 3.3.2 Pembuatan Adsorben Alga-Na

Sebanyak 5 gram biomassa alga *Sargassum* sp. dicampurkan dengan 100 mL NaCl 1 M, *dishaker* selama 1 jam, dan didiamkan selama 24 jam untuk meningkatkan kapasitas pertukaran kation pada biomassa alga. Setelah itu, biomassa alga disaring menggunakan kertas saring, endapan yang diperoleh dicuci dengan akuades hingga pH netral, dan dikeringkan pada suhu ruang (Guler *et al.*, 2016).

#### 3.3.3 Pembuatan Adsorben Alga-CTAC

Bentuk natrium *Sargassum* sp. yang diperoleh digunakan sebanyak 2 gram dan dicampurkan dalam 200 mL CTAC 14 mmol/L menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 100 rpm pada suhu 50°C selama 4 jam. Residu yang diperoleh dibilas dengan akuades hingga pH netral dan dikeringkan pada suhu ruang (Fan *et al.*, 2019).

#### 3.3.4 Karakterisasi

Biomassa alga *Sargassum* sp., alga-Na, dan alga-CTAC dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer FTIR untuk mengetahui gugus fungsi pada adsorben, dan analisis menggunakan *Scanning Electron Microscopy with Energy*

*Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) untuk mengetahui morfologi permukaan adsorben biomassa alga *Sargassum* sp., alga-Na, dan alga-CTAC.

### **3.3.5 Pembuatan Larutan Induk 1000 ppm**

Untuk membuat larutan induk CBB dan fosfat yang telah dikomplekskan 1000 ppm, dimasukkan masing-masing 1 gram serbuk CBB ke dalam labu takar 1000 mL yang berbeda, ditambahkan akuades hingga tanda tera, dan dihomogenkan.

Sedangkan untuk larutan fosfat, ditimbang 1,46 gram  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  kemudian di masukkan ke dalam labu takar 1000 ml, ditambahkan akuades hingga tandatera, kemudian dihomogenkan.

### **3.3.6 Pembuatan Agen Pengompleks Fosfat**

Sebanyak 0,25 ml larutan ammonium yang kemudian ditambah 1 tetes  $\text{SnCl}_2$ , pada penggunaannya nanti larutan ammonium molibdat akan mengomplekskan fosfat membentuk fosfomolibdat dalam suasana asam. (Adawiyah *et al*, 2020).

### **3.3.7 Penentuan Nilai Zeta Potensial**

Sebanyak 20 mL  $\text{NaNO}_3$  0,1 M ditambahkan dengan 0,1 g adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC. Larutan  $\text{NaNO}_3$  diatur pH awalnya dengan variasi rentang 3-12 dengan penambahan larutan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M. Lalu, larutan diaduk selama 24 jam menggunakan pengaduk dan pH akhir diukur menggunakan pH meter.

### **3.3.8 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum CBB dan Fosfat**

Panjang gelombang maksimum CBB dan larutan fosfat yang telah dikomplekskan ditentukan dengan pengukuran nilai absorbansi menggunakan larutan CBB dengan

konsentrasi 10 ppm panjang gelombang 400-700 nm untuk CBB dan panjang gelombang 300-880 nm untuk fosfat. Kurva hubungan antara panjang gelombang dengan nilai absorbansi adalah panjang gelombang maksimum dari larutan CBB, dan fosfat.

### **3.3.9 Uji Adsorpsi**

#### **3.3.9.1 Penentuan pH Optimum**

Sebanyak 0,1 g adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC dimasukkan ke dalam 10 ppm larutan CBB dan fosfat yang telah dikomplekskan dengan Reagen Fosfomolibdat masing-masing sebanyak 25 mL dengan variasi pH 3,4,5,6,7,8,9,10,11,12. Untuk menurunkan pH ditambahkan dengan larutan HCl 0,1 M dan untuk menaikkan pH ditambah dengan larutan NaOH 0,1 M. Kemudian ditambahkan larutan buffer asetat untuk mempertahankan pH 3,4,5,6 dan ditambah buffer fosfat untuk mempertahankan pH 7,8,9,10,11,12. Lalu, campuran diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 60 menit dan disentrifuse untuk memisahkan adsorben dengan filtrat. Filtrat hasil adsorpsi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum CBB, dan fosfat.

#### **3.3.9.2 Penentuan Waktu Kontak Optimum**

Sebanyak 0,1 g adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC dimasukkan ke dalam 10 ppm larutan CBB dan anion fosfat masing-masing 25 mL pada pH optimumnya. Lalu, campuran diaduk menggunakan dengan kecepatan 100 rpm selama 0, 15, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Setelah itu, campuran disentrifus untuk memisahkan adsorben dengan filtrat. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum CBB dan anion fosfat.

### **3.3.9.3 Penentuan Konsentrasi Awal Optimum**

Sebanyak 0,1 g adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC dimasukkan ke dalam larutan CBB dan fosfat yang telah dikomplekskan masing-masing 25 mL pada pH optimumnya. Larutan adsorbat dibuat variasi konsentrasi 0, 10, 50, 100, 150, 200 ppm untuk fosfat yang telah dikomplekskan sedangkan untuk CBB sendiri ditambah konsentrasi 250, dan 300 ppm. Lalu, campuran diaduk dengan kecepatan 100 rpm dengan waktu kontak optimumnya dan disentrifuse. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum CBB dan fosfat.

### **3.3.9.4 Adsorpsi Larutan Bikomponen CBB dan fosfat**

#### **Pasangan Pasangan Larutan Induk Bikomponen CBB dan fosfat**

Pembuatan pasangan larutan induk bikomponen Sebanyak 1 gram CBB dan 1 gram fosfat dimasukkan ke dalam gelas beker yang berbeda, ditambahkan akuades dan diaduk hingga larut. Lalu, dipindahkan ke dalam labu takar 1000 mL, masing-masing ditambahkan akuades hingga tanda tera dan dihomogenkan. Larutan yang terbentuk adalah 1,16 mmol L<sup>-1</sup> CBB dan 10,4 mmol L<sup>-1</sup> fosfat. Pasangan larutan induk bikomponen dibuat dengan mencampurkan 12,5 mL 0,1 mmol L<sup>-1</sup> CBB ditambahkan dengan 12,5 mL 0,1 mmol L<sup>-1</sup> fosfat sehingga volumenya menjadi 25 mL. Kemudian, diatur pH-nya pada pH optimumnya.

#### **Pengaruh Konsentrasi Adsorbat**

Sebanyak 25 mL larutan bikomponen ditambahkan dengan 0,1 g adsorben alga, alga-Na dan alga-CTAC. Konsentrasi larutan bikomponen divariasikan yaitu 0,01; 0,03; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,35 mmol L<sup>-1</sup>. Larutan diaduk dengan kecepatan 100 rpm pada waktu kontak optimumnya dan disentrifuse. Filtrat yang diperoleh dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum CBB dan fosfat.

### 3.3.9.5 Mekanisme Adsorpsi

Sebanyak 0,1 g adsorben dimasukkan ke dalam larutan CBB sebanyak 25 mL. Larutan yang digunakan memiliki pH dan konsentrasi optimum. Kemudian, campuran diaduk dengan kecepatan 100 rpm dengan waktu kontak yang optimum dan disentrifus. Filtrat diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang CBB. Kemudian dilakukan proses desorpsi menggunakan eluen 25 mL akuades, 25 mL larutan  $\text{KNO}_3$  0,1 M, 25 mL HCl 0,1 M, dan 25 mL  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  0,1 M. Proses desorpsi menggunakan beberapa eluen tersebut dilakukan secara sekuensial (Buhani *et al.*, 2018).

### 3.3.9.6 Uji Penggunaan Ulang

Adsorben Sebanyak 0,1 g adsorben (Alga, Alga-Na dan Alga-CTAC) dimasukkan ke dalam larutan CBB sebanyak 25 mL pada pH optimum dan konsentrasi optimum. Kemudian, campuran diaduk dengan kecepatan 100 rpm dengan waktu kontak yang optimum dan disentrifus. Filtrat diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum CBB. Endapan dielusi menggunakan eluen yang sesuai untuk melepaskan zat warna yang terikat pada adsorben dengan cara dishaker selama waktu kontak optimum dan disaring. Lalu, adsorben dicuci dengan akuades hingga netral dan dioven pada suhu  $40^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Kemudian adsorben (Alga, Alga-Na dan Alga-CTAC) juga dilakukan pada anion fosfat pada uji penggunaan ulangnya.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Biomassa alga *Sargassum* sp. berhasil dimodifikasi dengan CTAC yang dibuktikan dengan hasil karakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.
2. Pada sistem monokomponen adsorpsi CBB oleh alga, alga-Na dan alga-CTAC optimum pada pH 3 sedangkan pada adsorpsi optimum pada anion fosfat pada pH 4 untuk adsorben alga dan pH 6 pada adsorben alga-Na dan alga-CTAC. Sementara itu, adsorpsi CBB dan anion fosfat optimum pada waktu kontak 120 menit dengan konsentrasi optimum 300 mg/L dan 200 mg/L.
3. Pada sistem monokomponen adsorben alga-CTAC cenderung lebih baik dalam mengadsorpsi CBB dan anion fosfat daripada adsorben alga dan alga-Na.
4. Kinetika adsorpsi CBB anion fosfat pada sistem monokomponen oleh adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC cenderung mengikuti model kinetika pseudo orde dua.
5. Isoterm adsorpsi CBB dan anion fosfat oleh adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC pada sistem monokomponen cenderung mengikuti model isoterm Freundlich.
6. Kapasitas adsorpsi adsorben alga, alga-Na dan Alga-CTAC pada sistem bikomponen menggunakan persamaan Langmuir biner cenderung lebih baik dalam mengadsorpsi fosfat.
7. Mekanisme adsorpsi alga-CTAC terhadap CBB dan anion fosfat didominasi oleh interaksi elektrostatik.

8. Penggunaan adsorben alga- CTAC terhadap CBB efektif pada 3 siklus penggunaan dengan nilai Q di atas 40 mg/g sedangkan terhadap anion fosfat pada 3 siklus penggunaan dengan nilai Q diatas 60 mg/g.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan pada penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan adsorbat lain dalam proses adsorpsi oleh biomassa alga *Sargassum* sp.
2. Melakukan adsorpsi pada sistem multikomponen untuk mengetahui selektifitas dari material adsorben yang dihasilkan.
3. Menggunakan persamaan regresi nonlinier dengan uji *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Chi-square test* ( $\chi^2$ ) dalam menentukan kecenderungan kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, M., Cherfi, A., Kaddour, S., and Aksil, T. 2015. Adsorption in simple batch experiments of Coomassie blue G-250 by apricot stone activated carbon - Kinetics and isotherms modelling. *Desalination and Water Treatment*. 3994, 1–12.
- Abdel-ghani, N. T., El-chaghaby, G. A., Rawash, E. A., and Lima, E. C. (2018). Magnetic Activated Carbon Nanocomposite from *Nigella sativa* L. Waste (MNSA) for the Removal of Coomassie Brilliant Blue Dye from Aqueous Solution: Statistical Design of Experiments for Optimization of the Adsorption Conditions. *Journal of Advanced Research*, 1–27.
- Abd Mutalib, M., Rahman, M. A., Othman, M. H. D., Ismail, A. F., dan Jaafar, J. 2017. Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy-Dispersive X-Ray (EDX) Spectroscopy. In *Membrane Characterization*. Elsevier B.V.
- Adawiyah, S. R., Sutarno, dan Suyanta. 2020. Studi- Adsorpsi-Desorpsi Anion Fosfat Pada Bentonit Termodifikasi CTAB. *Indonesian Journal of chemical research*. 8 (2), 125-136.
- Ale, M. T., Mikkelsen, J. D., and Meyer, A. S. 2012. Designed optimization of a single-step extraction of fucose-containing sulfated polysaccharides from *Sargassum sp* . *Journal Appl Phycol*. 24, 715–723.
- Anam, Choirul dan Sirojudin (2007). Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR.

Berkala Fisika. 10 (1), 79 – 85.

- Bakti, A. I., Gareso, P. L., dan Rauf, N. 2018. Characterization of Active Carbon from Coconut Shell using X-Ray Diffraction (X-RD) and SEM-EDX Techniques. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*. 8(2), 115.
- Barquilha, C. E. R., Cossich, E. S., Tavares, C. R. G., and Silva, E. A. 2018. Biosorption of nickel (II) and copper (II) ions by *Sargassum* sp. in nature and alginate extraction products. *Bioresource Technology Reports*. 2018.
- Beasley, M.M., E.J. Bartelink, L. Taylor and R.M. Miller. (2014). Comparison of Transmission FT-IR, ATR, and DRIFT Spectra: Implications for Assessment of Bone Bioapatite Diagenesis. *Journal of Archaeological Science*, 46(1), 16- 22.
- Bhattacharyaa, A.K., Mandalb, S.N., and Dasa, S.K. 2006. Adsorption of Zn (II) from Aqueous Solution by Using Different adsorbents. *Chemical Engineering Journal*. 123(1-2), 43-51.
- Budi, S. 2006. Penurunan Fosfat Dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas Dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair. *Skripsi Universitas Diponegoro*. Semarang, 28-29.
- Buhani, dan Suharso. 2009. Immobilization of nannochloropsis sp biomass by sol-gel technique as adsorbent of metal ion Cu (II) from aqueous solutions. *Asian Journal of Chemistry*. 21(5), 3799–3808.
- Buhani, dan Suharso. (2010). Modifikasi Silika dengan 3-Aminopropiltrimetoksisilan melalui Proses Sol Gel untuk Adsorpsi Ion Cd(II) dari Larutan. *J. Sains MIPA*, 16(3), 177–183
- Buhani, Hariyanti, F., Suharso, Rinawati, dan Sumadi. 2019. Magnetized algae silica hybrid from porphyridium sp. Biomass with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> particle and its

application as adsorbent for the removal of methylene blue from aqueous solution. *Desalination and Water Treatment*. 142, 331–340.

- Buhani, Herasari, D., Suharso, dan Yuwono, S. D. (2017a). Correlation of ionic imprinting cavity sites on the amino-silica hybrid adsorbent with adsorption rate and capacity of  $Cd^{2+}$  ion in solution. *Oriental Journal of Chemistry*. 33(1), 418–429.
- Buhani, Musrifatun, Pratama, D. S., Suharso, dan Rinawati. (2017b). Modification of *Chaetoceros* sp. Biomass with Silica-Magnetite Coating and Adsorption Studies towards Cu(II) Ions in Single and Binary System. *Asian Journal of Chemistry*, 29(8), 1757–1760.
- Buhani, Narsito, Nuryono, dan Kunarti, E. S. (2011). Karakteristik Pengikatan Ion Cd(II) dan Cu(II) dalam Pembuatan Hibrida Amino-Silika Imprinted Ionik. *Sains Dan Terapan Kimia*, 5(2), 122–130.
- Buhani, Puspitarini, M., Rahmawaty, Suharso, Rilyanti, M., and Sumadi. (2018). Adsorption of Phenol and Methylene Blue in Solution by Oil Palm Shell Activated Carbon Prepared by Chemical Activation. *Oriental Journal of Chemistry*, 34(4), 2043–2050.
- Buhani, Rinawati, Suharso, Yuliasari, D. P., and Yuwono, S. D. (2017c). Removal of Ni(II), Cu(II), and Zn(II) Ions From Aqueous Solution Using *Tetraselmis* sp. Biomass Modified with Silica-Coated Magnetite Nanoparticles. *Desalination and Water Treatment*, 80(2017), 203–213.
- Buhani, Suharso, Aditiya, I., Al Kausar, R., Sumadi, and Rinawati. (2019b). Production of a *Spirulina* sp. Algae Hybrid with a Silica Matrix as an Effective Adsorbent to Absorb Crystal Violet and Methylene Blue in a Solution. *Sustainable Environment Research*, 1(1), 1–11.

- Buhani, Suharso, Miftahza, N., Permatasari, D., and Sumadi. (2021a). Improved Adsorption Capacity of *Nannochloropsis* sp . through Modification with Cetyltrimethylammonium Bromide on the Removal of Methyl Orange in Solution. *Adsorption Science & Technology*, 2021, 1–14.
- Buhani, Suharso, Rilyanti, M., Sari, M., and Sumadi. (2021b). Removal of Cd(II) Ions in Solution by Activated Carbon From Palm Oil Shells Modified with 63 Magnetite. *Desalination and Water Treatment*, 218(2021), 352–362.
- Buhani, Suharso, dan Sembiring, Z. (2012a). Immobilization of chetoceros sp microalgae with silica gel through encapsulation technique as adsorbent of Pb metal from solution. *Oriental Journal of Chemistry*. 28(1), 271–278.
- Buhani, Suharso, and Sembiring, Z. (2012b). Immobilization of Chetoceros sp Microalgae with Silica Gel Through Encapsulation Technique as Adsorbent of Pb Metal From Solution. *Oriental Journal of Chemistry*, 28(1), 271–278.
- Buhani, Suharso, and Sumadi. (2010). Adsorption Kinetics and Isotherm of Cd(II) Ion on *Nannochloropsis* sp Biomass Imprinted Ionic Polymer. *Desalination*, 259, 140–146.
- Chusnul. (2011). The application of a new method of Fourier Transform Infrared Spectroscopy to the analysis of burned bone. *Journal of Archaeological Science*, 36(3), 910-914.
- Crini, G dan Badot, P.M., 2008. Application of kaolin for dye removal from aqueous solution by adsorption processes using batch studies. *Prog. Polym. Sci.* 33,399–447.
- Dachriyanus. (2004). Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi. Padang:Andalas University Press.
- Davis, T. A., Volesky, B., and Mucci, A. 2003. A review of the biochemistry of heavy

- metal biosorption by brown algae. *Water Research*. 37, 4311– 4330.
- Desheng, W. 2010. Biosorption of Cr(VI) from simulated wastewater using a cationic surfactant modified spent mushroom. *Journal Desalination*. 269,120–127.
- Dewi, D. F dan Ali, M. 2003. Penyisihan Fosfat Dengan Proses Kristalisasi dalam Reaktor Terfluidisasi Menggunakan Media Pasir Silika. *Jurnal Purifikasi*. 4,151-156.
- ElFar, O. A., Chang, C. K., Leong, H. Y., Peter, A. P., Chew, K. W., and Show, P. L. 2021. Prospects of Industry 5.0 in algae: Customization of production and new advance technology for clean bioenergy generation. *Energy Conversion and Management*: X. 10,1–10.
- Fagundes-Klen, M. R., Ferri, P., Martins, T. D., Tavares, C. R. G., and Silva, E. A. (2007). Equilibrium Study of the Binary Mixture of Cadmium – Zinc Ions Biosorption by the *Sargassum filipendula* Species Using Adsorption Isotherms Models and Neural Network. *Biochemical Engineering Journal*, 34(2007), 136–146.
- Fan X., Haifeng Y., Li L., Ren Y., Shi D., Chai H., Ai H., He Q., and Li Gu. (2019) Enhanced nitrate adsorption using preloaded activated carbon of ethyltrimethylammonium chloride. *Journal of Environmentally Friendly Technology*.
- Febiyanti I. A., Suseno A., dan Priyono. 2013. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan CTAB (*Cetyltrimethylammonium bromide*) pada Modifikasi Lempung dengan Oksida Besi sebagai Pemilar. *Journal of Scientific and Applied Chemistry*. (3)(2013), 79 – 83
- Ferraro, J., Krishnan, K. (Eds.). 1990. *Practical Fourier Transform Infrared Spectroscopy: Industrial and Laboratory Chemical Analysis*. Academic Press.

San Diego.

- Guler, ulker A., Ersan, M., Tuncel, E., and Dügenci, F. (2016). Mono and Simultaneous Removal of Crystal Violet and Safranin Dyes From Aqueous Solutions by HDTMA-Modified *Spirulina* sp. *Process Safety and Environmental Protection*, 99(2016), 194–206.
- Gupta, S. Sen, and Bhattacharyya, K. G. (2011). Kinetics of Adsorption of Metal Ions on Inorganic Materials : A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 162(2011), 39–58.
- Harvey, D. (2000). *Modern Analytical Chemistry*. In *McGraw-Hill Higher Education*.
- Hifney, A. F., Fawzy, M. A., Abdel-gawad, K. M., and Gomaa, M. 2015. Industrial optimization of fucoidan extraction from *Sargassum* sp. and its potential antioxidant and emulsifying activities Awatief. *Food Hydrocolloids* : 1–42.
- Huda, T., dan Tantri K.Y. 2018. Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang. *Ind. Journal Chem Analytik*. 01(01).
- Ibrahim, H. K., Al-Da' Amy, M. A., dan Kreem, E. T. (2019). Decolorization of Coomassie Brilliant Blue G-250 Dye Using Snail Shell Powder by Action of Adsorption Processes. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. 12(10),4921–4925.
- Issabayeva, G., Aroua, M. K., dan Sulaiman, N. M. (2010). Study on Palm Shell Activated Carbon Adsorption Capacity to Remove Copper Ions from Aqueous Solutions. *Desalination*, 262(1–3),94–98.
- Jesumani, V., Du, H., Pei, P., Zheng, C., Cheong, K., and Huang, N. (2019). Unravelling Property of Polysaccharides From *Sargassum* sp. as an

- AntiWrinkle and Skin Whitening Property. *International Journal of Biological Macromolecules*, 140,1–9.
- Jumaeri, Sri Santosa, J., dan Sutarno. 2018. Adsorption of congo red dye on HDTMA surfactant-modified zeolite a synthesized from fly ash. *Defect and Diffusion Forum*. 382,307–311.
- Juni, E. W., Arnelli, A., dan Sriatun, S. 2012. Pemanfaatan Surfaktan Kationik Hasil Sublasi sebagai Molekul Pengarah pada Pembuatan Material Berpori dari Sekam Padi. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*. 15(1),24–28.
- Karnjanakom, S., and Maneechakr, P. 2019. Adsorption behaviors and capacities of Cr(VI) ontoenvironmentally activated carbon modified by cationic (HDTMA and DDAB) surfactants. *Journal of Molecular Structure*. 1186(2019),80–90.
- Kaykhahi, M., Sasani, M., and Marghzari, S. 2018. Removal of Dyes from the Environment by Adsorption Process. *Chemical and Materials Engineering*. 6(2),31–35.
- Kausar, R. A., Buhani, dan Suharso. 2020. Methylene Blue Adsorption Isotherm on *Spirulina* sp. Microalgae Biomass Coated by Silica-Magnetite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 857(1),1–7.
- Khuluk, R. H., Rahmat, A., Buhani, and Suharso. (2019). Removal of Methylene Blue by Adsorption onto Activated Carbon From Coconut Shell (*Cocous nucifera* L.). *Indonesian Journal of Science & Technology*, 4(2), 229–240.
- Kurniadie, D., Sumekar, Y., dan Buana, I. 2017. Pengaruh berbagai jenis surfaktan pada herbisida glufosinat terhadap pengendalian gulma dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.) di jatinangor. *Kultivasi*. 16(2),15–18.

- Leatemia, M.; Silahooy Ch., dan Jacob A. 2013. Analisis Dampak Penimbunan Limbah Ela Sagu Terhadap Kualitas air Sungai di Sekitar Lokasi Pengolahan Sagu di Desa Waisamu Kecamatan Kairatu Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Budidaya Perairan*. 9(2),86-91.
- Liu, J., Wei, Y., Li, P., Zhao, Y., and Zou, R. 2017. Selective H<sub>2</sub>S/CO<sub>2</sub> Separation by Metal – Organic Frameworks Based on Chemical-Physical Adsorption. *The Journal of Physical Chemistry*. 121,13249–13255.
- Lutfiawan, M., Karnan dan Lalu Japa. 2015. Analisis Pertumbuhan *Sargassum sp.* Dengan Sistem Budidaya Yang Berbeda Di Teluk Ekas Lombok Timur Sebagai Bahan Pengayaan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan. *Jurnal Biologi Tropis*. 15(2),135-144.
- Mahatmanti, F. W., dan Sumarni, W. 2003. Kajian Termodinamika Penyerapan Zat Warna Indikator Metil Oranye (MO) dalam Larutan Air oleh Adsorben Kitosan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*. 6(2),13–18.
- Masduqi, A. 2006. Penurunan Senyawa Fosfat Dalam Air Limbah Buatan Dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Tanah Haloisit. *Majalah IPTEK*. 15 : 1.
- Mekaoui, N., Chamieh, J., Dugas, V., Demesmay, C., dan Berthod, A. 2012. Purification of Coomassie Brilliant Blue G-250 by multiple dual mode countercurrent chromatography. *Journal of Chromatography A*. 1232,134–141.
- Murthihapsari, Mangallo B., dan Dini Dwi Handyani. (2012). Model Isoterm Freundlich Dan Langmuir Oleh Adsorben Arang Aktif Bambu Andong (*G. Verticillata (Wild) Munro*) Dan Bambu Ater (*G. Atter (Hassk) Kurz Ex Munro*). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*. Vol. 2(1).
- Murtono, J., dan Iriany. (2017). Activated Carbon Pruduction From Rubber Shell



- Using H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Activator and Its Application as Pb (II) Adsorber. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(1), 23–28.
- Musta, R., Nurliana, L., dan Andraysno, A. (2020). Kinetika Kimia Antibakteri Fraksi Alkana Alifatik Hasil Pirolisis Cangkang Biji Jambu Mete (CNS). *Indo. J. Chem. Res.*, 7(2), 170–176.
- Mustofa, A. 2015. Kandungan Nitrat Dan Pospat Sebagai Faktor Tingkat Kesuburan Perairan Pantai. *Jurnal DISPROTEK*. 6(1).
- Ngibad, K. 2019. Analisis Kadar Fosfat Dalam Air Sungai Ngelom Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. *Jurnal Pijar MIPA*. 3(14), 197-201.
- Omar, A., Ablajan, K., and Mawjyda Hamdulla. (2017). Cetyltrimethylammonium chloride (CTAC) catalyzed one-pot synthesis of novel coumarin-4*H*-pyran conjugates in aqueous media. *Chinese Chemical Journal*. 28.
- Pakidi, C. S., dan Suwoyo, H. S. 2017. Potensi dan Pemanfaatan Bahan Aktif Alga Cokelat. *Octopus Jurnal Ilmu Perikanan*. 6(1), 551–562.
- Pambudi, A., Farid M., dan Haniffudin Nurdiansah. 2017. Analisis Morfologi dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) Hasil Proses Alkalisasi Sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik ITS*. 6(2).
- Pan, J dan Baohong, G. 2010. Adsorption of nitrobenzene from aqueous solution on activated sludge modified by cetyltrimethylammonium bromide. *Journal of Hazardous Materials*. 183, 341–346.
- Pratiwi, D. A. (2015). Pengaruh Suhu dan Katalis CaO pada Sintesa Surfaktan Metil Ester Sulfonat Berbasis Crude Palm Oil dengan Agen Sulfonasi NaHSO<sub>3</sub>. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.

- Pratiwi, D., Poeloengasih, C. D., Suryani, R., and Rizqi, N. C. (2020). Adsorption of Basic Dye Methylene Blue by Brown Algae *Sargassum duplicatum*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 462(2020), 1–7.
- Ramakhrisnan, P. (2019). Electronegativity: A Force or Energy. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)*. 3,2456 - 6470
- Rauf, M. A., Ashraf, S., dan Alhadrami, S. N. (2005). Photolytic oxidation of Coomassie Brilliant Blue with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Dyes and Pigments*. 66(2005),197–200.
- Saldarriaga-hernandez, S., Hernandez-vargas, G., Iqbal, M. N., Barceló, D., and Parra-saldívar, R. (2020). Bioremediation potential of *Sargassum sp.* biomass to tackle pollution in coastal ecosystems : Circular economy approach. *Science of the Total Environment*. 715,1–13.
- Suharso, Buhani, and Sumadi. (2010). Immobilization of *S.duplicatum* Supported Silica Gel Matrix and Its Application on Adsorption–Desorption of Cu(II), Cd(II) and Pb (II) Ions. *Desalination*, 263,64–69.
- Swasono, A. W. P., Sianturi P. D. E., dan Zuhri Masyithah. 2012. Sintesis Surfaktan Alkil Poliglikosida Dari Glukosa Dan Dodekanol Dengan Katalis Asam. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(1).
- Tien, C. (2019). Introduction to Adsorption Basics, Analysis, and Applications. Susan Dennis.
- Otavo-Loaiza, R. A., Sanabria-González, N. R., dan Giraldo-Gómez, G. I. 2019. Tartrazine Removal from Aqueous Solution by HDTMA-Br-Modified Colombian Bentonite. *Scientific World Journal*,1–11.

- Pan, J dan Baohong, G. 2009. Adsorption of nitrobenzene from aqueous solution on activated sludge modified by *cetyltrimethylammonium bromide*. *Journal of Hazardous Materials*. 183,341–346.
- Satyarsa, A. B. S. 2019. Studi Pustaka : Potensi Fucoidan dari Rumpun Laut Coklat (*Sargassum sp.*) sebagai Inovasi Terapi pada Kanker Payudara. *Journal of Medicine and Health*. 2(3),909–919.
- Shen, Y., Yuan, W., Pei, Z. J., Wu, Q., dan Mao, E. 2009. Microalgae Mass Production Methods. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 52(4),1275–1287
- Sriatun, Buntarto, D., dan Darmawan, A. 2008. Surfaktan hexadecyltrimethylammonium (HDTMA) Pada Zeolit Alam Terdealuminasi Terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*. 11(1),11–14.
- Suseno, J.E., dan Sofjan K.F., 2008, Rancang Bangun Spektroskopi FT-IR (Fourier Transform Infra Red) Untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi, Lab Elektronika dan Instrumentasi dan Lab Optoelektronika dan Laser. *Jurnal Berkala Fisika*. 11(1).
- Vatandoostarani, S., Bagheri Lotfabad, T., Heidarinasab, A., and Yaghmaei, S. 2017. Degradation of azo dye methyl red by *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 125,62– 72.
- Walewangko, Y., Bujung, C. A. N., dan Renda, J. C. 2021. Analisis Komposisi Unsur Dan Jenis Mineral Batuan Gunung api Soputan Menggunakan Sem-Edx Dan Ftir. *Jurnal FisTa: Fisika Dan Terapannya*. 2(1),55–60.
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F.,

- dan Muhammadiyah, U. 2017. Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*. 1(1),17–23.
- Wulandari, D., I. Riniatsih, dan E. Yudiati. 2013. Transplantasi Lamun *Thalassia hemprichii* dengan Metode Jangkar di Perairan Teluk Awur dan Bandengan, Jepara. *Journal Of Marine Research*. 2(2),30-38.
- Yuliusman, Purwanto, W., dan Nughoro, Y. S. 2013. Pemilihan Adsorben Untuk Penjerapan Karbon Monoksida Menggunakan Model Adsorpsi Isotermis Langmuir. *Reaktor*. 14(3),225–233.
- Yustinah, Hudzaifah, Aprilia M., dan Syamsudin A.B. 2019. Kestimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch. *Jurnal Konversi..* 9(1).
- Zulaicha, A. S., Buhani, and Suharso. (2021). Modification of Activated Carbon from *Elaeis Guineensis* Jacq Shell with Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Particles and Study Adsorption-Desorption on Ni(II) Ions in Solution. *Journal of Physics: Conference Series*, 1751(1), 1–11.