

**VERIFIKASI METODE MOLIBDENUM BIRU DALAM PENENTUAN
KADAR FOSFAT PADA AIR LIMBAH TAMBAK UDANG SEBAGAI UJI
ADSORPSI ZEOLIT ALAM LAMPUNG**

Skripsi

**Oleh
Merry Yanti**



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

VERIFIKASI METODE MOLIBDENUM BIRU DALAM PENENTUAN KADAR FOSFAT PADA AIR LIMBAH TAMBAK UDANG SEBAGAI UJI ADSORPSI ZEOLIT ALAM LAMPUNG

Oleh

Merry Yanti

Limbah tambak udang diantaranya mengandung fosfat (PO_4^{3-}) yang dalam konsentrasi tinggi akan membahayakan lingkungan perairan. Salah satu upaya untuk menurunkan kadar fosfat dalam sampel air limbah tambak udang adalah menggunakan metode adsorpsi dengan memanfaatkan daya serap zeolit. Kadar fosfat pada sampel air limbah tambak udang dapat ditentukan menggunakan metode Molibdenum Biru. Tujuan penelitian ini adalah melakukan verifikasi metode Molibdenum Biru dalam penentuan kadar fosfat pada air limbah tambak udang dengan parameter linieritas, presisi, akurasi, *limit of detection* (LoD), dan *limit of quantitation* (LoQ). Konsentrasi fosfat ditentukan pada rentang 0,1-2 mg/L dengan nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh sebesar 0,9952, dengan limit deteksi dan limit kuantitasi masing-masing sebesar 0,1169 mg/L dan 0,3899 mg/L, nilai presisi berdasarkan *repeability* sebesar 0,48%, dan nilai akurasi diperoleh dari perhitungan persentase *recovery*, diperoleh sebesar 109,85%. Hasil verifikasi metode molibdenum biru telah memenuhi batas keberterimaan berdasarkan acuan SNI (Standar Nasional Indonesia) dan AOAC (*Association of Analytical Communities*). Berdasarkan hasil pengujian diperoleh konsentrasi fosfat dalam sampel air limbah tambak udang sebesar 1,35 mg/L. Zeolit yang diberi perlakuan mampu menurunkan kadar fosfat sebesar 52,945%, sedangkan zeolit alam hanya mampu menurunkan kadar fosfat sebesar 38,29%.

Kata Kunci :Air limbah tambak udang, metode Molibdenum Biru, Zeolit

ABSTRACT

VERIFICATION OF THE BLUE MOLIBDENUM METHOD IN THE DETERMINATION OF PHOSPHATE CONTENT IN SHRIMP POND WASTE WATER AS THE ADSORPTION TEST OF NATURAL ZEOLITE IN LAMPUNG

By

Merry Yanti

Shrimp pond waste contains phosphate (PO_4^{3-}) which in high concentrations will endanger the aquatic environment. One of the efforts to reduce phosphate levels in shrimp pond wastewater samples is to use the adsorption method by utilizing the absorption capacity of zeolite. Phosphate levels in shrimp pond wastewater samples can be determined using the Blue Molybdenum method. The purpose of this study was to verify the Blue Molybdenum method in determining phosphate levels in shrimp pond wastewater with parameters of linearity, precision, accuracy, limit of detection and limit of quantitation. Phosphate concentration was determined in the range of 0.1-2 mg/L with a correlation coefficient value (r) obtained of 0.9952, with detection limits and quantitation limits of 0.1169 mg/L and 0.3899 mg/L respectively, the precision value based on repeatability is 0.48%, and the accuracy value obtained from calculating the percentage of recoveries is 109.85%. The verification results of the blue molybdenum method have met the acceptance limits based on the SNI (Indonesian National Standard) and AOAC (Association of Analytical Communities) references. Based on the test results, the concentration of phosphate in the shrimp pond wastewater samples was 1.35 mg/L. The treated zeolite was able to reduce phosphate levels by 52.945% while natural zeolite was only able to reduce phosphate levels by 38.29%.

Keywords : Shrimp pond wastewater, Blue Molybdenum method, Zeolite

**VERIFIKASI METODE MOLIBDENUM BIRU DALAM PENENTUAN
KADAR FOSFAT PADA AIR LIMBAH TAMBAK UDANG SEBAGAI UJI
ADSORPSI ZEOLIT ALAM LAMPUNG**

Oleh

Merry Yanti

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 : **VERIFIKASI METODE MOLIBDENUM BIRU
DALAM PENENTUAN KADAR FOSFAT PADA
AIR LIMBAH TAMBAK UDANG SEBAGAI UJI
ADSORPSI ZEOLIT ALAM LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Merry Yanti**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1717011092**

Program Studi : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. **Komisi Pembimbing**

Dr. Eng Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si
NIP. 19770713 200912 2 002

Prof. Andi Setiawan, Ph.D.
NIP. 19580922 198811 1 001

2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA**

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

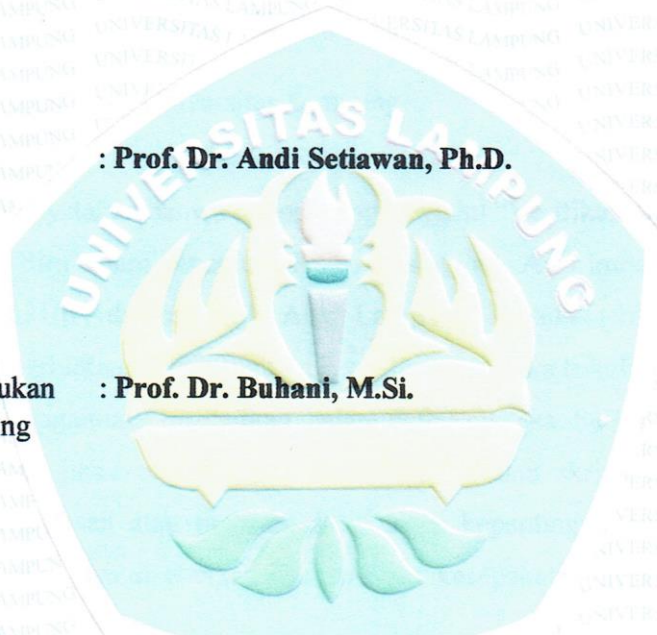
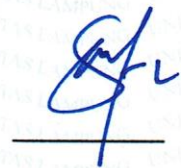
Ketua : Dr. Eng Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si



Sekretaris : Prof. Dr. Andi Setiawan, Ph.D.



Penguji Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Buhani, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Supto Dwi Yuwono, M.T.

NIP 197407052000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 24 Januari 2023

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Merry Yanti

NPM : 1717011092

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Verifikasi Metode Molibdenum Biru dalam Penentuan Kadar Fosfat Pada Air Limbah Tambak Udang sebagai Uji Adsorpsi Zeolit Alam Lampung” ini tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dicantumkan dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

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

Bandar Lampung, 24 Januari 2023

Yang menyatakan,



Merry Yanti

NPM 1717011092

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Merry Yanti lahir di 29 Banjarsari pada 10 Agustus 1999. Penulis merupakan anak Kelima dari Sembilan bersaudara dari pasangan Bapak Pahrudin dan Ibu Ismawati.

Penulis menyelesaikan jenjang pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Metro Utara yang diselesaikan pada tahun 2011. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama diselesaikan pada tahun 2014 di MTS Muhammadiyah Metro dan Sekolah Menengah Atas di SMA Muhammadiyah 1 Metro pada tahun 2014-2017. Pada tahun 2017, penulis diterima di Jurusan S1 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP). Penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Universitas Lampung sebagai Kader Muda Himaki (KAMI) pada periode 2018/2019 dan anggota Biro Usaha Mandiri (BUM) pada periode 2019/2020. Penulis pernah menjabat sebagai panitia Koordinator Acara Karya Wisata Ilmiah di Lampung Timur pada Tahun 2020. Pada bulan Februari 2020, penulis telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) yang berjudul “**TEKNIK KULTUR MIKROALGA KOPEPODA (OITHONA sp.) Skala Intermediet**” di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung.

Motto

Sebaik baik manusia adalah manusia yang paling bermanfaat bagi orang lain.

(Q.S. Al-Isra' : 7)

"janganlah engkau bersedih, sesungguhnya Allah SWT bersama kita."

(Q.S. Al-Baqarah: 286)

One day the word "Soon" will be replaced by "Finally"

(Gabriella Margareth)

"Boleh jadi kamu membenci sesuatu namun ia amat baik bagimu dan boleh jadi engkau mencintai sesuatu namun ia amat buruk bagimu, Allah Maha Mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui."

(Q.S. Al Baqarah: 216)

"Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya." (Q.S. Al-Baqarah: 286)

Dan Bersabarlah. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar."

(Q.S. Al Anfaal:46)

"Jadilah terbaik di mata Allah SWT. Jadilah terburuk di mata sendiri.

Jadilah sederhana diantara manusia" (Ali bin Abi Thalib)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

Alhamdulillah Puji Syukur kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan nikmat, Kesehatan dan Kesempatan,serta Shalawat beriring salam semoga selalu Tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya ini sebagai wujud Cinta, Bakti dan Tanggung jawabku kepada:

Kedua Orang tuaku Tercinta yang selalu memberikan Do'a, Dukungan,Cinta Serta Kasih sayang, sehingga dapat menyelesaikan karya ini dengan baik.

Kakak-kakak dan adik-adikku yang selalu memberikan dukungan,semangat, dan do'a untukku.

Dengan segala rasa hormat kepada Dr.Eng. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, S.Si. M.Si, bapak Prof. Dr. Andi Setiawan Ph.D, dan Prof. Dr. Buhani, M.si.

Pembimbing penelitianku yang selalu membimbingku, memberikan nasihat, taklupa kesabaran dalam membimbing selamaini.

Semua Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmu, membimbing, dan membagikan pengalaman kepada penulis selama menempuh pendidikan.

Keluarga Besar Chemistry 2017 yang selama ini mengajarkan arti Kekeluargaan, Kebersamaan dan Solidaritas.

Serta

Almamaterku Tercinta

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “**VERIFIKASI METODE MOLIBDENUM BIRU DALAM PENENTUAN KADAR FOSFAT PADA AIR LIMBAH TAMBAK UDANG SEBAGAI UJI ADSORPSI ZEOLIT ALAM LAMPUNG**”. Skripsi ini adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya bimbingan, dorongan, nasihat serta bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua yang saya cintai, Bapak Pahrudin dan Ibu Ismawati atas kasih sayang yang telah diberikan selama ini serta segala doa nasihat, motivasi dan dukungan finansial, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT membalas atas segala yang telah diberikan dengan Jannah-Nya, Aamiin.
2. Ibu Dr. Eng Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si selaku Pembimbing 1 penelitian atas segala bimbingan, dukungan, nasihat, motivasi, keikhlasan, kesabaran, dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Prof. Dr. Andi Setiawan, Ph.D. selaku pembimbing II penelitian atas semua kritik, saran, bimbingan serta motivasi dan nasihat yang selalu diberikan dengan kesabaran dan keikhlasan kepada penulis selama penelitian.
4. Ibu Prof. Dr. Buhani, M.Si. selaku pembahas penelitian yang telah memberikan kritik, saran, dan nasihat kepada penulis sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.

5. Ibu Dr. Ilim, M.Si. selaku pembimbing akademik atas segala bimbingan, semangat, masukan, motivasi dan saran selama perkuliahan
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung
7. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila
8. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Unila.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung atas seluruh ilmu, motivasi, dan pengalamannya yang telah diberikan kepada penulis selama menjalankan pendidikan di kampus. Semoga ilmu yang diberikan bermanfaat dan Allah SWT balas semua kebaikan bapak dan ibu dengan pahala yang berlimpah.
10. Seluruh staf administrasi dan pegawai di lingkungan Jurusan Kimia, Dekanat FMIPA, serta Universitas Lampung yang senantiasa membantu dalam sistem akademik, perkuliahan, penelitian, serta penyusunan skripsi dapat terselesaikan dengan baik.
11. Keluargaku tersayang, Kakak saya Agus, Rizal, ayuk saya Deffi, Ciyaa, adik-adik saya Lisa, Erik, Indah, Tommy, kakak dan mba ipar saya, Hadi, Galuh, mba Ulvi dan mba Wela dan keponakanku Candra, Qinara, Hafiz, Athala, Zea dan Shaka yang saya cintai, yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada saya..
12. Teman-temanku satu penelitian Lia Madyo Ratri, S.Si., Ritta Pratiwi Widya Sari, S.Si., dan Gisti Kusuma Rani, S.Si., yang selalu berantem dan santai tetapi selalu memberikan semangat, kesal, marah, dan *moodbooster* kepada penulis, See You when I See You!.

13. Teman, kakak dan adik-adik dalam grup NGRJ Research Team yang sudah menambahkan keceriaan dan kebersamaan selama ini, semoga kalian sehat selalu dan semangat melanjutkan penelitian sampai selesai.
14. Teman-teman 2017, kakak tingkat 2015-1016, beserta adik-adik angkatan 2018-2020 yang tidak bisa saya sebutkan. Terimakasih atas persaudaraan dan kekeluargaan kita selama ini, semoga kita semua menjadi orang-orang sukses dan teman-teman sekalian lekas menyelesaikan pendidikan.
15. Sahabat-sahabat baikku Eroh Muhayaroh S.Si, Mia Saputri Krisentiana S.Si, Nurbaiti S.Si, Innama Trina S.Si, Melanda Rosa S.E, Arya Sanda S.Si, Rusidy Iskandar S.Si, Jeremia Christian S.Si, Siti Aisah S.Si, dan Noura Lidya Utami S.Si yang telah memberikan semangat, dan membantu dikala kesusahan dan kebingungan dalam menyelesaikan perkuliahan ini. See You on Top!
16. Sahabat-sahabat baikku “**Tim Hore**” Fera, Yayas, Aul, Fiska, Dimas, Irfan, Redi, Fajar, Rohmadi dan Habib yang telah memberikan semangat dan motivasi bagi penulis, semangat terus kedepannya semoga persahabatan till janah, laffy you guys.
17. Teruntuk NPM 1704040122 terimakasih untuk keceriaan dan kebersamaan selama ini, memberikan semangat, kesal, marah, dan *moodbooster* kepada penulis, See You when I See You!.
18. Teman teman Lab LTSIT, mba Rosy, mba Nafila, kak Fendi, Rizky, Mega, Lanang, Iacun yang telah banyak membantu dikala kesusahan dan kebingungan, bagi penulis, semoga kalian diberikan kesuksesan.
19. “**Kimia Kelas C 2017**” yang telah kebersamai dalam proses perkuliahan. Semoga Allah SWT. Melancarkan urusan kita semua. Aamiin
20. Teman-teman seperjuangan ,Keluarga Besar “**Chemistry 2017**” , atas kebersamaannya dari awal pertemuan sebagai mahasiswa sampai sekarang dan bahkan sampai masadepan. Semoga Allah SWT memberkahi dan

meridhoi kita selama menjalankan pendidikan di kampus, dan semoga kita dapat mengaplikasikan ilmu yang telah didapat dalam berbagai bidang kehidupan yang akan ditekuni selanjutnya, Aamiin.Chemistry
17!!!!,Kolaborasi Karya Luar Biasa!!!!

21. Teman-temanku Main, Jalan-jalan, dan belanja Bila, Agung, Dhona, Sylvia Urbacb, Kak Mayong, Ayep, Conglus, Ateng, Cyntia, Teteh Widya, Andini, mba Indah, Wahyuni, Novia, Farhan, dan lainnya yang selalu berkontak menanyakan kabar dan selalu mangajak untuk hiling.Terimakasih banget guys! Semoga seterusnya seperti ini.
22. Almamaterku tercinta serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu, terimakasih atas segala bantuan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dan menyelesaikan studi sebagai mahasiswa S1 Kimia.

Akhir kata, Penulis memohon maaf kepada semua pihak apabila skripsi ini masih terdapat kesalahan dan kurang dari kesempurnaan.Penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 24 Januari 2023
Penulis

Merry Yanti

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	i
DAFTAR TABEL	i
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1 Tujuan Penelitian	3
1.2 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Air Limbah Tambak Udang	4
2.2 Metode Analisis Fosfat	5
2.3 Verifikasi Metode	6
2.3.1 Ketepatan (Akurasi)	6
2.3.2 Presisi (Ketelitian)	6
2.3.3 Limit Deteksi	7
2.3.4 Linieritas	7
2.4 Spektrofotometri Ultraviolet-Visibel (UV-Vis)	8
2.5 Zeolit	11
2.5.1 Zeolit Alam	13
2.5.2 Zeolit Sintetis	13
2.6 SEM-EDX	15
2.7 Analisis Luas Permukaan Metode Adsorpsi <i>Methylen Blue</i>	16
2.8 Metode Adsorpsi	17

III.	METODE PENELITIAN.....	17
	3.1 Waktu dan Tempat.....	17
	3.2 Bahan dan Alat.....	17
	3.3 Prosedur Penelitian	18
	3.3.1 Analisis Kadar Fosfat pada Air Limbah Tambak Udang	18
	3.3.2 Pembuatan larutan Standar KH_2PO_4	19
	3.3.3 Verifikasi Metode	19
	3.3.4 Perlakuan Zeolit	20
	3.3.5 Analisis Kadar Fosfat pada Air Limbah Tambak Udang	21
	3.3.6 Analisis Luas Permukaan Metode Adsorpsi <i>Methylen Blue</i>	21
	3.3.7 Uji Adsorpsi Air Limbah Tambak Udang	21
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	22
	4.1 Verifikasi Metode	22
	4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	22
	4.1.2 Linieritas	23
	4.1.3 Presisi.....	24
	4.1.4 Limit Deteksi.....	25
	4.1.5 Akurasi.....	26
	4.2 Konsentrasi Fosfat Pada Air Limbah Tambak Udang	27
	4.3 Karakterisasi Zeolit	27
	4.4 SEM-EDX	29
	4.5 Analisis Luas Permukaan Metode Adsorpsi <i>Methylen Blue</i>	33
	4.6 Uji Adsorpsi Air Limbah Tambak Udang.....	33
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	35
	5.1 Simpulan.....	35
	5.2 Saran.....	35
	DAFTAR PUSTAKA	36
	LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gabungan struktur primer menjadi struktur sekunder zeolit.	12
2. Struktur 3 dimensi zeolit.....	12
3. Karakterisasi SEM dari zeolit alam.....	16
4. Spektrum Fosfat tanpa molibdenum-biru.	22
5. Spektrum fosfat dengan molibdenum-biru.	23
6. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Fosfat	24
7. Perlakuan zeolit.....	28
8. Perendaman zeolit dengan HCl.	28
9. Zeolit alam sebelum dan setelah diberi perlakuan.	29
10. Analisis SEM zeolit alam.....	30
11. Hasil Uji EDX Pada Zeolit Alam sebelum diberi perlakuan	31
12. Hasil Uji EDX Pada Zeolit Alam sesudah diberi perlakuan.....	32
13. Grafik penyerapan Fosfat pada Zeolit Alam sebelum dan setelah diberi perlakuan.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Panjang gelombang dan warna yang diadsorpsi.....	10
2. Komposisi Kimia Zeolit Alam	13
3. Jenis Zeolit Sintetis.....	14
4. Hasil Presisi.....	25
5. Hasil akurasi sampel air limbah tambak udang.....	26
6. Penentuan Konsentrasi Fosfat	27
7. Persamaan Regresi Linier	51
8. Nilai absorbansi air limbah tambak udang.....	52
9. Data Perhitungan SD dan RSD Sampel Air Limbah Tambak Udang	53
10. Data Hasil Perhitungan %Recovery	55
11. Hasil Analisis Penyerapan.....	56

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki garis pantai yang sampai saat ini pemanfaatannya belum optimal ataupun belum efektif bila dibanding dengan negara lain. Terkait dengan pemanfaatan garis pantai untuk bidang akuakultur seperti budidaya udang masih relatif rendah (Laila dkk., 2021). Kegiatan budidaya udang telah dilakukan di beberapa tempat di Indonesia, namun dalam proses pengembangannya petambak tradisional masih menemui banyak kendala, salah satu kendala yang sering dihadapi petambak udang adalah menurunnya produktivitas tambak. Menurut Syah *et al.*, (2017), permasalahan utama pada air limbah tambak super intensif adalah banyaknya partikel bahan organik yang terkandung seperti; feses udang dan pakan yang tidak termakan. Djumanto *et al.*, (2018) menyatakan sisa pakan yang mengendap ke dasar perairan akan mengalami proses penguraian (dekomposisi) menghasilkan nitrat, nitrit, amonia, karbon dioksida, hidrogen sulfida dan fosfat.

Senyawa fosfat merupakan salah satu senyawa anorganik yang terdapat pada air limbah tambak udang. Senyawa fosfat terdapat dalam air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik (Ugroseno dkk., 2019). Kelebihan nilai fosfat dalam badan perairan dapat memicu terjadinya ledakan pertumbuhan alga (algae bloom) dan menyebabkan eutrofikasi. Apabila kondisinya sudah parah, kualitas air akan menurun dan air berubah menjadi keruh, hal ini jika berlangsung lama akan mengganggu kehidupan pertumbuhan udang dan dapat mematikan udang (Rustadi, 2009).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk pengurangan kadar zat-zat berbahaya seperti fosfat dapat dilakukan dengan menggunakan metode adsorpsi. Adsorpsi fosfat dapat dilakukan dengan memanfaatkan daya serap adsorben seperti; karbon aktif, alumunium aktif, atau zeolit (Krisi, 2013). Pada penelitian ini zeolit dipilih sebagai adsorben selain karena mudah ditemukan, zeolit juga memiliki bentuk kristal yang sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah, sehingga menyebabkan struktur berpori pada zeolit cukup luas dan menjadikan nya sangat baik digunakan sebagai adsorben (Hamdan, 1992). Hasil kajian terkait pengurangan kadar fosfat menggunakan adsorben zeolit pernah dilakukan oleh Fatimah dkk., (2021) dengan persentase fosfat yang terjerap sebesar 85,3 %.

Kandungan fosfat dalam perairan dapat dianalisis dengan menggunakan beberapa uji diantaranya; metode kromatografi ion dan metode spektrofotometer UV-Vis (Ngibad, 2019). Pada penelitian ini dilakukan analisis kandungan fosfat dengan menggunakan metode spektrofotometer UV-Vis secara molibdenum-biru yang mengacu pada analisis metode baku SNI 06-6989-31-2005. Pemilihan metode ini diantaranya karena metode ini dinilai mudah untuk dilakukan, murah, cepat dan memiliki selektifitas dan sensitifitas tinggi (Kristianingrum, 2014).

Suatu metode dapat dikatakan telah memenuhi persyaratan apabila telah dilakukan kegiatan verifikasi terlebih dahulu (Harmita, 2004). Verifikasi metode merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan di dalam laboratorium, sebagai standar eksperimental tes yang menghasilkan data dengan tujuan untuk memastikan bahwa metode yang digunakan dalam suatu penelitian memenuhi persyaratan, sehingga dapat dinyatakan bahwa data yang diperoleh selama penelitian merupakan hasil yang baik dan dapat dipercaya (Riyanto, 2014). Parameter verifikasi metode pada penelitian ini meliputi linieritas, presisi, akurasi, *limit of detection* (LoD), dan *limit of quantitation* (LoQ).

1.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan verifikasi metode pengukuran kadar fosfat pada air limbah tambak udang menggunakan metode molibdenum-biru dengan parameter yang meliputi linieritas, presisi, akurasi, *limit of detection* (LoD), dan *limit of quantitation* (LoQ).
2. Menggunakan metode yang telah diverifikasi untuk menganalisis kadar fosfat pada air limbah tambak udang dengan metode adsorpsi menggunakan zeolit alam sebelum dan sesudah diberi perlakuan.

1.2 Manfaat Penelitian

Selain sebagai informasi pengetahuan ilmiah, adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendukung program dan kegiatan dalam menjaga ekosistem laut.
2. Mengontrol kualitas air tambak udang agar tetap terjaga.

II. TINJAUAN PUSTAKA

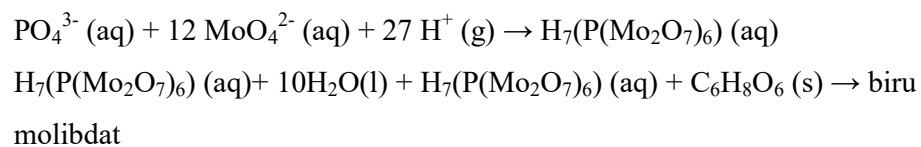
2.1 Air Limbah Tambak Udang

Air limbah adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, kegiatan tambak, industri dan tempat-tempat umum lainnya dan biasanya mengandung bahan-bahan atau zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan (Chandra, 2006). Salah satu limbah yang menurunkan kualitas badan perairan di daerah pesisir adalah limbah tambak udang. Limbah tambak udang adalah cairan buangan yang berasal dari kolam yang dibangun di daerah pasang surut yang digunakan untuk memelihara udang. Limbah tambak udang mengandung banyak partikel organik seperti; feses udang, dan sisa pakan yang mengendap di dasar tambak. Pakan yang diberikan kepada udang tidak semuanya dikonsumsi oleh udang. Djumanto *et al.*, (2018) menyatakan bahwa pakan yang diberikan kepada udang akan memunculkan beban limbah organik diperairan dalam bentuk sisa pakan yang tidak termakan. Bahan organik yang mengendap di dasar tambak merupakan sumber nitrogen dalam diantaranya bentuk nitrat (NO_3) dan sumber fosfor dalam bentuk ortofosfat (PO_4) (Ngibad, 2019).

Menurut Utomo dkk., (2018), jumlah nitrat dan fosfat yang berlebih dalam perairan menandakan bahwa suatu perairan telah tercemar. Peningkatan senyawa nitrat dan fosfat akan meningkatkan kesuburan perairan yang akan berdampak pada terganggunya kondisi ekosistem perairan. Keberadaan senyawa fosfat dalam air sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan dan berbahaya terhadap ekosistem biota laut, selain dapat merusak kelangsungan hidup biota laut, kelebihan nilai fosfat dalam badan perairan dapat memicu terjadinya eutrofikasi (Karil dkk., 2015).

2.2 Metode Analisis Fosfat

Fosfat merupakan senyawa kimia dalam bentuk ion yang dapat menurunkan kualitas perairan dan membahayakan kehidupan makhluk hidup. Bentuk fosfat dalam perairan adalah ortofosfat. Kandungan fosfat dalam perairan pada umumnya berasal dari pupuk pada pertanian, budidaya perikanan, kotoran manusia, hewan, industri dan rumah tangga (Green, 2018). Pengukuran kuantitatif kadar fosfat secara spektrofotometri UV-Visibel menggunakan pereaksi pewarna P untuk penentuan fosfat, yang terdiri dari campuran larutan amonium molibdat, asam sulfat pekat, kalium antimonil tartrat, dan asam askorbat. Ortofosfat dalam suasana asam membentuk kompleks fosfomolibdenum yang berwarna kuning dengan molibdat. Asam askorbat berperan sebagai agen pereduksi yang berfungsi untuk mereduksi Kompleks fosfomolibdat sehingga intensitas warna biru terbentuk. Hal ini bertujuan agar absorbansinya dapat diukur, Senyawa antimonil tartrat digunakan untuk melengkapi reaksi kompleks fosfomolibdenum kuning menjadi kompleks fosfomolibdat berwarna biru. Antimonil tartrat meningkatkan intensitas warna biru dan menyebabkan pengukuran absorbansi yang lebih sensitif. Reaksi yang terbentuk dijabarkan di bawah ini (Walinga, 1995):



Metode asam askorbat dapat digunakan untuk penetapan bentuk-bentuk fosfat tertentu di dalam air minum, air permukaan, air payau, air limbah rumah tangga dan limbah industri. Cara uji ini digunakan untuk penentuan kadar fosfat yang terdapat dalam air/air limbah antara 0,01-1,0 mg/L PO_4^{3-} menggunakan metode asam askorbat dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 600 - 880 nm (Rukaesih, 2004).

2.3 Verifikasi Metode

Verifikasi metode analisis dikenal sebagai suatu prosedur yang digunakan untuk membuktikan bahwa metode analisis tersebut dapat memberikan hasil seperti yang terpercaya dan akurat (Mulja dan Suharman, 1995). Verifikasi dilakukan untuk melihat pengaruh dari kondisi peralatan yang digunakan, pereaksi dan personil yang melakukan pemeriksaan. Parameter verifikasi yang ditetapkan dalam analisis kuantitatif meliputi linieritas, limit deteksi (LoD) dan limit kuantitasi (LoQ), ketelitian (presisi), dan ketepatan (akurasi) (UNODC, 2009).

2.3.1 Ketepatan (Akurasi)

Akurasi sebagai salah satu parameter verifikasi metode yang digunakan untuk melihat kedekatan hasil pengukuran analit dalam sampel yang diperoleh dari suatu metode (hasil percobaan dibandingkan kadar analit yang sebenarnya). Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*) analit yang ditambahkan (AOAC, 2012). Rumus mencari akurasi adalah sebagai berikut :

$$\% Recovery = \left(\frac{C_{\text{samp spike}} - C_{\text{sampel blanko}}}{\text{Kadar yang ditambahkan}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

atau,

$$\% Recovery = \frac{\text{kadar yang diperoleh}}{\text{konsentrasi teoritis}} \times 100 \% \quad (2)$$

2.3.2 Presisi (Ketelitian)

Presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen. Presisi diukur sebagai simpangan baku (SD) dan simpangan baku relatif (koefisien variasi), dimana presisi yang baik ditunjukkan dengan RSD di bawah 2% (Harmita, 2004). Standar deviasi (SD) dan simpangan baku relatif (RSD) dapat dihitung dengan rumus:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

SD : Standar deviasi

RSD : Simpangan baku relatif

x : Kadar sampel yang diperoleh

\bar{x} : Kadar rata-rata

n : Jumlah pengulangan analisis (Kumalasari dkk., 2017).

2.3.3 Limit Deteksi

limit of detection (LoD), didefinisikan sebagai konsentrasi analit terendah yang masih dapat dideteksi, sedangkan *limit of quantitation* (LoQ). didefinisikan sebagai jumlah konsentrasi terendah sampel yang dapat ditentukan dengan presisi dan akurasi pada kondisi analisis yang digunakan (Yuwono *and* Indrayanto, 2005). LoD dan LoQ dapat dihitung dengan rumus:

$$LoD = \frac{3 \times SD}{b} \quad (5)$$

$$LoQ = \frac{10 \times SD}{b} \quad (6)$$

LoD dan LoQ dapat dihitung melalui garis regresi linier dari kurva kalibrasi. Nilai b adalah arah garis pada persamaan garis linier $y = bx + a$, sedangkan SD adalah standar deviasi.

2.3.4 Linieritas

Linieritas merupakan kemampuan suatu metode analisis yang akan memberikan respon yang memadai terhadap konsentrasi suatu analit yang terkandung dalam contoh sampel pada kisaran yang ada (Riyanto, 2014). Uji linieritas ini dipraktikkan untuk mengetahui kapasitas dari standar untuk mendeteksi sejumlah analit dalam sampel. Penentuan linieritas dalam praktek digunakan satu seri

larutan yang berbeda konsentrasinya antara 50 – 150% kadar analit dalam sampel. Di dalam pustaka sering ditemukan rentang konsentrasi yang digunakan antara 0 – 200%. Jumlah sampel yang dianalisa sekurang-kurangnya delapan buah sampel blanko. Sebagai parameter adanya hubungan linier digunakan koefisien korelasi r pada analisis regresi linier pada rumus :

$$y = a + bx \quad (7)$$

Keterangan:

y : absorbansi sampel

a : intersep

b : slope

x : konsentrasi sampel (Harmita, 2004).

Cara memperoleh nilai a dan b digunakan metode kuadrat terkecil:

$$a = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i)^2 - (\sum x_i)(\sum y_i)}{N(\sum x_i^2) - (\sum y_i^2)} \quad (8)$$

$$b = \frac{N(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{N(\sum x_i^2) - (\sum y_i^2)} \quad (9)$$

Linieritas ditentukan berdasarkan nilai koefisien (r) yaitu:

$$r = \frac{N(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{[(N(\sum x^2) - (\sum x)^2)(N(\sum y^2) - (\sum y)^2)]^{1/2}} \quad (10)$$

Hubungan linier yang ideal dicapai jika nilai $b = 0$ dan $r = +1$ atau -1 bergantung pada arah garis, sedangkan nilai a menunjukkan kepekaan analisis terutama instrumen yang digunakan.

2.4 Spektrofotometri Ultraviolet-Visibel (UV-Vis)

Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu teknik analisis spektroskopi yang menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat pada panjang

gelombang (190-380) dan sinar tampak pada panjang gelombang (380-800) dengan memakai instrumen spektrofotometer (Mulja dan Suharman, 1995).

Prinsip dari UV-Vis didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya, cahaya yang dimaksud berupa ultraviolet (UV) dan cahaya visible (Vis), sedangkan materi dapat berupa atom dan molekul yang lebih berperan adalah elektron valensi. Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu metode dalam suatu analisis kimia yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometri UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif (Rohman & Sumantri, 2007).

Spektrofotometer akan menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi yang ditransmisikan adalah fungsi dari panjang gelombang (Khopkar, 2003). Senyawa fosfat dapat dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis, hal ini didasarkan pada sampel yang akan diserap oleh radiasi (pancaran) elektromagnetik, dimana panjang gelombangnya dapat terlihat, sehingga senyawa fosfat dapat diketahui pada pengukuran absorbansi dan transmitansi dalam spektroskopis nya (Ida, 2009).

Panjang gelombang dan warna yang diadsorpsi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Panjang gelombang dan warna yang diadsorpsi

Panjang Gelombang (nm)	Warna yang diadsorpsi	Warna tertransmisi (komplemen)
400 – 435	Violet	Hijau-kuning
435 – 480	Biru	Kuning
480 – 490	Biru-Hijau	Jingga
490 – 500	Hijau-Biru	Merah
500 – 560	Hijau	Ungu
560 – 580	Hijau-Kuning	Violet
580 – 595	Kuning	Biru
595 – 650	Jingga	Biru-Hijau
610 – 800	Merah	Hijau kebiruan

(Underwood, 2002).

Hukum Lambert-Beer menyatakan bahwa intensitas yang diteruskan oleh larutan zat penyerap berbanding lurus dengan konsentrasi larutan (Shita, 2016). Hukum Lambert-Beer tersebut dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut (Rohman, 2012) :

$$A = a \cdot b \cdot c$$

Keterangan:

A = Absorbansi

a = Absorbansi molar

b = Tebal kuvet (cm)

c = Konsentrasi

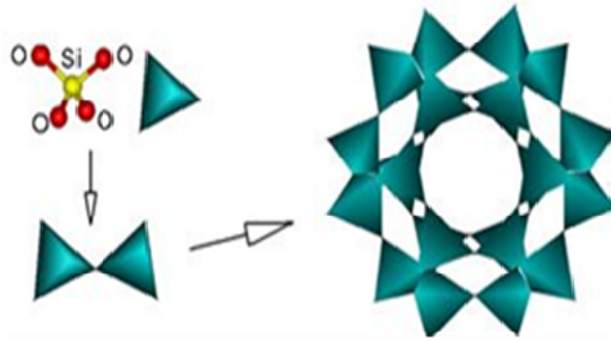
Menurut Khopkar (2003) instrumen spektrofotometri Uv-Vis antara lain terdiri dari: sumber cahaya, monokromator, wadah sampel (kuvet), detektor, dan visual

display atau recorder. Prinsip kerja spektrofotometri UV-Vis adalah cahaya yang berasal dari lampu deuterium maupun wolfram yang bersifat polikromatis diteruskan melalui lensa menuju ke monokromator dan filter cahaya pada fotometer. Monokromator mengubah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis (tunggal). Berkas berkas cahaya dengan panjang tertentu kemudian diteruskan pada sampel yang mengandung suatu zat dalam konsentrasi tertentu. Oleh karena itu, terdapat cahaya yang diserap (diabsorpsi) dan ada cahaya yang dilewatkan. Cahaya yang dilewatkan diterima oleh detektor (Triyati, 1985).

2.5 Zeolit

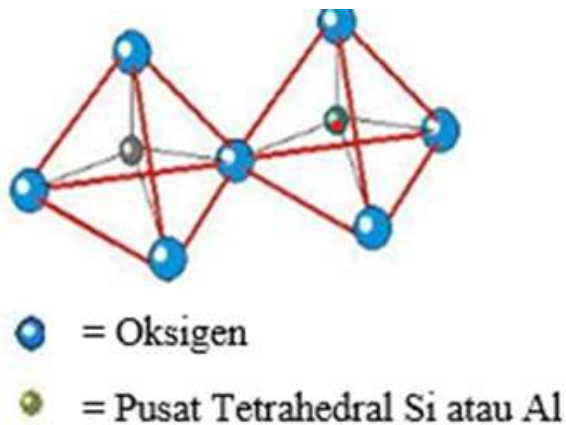
Zeolit merupakan kelompok material aluminosilikat yang memiliki pori berukuran kurang dari 2 nm dan terdiri dari susunan unit tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ dan $[\text{AlO}_4]^{-5}$ yang saling berhubungan (Xu *et al.*, 2007; Corma *et al.*, 2013; Kadja dkk., 2013; Pan *et al.*, 2014). Ikatan antar tetrahedral terbentuk dengan pemakaian bersama satu atom oksigen oleh dua tetrahedral sehingga setiap tetrahedral akan berikatan dengan 4 tetrahedral lainnya. Polimer yang terbentuk adalah jaringan tetrahedral tiga dimensi berupa kristal–kristal yang di dalamnya terdapat saluran–saluran pori dan rongga–rongga yang tersusun secara beraturan (Fatimah dkk., 2021).

Struktur kristal zeolit biasanya terdiri atas unit bangunan utama (PBU) dan unit bangunan sekunder (SBU). Struktur unit bangunan utama zeolit terdiri atas silika dan alumina dalam bentuk geometri tetrahedral. Struktur unit tetrahedral bangunan utama digabungkan dengan oksigen yang berdekatan dan membentuk susunan spasial geometri sederhana yaitu struktur zeolit unit sekunder (SBU). Struktur unit sekunder zeolit memiliki bentuk berupa cincin tunggal, cincin ganda, polihedral atau unit yang lebih kompleks yang dihubungkan bersama untuk menghasilkan suatu struktur zeolit, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Gabungan struktur primer menjadi struktur sekunder zeolit (Moshoeshoe *et al.*, 2017).

Kemampuan zeolit mengadsorpsi sangat bergantung pada rasio Si/Al. Rasio Si/Al rendah, zeolit bersifat hydrophilic mempunyai afinitas tinggi terhadap air dan senyawa polar lainnya. Sebaliknya jika rasio Si/Al tinggi, maka zeolit bersifat hydrophobic dan mengadsorpsi senyawa non-polar (Yuliusman dkk., 2013). Zeolit memiliki struktur 3 dimensi polihedral yang terbentuk dari jaringan dan terhubung pada satu sudut oleh atom oksigen, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Struktur 3 dimensi zeolit (Fatimah dan Karna, 2005).

2.5.1 Zeolit Alam

Zeolit alam yaitu zeolit yang diperoleh dari endapan di alam dengan komposisi yang berbeda, terutama dalam nisbah Si/Al dan jenis logam yang menjadi komponen minor. Komposisi kimia zeolit alam tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat, dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Zeolit alam memiliki harga yang jauh lebih murah daripada zeolit sintesis. Namun zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg, dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit (Lestari, 2010). Adapun komposisi zeolit alam terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia Zeolit Alam

Komposisi	% berat
SiO ₂	78,83
Al ₂ O ₃	12,50
Fe ₂ O ₃	1,50
K ₂ O	2,27
NaO	1,07
MgO	1,95
CuO	2,14

(Amelia, 2003).

2.5.2 Zeolit Sintetis

Zeolit sintetis adalah zeolit yang dibuat secara rekayasa dengan sedemikian rupa sehingga didapatkan karakter yang lebih baik dari zeolit alam. Prinsip dasar produksi zeolit sintetis adalah komponennya yang terdiri dari silika dan alumina, sehingga dapat disintesis dari berbagai bahan baku yang mengandung kedua komponen diatas. Komponen minor dalam zeolit juga dapat ditambahkan dengan mudah menggunakan senyawa murni, sehingga zeolit sintetis memiliki komposisi

yang tetap dengan tingkat kemurnian yang tinggi (Georgiev *et al.*, 2009). Zeolit sintetis hanya mengandung kation-kation K^+ dan Na^+ (Cundy and Cox, 2003). Umumnya zeolit sintetis lebih banyak aplikasinya karena struktur dan sifatnya yang dapat direkayasa, hingga saat ini telah ditemukan lebih dari 200 jenis zeolit sintetis. Ukuran pori yang zeolit sintesis bervariasi dari 0,3 – 1,5 nm bergantung pada jenis kerangkanya (Baerlocher *et al.*, 2007). Berdasarkan perkembangan penelitian, beragam jenis zeolit sintetis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis Zeolit Sintetis

Jenis Zeolit	Rumus Oksida
Zeolit A	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$
Zeolit H	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$
Zeolit L	$(K_2Na_2)O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 5H_2O$
Zeolit N-A	$(Na, TMA)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4,8SiO_2 \cdot 7H_2O$ TMA- $(CH_3)^{4N+}$
Zeolit O	$(Na, TMA)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 7SiO_2 \cdot 3,5H_2O$ TMA- $(CH_3)^{4N+}$
Zeolit P	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2,5SiO_2 \cdot 5H_2O$
Zeolit X	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2,5SiO_2 \cdot 6H_2O$
Zeolit Y	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4,8SiO_2 \cdot 8,9H_2O$
Zeolit ZK-4	$0,84Na_2O \cdot 0,15(TMA) 2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3,3SiO_2 \cdot 6H_2O$
Zeolit ZK-5	$(R, Na_2)O \cdot Al_2O_3 \cdot 4-6SiO_2 \cdot 6H_2O$
Zeolit Ω	$(Na, TMA) 2O \cdot Al_2O_3 \cdot 7SiO_2 \cdot 5H_2O$ TMA- $(CH_3)^{4N+}$

(Georgiev *et al.*, 2009).

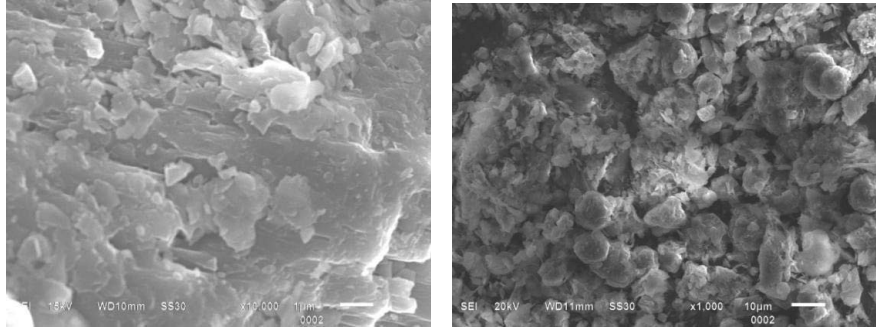
Zeolit dengan kualitas yang baik diperoleh dengan proses tertentu agar dapat diaplikasikan sesuai fungsinya. Cara yang digunakan untuk menaikkan kualitas zeolit biasanya dilakukan melalui proses pengolahan dan aktivasi, baik dengan cara pemanasan, penambahan asam atau basa, maupun pelapisan dengan senyawa kimia tertentu. Menurut Mu'jizah (2010), aktivasi mampu mendorong keluar pengotor yang masih berada di dalam pori.

Aktivasi secara fisis berupa pemanasan zeolit dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Aktivasi dengan pemanasan ini sering juga dikenal dengan kalsinasi. Aktivasi secara kimiawi dilakukan dengan asam atau basa, dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Pereaksi kimia ditambahkan pada zeolit dalam jangka waktu tertentu. Zeolit kemudian dicuci sampai netral dan kemudian dikeringkan. Pengaktifan dengan asam mineral akan melarutkan logam alkali seperti Ca^{2+} , K^+ , Na^+ dan Mg^{2+} yang menutup sebagian rongga pori dan pengaktifan dengan H^+ dalam ruang interlaminar sehingga zeolit lebih porus dan permukaan lebih aktif.

Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan larutan asam klorida atau asam sulfat yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengganggu dan menata kembali letak atom yang dapat dipertukarkan (Atikah, 2017).

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

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan suatu alat karakterisasi yang digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan bahan. Pada SEM dapat diamati karakteristik bentuk, struktur, serta distribusi pori pada permukaan bahan. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi ini dapat dilihat secara langsung pada hasil SEM berupa bentuk tiga dimensi gambar atau foto (Smallman dan Bishop, 2000). Zeolit dapat diidentifikasi morfologi permukaannya dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy). Berikut sebagai contoh hasil analisis SEM pada zeolit alam dan zeolit termodifikasi pada Gambar 3.



Gambar 3. Karakterisasi SEM dari zeolit alam sebelum modifikasi (a) zeolit alam setelah modifikasi (b) (Prasetyo dkk., 2012).

SEM-EDX adalah alat yang dapat digunakan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif elemen yang didasarkan pada analisis spektral radiasi sinar-X. Karakteristik yang dipancarkan dari atom sampel pada iradiasi dengan berkas elektron yang difokuskan dari SEM (Julinawati *et al.*, 2015). SEM-EDX merupakan dua perangkat analisis yang digabungkan menjadi satu panel analitis sehingga mempermudah proses analisis dan efisien. Pada dasarnya SEM-EDX merupakan pengembangan SEM. Analisa SEM-EDX dilakukan untuk memperoleh gambaran permukaan atau fitur material dengan resolusi yang sangat tinggi hingga memperoleh suatu tampilan dari permukaan sampel yang kemudian di komputasikan dengan software untuk menganalisis komponen materialnya baik dari kuantitatif maupun kualitatif.

2.7 Analisis Luas Permukaan Metode Adsorpsi *Methylen Blue*

Salah satu karakter lain yang dimiliki zeolit sehingga dapat digunakan sebagai adsorben adalah luas permukaan. Luas permukaan merupakan parameter yang penting untuk adsorben padat karena sangat menentukan aktivitas adsorben (Istadi, 2011). Luas permukaan zeolit dapat ditentukan berdasarkan adsorpsinya terhadap *methylen blue*. Pengukuran luas permukaan zeolit menggunakan pendekatan luas dari setiap 1 molekul *methylen blue* yang mengisi volume pori zeolit. Luas penutupan oleh 1 molekul *methylen blue* sebesar $197,2 \times 10^{-20} \text{ m}^2$. Sehingga dengan pendekatan ini dapat diketahui luas permukaan zeolit dengan

banyaknya *methylen blue* yang teradsorpsi dalam pori, dimana luas permukaan itu sendiri dibentuk dari banyaknya volume pori yang ada pada zeolit.

Proses adsorpsi terjadi ketika zeolit dicampurkan pada larutan *methylen blue*. Interaksi yang terjadi antara zeolit dan *methylen blue* dipengaruhi karena adanya pertukaran ion antara ion H^+ pada zeolit dengan kation *methylen blue* yang menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatik antara muatan positif *methylen blue* dengan muatan negatif pada kerangka tetrahedral alumina (Simoncic dan Armbruster, 2005). Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama. Maka dapat dikatakan makin besar pori-pori adsorben maka adsorpsi molekul dari larutan akan lebih besar. Banyaknya *methylen blue* yang terjerap oleh setiap gram sampel dapat dihitung dengan rumus persamaan sebagai berikut :

$$X_m = \frac{\text{berat methylen blue terserap}}{\text{berat zeolit yang dipakai}} \quad (11)$$

Berat teradsorpsi maksimum dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = \frac{X_m \cdot N \cdot a}{M_r} \quad (12)$$

2.8 Metode Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Pada adsorpsi ada yang disebut adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008). Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben biasanya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel tersebut. Banyaknya zat yang

teradsorpsi tergantung pada sifat adsorben, tekanan atau konsentrasi gas dan suhu adsorpsi. Sifat adsorben ditentukan oleh bagaimana adsorben tersebut diaktifkan.

Zeolit merupakan salah satu material yang memiliki bentuk kristal sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah dan menjadikan luas permukaan zeolit sangat besar sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben (Suardana, 2008). Zeolit baik sintetis maupun alami, dapat menyerap dalam jumlah yang cukup besar meskipun pada konsentrasi rendah. Pada proses adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Tandy, 2012).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2021 – September 2022, Rangkaian penelitian dan Karakterisasi adsorben menggunakan *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)*, dan analisis kandungan fosfat dengan Spektrofotometri UV-Vis dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT-LTSIT), Universitas Lampung.

3.2 Bahan dan Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas, pipet tetes, erlenmeyer, spatula, kertas saring, oven MARMERT UN 55, neraca analitik WIGGEN HAUSER JD 300-3, SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-Ray*) ZEIS EVO MA 10, dan Spektrofotometer UV-Vis CARY 100 Conc.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam yang diperoleh dari daerah Katibung, Kecamatan Campang Tiga, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Air limbah tambak udang diperoleh dari Desa Sriminosari, Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur. Bahan-bahan lain yang digunakan yaitu aquades, asam klorida HCl (3 M), aluminium klorida heksahidrat $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,2 M), kalium dihydrogen fosfat (KH_2PO_4), larutan asam sulfat (H_2SO_4), ammonium molibdat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), kalium antimonil tartart $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, larutan asam askrobat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), dan indikator fenolfetalein.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Analisis Kadar Fosfat pada Air Limbah Tambak Udang

A. Penyiapan larutan HCl 3 Molar

Sebanyak 41,66 mL HCl dari larutan pekatnya 18 M, kemudian dimasukkan kedalam labu takar 250 mL, ditambahkan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

B. Penyiapan larutan $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 2 Molar

Sebanyak 12,07 gr serbuk $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam aquades, kemudian dimasukkan kedalam labu takar 250 mL, ditambahkan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

C. Pembuatan Larutan H_2SO_4

Sebanyak 70 mL asam sulfat pekat ke dalam labu ukur 500 mL, lalu diencerkan dengan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

D. Larutan Ammonium Molibdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Sebanyak 20 gram ammonium molibdat dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL, lalu diencerkan dengan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

E. Larutan kalium antimonil tartrat ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)

Sebanyak 1.3715 g kalium antimonil tartrat dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL, lalu diencerkan dengan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

F. Larutan Asam Askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)

Sebanyak 1.76 gram asam askorbat dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, lalu diencerkan dengan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

G. Larutan Campuran

Secara berturut-turut 100 mL H_2SO_4 2,5 M, 30 mL larutan ammonium molibdat 0,03 M, 10 mL larutan kalium antimonil tartrat 0,008 M, dan 60 mL larutan asam askorbat 0,1 M.

3.3.2 Pembuatan larutan Standar KH_2PO_4 (Kalium Dihidrogen Fosfat)

Sebanyak 0,43 gram kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4) dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL, lalu diencerkan dengan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan (larutan induk fosfat, 100 mg/L), sebanyak 10 mL larutan stok fosfat 100 mg/L diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 100 mL dan dihomogenkan (larutan baku fosfat, 10 mg/L). Larutan induk ini akan digunakan untuk membuat larutan seri standar fosfat dengan konsentrasi 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2 mg/L.

3.3.3 Verifikasi Metode

A. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang yang memberikan absorbansi maksimum dilakukan dengan memasukkan larutan KH_2PO_4 , 2 mg/L ke dalam tabung reaksi yang belum dan telah ditambahkan larutan reagen Molibdenum-Biru, kemudian larutan diaduk dan dibiarkan bereaksi, Nilai absorbansi diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 500 sampai 800 nm. Tujuan diukurnya larutan tanpa penambahan reagen adalah untuk membuktikan bahwa larutan fosfat tidak bisa terukur pada spektrofotometer UV-Vis apabila tidak ada pengompleks (Kusumaningtyas dkk., 2017).

B. Penentuan Linieritas

Linieritas dapat diukur dengan melakukan pengukuran tunggal pada konsentrasi yang berbeda-beda yaitu, 0,1 mg/L; 0,5 mg/L; 1 mg/L; 1,5 mg/L; dan 2 mg/L. Data yang diperoleh selanjutnya diolah untuk mendapatkan nilai slope, intersep, dan koefisien korelasinya. Nilai absorbansi yang diperoleh dibuat persamaan linier hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi (Gandjar dan Rohman, 2007).

C. Akurasi

Sebanyak 0,1 mL larutan KH_2PO_4 dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL dan ditambahkan dengan larutan sampel sampai tanda batas, selanjutnya, pengulangan dilakukan sebanyak 8 replikasi dan ditentukan % *recovery*.

Parameter ini dikatakan akurat bila *% recovery* yang didapatkan yaitu 85-115% (Nuraini, 2020).

D. Presisi

Presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi sampel dengan 8 kali pengulangan. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian ditentukan nilai konsentrasi (persamaan regresi larutan standar), lalu nilai simpangan baku (SD) dan simpangan baku relatif (RSD) dapat ditentukan. Metode dengan presisi yang baik ditunjukkan dengan perolehan relatif standar deviasi (RSD) < 2% (Harmita, 2004).

E. Penentuan LoD dan LoQ

Penentuan LoD dan LoQ untuk fosfat diperoleh dari pengukuran larutan standar KH_2PO_4 yang diambil dari konsentrasi 0,1 mg/L, 0,5 mg/L, 1 mg/L, 1,5 mg/L, dan 2 mg/L. Larutan tersebut diukur absorbansinya (Rohyami dkk., 2018).

3.3.4 Perlakuan Zeolit

Zeolit alam yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari daerah Katibung, Kecamatan Campang Tiga, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Zeolit yang diperoleh berbentuk serbuk dengan ukuran 100 mesh sebanyak 1000 gr. Langkah awal memberi perlakuan zeolit alam dimulai dengan proses zeolit alam dicuci menggunakan aquades dan dikeringkan, selanjutnya direndam dalam larutan HCl (3 M) selama 10 jam, kemudian zeolit dicuci dan dikeringkan pada suhu 110 °C. Zeolit yang diperoleh selanjutnya direndam dengan larutan $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ selama 7 jam kemudian dicuci dan dikeringkan pada suhu 110 °C. setelah diberi perlakuan zeolit alam sebelum dan setelah diberi perlakuan kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX dan ditentukan luas permukaannya. Perlakuan zeolit pada metode ini mengacu kepada metode yang digunakan (Yafeng *and* Liu, 2018).

3.3.5 Analisis Kadar Fosfat pada Air Limbah Tambak Udang

Sebanyak 5 mL sampel air limbah tambak udang dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang ditambahkan dengan reagen molibdenum biru, kemudian larutan diaduk dan dibiarkan selama 1 menit, selanjutnya, absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 500 - 800nm (SNI 06-6989-31-2005).

3.3.6 Analisis Luas Permukaan Metode Adsorpsi *Methylen Blue*

Deret standar dari larutan *methylen blue* dengan konsentrasi 1-5 mg/L. selanjutnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm, lalu dibuat kurva hubungan antara konsentrasi (x) dengan absorbansi (y). Hasil dari pengukuran digunakan untuk menentukan *methylen blue* yang tidak terserap, selanjutnya, diambil 10 mL larutan *methylen blue* 16 mg/L kemudian ditambahkan 0,05 gr zeolit alam sebelum dan sudah diberi perlakuan dan di shaker selama 60 menit, selanjutnya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 500 - 800 nm (Putri dkk., 2014), kemudian dihitung hasil yang diperoleh untuk menentukan luas permukaan zeolit.

3.3.7 Uji Adsorpsi Air Limbah Tambak Udang

Uji ini dilakukan dengan menggunakan sampel air limbah tambak udang yang berasal dari desa Sriminosari kecamatan Labuhan Maringgai kabupaten Lampung Timur. Sampel zeolit alam dan zeolit setelah diberikan perlakuan masing-masing ditimbang 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2; 2,5 gr, kemudian ditambahkan ke dalam air limbah tambak udang yang telah diketahui konsentrasi fosfatnya, kemudian di shaker selama 24 jam. Endapan dan filtrat dipisahkan dengan menggunakan sentrifus, selanjutnya filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Uji keberadaan fosfat pada sampel diidentifikasi dengan penambahan reagen molibdenum biru, apabila larutan positif mengandung fosfat maka warna larutan berubah menjadi biru. Konsentrasi serapan fosfat ditentukan dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 500 - 800 nm.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Verifikasi metode Molibdenum-biru untuk analisis fosfat pada air limbah tambak udang, telah memenuhi syarat keberterimaan berdasarkan acuan SNI 06-6989-31-2005.
2. Hasil verifikasi metode Linieritas pada penelitian ini diperoleh nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9952.
3. Hasil verifikasi metode Akurasi pada penelitian ini diperoleh nilai persentase *recovery* sebesar 109,85%.
4. Hasil verifikasi metode Presisi pada penelitian ini diperoleh nilai persentase sebesar 48%.
5. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan kandungan fosfat dalam air limbah tambak udang dengan *limit of detection* (LoD) 0,1169 mg/L dan *limit of quantitation* (LoQ) 0,3899 mg/L.
6. Hasil pengukuran zeolit yang diberi perlakuan mampu menurunkan kadar fosfat sebesar 52,94 % dan zeolit alam tanpa perlakuan sebesar 38,29 %.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, melihat stabilnya kompleks fosfat Molibdenum-Biru maka hasil penelitian ini dapat digunakan monitoring kadar fosfat dalam air tambak dengan rancangan sistem Internet of Things (IoT) yang tersambung langsung ke android.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, R. 2003. Pengaruh Konsentrasi Molekul Pengaruh Terhadap Kristalinitas dan Komposisi Mineral Zeolit Pada Modifikasi Zeolit Alam Wonosari. (Skripsi). Universitas Diponegoro. Semarang.
- AOAC. 2012. Guidelines for Standard Method Performance Requirements Appendix F. 1-17.
- Apriyanti, D., Santi, V. I., and Siregar, Y. D. 2013. Pengkajian Metode Analisis Amonia dan Fosfat dalam Air. *Jurnal Ecolab*. 7 : 60-7-.
- Atikah, W.S. 2017. Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Jurnal Arena Tekstil* Vol. 32 No. 1. Halaman: 17-24.
- Baerlocher, C., Meier, W. M., and Olson, D. H. 2007. *Atlas of Zeolite Framework Types 6th Ed.* Elsevier. Amsterdam.
- Chandra, B. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta. Penerbit buku Kedokteran. 135-203.
- Corma, A., Mengual, J., and Miguel, P. 2013. IM-5 Zeolite from Steam Catalytic Cracking of Naphtha to Produce Propene and Ethene An Alternative to ZSM-5 Zeolite. *Applied Catalysis A:General*. 460 (1) : 106-115.
- Cundy, C. S. and Cox, P. A. 2003. The Hydrothermal Synthesis of Zeolites: History and Development from the 48 Earliest Days to the Present Time. *Chemical Review*. 103 (1) : 663-70.

- Djumanto, Setyobudi E. Sentosa AA, Budi R, Nirwati N. 2018. Reproductive Biology of the Yellow Rasbora (*Rasbora lateristiata*) Inhibitat of the Ngrancah River, Kulon Progo. *Jurnal Perikanan*, 10(2): 261-275.
- Ertan, A. and Akicioglu – Ozkan, F. 2005. CO₂ and N₂ Adsorptionon the Acid (HCl, HNO₃, H₂SO₄, and H₃PO₄) Treated Zeolites A. *Adsorption*, 11:151-156.
- Fatimah., Effendi, R. S., dan Sofith,. C. D. 2021. Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Alam yang Diaktivasi dan Diimpregnasi HCl dan Mg²⁺ pada Penjerapan Ion Fosfat. *Jurnal Teknik USU*. 10 (1) : 13-18.
- Fatimah, I. dan Karna, W. 2005. Sintesis TiO₂/Zeolit Sebagai Fotokatalis pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Jurnal Teknologi Industri*. 10 (4) : 257-267.
- Galuh, B. S. dan Torowati. 2014. *Penentuan Limit Deteksi dan Kuantitasi Alat Titrasi Potensiometer Untuk Analisis Uranium*. Serpong : Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir. Puspitek.
- Ganjar, G. I., dan Rohman, A., 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Giyatmi. 2008. *Penurunan Kadar Cu, Cr, dan Ag dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean*. Yogyakarta.
- Georgiev, D., Bogdanov, B., Angelova, K., Markovska, I., and Hristov. Y. 2009. Synthetic Zeolites-Structure Classification Current Trends in Zeolite Synthesis Review. *Technical Studies*. 7 (1) : 1-5.
- Green, Jenny, 2018. *How do Phosphates Affect Water Quality*. Diakses tanggal 18 Agustus 2018 dari <https://sciencing.com/phosphates-affect-waterquality4565075.html>.

- Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolites : Synthesis, Characterization, and Modification*. Malaysia: UTM. Hal. 70-80.
- Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Pharmaceutical Sciences and Research (PSR)*. 1 (3) : 117-135.
- Ida, Y. 2009. *Penentuan Kadar Nitrit pada Beberapa Air Sungai di Kota Medan dengan Metode Spektrofotometer (Visible)*. Universitas Sumatra Utara.
- Istadi . 2011. *Teknologi Katalis untuk Konversi Energi; Fundamental dan Aplikasi*, Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Julinawati, S., Rahmah, F., and Yulisman (2015). A Review of the Perceived Barriers Within the Health Belief Model on Pap Smear Screening As a Cervical Cancer Prevention Measure", *Journal of Asian Scientific Research*, 3(6), pp. 677–692.
- Kadja, G. T. M., Rilyanti, M., Mukti, R. R., Marsih, I. N., dan Ismunandar. 2013. Strategis Sintesis Zeolit Hierarkis: Kajian Metode Cetak Lunak dan Cetak Keras. *Jurnal Matematika dan Sains*. 18 (3) : 103-112.
- Karil, A. R. F., Yusuf, M., dan Maslukah, L. (2015). Studi Sebaran Konsentrasi Nitrat dan Fosfat di perairan Teluk Ujung batu Jepara. *Journal of Oceanography*. 386-392.
- Khopkar, S.M. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Krisi, S. A., Denny, D., dan Ulvi, P. A. 2013. Studi Pengaruh Volume Zeolite Terhadap Efisiensi Penurunan Kadar Ammonia (NH₃-N) Limbah Cair Perusahaan Lubricant Refinery. *Proceeding 1st Conference Safety Engineering and Its Application*. No. 2581-2653.
- Kumalasari, A., Panggabean, A. S., dan Akkas, E. 2017. Pengembangan Metode Rapid Test Dalam Penentuan Ash Content Dan Calorific Value Batubara

Di Laboratorium Pt Jasa Mutu Mineral Indonesia. *Jurnal Atomik*. 2 (1): 121-127.

Kusumaningtyas, D. I., dan Purnama, P. 2017. Analisis Kadar Fosfat (P-PO₄) di Perairan Sungai Citarum dan Anak Sungainya dengan Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal science dan technology*. 2 (1): 125-128.

Kristianingrum. 2014. Estimasi Ketidakpastian Pengukuran dalam Metode Penentuan Fosfat (PO₄³⁻) Secara Spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Mahasiswa*. Universitas Brawijaya.

Laila, F., Ira, M., dan Ibnu, F. 2021. Penyuluhan Pengelolaan Limbah Tambak Udang Ramah Lingkungan di Desa Tambak Sari-Karawang. *Jurnal Penelitian Mahasiswa*. Universitas Brawijaya.

Lestari, D. Y. 2010. *Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia. Yogyakarta. 1-6.

Lufiana, Q., Syaiful, M. A., dan Aman, S. 2020. Verifikasi metode Penentuan Fosfat (PO₄³⁻) Pada Air Limbah Kosmetik Menggunakan Metode Asam Askrobat dengan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Science and Technology*. Padang.

Moshoeshoe, M., Nadiye, T., M. S., and Obuseng, V. 2017. Properties and Applications of Zeolites: A Review. *American Journal of Materials Science*. 7 (5) : 191–221.

Mulja, H.M. 1995. *Analisis Instrumental*. Cetakan Pertama. Surabaya: Universitas Airlangga Press.

Mu'jizah, S. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (Moringa oleifera. Lamk) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

- M. Yang, J. Lin, Y. Zhan, and H. Zhang, "Adsorption of Phosphate from Water on Lake Sediments Amended with Zirconium Modified Zeolites in Batch Mode," *Ecol. Eng.*, vol. 71, pp. 223–233, 2014, doi:10.1016/j.ecoleng.2014.07.035.
- Nadiyah. 2018. . Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia*. Yogyakarta.
- Neilsen, S. S. 2003. *Introduction to Food Analysis*. Food Analysis 3rd ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York.
- Ngibad, K. 2019. Penentuan Konsentrasi Ammonium dalam Air Sungai Pelayaran Ngelom. *Journal Of Medical Laboratory Science Technology*. 2 (1) : 37-42.
- Nuraini. 2020. *Statistika untuk Kimia Analitik*. Diterjemahkan Suroso. ITB. Bandung
- Pan, F., Lu, X., Wang, Y., Chen, S., Wang, T., and Yan, Y. 2014. Synthesis and Crystallization Kinetics of ZSM-5 without Organic Template from Coal-Series Kaolinite. *Microporous and Mesoporous Materials*. 184 (1) :134-140.
- Prasetyo, A., Nafsiati, R., Kholifah, S.N., Botianovi, A., 2012. Analisis Permukaan Zeolit Alam Malang Yang Mengalami Modifikasi Pori Dengan Uji Sem-Eds. *Saintis*. 2 (1) : 41-42.
- Putri, W.D., Pamungkas., Amalia, S., Abtokhi, A., dan Khalifah, S.N. 2014. *Utilization of Natural Zeolite Catalyst Impregnated Sn Metal in Glucose Isomerization With Temperature Variations*. *ALCHEMY*. 4 (1) : 79-87.
- Riyanto. 2014. *Validasi dan Verifikasi Metode Uji Sesuai ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Deepublish. Yogyakarta.

- Rohyami, Y., Ratri, H. P. I., dan Wihyarti. 2018. Validasi Metode Penentuan Rhodamin B dalam Contoh Saos secara Spektrofotometri UV-Vis dengan Dua Variasi Pelarut. *Ind. J. Chem. Anal.* 1 (1): 20-28.
- Rukaesih (2004). *Buku Kimia Lingkungan*. ANDI Yogyakarta, hal 132-135.
- Rustadi. 2009. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI-Press.
- Rusvirman. 2005. Penurunan Kandungan Fosfat dalam Air dengan Zeolit. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 4 (1): 36-42.
- Shita, A.E. 2016. *Selektivitas Metode Analisis Formalin Secara Spektrofotometri dengan Pereaksi Schiff's*. (Skripsi). Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Simoncic, P and Armbruster, T. 2005. Cationic Methylene Blue Incorporated into Zeolite Mordenite-Na : a Single Crystal X-ray Study. *Microporous and Mesoporous Materials*. 81: 87 95.
- Smallman, R. E., dan Bishop, R. J. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Erlangga. Jakarta.
- SNI (Standar Nasional Indonesia). *Cara Uji Konsentrasi Fosfat spektrofotometer UV-Vis secara asam askrobat*. SNI 06-6989-31-2005.
- Susiana, N., Charles B., dan Devirizanty. 2021. Validasi dan Verifikasi Metode Uji Fosfat dengan Spektrofotometri UV-Vis di Laboratorium Kimia. *Jurnal pengelolaan Laboratorium dan Sains Teknologi*. Vol 1(4).
- Syah, R., Fahrur, M., Suwoyo, S.H., Makmur. 2017. Performansi Instalasi Pengolah Air Limbah Tambak Super intensif. *Jurnal Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan*. Maros.
- Triyati, E. 1985. Spektrofotometer Ultra-Violet dan Sinar Tampak Serta Aplikasinya dalam Oseanologi. *Jurnal Oseana*. 10: 39-47.

- Ugroseno, W., Bisri, M., Fidari, J.S., dan Lufira, R.D. 2019. Studi Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Tambak Intensif Udang Vannamei Kota Probolinggo. *Jurnal Penelitian Mahasiswa*. Universitas Brawijaya.
- Underwood, A. L. 2002. *Analisa Kimia Kuantitatif*. Erlangga. Jakarta.
- UNODC. 2009. Guidance for the Validation of Analytical Methodology and Calibration of Equipment used for Testing of Illicit Drugs in Seized Material and Biological Specimens. *United Nations*. 9-12.
- Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Rosyidah, A., Shafwah, O. M., Naashihah, L. K., Nurfitriana, N., dan Ullfindrayani, I. F. (2018). Penurunan Kadar Urfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah Laundry di Kawasan Keputih, Surabaya menggunakan Karbon Aktif. *Akta Kimia Indonesia*. 3(1), 127-140.
- Walinga, I. 1995. *Plant Analysis Procedures*. Part 7. Netherlands: Wageningen Agricultural University. Page 138-139.
- Xu, R., Wenqin, P., and Jihong, Y. 2007. *Chemistry of Zeolites and Related Porous Material—Synthesis and Structure*. John Wiley and Sons. Singapore.
- Yafeng, L., and Liu, W. 2018. *Preparation Of Aluminium Modified Zeolite And Experimental Study On Its Treatment Of Fluorine-Containing Water*. School of Municipal and Environmental Engineering in Shenyang jianzhu university, liaoning Shenyang. IOP. China.
- Yuliusman, Purwanto, W. W., dan Nugroho, Y. S. 2013. Pemilihan Adsorben untuk Penjerapan Karbon Monoksida Menggunakan Model Adsorpsi Isotermis Langmuir. *Jurnal Reaktor*. 14 (3) : 225-233.