

**MODIFIKASI BIOMASSA ALGA *Sargassum* sp. DENGAN SURFAKTAN
CETYLTRIMETHYLAMMONIUM CHLORIDE (CTAC) SEBAGAI
ADSORBEN KRISTAL VIOLET DAN ANION NITRAT DALAM LARUTAN**

(Skripsi)

Oleh

**YOHANA RIZKY NORA SIMATUPANG
NPM 1917011018**



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

ABSTRAK

MODIFIKASI BIOMASSA ALGA *Sargassum* sp. DENGAN SURFAKTAN *CETYLTRIMETHYLAMMONIUM CHLORIDE* (CTAC) SEBAGAI ADSORBEN KRISTAL VIOLET DAN ANION NITRAT DALAM LARUTAN

Oleh

YOHANA RIZKY NORA SIMATUPANG

Pada penelitian ini telah dilakukan modifikasi biomassa alga *Sargassum* sp. menggunakan surfaktan *Cetyltrimethylammonium Chloride* (CTAC). Adsorben yang digunakan untuk mengadsorpsi kristal violet dan anion nitrat dalam larutan adalah adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC. Karakterisasi adsorben dilakukan menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan SEM-EDX untuk mengetahui morfologi permukaan dan komposisi unsur. Adsorpsi monokomponen adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC terhadap kristal violet berturut-turut optimum pada pH 4, 6, dan 5 sedangkan terhadap anion nitrat 3, 5, dan 10. Waktu kontak optimum adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC terhadap kristal violet berturut-turut 120, 30, dan 60 menit sedangkan semua adsorben terhadap anion nitrat 15 menit dengan konsentrasi optimum masing-masing 300 ppm. Kinetika adsorpsi kristal violet dan anion nitrat cenderung mengikuti kinetika pseudo orde dua dan isotherm adsorpsinya cenderung mengikuti model isotherm Freundlich kecuali kristal violet terhadap alga-CTAC yang cenderung mengikuti isotherm Langmuir. Hasil uji adsorpsi pasangan larutan bikomponen semua adsorben cenderung lebih baik dalam mengadsorpsi kristal violet. Mekanisme adsorpsi yang dilakukan pada alga-CTAC terhadap kristal violet menunjukkan interaksi pertukaran ion dan interaksi fisika, sedangkan mekanisme adsorpsi alga terhadap anion nitrat menunjukkan interaksi fisika. Adsorpsi dengan menggunakan adsorben alga-CTAC terhadap kristal violet dan alga terhadap anion nitrat efektif digunakan hingga empat kali pengulangan dengan persen adsorpsi >60%.

Kata kunci : adsorpsi, kristal violet, anion nitrat, CTAC, *Sargassum* sp.

ABSTRACT

MODIFICATION OF *Sargassum* sp. ALGAE BIOMASS WITH *CETYLTRIMETHYLAMMONIUM CHLORIDE* (CTAC) SURFACTANT AS CRYSTAL VIOLET AND NITRATE ANION ADSORBENT IN SOLUTION

By

YOHANA RIZKY NORA SIMATUPANG

In this research, modification of *Sargassum* sp. algae biomass using *Cetyltrimethylammonium Chloride* (CTAC) surfactant has been carried out. The adsorbents used to adsorb crystal violet and nitrate anions in solution are algae, algae-Na, and algae-CTAC. Characterization of the adsorbent was carried out using FTIR to identify functional groups and SEM-EDX to determine surface morphology and elemental composition. The adsorption of monocomponent adsorbent algae, algae-Na, and algae-CTAC to crystal violet was optimum at pH 4, 6, and 5 respectively while to nitrate anion 3, 5, and 10. Optimum contact time for algae, algae-Na, and algae-CTAC adsorbents to crystal violet were 120, 30, and 60 minutes respectively, while all adsorbents to nitrate anion were 15 minutes with optimum concentrations of 300 ppm. The adsorption kinetics of crystal violet and nitrate anion tend to follow pseudo second order kinetics and their adsorption isotherms tend to follow the Freundlich isotherm model except for crystal violet to algae-CTAC which tends to follow the Langmuir isotherm. The results of the adsorption test of the bicomponent solution pair of all adsorbents tended to be better at adsorbing crystal violet. The adsorption mechanism performed on the algae-CTAC on crystal violet shows ion exchange interactions and physical interactions, while the algae adsorption mechanism on nitrate anion shows a physical interaction. Adsorption using the algae-CTAC adsorbent for crystal violet and algae on nitrate anion were effectively used up to four repetitions with an adsorption percentage of >60%.

Keywords : adsorption, crystal violet, nitrate anion, CTAC, *Sargassum* sp.

**MODIFIKASI BIOMASSA ALGA *Sargassum sp.* DENGAN SURFAKTAN
CETYLTRIMETHYLAMMONIUM CHLORIDE (CTAC) SEBAGAI
ADSORBEN KRISTAL VIOLET DAN ANION NITRAT DALAM
LARUTAN**

Oleh

YOHANA RIZKY NORA SIMATUPANG

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. DENGAN SURFAKTAN CETYLTIMETHYLAMMONIUM CHLORIDE (CTAC) SEBAGAI ADSORBEN KRISTAL VIOLET DAN ANION NITRAT DALAM LARUTAN**

Nama Mahasiswa : **Yohana Rizky Nora Simatupang**

NPM : **1917011018**

Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. **Komisi Pembimbing**


Prof. Dr. Buhani, M.Si.
NIP. 196904161994032003


Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si.
NIP. 197205302000032001

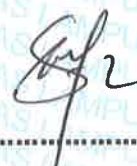
2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA**


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Buhani, M.Si.



Sekretaris : Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si.



Anggota : Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 Juli 2023**

**LEMBAR PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yohana Rizky Nora Simatupang
Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011018
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya, bahwa skripsi saya yang berjudul **“Modifikasi Biomassa Alga *Sargassum* sp. dengan Surfaktan *Cetyltrimethylammonium Chloride* (CTAC) sebagai Adsorben Kristal Violet dan Anion Nitrat dalam Larutan”** adalah benar karya sendiri, baik gagasan, hasil, maupun analisisnya. Selanjutnya saya tidak berkeberatan apabila sebagian atau seluruh data dalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan yang telah ada.

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

Bandar Lampung, 24 Juli 2023
Yang Menyatakan,



Yohana Rizky Nora Simatupang
NPM. 1917011018

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Natar, pada tanggal 19 Maret 2001, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara yang merupakan putri dari pasangan Bapak Manuara Simatupang dan Ibu Elmina Sitanggung. Pendidikan formal dimulai dari Taman Kanak-Kanak di TK Swadhipa Natar, Lampung Selatan. Kemudian penulis melanjutkan ke tingkat Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Natar, Lampung Selatan hingga tahun 2013. Pendidikan sekolah menengah pertama diselesaikan pada tahun 2016 di SMP Negeri 1 Natar, Lampung Selatan. Pendidikan sekolah menengah atas diselesaikan di SMA Negeri 1 Natar, Lampung Selatan pada Tahun 2019 dan pada tahun yang sama penulis diterima sebagai Mahasiswi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama berkuliah, penulis aktif mengikuti organisasi yaitu menjadi Anggota Bidang Sosial Masyarakat (Sosmas) Himaki FMIPA Unila selama 2 periode (2020 dan 2021) dan menjadi Anggota Departemen Riset dan Teknologi UKM-U Saintek Unila (2021).

Pada tahun 2022 di bulan Januari penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Ratu, Kec. Katibung, Kab. Lampung Selatan, Lampung. Pada bulan Juni – Juli 2022 penulis berhasil menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Penelitian Teknologi Mineral Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (BPTM-LIPI) Tanjung Bintang, Lampung Selatan dengan

judul “Ekstraksi Titanium Dioksida (TiO_2) dari Pasir Besi Banten dengan Agen Pelindi Asam Sitrat”. Tahun 2023 penulis berhasil menyelesaikan penelitian Tugas Akhir di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung dengan judul “Modifikasi Biomassa Alga *Sargassum* sp. dengan Surfaktan *Cetyltrimethylammonium Chloride* (CTAC) sebagai Adsorben Kristal Violet dan Anion Nitrat dalam Larutan”.

MOTTO

“Tetapi carilah dahulu Kerajaan Allah dan kebenarannya, maka semuanya itu akan ditambahkan kepadamu”

(Matius 6 : 33)

“Mintalah, maka akan diberikan kepadamu; carilah, maka kamu akan mendapat; ketoklah, maka pintu akan dibukakan bagimu. Karena setiap orang yang meminta, menerima dan setiap orang yang mencari, mendapat dan setiap orang yang mengetok, baginya pintu dibukakan”

(Matius 7 : 7-8)

“Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan”

(Filipi 4 : 13)

Karena itu Aku berkata kepadamu : apa saja yang kamu minta dan doakan, percayalah bahwa kamu telah menerimanya, maka hal itu akan diberikan kepadamu”

(Markus 11 : 24)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang selalu memberikan berkat kasih karunia dan kemurahan-Nya serta kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk bisa menempuh dan menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas.

Kupersembahkan karya sederhanaku ini sebagai wujud cinta, bakti dan sayang ku kepada :

Mamaku Tercinta,

Mama Elmina Sitanggang, wanita terkuat dan tersabar dalam hidupku
Mama yang selalu menjadi tempat ku bersandar, yang selalu terus berjuang memberikan yang terbaik padaku, menaikkan doa-doa yang tidak pernah terputus dan yang tidak pernah menyerah untuk kami anak-anaknya.

Kakak dan Adikku Tersayang

Eva Simatupang dan Agustino Simatupang

Terimakasih atas segala dukungan kalian, semua kekuatan, semangat, dan doa-doa yang selalu diberikan. Terimakasih karena telah mau berjuang kuat bersama denganku melewati semuanya sejak kecil.

Bapak/Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan banyak sekali ilmu dan motivasi untukku.

Kepada orang-orang yang telah mendukungku selama ini .

Terimakasih. Aku sangat bersyukur.

SANWACANA

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang selalu memberikan berkat kasih karunia dan kemurahan-Nya bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi dengan judul

**Modifikasi Biomassa Alga *Sargassum* sp. dengan Surfaktan
Cetyltrimethylammonium Chloride (CTAC) sebagai Adsorben Kristal Violet
dan Anion Nitrat 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 rintangan dan kesulitan, namun semua dapat penulis lalui berkat campur tangan Tuhan Yesus Kristus serta bantuan dan dukungan dari orang-orang terdekat penulis. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang selalu menuntun dan memberikan kasih karunia dan kemurahan-Nya dalam seluruh kehidupan penulis.
2. Mamaku tercinta yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa yang tiada pernah putus, yang tidak menyerah untuk menjalani hari-hari bersama dengan kami disetiap keadaan, dan yang terus berjuang berjerih lelah untuk diriku.
3. Adik dan kakakku yang selalu memberi kekuatan, doa, serta dukungan, dan yang selalu mau terus saling menyemangati dalam kondisi apapun.
4. Ibu Prof. Dr. Buhani, M.Si. selaku Pembimbing I yang sangat baik, selalu meluangkan waktunya untuk membimbing, menasihati, dan memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, dan tidak pernah

berhenti memberikan motivasi yang membuat penulis tetap bisa selalu bersemangat.

5. Ibu Dr. Mita Rilyanti, S.Si, M.Si. selaku Pembimbing II yang selalu memberikan ilmu dan bimbingannya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si. selaku Pembahas atas segala saran dan masukannya yang membangun dapat menjadikan skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasihat kepada penulis selama menempuh perkuliahan di Jurusan Kimia.
8. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
9. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si.,M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
10. Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah mendidik dan memberikan ilmu kepada penulis selama menempuh perkuliahan.
11. Mba Liza Apriliya S.Si. selaku PLP Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik yang telah banyak membantu penelitian penulis selama di laboratorium baik menyediakan alat-alat, loker, serta membantu penulis dalam melakukan analisis Spektrofotometer UV-Vis.
12. Teman-teman seperjuangan penelitianku “*Adsorption Research '19*” Happy Yunia Putri, Ahmad Barep Prayogo, dan M Afif Alim Nasution untuk kebersamaan dalam suka dan duka selama penelitian dan kebaikannya membantu penulis selama menyelesaikan penelitian.
13. Sahabat seimanku di dalam Tuhan, Hesti, Noni, Novi, Sonti, Eni, Listra terimakasih telah menjadi teman terbaikku selama bertahun-tahun, terimakasih untuk dukungan, nasihat dan semangat yang selalu diberikan serta doanya agar penulis selalu bisa kuat dan tetap semangat dalam kondisi yang dilalui.
14. Sahabatku “Masa Depan Sukses” Devy, Munifah, Zahra, Happy, Shilvia, Rifdah, dan Virginia terimakasih karena telah kebersamaian sepanjang

perkuliahan, menjadi tempat penulis untuk bersandar dalam keadaan suka dan duka, bahkan semua dorongan semangatnya.

15. Teman-teman Chemistry'19 terimakasih telah menjadi keluarga sepanjang kehidupan perkuliahanku di jurusan kimia tercinta.
16. Mba Jilda, Mba Nisa, Mba Tri dan Mba Nadya terimakasih karena telah membimbing dan mengarahkan penulis serta mengajarkan hal-hal yang penulis tidak mengerti, terimakasih karena selalu membantu penulis dalam kesulitan yang dilalui selama penelitian.
17. Rekan-rekan penelitian di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik terimakasih atas kebersamaannya pagi, siang, sore, maupun malam di laboratorium, atas kerja sama dan bantuannya selama menjalani penelitian.
18. Dan seluruh pihak terkait yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu baik yang secara langsung ataupun tidak langsung telah memberikan dukungan dan bantuannya baik secara moril dan materiil.

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

Bandar Lampung, 24 Juli 2023

Penulis

Yohana Rizky Nora Simatupang

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Biomassa Alga <i>Sargassum</i> sp.	6
2.2 Adsorpsi	9
2.3 Kinetika Adsorpsi	12
2.3.1 Pseudo Orde Satu	13
2.3.2 Pseudo Orde Dua.....	13
2.4 Isoterm Adsorpsi	14
2.4.1 Isoterm Adsorpsi Freundlich.....	14
2.4.2 Isoterm Adsorpsi Langmuir	15
2.4.3 Model Langmuir Bikomponen (Isoterm Biner)	15
2.5 Zat Pewarna.....	16
2.5.1 Kristal Violet.....	17
2.6 Anion Nitrat	18

2.7 Penentuan Nilai Zeta Potensial	19
2.8 Surfaktan	20
2.9 <i>CetyltrimethylammoniumChloride</i> (CTAC)	21
2.10 Karakterisasi.....	22
2.10.1 Spektrofotometer UV-Vis	23
2.10.2 Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	24
2.10.3 <i>Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX).....	26
III. METODE PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat	27
3.2 Alat dan Bahan.....	27
3.3 Prosedur Penelitian.....	28
3.3.1 Preparasi Biomassa Alga <i>Sargassum</i> sp.	28
3.3.2 Pembuatan Adsorben Alga-Na.....	28
3.3.3 Pembuatan Adsorben Alga-CTAC.....	28
3.3.4 Karakterisasi.....	29
3.3.5 Penentuan Nilai Zeta Potensial	29
3.3.6 Uji Adsorpsi Monokomponen.....	29
3.3.7 Uji Adsorpsi Bikomponen.....	31
3.3.8 Mekanisme Adsorpsi.....	31
3.3.9 Uji Penggunaan Ulang Adsorben.....	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Hasil Biomassa Alga <i>Sargassum</i> sp. Termodifikasi CTAC.....	33
4.2 Karakteristik Material Adsorben.....	34
4.2.1 Karakteristik Material Adsorben Hasil Analisis dengan Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	34

4.2.2 Karakteristik Material Adsorben Hasil Analisis dengan <i>Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)</i> .	35
4.3 Penentuan Nilai Zeta Potensial	38
4.4 Uji Adsorpsi Monokomponen.....	39
4.4.1 Penentuan pH Optimum.....	39
4.4.2 Penentuan Waktu Kontak Optimum	41
4.4.3 Penentuan Konsentrasi Awal Optimum	45
4.5 Uji Adsorpsi Bikomponen.....	48
4.6 Mekanisme Adsorpsi.....	50
4.7 Uji Penggunaan Ulang Adsorben.....	52
V. KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alga <i>Sargassum</i> sp.....	9
2. Struktur kristal violet	18
3. Struktur surfaktan.....	20
4. Struktur CTAC	22
5. Adsorben (a) alga <i>Sargassum</i> sp. (b) alga-Na (c) alga-CTAC.....	33
6. Spektra FTIR adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC.....	34
7. Mikrograf SEM adsorben (a) alga <i>Sargassum</i> sp. (b) alga-Na (c) alga- CTAC	36
8. Spektrum EDX adsorben (a) alga <i>Sargassum</i> sp. (b) alga-Na (c) alga-CTAC	37
9. Kurva pH_{pzc} pada adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC	38
10. Kurva variasi pH pada adsorpsi (a) kristal violet dan (b) anion nitrat	40
11. Kurva variasi waktu kontak pada adsorpsi (a) kristal violet dan	41
12. Kinetika pseudo orde satu kristal violet dan anion nitrat terhadap adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC	43
13. Kinetika pseudo orde dua kristal violet dan anion nitrat terhadap adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC	43
14. Kurva pengaruh konsentrasi adsorpsi (a) kristal violet dan (b) anion nitrat ...	45
15. Pola isoterm adsorpsi Langmuir kristal violet dan anion nitrat pada adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC.....	46
16. Pola isoterm adsorpsi Freundlich kristal violet dan anion nitrat pada adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC.....	47

17. Kurva pengaruh konsentrasi adsorpsi pasangan larutan bikomponen pada adsorben (a) alga, (b) alga-Na, dan (c) alga-CTAC	49
18. Grafik hasil desorpsi (a) kristal violet dan (b) anion nitrat	51
19. Grafik hasil penggunaan ulang adsorben (a) alga-CTAC terhadap kristal violet dan (b) alga terhadap anion nitrat	53
20. Kurva panjang gelombang maksimum (a) kristal violet dan (b) anion nitrat .	63
21. Penentuan pH PZC dengan variasi pH 3-12 terhadap adsorben (a) alga, (b) alga-Na, dan (c) alga-CTA	80
22. Adsorpsi kristal violet dengan variasi pH terhadap adsorben (a) alga, (b) alga-Na, dan (c) alga-CTAC.....	80
23. Adsorpsi anion nitrat dengan variasi pH terhadap adsorben (a) alga, (b) alga-Na, dan (c) alga-CTAC.....	81
24. Adsorpsi kristal violet dengan variasi waktu terhadap adsorben (a) alga, (b) alga-Na, dan (c) alga-CTAC.....	81
25. Adsorpsi anion nitrat dengan variasi waktu terhadap adsorben (a) alga, (b) alga-Na, dan (c) alga-CTAC.....	82
26. Adsorpsi kristal violet dengan variasi konsentrasi terhadap adsorben (a) alga, (b) alga-Na, dan (c) alga-CTAC	82
27. Adsorpsi anion nitrat dengan variasi konsentrasi terhadap adsorben (a) alga, (b) alga-Na, dan (c) alga-CTAC	83
28. Adsorpsi bikomponen kristal violet dan anion nitrat dengan variasi konsentrasi terhadap adsorben (a) alga, (b) alga-Na, dan (c) alga-CTAC	83
29. Mekanisme adsorpsi kristal violet dan anion nitrat dengan variasi eluen terhadap adsorben (a) kristal violet dengan alga-CTAC dan (b) anion nitrat dengan alga	84
30. Uji penggunaan ulang hingga empat kali (a) Alga-CTAC terhadap kristal violet dan (b) Alga terhadap anion nitrat	84

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Serapan infra merah gugus fungsi senyawa organik.....	25
2. Parameter kinetika adsorpsi kristal violet dan anion nitrat	44
3. Parameter isoterm adsorpsi kristal violet dan anion nitrat terhadap alga, alga-Na, dan alga-CTAC	47
4. Isoterm adsorpsiLangmuir biner pada kristal violet dan anion nitrat terhadap adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC	50
5. Hasil penentuan nilai zeta potensial alga, alga-Na, dan alga-CTAC	63
6. Hasil uji adsorpsi kristal violet pada variasi pH	64
7. Hasil uji adsorpsi anion nitrat pada variasi pH	64
8. Hasil uji adsorpsi kristal violet pada variasi waktu kontak.....	65
9. Hasil uji adsorpsi anion nitrat pada variasi waktu kontak.....	65
10. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu kristal violet pada adsorben alga.....	66
11. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu kristal violet pada adsorben alga-Na.....	66
12. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu kristal violet pada adsorben alga-CTAC.....	66
13. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu anion nitrat pada adsorben alga.....	67
14. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu anion nitrat pada adsorben alga-Na.....	67
15. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde satu anion nitrat pada adsorben alga-CTAC.....	67

16. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua kristal violet pada adsorben alga.....	68
17. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua kristal violet pada adsorben alga-Na.....	68
18. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua kristal violet pada adsorben alga-CTAC.....	68
19. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua anion nitrat pada adsorben alga.....	69
20. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua anion nitrat pada adsorben alga-Na.....	69
21. Data hasil perhitungan kinetika pseudo orde dua anion nitrat pada adsorben alga-CTAC.....	69
22. Uji adsorpsi kristal violet pada variasi konsentrasi.....	70
23. Uji adsorpsi anion nitrat pada variasi konsentrasi.....	70
24. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir kristal violet pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga.....	71
25. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir kristal violet pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-Na.....	71
26. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir kristal violet pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-CTAC.....	71
27. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir anion nitrat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga.....	72
28. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir anion nitrat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-Na.....	72
29. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir anion nitrat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-CTAC.....	72
30. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freundlich kristal violet pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga.....	73
31. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freundlich kristal violet pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-Na.....	73
32. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freundlich kristal violet pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-CTAC.....	73

33. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freundlich anion nitrat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga.....	74
34. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freundlich anion nitrat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-Na.....	74
35. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Freundlich anion nitrat pada variasi konsentrasi terhadap adsorben alga-CTAC.....	74
36. Uji adsorpsi kristal violet pada pasangan larutan bikomponen variasi konsentrasi	75
37. Uji adsorpsi anion nitrat pada pasangan larutan bikomponen variasi konsentrasi	75
38. Data perhitungan persamaan Langmuir biner pada adsorpsi larutan pasangan bikomponen terhadap adsorben alga	76
39. Data perhitungan persamaan Langmuir biner pada adsorpsi larutan pasangan bikomponen terhadap adsorben alga-Na	76
40. Data perhitungan persamaan Langmuir biner pada adsorpsi larutan pasangan bikomponen terhadap adsorben alga-CTAC	76
41. Data perhitungan SPSS persamaan Langmuir biner pada adsorpsi larutan pasangan bikomponen terhadap adsorben alga	77
42. Data perhitungan SPSS persamaan Langmuir biner pada adsorpsi larutan pasangan bikomponen terhadap adsorben alga-Na	77
43. Data perhitungan SPSS persamaan Langmuir biner pada adsorpsi larutan pasangan bikomponen terhadap adsorben alga-CTAC	77
44. Hasil perhitungan jumlah kristal violet yang teradsorpsi pada adsorben alga-CTAC	78
45. Hasil perhitungan jumlah anion nitrat yang teradsorpsi pada adsorben alga	78
46. Hasil perhitungan jumlah kristal violet yang teradsorpsi pada adsorben alga-CTAC	79
47. Hasil perhitungan jumlah anion nitrat yang teradsorpsi pada adsorben alga	79

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya populasi penduduk dan perkembangan teknologi, pencemaran air merupakan salah satu masalah serius yang harus dihadapi karena berdampak terhadap sumber air dan keseimbangan ekosistem. Permasalahan tersebut dipicu karena pencemaran yang berasal dari akumulasi berbagai limbah, seperti limbah industri, pertanian, dan rumah tangga yang disebabkan oleh adanya bahan-bahan kimia yang sulit terurai saat dilepaskan ke lingkungan (Kausar *et al.*, 2020). Salah satu industri yang banyak mencemari perairan adalah industri tekstil yang menjadi penyumbang utama limbah zat warna terbesar di perairan. Hampir 10.000 jenis pewarna dengan jumlah lebih dari 7×10^5 ton diproduksi setiap tahunnya. Sekitar 10-15% dari zat warna yang diproduksi tersebut tercampur di perairan dan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Limbah zat warna tersebut berasal dari proses pewarnaan (*dyeing*) yang dilakukan di industri yaitu berupa zat warna yang larut dalam air (Irawati dkk., 2018). Jika zat pewarna ada dalam limbah maka campuran tersebut akan menjadi lebih stabil dan sulit untuk terurai karena terjadi pembentukan struktur kimia yang lebih kompleks (Buhani *et al.*, 2019).

Umumnya zat warna yang banyak diproduksi dan digunakan dalam industri tekstil adalah zat warna trifenilmetana, yakni zat warna yang mengandung cincin benzena aromatik dan amina kuartener ionik pada senyawanya. Kristal violet merupakan zat warna kationik yang mengandung senyawa trifenilmetana yang memberikan warna ungu dan banyak digunakan sebagai agen dermatologis dalam proses tekstil komersial (Buhani *et al.*, 2019). Pewarna ini dapat menyebabkan efek toksik, mutagenik, karsinogenik dan teratogenik pada makhluk hidup,

mengiritasi kulit apabila terserap dalam jumlah yang banyak, serta dapat mengurangi intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan (Supriyanto dkk., 2021).

Selain pencemaran yang berasal dari limbah zat pewarna, limbah anion pun merupakan zat pencemar yang banyak berada di perairan contohnya limbah anion nitrat. Anion nitrat dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan jika konsentrasinya melebihi batas maksimal. Zat pencemar anion nitrat ini biasanya berasal dari limbah pertanian, industri, rumah tangga dan dapat berasal dari pemborosan penggunaan pupuk nitrogen yang melimpah tanpa kontrol stoikiometri (Zam *et al.*, 2021). Anion nitrat yang jumlahnya berlebih di lingkungan khususnya perairan juga dapat menyebabkan eutrofikasi badan air yang akan mengakibatkan ketidakseimbangan ekosistem (Kuntari, 2021). Limbah yang mengandung anion nitrat juga berpotensi menyebabkan masalah kesehatan manusia seperti sindrom bayi biru yang sering disebut *methemoglobinemia* pada bayi dan dapat mengakibatkan berbagai jenis kanker pada manusia (Chen *et al.*, 2021).

Para peneliti telah melakukan berbagai metode untuk menangani permasalahan limbah zat pewarna dan anion tersebut, diantaranya yakni dengan metode pemisahan membran, flotasi, adsorpsi, koagulasi kimia atau elektrokimia, dan proses oksidasi lanjutan, flokulasi, pertukaran ion, pengolahan biologis, dan pemisahan magnetik (Buhani *et al.*, 2019). Namun beberapa metode tersebut masih memiliki kekurangan seperti adanya pembuangan lumpur sisa yang beracun, kebutuhan energi yang tinggi, keterbatasan teknis, kurang efektif, metode yang rumit serta biaya yang mahal karena memerlukan bahan kimia tambahan sehingga dapat menghasilkan produk beracun (Khuluk *et al.*, 2019).

Diantara semua metode tersebut, metode adsorpsi adalah metode yang baik untuk digunakan karena metodenya sederhana, biaya yang murah, tidak sensitif terhadap zat beracun dapat menghasilkan limbah dengan kuantitas zat pencemar dan anion yang hampir tidak ada, reversibel, adsorbennya dapat digunakan

kembali, dan tidak menimbulkan produk samping yang berbahaya bagi lingkungan. Kunci keberhasilan proses adsorpsi ditentukan oleh selektivitas adsorben yang digunakan. Adsorben yang efektif untuk adsorpsi adalah adsorben yang memiliki kecepatan dan kapasitas adsorpsi yang besar, stabilitas kimia, ramah lingkungan, luas permukaan yang spesifik dan besar, dapat digunakan kembali, serta memiliki selektivitas yang baik terhadap logam atau senyawa yang akan dipisahkan (Buhani *et al.*, 2019).

Adsorben yang biasanya digunakan dalam proses adsorpsi diantaranya adalah karbon aktif, silika gel, alumina, dan zeolit. Baru-baru ini para peneliti telah melakukan pengolahan limbah zat warna dan anion menggunakan bakteri, jamur, ragi, dan alga. Biomassa biasanya banyak digunakan sebagai adsorben karena tersedia dalam jumlah banyak, terjadi secara biokimia, sangat efektif, dan relatif stabil (Kausar *et al.*, 2020). Biomassa alga sebagai adsorben banyak digunakan karena biomassa alga memiliki gugus fungsi yang dapat berperan sebagai situs adsorpsi aktif yang akan berinteraksi dalam proses penyerapan zat oleh biomassa (Buhani *et al.*, 2021). Dalam penelitian ini akan digunakan biomassa alga *Sargassum* sp. sebagai adsorben zat warna kristal violet dan anion nitrat. Biomassa alga *Sargassum* sp. merupakan jenis makroalga yang tergolong ke dalam kelompok alga coklat (*Phaeophyceae*). Biomassa alga *Sargassum* sp. mengandung polisakarida, polifenol, serta gugus fungsi alkohol, asam karboksilat, eter, amina, amida, dan *fucoidan*. Kandungan dan gugus fungsi yang dimiliki tersebut menyebabkan biomassa alga *Sargassum* sp. memiliki potensi yang baik untuk digunakan sebagai adsorben.

Kemampuan biomassa alga untuk mengikat senyawa kimia sangat dibatasi oleh beberapa kendala, seperti ukuran biomasanya yang kecil, densitas yang rendah, mudah rusak akibat degradasi oleh mikroorganisme lain, dan tidak dapat digunakan langsung pada kolom adsorpsi karena sangat lunak dan tidak granular (Buhani *et al.*, 2021). Untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya terhadap zat warna kristal violet dan anion nitrat, maka biomassa alga *Sargassum* sp. dimodifikasi dengan menggunakan surfaktan kationik *Cetyltrimethylammonium*

Chloride (CTAC). Surfaktan CTAC dipilih karena dapat mengubah karakter bagian permukaan alga yang bermuatan negatif menjadi bermuatan positif dengan melakukan pertukaran kation anorganik dengan kation organik (surfaktan). Selain itu, surfaktan CTAC banyak tersedia di pasaran dan harganya relatif lebih murah dibandingkan dengan surfaktan yang lainnya (Yunira *et al.*, 2018). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dipelajari modifikasi material alternatif dari biomassa alga *Sargassum* sp. untuk menyerap zat warna kristal violet dan anion nitrat.

Material adsorben biomassa alga *Sargassum* sp. termodifikasi CTAC yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi pada adsorben dan *Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) untuk mengetahui struktur morfologi dan menganalisis unsur pada permukaan adsorben. Kemudian untuk mengetahui kapasitas adsorpsi adsorben terhadap kristal violet dan anion nitrat melalui penentuan pH, waktu kontak, konsentrasi optimum, mekanisme adsorpsi, uji penggunaan ulang adsorben serta penggunaan adsorben terhadap pasangan larutan bikomponen kristal violet dan anion nitrat maka dilakukan analisa menggunakan Spektrofotometri UV-Vis.

1.2 Tujuan Penelitian

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

1. Mendapatkan adsorben dari biomassa alga termodifikasi dengan CTAC dan karakterisasinya.
2. Menentukan pH, waktu kontak, dan konsentrasi optimum zat warna kristal violet dan anion nitrat yang diadsorpsi oleh biomassa alga *Sargassum* sp. termodifikasi CTAC.
3. Memperoleh model kinetika dan isoterm adsorpsi zat warna kristal violet dan anion nitrat yang diadsorpsi oleh biomassa alga *Sargassum* sp. termodifikasi CTAC baik monokomponen maupun bikomponen.
4. Mengetahui mekanisme adsorpsi dan kemampuan penggunaan ulang dari

adsorben alga *Sargassum* sp. termodifikasi CTAC terhadap zat warna kristal violet dan anion nitrat.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya pemanfaatan biomassa alga sebagai adsorben, penanganan limbah yang mengandung zat warna kristal violet dan anion nitrat, serta dapat memberikan informasi mengenai studi adsorpsinya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa Alga *Sargassum* sp.

Alga merupakan protista eukariotik yang terdapat di mana saja dan dapat hidup di banyak tempat yang terkena sinar matahari. Umumnya alga juga dapat diartikan sebagai organisme autotrof yang dapat mensintesis makanannya sendiri. Alga termasuk jenis protista bertalus yang memiliki pigmen warna. Tubuhnya terdiri atas satu sel (uniseluler) dan ada yang memiliki banyak sel (multiseluler). Alga memiliki ukuran mikroskopik dan juga makroskopik. Pertumbuhan alga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni faktor abiotik meliputi suhu, cahaya, nutrisi, pH, kandungan oksigen terlarut, salinitas, konsentrasi CO₂, dan keberadaan bahan kimia toksik di dalam media pertumbuhannya, sedangkan faktor biotik meliputi bakteri, jamur, virus, dan adanya kompetisi dengan jenis alga lainnya (Shen *et al.*, 2009).

Menurut Mahreni (2022) kandungan komponen aktif yang terdapat di dalam alga antara lain :

1. Polisakarida

Alga termasuk ke dalam salah satu sumber polisakarida yang baik, dimana kandungan karbohidrat pada alga berkisar antara 4-76% basis kering bergantung pada jenis spesiesnya. Pada umumnya kandungan karbohidrat pada alga terdapat dalam bentuk polisakarida sulfat dan non-sulfat.

2. Fenol

Senyawa fenolik yang terkandung di dalam alga merupakan senyawa bioaktif, yang pada umumnya mempunyai manfaat bagi kesehatan.

Senyawa fenolik ini terdiri dari asam fenolik, tanin, flavonoid, florotanin, dan juga katekin. Keberadaan satu atau lebih jenis dari senyawa fenolik yang terkandung dalam alga bergantung pada jenis alganya.

3. Pigmen

Pigmen yang terkandung di dalam alga dibagi menjadi tiga kelas yaitu klorofil, karotenoid, dan fikobiliprotein.

4. Asam Lemak

Pada umumnya, alga mengandung jumlah lipid yang rendah yakni tidak melebihi 5% berat kering. Jumlah asam lemak tak jenuh ganda yang terkandung dalam alga sangat tinggi.

5. Protein, Peptida, dan Asam Amino

Kandungan protein yang terdapat dalam alga berkisar antara 5-47% berat kering, bergantung pada jenis spesies, musim, dan juga kondisi lingkungannya. Pada umumnya alga merah dan alga hijau memiliki persentase protein yang tinggi dibandingkan dengan alga coklat.

6. Vitamin

Alga merupakan sumber penting vitamin baik *hydro* maupun *liposoluble*. Dimana vitamin-vitamin tersebut telah diidentifikasi yakni vitamin B, A, C, D, E, riboflavin, niasin, asam pantotemat, folat turunan asam, dan folat.

7. Mineral

Alga mengandung berbagai mineral yang jumlahnya berkisar antara 8-40%. Secara umum, makroalga mengandung sejumlah besar Na, K, Mg, Fe, Zn, Mn, dan Cu. Namun, keberadaan mineral ini dalam kadar yang tinggi sangat berbahaya bagi kesehatan.

8. *Fuoidan*

Fuoidan adalah polisakarida sulfat yang banyak ditemukan pada dinding sel alga coklat, struktur molekul dari *fuoidan* sangat bergantung pada jenis spesies dari alga dan juga bergantung pada beberapa faktor seperti waktu panen dan habitat tumbuh.

Berdasarkan kandungan pigmen yang dominan pada alga, alga dibedakan menjadi 3 divisi utama yaitu *Rhodophyceae* (alga merah), *Phaeophyceae* (alga coklat), dan

Chlorophyceae (alga hijau). Pada umumnya, alga coklat tumbuh diperairan pada kedalaman 0,5 – 10 m yang diikuti adanya arus dan ombak. Biasanya alga coklat berbentuk seperti benang atau lembaran, terkadang bentuknya menyerupai tumbuhan tingkat tinggi dengan bagian-bagian serupa akar, batang, dan daun (Subagio dan Kasim, 2019). Alga coklat memiliki komponen utama yakni alginat yang mempunyai gugus fungsional karboksilat (-COOH) dan hidroksil (-OH). Kedua gugus yang terkandung dalam alga tersebut dapat berperan dalam proses adsorpsi, salah satunya melalui proses pertukaran ion dan pembentukan senyawa kompleks (Pakidi dan Suwoyo, 2017).

Sargassum sp. merupakan salah satu bagian dari kelompok alga coklat (*Phaeophyceae*). Klasifikasi *Sargassum* sp. menurut Pakidi & Suwoyo (2017) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Protista
Divisi : Thallophyta
Kelas : Phaeophyta
Ordo : Fucales
Famili : Sargassaceae
Genus : *Sargassum*
Spesies : *Sargassum* sp.

Alga *Sargassum* sp. tubuhnya berwarna cokelat kuning kehijauan. Warna coklat pada alga ini muncul akibat dominansi dari pigmen *fucoxanthin*, klorofil a dan c, betakaroten, dan xantofil lainnya (Lutfiawan dkk., 2015). *Sargassum* sp. memiliki bentuk thallus gepeng, banyak percabangan, bangun daun melebar, lonjong seperti pedang, memiliki gelembung udara yang soliter, batang utama bulat agak kasar, dan *holdfast* berbentuk cakram (Anggadiredja dkk., 2008). Alga *Sargassum* sp. ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alga *Sargassum* sp. (Pakidi dan Suwoyo, 2017).

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat (zat yang dijerap) pada permukaan adsorben (padatan penjerap), yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara molekul padatan dengan material terjerap (fisiosorpsi) atau interaksi kimia (kemisorpsi) (Astuti dan Kurniawan, 2015). Umumnya proses adsorpsi merupakan proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran adsorben. Perpindahan massa yang terjadi melalui batas antara dua fasa yaitu : gas-padat atau cair-padat. Adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik-menarik antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben yang aktif . Sifat dari masing-masing permukaan adsorben akan berbeda, tergantung pada molekul-molekul zat. Adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang diharapkan dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi senyawa yang berlebihan. Kelebihan dari metode adsorpsi diantaranya efisiensinya yang tinggi, dan biayanya yang rendah (Maihendra dkk., 2016).

Proses adsorpsi menurut Syauqiah dkk (2011) umumnya dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi karena gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben yakni gaya *van der waals*. Pada adsorpsi fisika, molekul-molekul terikat

sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ mol. Pada adsorpsi fisika tidak terdapat disosiasi spesi yang teradsorpsi. Proses adsorpsi fisika terjadi secara eksotermis dimana jumlah senyawa yang diadsorpsi bertambah dengan penurunan temperatur.

2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena interaksi antara adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Dalam adsorpsi kimia, partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi menurut Syauniah dkk (2011) adalah sebagai berikut :

1. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka akan semakin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah adsorben.

2. Jenis Adsorbat

Peningkatan polarisabilitas dari adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar), dan peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi, serta adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan dengan yang rantai lurus.

3. Struktur Molekul Adsorbat

Hidroksil dan amino mengurangi kemampuan penyisihan sedangkan nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.

4. Konsentrasi Adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat di dalam larutan, maka akan semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

5. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat sehingga menyebabkan pori-pori adsorben

akan lebih terbuka, akan tetapi pemanasan yang terlalu tinggi akan menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

6. pH

pH larutan akan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

7. Kecepatan Pengadukan

Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi akan berlangsung lambat, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben akan cepat rusak, sehingga adsorpsi yang dilakukan kurang optimal.

8. Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

9. Waktu kesetimbangan

Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh tipe biomassa (jumlah dan jenis ruang pengikatan), ukuran dan fisiologi biomassa (aktif atau tidak aktif), ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi, dan konsentrasi logam.

Keberhasilan proses adsorpsi ditentukan oleh kesesuaian sifat dan jenis dari adsorben yang digunakan. Adsorben yang tepat dan efektif untuk proses adsorpsi adalah adsorben yang memiliki kecepatan dan kapasitas adsorpsi yang besar, stabilitas kimia, ramah lingkungan, memiliki luas permukaan spesifik yang besar, selektivitas terhadap logam yang akan dipisahkan, dan dapat digunakan berulang kali (Buhani *et al.*, 2019).

Menurut Buhani *et al* (2019) jumlah zat warna yang teradsorpsi per satuan massa adsorben dan persentase zat warna yang teradsorpsi ditentukan dengan menggunakan Persamaan 1 dan 2 yaitu sebagai berikut :

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

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

Presentase zat warna yang telah teradsorpsi dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.

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

Dimana :

- Co = Konsentrasi pada keadaan awal (mg L⁻¹)
- Ce = Konsentrasi pada kesetimbangan (mg L⁻¹)
- Ct = Konsentrasi pada waktu tertentu dalam larutan (mg L⁻¹)
- m = Massa adsorben (gram)
- V = Volume larutan (L)
- Q = Jumlah adsorbat yang teradsorpsi per satuan massa (mg g⁻¹)
- R = Presentase zat warna yang teradsorpsi

2.3 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan bagian dari adsorpsi yang membahas tentang laju adsorpsi dari suatu adsorben terhadap adsorbat (Maihendra dkk., 2016). Waktu kesetimbangan adsorpsi harus diidentifikasi untuk mendapatkan adsorpsi maksimum adsorbat pada permukaan adsorben, dimana semakin pendek waktu reaksi maka akan semakin tinggi laju reaksinya. Kinetika adsorpsi dipelajari dengan menentukan konstanta laju adsorpsi berdasarkan data pengaruh waktu terhadap jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada adsorben. Untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap laju adsorpsi pada biomassa, dapat digunakan model kinetika pseudo orde satu dan pseudo orde dua.

2.3.1 Pseudo Orde Satu

Persamaan kinetika adsorpsi pada pseudo orde satu didasarkan pada daya serap adsorben terhadap adsorbat dengan mengasumsikan bahwa konsentrasi adsorbat berlebih jika dibandingkan dengan sisi aktif pada permukaan adsorben (Tan and Hameed, 2017). Kinetika adsorpsi pseudo orde satu digunakan untuk menggambarkan proses kinetika adsorpsi pada fase cair-padat. Persamaan pseudo orde satu dapat dituliskan dalam Persamaan 4.

$$\frac{dQ_t}{dt} = k_1 (Q_e - Q_t) \quad (4)$$

Dimana :

Q_t = Jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg/g)

Q_e = Jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg/g)

t = Waktu (menit)

k_1 = Konstanta laju pseudo orde pertama (menit⁻¹)

Persamaan (4) diintegrasikan dengan memakai kondisi batas seperti $Q_t = 0$ pada $t = 0$, kemudian $Q_t = Q_t$ pada $t = t$, sehingga persamaan dapat diturunkan menjadi Persamaan 5.

$$\ln (Q_e - Q_t) = \ln Q_e - k_1 t \quad (5)$$

(Buhani *et al.*, 2010; Buhani *et al.*, 2012; Zulaicha *et al.*, 2021).

2.3.2 Pseudo Orde Dua

Pseudo orde dua mengasumsikan bahwa kapasitas mengadsorpsi proporsionalitas terhadap jumlah situs aktif dari adsorben (Maihendra dkk., 2016). Persamaan pseudo orde dua ditunjukkan pada Persamaan 6.

$$\frac{dQ_t}{dt} = k_2 (Q_e - Q_t)^2 \quad (6)$$

Dimana k_2 adalah konstanta laju pseudo orde kedua (g/mg.menit).

Model persamaan pseudo orde dua dapat diintegrasikan menjadi Persamaan 7.

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{Q_e^2 k_2} + \frac{t}{Q_e} \quad (7)$$

Pada kondisi $t = 0$, untuk menghitung laju penyerapan awal, h (mg/g.menit) dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 8.

$$h = k_2 Q_e^2 \quad (8)$$

2.4 Isoterm Adsorpsi

Tipe isoterm adsorpsi pada umumnya digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Nilai k menunjukkan kapasitas adsorpsi yang terjadi. Semakin besar nilai k pada persamaan Freundlich dan Langmuir menandakan kapasitas maksimum semakin besar. Penentuan tipe isoterm adsorpsi dilakukan dengan melakukan uji secara regresi linier sederhana dengan menggunakan persamaan Freundlich dan Langmuir. Untuk melihat persamaan isoterm yang sesuai dengan mekanisme adsorpsi yang dilakukan, dapat dibuktikan melalui koefisien korelasi (R^2) yang ditunjukkan pada grafik linier masing-masing persamaan, dimana koefisien korelasi (R^2) yang mendekati satu maka dapat dikatakan jenis isoterm adsorpsi mengikuti persamaan tersebut (Wijayanti dkk., 2018). Pada fase padat-cair isoterm adsorpsi yang umum digunakan adalah model adsorpsi Freundlich dan Langmuir.

2.4.1 Isoterm Adsorpsi Freundlich

Model isoterm adsorpsi Freundlich didasarkan pada asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan yang heterogen dan setiap molekul mempunyai potensi penjerapan yang berbeda-beda, serta adsorpsi terjadi secara multilayer pada permukaan adsorben (Langenati dkk., 2012). Pada model isoterm Freundlich proses adsorpsi dijelaskan terjadi pada bagian permukaan yang heterogen, dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi. Model isoterm adsorpsi Freundlich ditunjukkan pada Persamaan 9.

$$\text{Log } Q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (9)$$

Dimana:

Q_e = Jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg/g)

K_F = Faktor kapasitas Freundlich (mg/g)(L/mg)^{1/n}

n = Faktor intensitas Freundlich (mol/g)

C_e = Konsentrasi setimbang adsorbat dalam fase larutan (mg/L)

(Buhani *et al.*, 2019).

2.4.2 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Isoterm adsorpsi Langmuir menyatakan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah situs aktif tertentu yang sebanding dengan luas permukaan, dimana permukaan adsorben seragam dan proses adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi monolayer (Buhani *et al.*, 2019). Isoterm Langmuir merupakan proses adsorpsi yang berlangsung secara kemisorpsi atau lapisan. Proses kemisorpsi merupakan proses adsorpsi yang terjadi melalui ikatan kimia yang sangat kuat, ikatan kimia tersebut terjadi antara bagian aktif dari permukaan dengan molekul adsorbat (Handayani dan Sulistyono, 2009). Model isoterm adsorpsi Langmuir ditunjukkan melalui Persamaan 10 (Buhani *et al.*, 2019).

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m} \quad (10)$$

Dimana :

Q_e = Jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg/g)

K_L = Faktor kapasitas Langmuir (L/mg)

C_e = Konsentrasi setimbang adsorbat dalam fase larutan (mg/L)

q_m = Kapasitas adsorpsi monolayer maksimum (mg/g)

2.4.3 Model Langmuir Bikomponen (Isoterm Biner)

Umumnya, isoterm adsorpsi yang digunakan untuk menganalisis isoterm adsorpsi biner adalah isoterm adsorpsi Langmuir. Pada sistem adsorpsi bikomponen, kemampuan adsorben dan juga adsorbat akan mengalami perubahan karena terjadi persaingan untuk dapat berinteraksi dengan situs aktif yang ada pada adsorben. Dimana pada isoterm Langmuir biner tersebut dengan memperhitungkan kedua

zat yang teradsorpsi secara bersamaan pada permukaan adsorben (Buhani *et al.*, 2021). Persamaan isoterm Langmuir biner ditunjukkan pada Persamaan 11.

$$q_1^* = \frac{q_m C_1 b_1}{1 + b_1 C_1^* + b_2 C_2^*} \quad (11)$$

Dimana q_m , b_1 , dan b_2 merupakan konstanta isoterm Langmuir biner. Penambahan konstanta baru (k_1, k_2) dalam bentuk eksponensial ke penyebut konsentrasi isoterm Langmuir dapat diperoleh Persamaan 12.

$$q_1^* = \frac{q_m C_1^* b_1}{1 + b_1 (C_1^*) + b_2 (C_2^*)^{k_2}} \quad (12)$$

Menambahkan k_1, k_2 pada pembilang dan penyebut konsentrasi, sehingga akan diperoleh isoterm adsorpsi Langmuir-Freundlich yang dituliskan pada Persamaan 13.

$$q_1^* = \frac{q_m (C_1^*)^{k_1} b_1}{1 + b_1 (C_1^*)^{k_1} + b_2 (C_2^*)^{k_2}} \quad (13)$$

2.5 Zat Pewarna

Zat pewarna merupakan salah satu bahan utama yang banyak digunakan dalam proses industri. Penggunaan zat pewarna terbesar ada pada industri tekstil, sehingga industri tekstil merupakan penyumbang limbah zat pewarna terbesar di perairan. Hampir 10.000 jenis pewarna dengan jumlah lebih dari 7×10^5 ton diproduksi setiap tahunnya. Sekitar 10-15% dari zat warna yang diproduksi tersebut tercampur di perairan dan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Limbah zat pewarna tersebut berasal dari proses pewarnaan (*dyeing*) yakni berupa zat warna yang larut dalam air. Umumnya, limbah zat warna memiliki sifat *non biodegradable* karena mengandung senyawa kompleks aromatik yang sulit diuraikan oleh mikroba. Limbah zat warna juga berbahaya bagi kesehatan manusia dan biota yang hidup di sekitar perairan yang tercemar (Irawati dkk., 2018). Menurut Liu and Pan (2012) pada umumnya zat pewarna bersifat

teratogenik (penyebab timbulnya kecacatan pada janin selama dalam kandungan), karsinogenik (penyebab kanker), dan mutagenik (penyebab mutasi gen), sehingga menimbulkan ancaman yang serius bagi kesehatan.

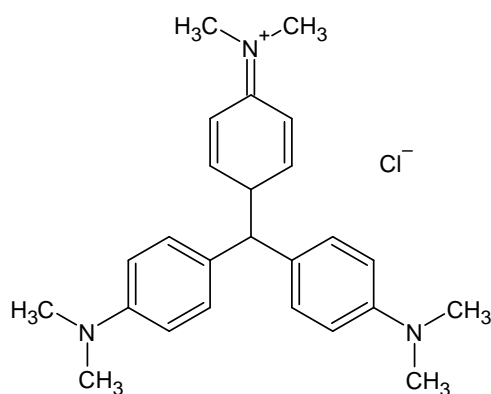
Pada umumnya zat pewarna bersifat sangat beracun. Adanya zat pewarna dalam air juga dapat mengurangi keanekaragaman akuatik, dimana zat pewarna tersebut akan menghalangi jalan masuknya cahaya matahari yang melewatinya. Dalam beberapa kasus yang ada, kurang dari 1 mg/L konsentrasi pewarna dapat menghasilkan cukup banyak pewarnaan dalam air, sehingga penetrasi cahaya dalam air limbah sangat berkurang dan mengakibatkan ketidakseimbangan ekologi perairan (Lestari dkk., 2021). Zat warna sintetik lebih banyak menjadi polutan organik dibandingkan dengan zat warna alami. Zat pewarna biasanya memiliki asal sintetik dan struktur molekul aromatik kompleks yang membuatnya lebih stabil dan lebih sulit untuk terurai. Zat pewarna diklasifikasikan menjadi pewarna anionik, kationik dan non ionik. Pewarna anionik biasanya digunakan dalam pewarna langsung, asam dan reaktif, pewarna kationik pada umumnya banyak digunakan sebagai pewarna dasar, dan pewarna non ionik digunakan sebagai pewarna dispersi (Fu and Viraraghavan, 2001).

2.5.1 Kristal Violet

Kristal violet merupakan zat warna trifenilmetana dengan rumus molekul $C_{25}N_3H_{30}Cl$ dan berat molekulnya $407,98 \text{ g mol}^{-1}$ dengan daya serap maksimum berkisar antara 589-594 nm (Abedin, 2008). Zat warna ini banyak digunakan sebagai agen dermatologis dalam berbagai proses tekstil komersial. Kristal violet berifat karsinogen dan biasanya dikelompokkan sebagai zat warna yang bersifat *non-biodegradable*, sulit dimetabolisme oleh mikroba, dan dapat bertahan di berbagai lingkungan. Zat warna kristal violet ditemukan sebagai salah satu agen penyebab keracunan pada ekosistem perairan yang menimbulkan masalah bagi makhluk hidup (Buhani *et al.*, 2019).

Kristal violet merupakan zat warna jenis trifenilmetana yang memberikan warna ungu. Zat warna kristal violet memiliki kestabilan yang tinggi sehingga sulit untuk

terdegradasi di ekosistem perairan. Kristal violet termasuk ke dalam jenis zat warna kationik yang bersifat toksik, mutagenik, dan karsinogenik. Kandungan kristal violet yang tinggi di perairan juga dapat mengurangi intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan (Supriyanto dkk., 2021). Zat warna ini dapat mengiritasi kulit apabila terserap dalam jumlah tertentu. Berdasarkan studi yang dilakukan Azmi *et al* (1998) didapatkan bahwa anilin yang ada dalam kristal violet bersifat toksik, mutagenik, dan karsinogenik. Zat warna ini juga dapat memicu tumor pada beberapa spesies ikan yang hidup di dasar perairan. Struktur kimia dari kristal violet ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur kristal violet (Lairini *et al.*, 2017).

2.6 Anion Nitrat

Anion nitrat dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan jika konsentrasinya melebihi batas maksimal. Dengan berkembangnya sektor industri dan pertanian, maka tingkat pencemaran air tanah yang mengandung anion nitrat pun semakin bertambah. Pencemaran tersebut dapat berasal dari limbah industri berbasis nitrat, kotoran hewan, limbah rumah tangga, dan limbah pertanian (Zam *et al.*, 2021).

Organisasi Kesehatan Dunia (*World Health Organization*) menetapkan batas konsentrasi nitrat 50 mg/L, sedangkan Badan Perlindungan Lingkungan AS (USEPA) menetapkan batas konsentrasi nitrat 10 mg/L dalam air minum (Sun *et al.*, 2019). Konsentrasi anion nitrat yang tinggi dan reduksinya menjadi nitrit dapat mengakibatkan efek yang buruk pada lingkungan, dan dapat berpotensi

menyebabkan masalah kesehatan manusia seperti sindrom bayi biru yang sering disebut *methemoglobinemia* pada bayi dan kanker perut pada orang dewasa. Kelebihan anion nitrat dalam air minum juga dapat mengakibatkan berbagai jenis kanker pada manusia (Chen *et al.*, 2021).

Anion nitrat yang berlebih di lingkungan khususnya perairan juga dapat menyebabkan eutrofikasi badan air. Konsentrasi anion nitrat yang berlebihan menyebabkan terjadinya peningkatan pertumbuhan tanaman dan alga yang sangat pesat di perairan. Meningkatnya pertumbuhan tanaman dan alga di air memicu timbulnya persaingan untuk memperoleh oksigen di badan air, yang menyebabkan kematian yang luar biasa dari organisme ini yang akhirnya menghasilkan penumpukan pada bahan yang membusuk. Penumpukan ini mengakibatkan ketidakseimbangan di seluruh ekosistem. Hal ini juga dapat menyebabkan hilangnya keanekaragaman komunitas dasar laut dan organisme planktonik (S, 2021).

Sumber anion nitrat bebas di lingkungan juga dapat berasal dari pemborosan penggunaan pupuk nitrogen yang melimpah tanpa kontrol stoikiometri yang cermat. Penggunaan pupuk tersebut melebihi dari yang dibutuhkan oleh tanaman, sehingga kelebihan anion nitrat bebas di lingkungan tidak dapat diabaikan. Hal ini menyebabkan pencemaran tanah dan air, karena anion nitrat sangat larut dalam air. Limbah anion nitrat juga dapat bersumber dari limbah industri, pembuatan pupuk, kemasan makanan dan minuman (Ikhsan and Fani, 2019).

2.7 Penentuan Nilai Zeta Potensial

Muatan permukaan adsorben dapat ditentukan dengan menggunakan nilai zeta potensial (pH_{PZC}) yang diartikan sebagai titik ketika nilai potensial zeta bernilai nol. Muatan permukaan adsorben berperan penting dalam menentukan interaksi optimal antara adsorben dan adsorbat oleh karena itu muatan permukaan adsorben perlu diketahui dalam mempelajari proses adsorpsi. Muatan permukaan adsorben akan bermuatan positif ditunjukkan apabila $pH_{larutan} < pH_{PZC}$ sedangkan

permukaan adsorben akan bermuatan negatif apabila $\text{pH}_{\text{larutan}} > \text{pH}_{\text{PZC}}$ (Buhani *et al.*, 2021).

Menurut Ai *et al* (2011) pengukuran nilai zeta potensial dapat digunakan pada Persamaan 14 :

$$\Delta\text{pH} = \text{pH}_i - \text{pH}_f \quad (14)$$

Dimana :

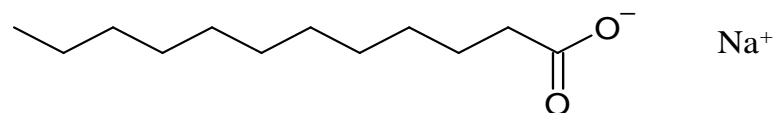
pH_i = pH awal larutan

pH_f = pH akhir larutan

Kemudian perbedaan nilai antara pH awal dan pH akhir diplotkan terhadap pH_i . Titik perpotongan kurva yang diperoleh dengan absis dimana nilai pH adalah 0 akan memberikan nilai pH_{PZC} (Kaszuba *et al.*, 2014).

2.8 Surfaktan

Surfaktan merupakan senyawa kimia yang bekerja dengan menurunkan tegangan permukaan, tegangan antar muka, dan meningkatkan kestabilan partikel yang terdispersi serta mengontrol jenis formulasinya. Molekul surfaktan terdiri dari gugus hidrofobik (ekor) dan gugus hidrofilik (kepala). Sifat hidrofobik dan hidrofilik dalam satu molekul menyebabkan surfaktan dapat berikatan dengan komponen baik bersifat hidrofobik maupun hidrofilik. Interaksi gugus hidrofobik dan hidrofilik tersebut dengan fluida menyebabkan surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan antar fase (Reningtyas and Mahreni, 2015). Struktur surfaktan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur surfaktan (Apriyani, 2017).

Surfaktan dikelompokkan menjadi empat kelompok yaitu surfaktan anionik, surfaktan nonionik, surfaktan kationik dan surfaktan amfoterik (Apriyani, 2017).

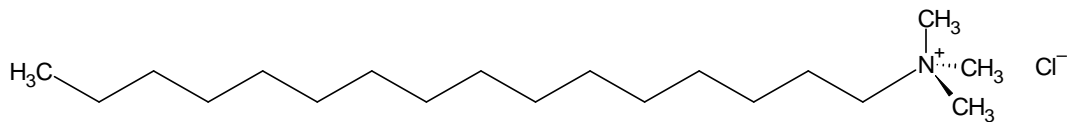
- 1) Surfaktan kationik merupakan senyawa yang bermuatan positif pada bagian aktif permukaan (*surface-active*) atau gugus antar muka hidrofobiknya (*hydrophobic surface-active*).
- 2) Surfaktan nonion merupakan surfaktan yang tidak bermuatan atau tidak terjadi ionisasi pada molekulnya.
- 3) Surfaktan anionik merupakan senyawa yang bermuatan negatif pada bagian aktif permukaannya (*surface-active*) atau pusat hidrofobiknya (misal pada RCOO-Na, dimana R adalah *fatty hydrophobe*).
- 4) Surfaktan amfoterik merupakan surfaktan yang mengandung gugus anionik dan kationik.

Adsorpsi dengan menggunakan biomassa alga tersebut melibatkan kontribusi gugus aktif protein, polisakarida, dan gugus fungsi seperti hidroksil, amino, ion sulfat, dan karboksil. Namun, kemampuan biomassa alga untuk mengikat senyawa kimia tersebut sangat dibatasi oleh beberapa kendala, seperti ukurannya yang kecil, densitas yang rendah, dan mudah rusak akibat degradasi oleh mikroorganisme lain. Selain itu, alga tidak dapat digunakan langsung pada kolom adsorpsi, karena biomassa alga sangat lunak dan tidak granular. Maka untuk meningkatkan kapasitas dan laju adsorpsi alga pada adsorben serta stabilitas fisik dan kimianya, dilakukan modifikasi terhadap biomassa alga (Buhani *et al.*, 2021). Biomassa alga dapat dimodifikasi dengan surfaktan untuk meningkatkan kapasitas dan laju adsorpsinya.

2.9 Cetyltrimethylammonium Chloride (CTAC)

Cetyltrimethylammonium Chloride (CTAC) merupakan golongan surfaktan kationik yang biasanya banyak digunakan dalam industri kosmetik dan juga perlengkapan rumah tangga, surfaktan ini aman digunakan dalam konsentrasi yang kecil dan tidak memberikan sifat toksik terhadap lingkungan. Surfaktan CTAC secara struktural mirip dengan surfaktan CTAB, tetapi *counter* anion berbeda yakni Cl. Surfaktan CTAC tersebut banyak digunakan karena harganya yang relatif murah dibandingkan surfaktan yang lainnya. Surfaktan CTAC

memiliki sifat dapat berdisosiasi di dalam air menjadi ion bermuatan negatif dan ion bermuatan positif (kation). Karena muatan positif dari bagian kepala pada surfaktan kationik CTAC, maka surfaktan ini sangat menyerap ke permukaan yang bermuatan negatif (Yunira *et al.*, 2018). Struktur surfaktan CTAC ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur CTAC (Omar *et al.*, 2016).

Fu *et al* (2011) telah melakukan modifikasi bentonit dengan menggunakan surfaktan kationik CTAC berhasil meningkatkan kapasitas adsorpsi zat pewarna anionik, dimana dalam modifikasi tersebut terjadi pertukaran kation.

Asosiasi yang terjadi antara surfaktan dengan biomassa alga yang mengandung rantai polisakarida dapat membentuk kompleks larut atau tidak larut, bergantung pada pengaruh elektrostatik, hidrofobik, dipolar, dan interaksi ikatan hidrogennya. Saat surfaktan berinteraksi dengan rantai polisakarida yang muatannya berlawanan, maka akan terjadi interaksi elektrostatik sampai netralisasi biopolimer polianionik. Rantai polisakarida yang terkandung dalam biomassa alga menyebabkan surfaktan dengan muatan yang berlawanan membentuk agregat yang disebut *Critical Association Concentration* yang melibatkan interaksi elektrostatik yang kuat dan agregasi rantai alkil dari ion surfaktan yang terikat (Covis *et al.*, 2015).

2.10 Karakterisasi

Pada umumnya karakterisasi dilakukan untuk mengetahui komposisi, bidang kristal, gugus fungsi, morfologi, struktur, ikatan kimia, atau senyawa dari suatu sampel pada proses penelitian. Karakterisasi juga dilakukan untuk mengetahui kualitas dari sampel tersebut yang dapat mempengaruhi berbagai aspek penelitian. Umumnya instrumentasi yang digunakan untuk 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.

2.10.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu teknik analisa dengan menggunakan sumber utama gelombang elektromagnetik dengan ultra violet (UV) untuk panjang gelombang (190-380 nm) dan sinar tampak (Visible) dengan panjang gelombang (380-780 nm). Pada Spektrofotometer UV-Vis zat diukur dalam bentuk larutan. Analit yang dapat diukur dengan spektrofotometer sinar tampak adalah analit berwarna, yaitu analit yang memiliki sifat menyerap cahaya secara alami. Analit yang dibuat berwarna adalah analit yang tidak berwarna sehingga harus direaksikan dengan zat tertentu untuk membentuk senyawa yang menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu (Warono dan Syamsudin, 2013).

Prinsip kerja Spektrofotometer UV-Vis yaitu apabila cahaya monokromatik melalui suatu media (larutan), maka sebagian cahaya tersebut diserap (I), sebagian dipantulkan (I_r), dan sebagian lagi dipancarkan (I_t). Aplikasi rumus tersebut dalam pengukuran kuantitatif dilaksanakan dengan cara komparatif menggunakan kurva kalibrasi dari hubungan konsentrasi deret larutan alat untuk analisa suatu unsur yang berkadar rendah baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif. Pada penentuan secara kualitatif berdasarkan puncak-puncak yang dihasilkan spektrum dari suatu unsur tertentu pada panjang gelombang tertentu, sedangkan penentuan secara kuantitatif berdasarkan pada nilai absorbansi yang dihasilkan dari spektrum dengan adanya senyawa pengompleks sesuai unsur yang dianalisisnya (Yanlinastuti dan Fatimah, 2016).

Spektrofotometer UV-Vis bekerja di daerah spektral sinar tampak dan sinar ultraviolet yang digunakan untuk analisis objek biologis, anorganik, dan juga organik secara kuantitatif. Prinsip dasar spektrofotometer UV-Vis adalah Hukum Bouguer-Lambert Beer akibat adanya pengukuran dari penyerapan cahaya pada larutan. Hukum Bouguer-Lambert Beer ditunjukkan pada Persamaan 15 :

$$I_0 \frac{I_0}{I} = I_0 \frac{100}{T (\%)} = A = \epsilon \cdot c \cdot d \quad (15)$$

Dimana :

- A : Absorbansi
- I_0 : Intensitas cahaya monokromatik
- I : Intensitas cahaya yang muncul dari sampel
- c : Konsentrasi zat penyerap cahaya
- d : Panjang kuvet (cm)
- ϵ : Ekstinsi molar
- T : Transmitan

2.10.2 Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Fourier Transform Infra Red (FTIR) merupakan instrumen yang digunakan untuk mengetahui spektrum vibrasi molekul yang dapat digunakan untuk memprediksi struktur senyawa kimia (Sulistiyani dan Huda, 2017). FTIR merupakan salah satu alat atau instrumen yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Spektrum inframerah dihasilkan dari penstransmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor, dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Anam dkk., 2007).

Spektrum Inframerah (IR) suatu molekul adalah hasil transisi antara tingkat energi getaran (vibrasi) atau isolasi (*oscillation*). Bila molekul menyerap radiasi

inframerah, energi yang diserap akan menyebabkan kenaikan dalam amplitude getaran atom – atom yang terikat yang berada pada keadaan vibrasi tereksitasi (*excited vibrational state*) pada molekul – molekul tersebut, maka energi yang diserap ini akan dibuang dalam bentuk panas bila molekul itu kembali ke keadaan dasar. Panjang gelombang eksak dari adsorpsi oleh suatu tipe ikatan bergantung pada macam getaran (vibrasi) dari ikatan tersebut. Oleh karena itu, tipe ikatan yang berlainan menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berbeda, sehingga spektrofotometer inframerah dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi dalam suatu molekul (Maharani dkk., 2016). Gugus fungsi yang terdeteksi dari suatu molekul memiliki panjang gelombang yang identik untuk masing-masing gugus fungsi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Serapan infra merah gugus fungsi senyawa organik

Daerah serapan (cm ⁻¹)	Gugus fungsi	Nama gugus fungsi
3606	O-H	Alkohol
3437	N-H	Amina
3051	O-H	Asam karboksilat
2881	C-H	Alkana
2322	O=C=O	Karbon dioksida
1789	C=O	Asam halida
1593	N-O	Komponen nitro
1249	C-O	Alkil, Aril, Eter
1048	Si-O-Si	Siloksan
975	C=C	Alkena
584	Fe-O-Si	Silika magnetit
570	Fe-O	Oksida besi

(Ikhwanuddin, 2018).

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

Scanning Electron Microscopy dan *Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)* merupakan instrumentasi yang digunakan untuk mengamati morfologi fisis dari permukaan sampel dan menganalisis komposisi elemen, termasuk elemen cahaya tampak seperti karbon, nitrogen, dan oksigen. Alat SEM-EDX memiliki dua monitor. Sistem kerja dari alat ini adalah dengan sistem vakum. Sebelum proses analisis berlangsung, penghilangan molekul udara di dalam alat dilakukan dengan menutup gas. Pada monitor SEM diatur *spot size* dan di *collect* pada monitor EDX. Ketika sinar elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan akan terbaca ke monitor. Hasil yang diperoleh yakni dalam bentuk gambar permukaan sampel pada SEM dan bentuk grafik atau diagram pada EDX yang menunjukkan persentase unsur-unsur dari sampel yang dianalisa (Julinawati *et al.*, 2015).

Pengujian SEM merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui morfologi atau struktur mikro permukaan. SEM memiliki perbesaran 10-3000000x, *depth of field* 4-0,4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm (Walewangko dkk., 2021). EDX merupakan salah satu teknik analisis untuk menganalisis unsur atau karakteristik kimia dari spesimen. Karakterisasi ini bergantung pada interaksi beberapa eksitasi sinar X dengan spesimen. Kemampuan untuk mengkarakterisasi sejalan dengan prinsip dasar yang menyatakan bahwa setiap elemen memiliki struktur yang atom yang unik dan merupakan ciri khas dari struktur atom suatu unsur tersebut sehingga memungkinkan sinar X untuk mengidentifikasinya (Wijayanto dan Bayuseno, 2014).

Menurut Walewangko dkk (2021), fungsi utama dari SEM antara lain untuk mengetahui informasi-informasi mengenai :

1. Topografi, yakni ciri-ciri permukaan dan tekstur.
2. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek.
3. Komposisi, yaitu data semi kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (meliputi titik lebur, kekerasan, dan kereaktifan).

III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Oktober 2022-Maret 2023 di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik Universitas Lampung. Biomassa alga *Sargassum* sp. diperoleh dari perairan Laut Sebalang Tarahan yang terletak di Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Analisis morfologi permukaan dan komposisi unsur dari adsorben dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* yang dirangkai dengan *Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung. Analisis hasil adsorpsi zat warna dan anion nitrat menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik Universitas Lampung, dan analisis gugus fungsi yang terdapat pada adsorben menggunakan *Fourier Transformation Infra Red* (FTIR) dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Departemen Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain peralatan gelas, spatula, neraca analitik, pengayak (*siever*) 100 mesh, pengaduk magnet, *magnetic stirrer*, *shaker*, sentrifugasi, oven, desikator, pH meter, mortar dan alu, Spektrofotometer FTIR tipe IR Prestige 21, *Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) tipe JOEL-JSM-6510 LA, dan Spektrofotometer UV-Vis tipe *Cary Series*.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biomassa alga *Sargassum* sp., surfaktan kationik CTAC, akuades, kertas saring, indikator pH, aluminium foil, zat warna kristal violet, KNO₃, KCl, NaCl, larutan *buffer*, Na₂EDTA, NaNO₃, HCl, dan NaOH.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Preparasi Biomassa Alga *Sargassum* sp.

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

3.3.2 Pembuatan Adsorben Alga-Na

Sebanyak 5 gram biomassa alga *Sargassum* sp. ditambahkan ke dalam 100 mL NaCl 1 M, kemudian diaduk selama 1 jam, dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu biomassa alga disaring menggunakan kertas saring, kemudian residu yang diperoleh dicuci dengan akuades hingga pH netral, dan dikeringkan pada suhu ruang (Buhani *et al.*, 2021).

3.3.3 Pembuatan Adsorben Alga-CTAC

Sebanyak 2 gram bentuk natrium *Sargassum* sp. yang diperoleh ditambahkan ke dalam 200 mL CTAC 14 mmol/L menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 100 rpm pada suhu 50°C selama 4 jam. Residu yang diperoleh kemudian dibilas dengan akuades hingga pH netral dan dikeringkan pada suhu ruang (Buhani *et al.*, 2021).

3.3.4 Karakterisasi

Adsorben alga *Sargassum* sp., alga-Na, dan alga-CTAC masing-masing dikarakterisasi dengan 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 serta komposisi unsur pada adsorben.

3.3.5 Penentuan Nilai Zeta Potensial

Adsorben alga, alga-Na, dan alga-CTAC masing-masing sebanyak 0,1 gram dimasukkan ke dalam 20 mL NaNO_3 0,1 M. Larutan NaNO_3 diatur pH awalnya pada variasi rentang 3-12, dengan penambahan larutan HCl 0,1 M untuk suasana asam dan NaOH 0,1 M untuk suasana basa. Kemudian larutan diaduk menggunakan pengaduk (*shaker*) selama 24 jam. Setelah itu pH akhir diamati dan diukur menggunakan pH meter. Selanjutnya penentuan nilai zeta potensial dilakukan dengan menggunakan Persamaan 14 pada sub bab 2.7.

3.3.6 Uji Adsorpsi Monokomponen

3.3.6.1 Pembuatan Larutan Induk Adsorbat

Untuk membuat larutan induk kristal violet 1000 ppm, dimasukkan 1 gram serbuk kristal violet ke dalam labu ukur 1000 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda tera dan dihomogenkan.

Untuk membuat larutan induk anion nitrat 1000 ppm, sebanyak 1,629 gram serbuk KNO_3 dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda tera dan dihomogenkan.

3.3.6.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Adsorbat

Larutan kristal violet 10 ppm diukur nilai absorbansinya pada rentang panjang gelombang 400-600 nm dan anion nitrat 10 ppm pada rentang panjang gelombang 200-275 nm.

3.3.6.3 Penentuan pH Optimum

Sebanyak 25 mL larutan kristal violet 10 ppm disiapkan dalam 10 erlenmeyer berbeda dengan variasi pH 3-12. Dilakukan penambahan HCl 0,1 M untuk menurunkan pH dan penambahan NaOH 0,1 M untuk meningkatkan pH. Lalu ditambahkan larutan *buffer* untuk mempertahankan pH, kemudian ditambah 0,1 gram adsorben alga (dilakukan perlakuan yang sama untuk adsorben alga-Na dan alga-CTAC). Setelah itu, larutan diaduk menggunakan *shaker* selama 1 jam dengan kecepatan 100 rpm. Lalu larutan dipisahkan dengan teknik sentrifugasi selama 30 menit. Kemudian filtrat yang diperoleh dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Perlakuan yang sama dilakukan terhadap anion nitrat 10 ppm.

3.3.6.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum

Sebanyak 25 mL larutan kristal violet 10 ppm pada kondisi pH optimum dimasukkan ke dalam 6 erlenmeyer lalu ditambahkan masing-masing 0,1 gram adsorben kemudian diaduk menggunakan *shaker* dengan variasi waktu yaitu 15, 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Setelah itu larutan dipisahkan dengan teknik sentrifugasi selama 30 menit. Kemudian filtrat yang diperoleh dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Perlakuan yang sama dilakukan terhadap anion nitrat 10 ppm.

3.3.6.5 Penentuan Konsentrasi Awal Optimum

Sebanyak 25 mL larutan kristal violet pada kondisi pH optimum dengan variasi konsentrasi, yaitu 10, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm masing-masing dimasukkan ke dalam 7 erlenmeyer lalu ditambahkan masing-masing adsorben sebanyak 0,1 gram. Kemudian diaduk menggunakan alat pengaduk (*shaker*) pada waktu kontak optimum. Setelah itu larutan dipisahkan dengan teknik sentrifugasi selama 30 menit. Filtrat yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Dilakukan perlakuan yang sama terhadap anion nitrat.

3.3.7 Uji Adsorpsi Bikomponen

3.3.7.1 Pembuatan Larutan Induk Adsorbat Bikomponen

Larutan induk kristal violet dengan konsentrasi 2,45 mmol/L diencerkan menjadi 0,1 mmol/L. Kemudian larutan induk KNO₃ dengan konsentrasi 16,1 mmol/L diencerkan menjadi 0,1 mmol/L. Selanjutnya 12,5 mL larutan kristal violet 0,1 mmol/L dicampurkan dengan 12,5 mL larutan KNO₃ 0,1 mmol/L sehingga terbentuk larutan bikomponen.

3.3.7.2. Pengaruh Konsentrasi

Larutan induk adsorbat bikomponen dilakukan pengenceran dengan variasi konsentrasi 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; dan 0,35 mmol L⁻¹. Ditambahkan adsorben sebanyak 0,1 gram, kemudian *shaker* pada waktu kontak optimum. Setelah itu larutan dipisahkan dengan teknik sentrifugasi selama 30 menit. Filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum masing-masing adsorbat.

3.3.8 Mekanisme Adsorpsi

Sebanyak 0,1 gram adsorben alga-CTAC dimasukkan ke dalam adsorbat kristal violet sebanyak 25 mL pada konsentrasi dan pH optimum. Lalu larutan tersebut dishaker pada waktu kontak optimum dengan kecepatan 100 rpm. Selanjutnya larutan dan adsorben disentrifugasi dan dipisahkan dengan cara dekantasi. Filtrat yang di peroleh dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Kemudian dilakukan proses desorpsi menggunakan eluen 25 mL akuades, 25 mL larutan KNO₃ 0,1 M, 25 mL HCl 0,1 M, dan 25 mL Na₂EDTA 0,1 M (Buhani *et al.*, 2010). Proses desorpsi menggunakan beberapa eluen tersebut dilakukan secara sekuensial (Buhani *et al.*, 2018), dan diberikan perlakuan yang sama untuk adsorben alga terhadap anion nitrat.

3.3.9 Uji Penggunaan Ulang Adsorben

Sebanyak 0,1 gram alga-CTAC dimasukkan ke dalam adsorbat kristal violet sebanyak 25 mL pada konsentrasi dan pH optimum. Setelah itu larutan diaduk menggunakan pengaduk (*shaker*) pada waktu kontak optimum dengan kecepatan 100 rpm. Kemudian larutan dan adsorben disentrifugasi selama 30 menit dan dipisahkan dengan cara dekantasi, lalu dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Endapan yang diperoleh dielusi menggunakan eluen yang sesuai untuk melepaskan zat warna yang terikat pada adsorben dengan cara di *shaker* selama waktu kontak optimum dan disaring. Lalu adsorben dicuci dengan menggunakan akuades hingga pH netral (Buhani *et al.*, 2014) dan dioven pada suhu 40⁰C selama 3 jam. Kemudian adsorben digunakan kembali untuk mengadsorpsi zat warna kristal violet dan anion nitrat hingga 4 kali penggunaan ulang (Buhani *et al.*, 2011), dan diberikan perlakuan yang sama untuk adsorben alga terhadap anion nitrat.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Biomassa alga *Sargassum* sp. telah berhasil dimodifikasi dengan CTAC yang dibuktikan dengan hasil karakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.
2. Pada adsorpsi monokomponen oleh alga, alga-Na, dan alga-CTAC terhadap kristal violet berturut-turut optimum pada pH 4, 6, dan 5 sedangkan adsorpsi terhadap anion nitrat berturut-turut optimum pada pH 3, 5, dan 10. Adsorpsi oleh alga, alga-Na, dan alga-CTAC terhadap kristal violet berturut-turut optimum pada waktu kontak 120, 30, dan 60 menit sedangkan adsorpsi ketiga adsorben terhadap anion nitrat optimum pada waktu kontak 15 menit dengan konsentrasi optimum masing-masing 300 ppm. Pada adsorpsi monokomponen kristal violet lebih cenderung teradsorpsi dengan baik dibandingkan dengan anion nitrat oleh ketiga adsorben tersebut.
3. Kinetika adsorpsi kristal violet dan anion nitrat pada adsorpsi monokomponen cenderung mengikuti kinetika pseudo orde dua. Isoterm adsorpsi kristal violet dan anion nitrat oleh ketiga adsorben cenderung mengikuti model isoterm Freundlich, kecuali kristal violet dengan adsorben alga-CTAC cenderung mengikuti isoterm Langmuir. Kapasitas adsorpsi ketiga adsorben pada adsorpsi bikomponen menggunakan persamaan Langmuir biner cenderung lebih baik dalam mengadsorpsi kristal violet.
4. Mekanisme adsorpsi alga-CTAC terhadap kristal violet didominasi oleh pertukaran ion dan interaksi fisika, sedangkan mekanisme adsorpsi alga terhadap anion nitrat didominasi oleh interaksi fisika. Penggunaan adsorben

alga-CTAC terhadap kristal violet dan alga terhadap anion nitrat pada 4 kali siklus penggunaan ulang dengan persentase di atas 60%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disarankan sebagai berikut :

1. Melakukan uji adsorpsi terhadap adsorbat lain yang sifatnya berbahaya seperti limbah rumah sakit, limbah patologis, dan limbah benda tajam.
2. Melakukan modifikasi langsung dari biomassa alga dengan menggunakan CTAC tanpa melalui modifikasi dengan NaCl.
3. Dalam analisis EDX alga-CTAC dilakukan pengecekan unsur Na, untuk mengetahui apakah komposisi Na benar-benar hilang atau masih tersisa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abedin, R. M. A. 2008. Decolorization and Biodegradation of Crystal Violet and Malachite Green by *Fusarium solani* (Martius) Saccardo. "A Comparative Study on Biosorption of dyes by the Dead Funga Biomass. *American Eurasian Journal of Botany*. 1(2) : 17-31.
- Ai, L., Zhang, C., Liao, F., Wang, Y., Li, M., Meng, L., and Jiang, J. 2011. Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution with Magnetite Loaded Multi-Wall Carbon Nanotube : Kinetic, Isotherm and Mechanism Analysis. *Journal of Hazardous Materials*. 198 : 282-290.
- Alimano, M., dan Rinjani, R. R. 2017. Penelitian Awal Ekstraksi Emas dan Logam Lainnya dari Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*) Menggunakan Metode Klorinasi Basah. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 13(1) : 45-51.
- Anam, C., Sirojudin, dan Firdausi, K. S. 2007. Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin, dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*. 10(1) : 79-85.
- Anggadiredja, J. T., Zatnika, A., Purwanto, H., dan Istini, S. 2008. *Rumput Laut, Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Apriyani, N. 2017. Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2(1) : 37-44.
- Astuti, W., dan Kurniawan, B. 2015. Adsorpsi Pb^{2+} dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara Serbuk dan Granular. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 4(1) : 27-33.
- Bakti, A. I., Gareso, P. L., and Rauf, N. 2018. Characterization of Active Carbon from Coconut Shell using X-Ray Diffraction (X-RD) and SEM-EDX Techniques. *Journal of Physics Research and its Applications*. 8(2) : 115-122.
- Buhani, Hariyanti, F., Suharso, Rinawati, and Sumadi. 2019. Magnetized Algae-Silica Hybrid from *Porphyridium* sp. Biomass with Fe_3O_4 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, and Yuwono, S.D. 2017. 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, D. S., Pratama, Suharso, and Rinawati. 2017. 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(12) : 2734-2738.
- Buhani, Narsito, Nuryono, and Kunarti, E. S. 2009. Amino and Mercapto-Silica Hybrid for Cd(II) Adsorption In Aqueous Solution. *Indonesian Journal of Chemistry*. 9(2) : 170-176.
- Buhani, Narsito, Nuryono, Kunarti, E. S., and Suharso. 2014. Adsorption Competition of Cu(II) Ion in Ionic Pair and Multi-Metal Solution by Ionic Imprinted Ionic. *Science and Applied Chemistry*. 5(2) : 122-130.
- Buhani, Permatasari, D., Suharso, dan Aditya, I. 2020. Investigasi Kinetika Adsorpsi Kristal Violet dan Metilen Biru pada Hibrida Alga *Spirulina* sp. - Silika. *Seminar Nasional Ilmu Teknik Dan Aplikasi Industri (SINTA)*. 3(120) : 1-5.
- 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, and D. P., Yuwono, S. D. 2017. 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 : 203-213.
- Buhani, Suharso, Aditya, I., Kausar, R. A., Sumadi, and Rinawati. 2019. 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*. 29(27) : 1-11.
- Buhani, Suharso, Luziana, F., Rilyanti, M., and Sumadi. 2019. Production of Adsorbent from Activated Carbon of Palm Oil Shells Coated by Fe_3O_4 Particle to Remove Crystal Violet in Water. *Desalination and Water Treatment*. 171 : 281-293.
- Buhani, Suharso, Miftahzan N., Permatasari, D., and Sumadi. 2021. Improved Adsorption Capacity of *Nannochloropsis* sp. through Modification with

- Cetyltrimethylammonium Bromide on the Removal of Methyl Orange in Solution. *Adsorption Science & Technology*. 1-14.
- Buhani, Suharso, dan Partogi, A. F. 2013. Isoterm Adsorpsi Ion Ni(II) dalam Larutan oleh Biomassa Alga *Nannochloropsis* sp. yang Dimodifikasi dengan Silika-Magnet. *Prosiding Semirata FMIPA Univeristas Lampung*. 61-66.
- Buhani, Suharso, Rilyanti, M., and Sumadi. 2018. Implementation of Sequential Desorption In Determining Cd (II) Ion Interaction with Adsorbent of Ionic Imprinting Amino-Silica Hybrid. *Rasayan Journal Chemistry*. 11(2) : 865-870.
- Buhani, Suharso, and Satria, H. 2011. Hybridization of *Nannochloropsis* sp. Biomass-Silica through Sol-Gel Process to Adsorb Cd(II) Ion in Aqueous Solutions. *European Journal of Scientific Research*. 51(4) : 467-476.
- Buhani, Suharso, and Sembiring, Z. 2012. 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.
- Buhani, Wijayanti, T. A., Suharso, Sumadi, and Ansori, M. 2021. Application of Modified Green Algae *Nannochloropsis* sp. as Adsorbent in the Simultaneous Adsorption of Methylene Blue and Cu(II) Cations in Solutions. *Sustainable Environment Research*. 31(17) : 1-12.
- Chen, J., Wei, Y., Ji, H., Guo, P., Wan, D., Li, B., and Sun, X. 2021. Adsorption of Nitrate and Nitrite from Aqueous Solution by Magnetic Mg/Fe Hydrotalcite. *Water Supply*. 21(8) : 4287-4300.
- Covis, R., Vives, T., Gaillard, C., Benoit, M., and Benvegna, T. 2015. Interactions anh Hibryd Complex Formation of Anionic Algal Polysaccharides with A Cationic Glycine Betaine-Derived Surfacktan. *Carbohydrate Polymers*. 121 : 436-448.
- Fu, J., Chen, Y., Ju, J., Li, Q., An, S., and Zhu, H. 2011. Treating Dye Wastewater of Reactive Brilliant Red K-2BP by Cetyltrimethylammoniu Chloride-Modified Bentonite with Polyacrilamide Flocculant. *Polish Journal Environmental Studies*. 20(1) : 61-66.
- Fu, Y., and Viraraghavan, T. 2001. Fungal Decolorization of Dye Wastewater : a Review. *Bioresource Technology*. 79 : 251-262.
- Handayani, M., dan Sulistuyono, E. 2009. Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit. *Prosiding*

Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir. 130-136.

- Ikhwanuddin. 2018. Pembuatan Biosorben dari Cangkang Buah Karet (*Hevea Brasiliensis*) Menggunakan Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) untuk Menurunkan Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida pada CPO (Crude Palm Oil). *Skripsi Universitas Sumatera Utara*. 44-48.
- Irawati, H., Aprilita, N. H., dan Sugiharto, E. 2018. Adsorpsi Zat Warna Kristal Violet Menggunakan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*). *Jurnal Berkala MIPA*. 25(1) : 17-31.
- Julinawati, Marlina, Nasution, R., and Sheilatina. 2015. Applying SEM-EDX Techniques to Identifying the Types of Mineral of Jades (Giok) Takengon, Aceh. *Natural Journal*. 15(2) : 44-48.
- Kaszuba, M., Corbeet, J., Watson, F., M., and Jones, A. 2014. High-Concentration Zeta Potential Measurement using Light-Scattering Techniques. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 368 : 4439-4451.
- Kausar, R. A., Buhani, and Suharso. 2020. Methylene Blue Adsorption Isotherm on *Spirulina* sp. Microalgae Biomass Coated by Silica-Magnetite. *Material Science and Engineering*. 857 : 1-7.
- Khuluk, R. H., Rahmat, A., Buhani, and Suharso. 2019. Removal of Methylene Blue by Adsorption onto Activated Carbon from Coconut Shell (*Cococus Nucifera L.*). *Indonesian Journal of Science & Technology*. 4(2) : 229-240.
- Kuntari, K. 2021. Kinetic and Isotherm Studies of Nitrate Adsorption in Salt Water Using Modified Zeolite. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 16(2) : 286-292.
- Lairini, S., Mahtal, K.E., Miyah, Y., Tanji, K., Guissi, S., Boumchita, S., and Zerrouq. 2017. The Adsorption of Crystal Violet from Aqueous Solution by using Potato Peels (*Solanium tuberosum*) : equilibrium and kinetic studies. *Journal of Materials and Environmental Sciences*. 8(9) : 3252-3261.
- Langenati, R., Mordiono, R.M., Mustika, D., Wasito, B., dan Ridwan. 2012. Pengaruh Jenis Adsorben dan Konsentrasi Uranium Terhadap Pemungutan Uranium dari Larutan Uranil Nitrat. *Jurnal Teknik Bahan Nuklir*. 8(2) : 67-122.
- Liu, Q., and Pan, C. 2012. A Novel Route to Treat Wastewater Containing Cationic Dyes. *Separation Science and Technology*. 47 : 630-635.
- Lutfiawan, M, Karnan, dan Japa, L. 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.

- Maharani, T., Sukandar, D., dan Hermanto, S. 2016. Karakterisasi Senyawa Hasil Isolasi dari Ekstrak Etil Asetat Daun Namnam (*Cynometra Cauliflora L.*) yang Memiliki Aktivitas Antibakteri. *Jurnal Kimia Valensi*. 2(1) : 55-62.
- Mahreni. 2022. Separation of Mineral from Brown Algae Extract using Micro Filtration (MF) and Ultra Filtration (UF) Membrans - Review. *Eksergi*. 19(1) : 20-28.
- Maihendra, Fadli, A., dan Zultiniar. 2016. Kinetika Adsorpsi pada Penjerapan Ion Timbal Pb^{2+} Terlarut dalam Air Menggunakan Partikel Tricalcium Phosphate. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*. 3(2) :1-5.
- Monica, D., Buhani, Rilyati, M., Suharso, and Miftahza, N. 2022. Modification of Activated Carbon From Rubber Fruit Shells with Magnetite Coating and Adsorption of Brilliant Blue in Aqueous Solution. *AIP Conference Proceedings*.
- Omar, A, Ablajan, K., and Hamdulla, M. 2016. Cetyltrimethylammonim Chloride (CTAC) Catalyzed One-Pot Synthesis of Novel Coumarin-4H-Pyran Conjugates in Aqueous Media. *Chines Chemical Letters*. 26(8) : 1-12.
- Pakidi, C. S., dan Suwoyo, H. S. 2017. Potensi dan Pemanfaatan Bahan Aktif Alga Cokelat *Sargassum* sp. *Octopus*. 6(1) : 551-562.
- Reningtyas, R., and Mahreni. 2015. Biosurfactant. *Eksergi*. 12(2) : 12-22.
- Shen, Y., Yuan, W., Pei, Z.J., Wu, Q., and Mao, E. 2009. Microalgae Mass Production Methods. *Transactions of the ASABE*. 52(4) : 1275-1287.
- Subagio, dan Kasim, M. S. H. 2019. Identifikasi Rumput Laut (Seaweed) di Perairan Pantai Cemara, Jerowaru Lombok Timur sebagai Bahan Informasi Keanekaragaman Hayati Bagi Masyarakat. *Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan*. 3(1) : 308-321.
- 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.
- Sulistiyani, M., dan Huda, N. 2017. Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Sampel Protein Menggunakan Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FT-IR). *Jurnal Ilmu Kimia Indonesia*. 6(2) : 173-180.
- Sun, Y., Zheng, W., Ding, X., and Singh, R. P. 2019. Adsorption of Nitrate by a Novel Polyacrylic Anion Exchange Resin form Water with Dissolved Organic Matters : Batch and Column Study. *Applied Sciences*. 9 : 3077.
- Supriyanto, R., S. P., Bahri, S., dan Rilyanti, M. 2021. Fotodegradasi Pewarna

- Tekstil Kristal Violet Terkatalisis ZnO/Zeolit Y secara Spektrofotometri UV-Vis. *Analytical and Environmental Chemistry*. 6(1) : 33-45.
- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, H. A. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknik*. 12(1) : 11-20.
- Tan, K. L., and Hameed, B. H. 2017. Insight Into the Adsorption Kinetics Models for the Removal of Contaminants from Aqueous Solutions. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 74 : 25-48.
- Walewangko, Y., Bujung, C. A. N., dan Rende, J.C. 2021. Komposisi Unsur dan Jenis Mineral Batuan Gunung Api Soputan Menggunakan SEM-EDX dan FTIR. *Jurnal Fista*. 2(1) :55-60.
- Warono, D., dan Syamsudin. 2013. Unjuk Kerja Spektrofotometer untuk Analisa Zat Aktif Ketoprofen. *Konversi*. 2(2) : 57-65.
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., Kurniawan, C., dan Sukarjo. 2018. Adsorpsi Logam Cr(IV) dan Cu(II) pada Tanah dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(3) : 242-248.
- Wijayanto, S. O., dan Byuseno, A. P. 2014. Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian : Mikrografi dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin*. 2(1) : 33-39
- Yanlinastuti, dan Fatimah, S. 2016. Pengaruh Kadar Pelarut untuk Menentukan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-Zr dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Konversi*.17(9) : 22-33.
- Yunira, E. N., Suryani, A., Dadang, and Tursiloadi, S. 2018. Synthesis and Application CTAC Surfactan from Palmityl Alcohol in Insecticide Emulsifiable Concentrate Formulation. *Earth and Environmental Science*. 209 : 1-9.
- Zam, Z. Z., Limatahu, N. A., and Baturante, N. J. 2021. Nitrate Adsorption Capacity of Activated Gamalama Volcanic Ash. *Journal of Chemistry and Chemistry Education*. 6(1) : 23-28.
- Zulaicha, A. S., Buhani, and Suharso. 2021 Modification of Activated Carbon from *Elaeis Guineensis* Jacq Shell with Magnetite (Fe₃O₄) Particles and Study Adsorption-Desorption on Ni(II) Ions in Solution. *Journal of Physisc : Conference Series*. 1751 : 1-11.