

**PURIFIKASI ENZIM LIPASE SEBAGAI BAHAN ADITIF
BIODETERGEN MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:
Nita Anita
19106030003**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

**Kepada
PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2337/Un.02/DST/PP.00.9/12/2024

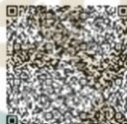
Tugas Akhir dengan judul : Purifikasi Enzim Lipase Sebagai Bahan Aditif Biodetergen Menggunakan Zeolit Alam

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NITA ANITA
Nomor Induk Mahasiswa : 19106030003
Telah diujikan pada : Selasa, 17 Desember 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

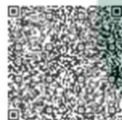
TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M. Biotech
SIGNED

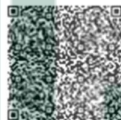
Valid ID: 67698226ad495



Penguji I

Karmanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED

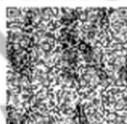
Valid ID: 67688e4ac36ff



Penguji II

Ika Qurrotul Afifah, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 67691248c2023



Yogyakarta, 17 Desember 2024
UTN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 676a594172ecb

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nita Anita

NIM : 19106030003

Judul Skripsi : Purifikasi Enzim Lipase Sebagai Bahan Aditif Biodetergen Menggunakan Zeolit Alam

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 23 Desember 2024

Pembimbing

Dr. Rer. Medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si.
NIP: 19760830 200312 2 001

NOTA DINAS KONSULTASI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nita Anita

NIM : 19106030003

Judul Skripsi. : Purifikasi Enzim Lipase Sebagai Bahan Aditif Biodetergen Menggunakan Zeolit Alam

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 23 Desember 2024

Konsultan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA


Karmanto, S.Si., M.Si.
NIP. 19820504 200912 1 005

NOTA DINAS KONSULTASI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nita Anita

NIM : 19106030003

Judul Skripsi. : Purifikasi Enzim Lipase Sebagai Bahan Aditif Biodetergen
Menggunakan Zeolit Alam

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 23 Desember 2024

Konsultan

Ika Qurrotul Afifah, M.Si

NIP. 1994128 201903 2 002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Nita Anita
NIM : 19106030003
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Purifikasi Enzim Lipase Sebagai Bahan Aditif Biodetergen Menggunakan Zeolit Alam” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 23 Desember 2024



Nita Anita
19106030003

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRAK**PURIFIKASI ENZIM LIPASE SEBAGAI BAHAN ADITIF
BIODETERGEN MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM****Oleh:****Nita Anita
19106030003****Dosen Pembimbing:****Dr.rer.medic. Esti W. Widowati, M.Si.**

Zeolit alam dapat digunakan sebagai fasa diam yaitu memiliki kemampuan sifat sebagai penukar ion karena kation-kation penyeimbang yang terdapat pada porous zeolit mudah lepas sehingga mampu dipertukarkan dengan kation-kation lain. Aktivasi zeolit alam dapat meningkatkan kualitas zeolit dengan menghilangkan pengotor, memperbaiki struktur berpori dan luas permukaan serta menata kembali letak atom yang dipertukarkan sehingga dapat digunakan untuk purifikasi enzim lipase yang mampu meningkatkan aktivitas relatif enzim sebagai bahan aditif biodetergen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh kualitas zeolit alam teraktivasi sebagai fasa diam pada pemurnian enzim lipase untuk meningkatkan aktivitas enzim lipase sebagai salah satu bahan aditif biodetergen. Lipase dimurnikan menggunakan metode kromatografi penukar ion. Fasa diam yang digunakan yaitu zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi HNO_3 dengan variasi asam 0,5N; 1N; 1,5N dan variasi suhu kalsinasi 200°C, 300°C, 400°C menggunakan eluen NaCl dalam buffer fosfat pH 6 dengan variasi konsentrasi 0,1M; 0,5M dan 1M. Parameter pengujian potensi lipase dari isolat PK1.1.2 diantaranya diuji stabilitas lipase terhadap paparan deterjen komersial dan *washing test* sebagai bahan aditif biodetergen. Berdasarkan hasil penelitian aktivitas relatif enzim lipase diperoleh aktivitas relatif ekstrak kasar lebih rendah dibandingkan lipase hasil purifikasi dengan zeolit alam tanpa aktivasi. Aktivitas relatif lipase hasil purifikasi dengan zeolit alam teraktivasi diperoleh semakin tinggi konsentrasi asam dan suhu kalsinasi untuk mengaktivasi zeolit alam maka aktivitas relatif yang dihasilkan akan semakin tinggi serta kemampuan optimum zeolit alam diperoleh pada konsenrasi 1 M dan suhu kalsinasi 400°C dengan nilai aktivitas relatif lipase sebesar 97,046%. Lipase hasil purifikasi dengan zeolit alam teraktivasi sebagai fasa diam berpotensi sebagai bahan aditif biodetergen diperoleh aktivitas lipase mampu stabil pada paparan deterjen komesial di atas 70% serta memiliki nilai %ω lebih tinggi dibandingkan nilai %ω kontrol.

Kata Kunci: Lipase, zeolit alam teraktivasi, kromatografi penukar ion, biodetergen

ABSTRACT

PURIFICATION OF LIPASE ENZYME AS A BIODETERGENT ADDITIVE USING NATURAL ZEOLITE

By:

Nita Anita
19106030003

Supervisor:

Dr.rer.medic. Esti W. Widowati, M.Si.

Natural zeolite can be used as a stationary phase, which is capable of properties as an ion exchanger because the balancing cations contained in porous zeolite are easily released so that they can be exchanged with other cations. Natural zeolite activation can improve the quality of zeolite by removing impurities, improving the pore structure and surface area and rearranging the location of the exchanged atoms so that it can be used for the purification of lipase enzymes which is able to increase the relative activity of enzymes as biodetergent additives. This study aims to determine the influence of the quality of activated natural zeolite as a stationary phase in the purification of lipase enzyme to increase the activity of lipase enzyme as one of the biodetergent additives. Lipase is purified using the ion exchange chromatography method. The stationary phase used is natural zeolite and natural zeolite activated HNO₃ with an acid variation of 0.5N; 1N; 1.5N and 200oC, 300oC, 400oC calcination temperature variations using NaCl eluent in phosphate buffer pH 6 with a concentration variation of 0.1M; 0.5M and 1M. The parameters for testing the lipase potential of PK1.1.2 isolate include a lipase stability test against exposure to commercial detergents and *a washing test* as a biodetergent additive. Based on the results of the study, the relative activity of lipase enzyme was obtained to be lower than that of lipase purified with natural zeolite without activation. The relative activity of the purified lipase with activated natural zeolite is obtained, the higher the acid concentration and calcination temperature to activate the natural zeolite, the higher the relative activity produced and the optimum ability of natural zeolite is obtained at 1 M concentration and calcination temperature of 400oC with a relative lipase activity value of 97.046%. The purified lipase with activated natural zeolite as a stationary phase has the potential to be a biodetergent additive obtained lipase activity is able to stabilize at exposure to commercial detergents above 70% and has a %ω value higher than the control %ω value.

Keywords: Lipase, activated natural zeolite, ion exchange chromatography, biodetergent

HALAMAN MOTO

“Sukses bukanlah milik orang yang tidak pernah gagal, tetapi orang yang tidak pernah menyerah setelah gagal.” -Abraham Lincoln-

“Allah knows what is the best for you and when it’s best for you to have it.”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini saya dedikasikan untuk Almamater Program Studi Kimia UIN Sunan

Kalijaga, Kedua Orang tua dan Ketiga Kakak Penulis.



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, kelancaran, dan kesabaran sehingga skripsi yang berjudul “Purifikasi Enzim Lipase dengan Kromatografi Penukar Ion” dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah SAW.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses penulisan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Noorhaidi, M.A, M.Phil., Ph.D. selaku rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Dra Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengarahan selama melakukan studi.
5. Dr.rer.medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M. Biotech. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan banyak waktunya untuk membimbing, mengarahkan, mengkoreksi, dan memberikan motivasi selama proses penulisan skripsi.
6. Seluruh Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan ilmu, motivasi, dan arahan selama masa studi.
7. Bapak Karmanto, S.Si., M.Si. selaku Kepala Laboratorium Kimia yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di Laboratorium Kimia.
8. Bapak Indra, S.Si., Bapak Wijayanto, S.Si., dan Ibu Isnı Gustanti, S.Si. selaku Pranta Laboratorium Pendidikan (PLP) Kimia yang selalu mendampingi dan memberikan arahan dengan sabar selama penelitian berlangsung.
9. Ibu Ethik Susiawati Purnomo, S.Si., Bapak Dony Eko Saputro, S.Pd.I. dan Ibu Anif Yuni Muallifah, S. Pd.I. selaku Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) Biologi yang telah membantu selama melakukan penelitian.
10. Kedua Orang tua dan ketiga Kakak penulis yang telah mendoakan, memberikan semangat untuk pantang menyerah, dan memberikan dukungan baik material maupun non-material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi derajat Strata Satu (S-1).
11. Teman-teman program studi Kimia Angkatan 2019 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberi semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Shofa dan Ananda Charisma Devi selaku teman seperjuangan dosen pembimbing yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penelitian dan proses penyusunan skripsi.
13. Teman-teman di laboratorium penelitian Kimia yang telah memberi bantuan dan saran dalam pelaksanaan penelitian.

14. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu atas bantuannya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis juga berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan Perkembangan ilmu pengetahuan khususnya ilmu kimia.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	ii
NOTA DINAS KONSULTASI	iv
NOTA DINAS KONSULTASI	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
HALAMAN MOTO	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
A. Tinjauan Pustaka	7
B. Landasan Teori	10
1. Enzim Lipase	10
2. Biodetergen	13
3. Pemurnian Enzim Lipase	15
4. Fasa Diam dalam Kromatografi Penukar Ion	16
5. Zeolit Alam Sebagai Fasa Diam	17
6. Uji Aktivitas Lipase	18
C. Kerangka Berfikir dan Hipotesis Penelitian.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
A. Waktu dan Tempat Penelitian	25
B. Alat-Alat Penelitian	25
C. Bahan Penelitian	25
D. Prosedur Kerja Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32

A.	Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam	32
B.	Produksi Enzim Lipase.....	34
C.	Purifikasi dan Stabilitas Aktivitas Lipase Terhadap Paparan Detergen. 36	
D.	<i>Washing test</i>	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		49
A.	Kesimpulan.....	49
B.	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		59



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	tivitas lipase dan stabilitas aktivitas Lipase hasil ekstrak kasar lipase dan hasil pemurnian dengan zeolit alam tanpa aktivasi dan zeolit alam teraktivasi sebagai fasa diam pada kromatografi penukar ion yang direaksikan dengan kondisi paparan detergen komersial konsentrasi 7 mg/mL dalam kondisi pH 8 dengan suhu 35°C selama 30 menit dengan kecepatan <i>shacking incubator</i> 120 rpm	38
Tabel 4. 2	<i>Washing test</i> ekstrak kasar dan lipase yang telah dimurnikan menggunakan zeolit alam tanpa aktivasi dan zeolit alam teraktivasi dengan kain berukuran 4x4 cm dan suhu inkubasi 37°C selma 15 menit	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Reaksi hidrolisis trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak	11
Gambar 2. 2 Mekanisme reaksi pada sisi aktif lipase dalam mengkatalisis hidrolisis trigliserida.....	12
Gambar 2. 3 Struktur Zeolit Alam	18
Gambar 2. 4 Reaksi penentuan aktivitas enzim lipase menggunakan metode Kwon dan Rhee (1986), (Keterangan: Tahap 1. Reaksi hidrolisis substrat <i>olive oil</i> oleh enzim lipase menghasilkan asam lemak dan gliserol; Tahap 2. Reaksi asam lemak bebas dengan reagen tembaga(II) asetat menghasilkan produk untuk menentukan aktivitas lipase secara spektrometri)	20
Gambar 4. 1 Mekanisme reaksi dealuminasi setelah dilakukan aktivasi dengan HNO_3	33
Gambar 4. 2 Mekanisme reaksi antara sisi aktif lipase pada serin terhadap fasa diam zeolit alam teraktivasi (Keterangan: [1] Atom Oksigen pada gugus hidroksil (OH^-) akan menyerang H^+ pada gugus aktif asam amino serin. [2] Elektron pada atom Si akan berpindah ke atom oksigen pada serin. [3] Nukleofilik pada sisi aktif serin akan menyerang atom Si^+ pada struktur zeolit alam. [4] Elektron pada Oksigen dalam sisi aktif serin akan menghasilkan molekul air (H_2O). [5] sisi aktif serin akan berikatan pada struktur zeolit alam)	37
Gambar 4. 3 Washing test enzim lipase dari isolat bakteri PK1.1.2 (keterangan: Wa yaitu berat kain sebelum diberi olive oil; Wb yaitu berat kain setelah diberi <i>olive oil</i> ; Wc yaitu berat akhir kain diberi larutan detergen dan enzim).....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Re-kultur Bakteri dengan isolat PK1.1.2 menunjukkan pertumbuhan bakteri.....	59
Lampiran 2 Produksi dan Isolasi Lipase	59
Lampiran 3 Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam.....	59
Lampiran 4 Purifikasi Enzim Lipase dengan Fasa diam Zeolit Alam	60
Lampiran 5 Uji Stabilitas Aktivitas Lipase terhadap paparan detergen Ekstrak Kasar Enzim.....	61
Lampiran 6 Uji Stabilitas Aktivitas lipase terhadap paparan detergen pemurnian menggunakan Fasa diam Zeolit Alam Tanpa Aktivasi dan Zeolit Alam Teraktivasi HNO ₃ 0,5N pada suhu kalsinasi 200°C	63
Lampiran 7 Uji Stabilitas Aktivitas lipase terhadap paparan detergen pemurnian menggunakan Fasa diam Zeolit Alam Teraktivasi HNO ₃ 1N dan 1,5N pada suhu kalsinasi 200°C	65
Lampiran 8 Uji Stabilitas Aktivitas lipase terhadap paparan detergen pemurnian menggunakan Fasa diam Zeolit Alam Teraktivasi HNO ₃ 0,5N; 1N; dan 1,5N pada suhu kalsinasi 300°C.....	67
Lampiran 9 Uji Stabilitas Aktivitas lipase terhadap paparan detergen pemurnian menggunakan Fasa diam Zeolit Alam Teraktivasi HNO ₃ 0,5N; 1N; dan 1,5N pada suhu kalsinasi 400°C.....	69
Lampiran 10 Persentase Perbandingan Stabilitas Aktivitas Lipase Terhadap Paparan Detergen.....	71
Lampiran 11 <i>Washing Test</i>	72

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Penggunaan detergen dalam kehidupan sehari-hari telah menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat modern. Deterjen merupakan suatu produk untuk membersihkan noda pada kain yang mengandung satu atau lebih surfaktan seperti surfaktan kationik, anionik, dan non-ionik. Sebagian besar detergen mengandung surfaktan anionik dengan gugus alkil atau garam sulfonat atau sulfat berantai panjang dari natrium yang berasal dari derivat minyak nabati atau minyak bumi yang stabil dalam air, harga yang relatif murah, dan memiliki daya cuci yang tinggi (Aisyah, *et al.*, 2021). Pemakaian deterjen akan menghasilkan limbah yang mengandung surfaktan nonbiodegradable. Salah satu surfaktan nonbiodegradable dalam deterjen yaitu zat *alkyl benzene sulphonate* (ABS). Zat *alkyl benzene sulphonate* (ABS) mampu menyebabkan terbentuknya busa pada permukaan air sehingga dapat mencemari lingkungan karena sulit didegradasi oleh alam (Rahimah, *et al.*, 2016). Namun, deterjen dapat diformulasikan dengan komponen lain untuk meningkatkan pencucian salah satunya sebagai bahan aditif seperti enzim dan pewangi (Aisyah, *et al.*, 2021). Lipase dari bakteri dimanfaatkan sebagai bahan aditif deterjen untuk menghidrolisis lemak, sehingga mampu mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya atau bersifat *biodegradable*, sehingga surfaktan tidak meninggalkan residu berbahaya pada proses pengolahan limbah, dan tidak memiliki resiko bagi kehidupan akuatik atau aktivitas air (Layly dan Wiguna, 2016). Maka, lemak mampu terhidrolisis secara optimal dengan deterjen yang mengandung enzim lipase dengan kemurnian tinggi (Aisyah, *et al.*, 2021).

Bakteri lipolitik dapat dihasilkan dari limbah. Penelitian Juniananta (2021), berhasil mengisolasi bakteri dari limbah penyamakan kulit diperoleh 4 isolat bakteri lipolitik dengan kode PK1.1.2; PK1.2.2 SK3.2; SK3.4 yang memiliki aktivitas ekstrak kasar enzim masing-masing sebesar 165,057 U/ml; 150,633 U/m; 166,106 U/ml dan 170,957 U/ml. Isolat bakteri ini diduga termasuk dalam spesies *Streptococcus sp.*, *Eschericia sp.*, *Nesseria sp.*, *Bacillus sp* (Juniananta, 2021). Namun, aktivitas enzim yang diperoleh masih dalam ekstrak kasar enzim sehingga perlu dilakukan pemurnian agar mendapatkan aktivitas enzim dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi. Pemurnian enzim lipase dari isolat bakteri tersebut diaplikasikan sebagai bahan aditif detergen.

Pemurnian enzim lipase dapat dilakukan menggunakan metode kromatografi, salah satunya dengan kromatografi penukar ion (Javed, *et al.*, 2018). Kromatografi penukar ion merupakan teknik pemisahan molekul yang didasarkan pada perbedaan muatan di dalam larutan fasa gerak dengan molekul bermuatan di dalam fasa diam (Rokhati dan Prasetyaningrum, 2004). Teknik pemurnian enzim dalam kromatografi kolom didasarkan pada interaksi antara matriks dan enzim yang dibawa oleh fasa gerak sehingga protein akan terelusi (Hendayana, 2010). Purifikasi menggunakan kromatografi penukar ion dapat memisahkan molekul lipase dari molekul lainnya atau zat pengotor berdasarkan muatan ion-ionnya. Kromatografi penukar ion memiliki keunggulan diantaranya kecepatan pemisahan yang singkat, pemisahan yang dilakukan dapat menggunakan kolom kation/anion sesuai dengan sampel, dan kolom pemisah dapat bertahan pada perubahan yang terjadi dalam sampel serta tidak dapat mempengaruhi kestabilan material penyusun

kolom (Nurikasari, 2012). Namun, fasa diam dalam kromatografi penukar ion yang digunakan untuk pemurnian protein tergolong mahal, sehingga diperlukan fasa diam yang lebih murah dan sangat efektif untuk pemisahan atau pemurnian dengan kapasitas yang besar (Ardhiany, 2019). Salah satu material yang dapat digunakan sebagai fasa diam yaitu zeolit alam.

Zeolit alam ini memiliki keunggulan antara lain harga relatif murah, mudah didapatkan, memiliki sifat mendidih apabila dipanaskan serta berfungsi sebagai penukar ion dimana silika dalam zeolit ini akan diganti oleh atom aluminium yang memberikan struktur bermuatan negatif. Muatan negatif ini diimbangi oleh kation yaitu natrium, kalsium, dan barium sehingga memungkinkan pergantian ion-ion tersebut dengan kation di dalam larutan melalui pertukaran ion (Oktavia, *et al.*, 2015). Zeolit alam juga memiliki kation dari ion logam alkali dan alkali tanah yang dapat digantikan melalui penukar ion (Arnelli, *et al.*, 1999). Namun, zeolit alam memiliki banyak pengotor seperti logam sehingga tidak dapat digunakan secara langsung tetapi diperlukan perlakuan terhadap zeolit alam dengan mengaktivasi zeolit alam tersebut (Oktavia, *et al.*, 2015).

Zeolit alam sebagai fasa diam dalam kromatografi penukar ion perlu dilakukan aktivasi untuk pengaturan ruang pori dan situs kimia pada permukaan internal zeolit (Setiaji, *et al.*, 2006). Aktivasi zeolit dilakukan melalui dua cara yaitu secara kimia dan fisika. Aktivasi secara kimia menggunakan larutan asam nitrat (HNO_3) dengan variasi konsentrasi sedangkan aktivasi secara fisika dilakukan melalui pemanasan (kalsinasi) menggunakan variasi suhu. Variasi konsentrasi asam dan suhu dalam aktivasi zeolit bertujuan untuk memperoleh zeolit alam yang

paling optimal dalam penggunaan fasa diam dalam kromatografi penukar ion (Anggara, *et al.*, 2013).

Aplikasi lipase dari bakteri yang telah dimurnikan dapat digunakan untuk membuat formulasi keperluan industri seperti detergen. Purifikasi dilakukan untuk mengisolasi lipase dari kontaminan, meningkatkan aktivitas, stabilitas, dan umur simpan. Lipase memiliki kriteria yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan aditif biodetergen ialah mampu bertahan pada rentang suhu 30°C-60°C dan pH basa, memiliki stabilitas aktivitas di atas 70% saat dipaparkan dengan detergen, serta memiliki % ω lebih besar dari % ω kontrol. Pengujian lipase sebagai bahan aditif biodetergen dapat dilakukan dengan uji stabilitas paparan detergen dan *washing test* untuk mengetahui kemampuan hidrolisis lipase terhadap lemak (Sedijani, *et al.*, 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini menggunakan isolat bakteri yang telah dilakukan isolasi oleh Juniananta, (2021). Keterbaruan dari penelitian ini yaitu melakukan pemurnian enzim lipase dengan menggunakan metode kromatografi penukar ion. Fasa diam yang digunakan yaitu zeolit alam tanpa aktivasi dan zeolit alam teraktivasi. Lipase diuji aktivitas enzim dengan parameter pengujian yaitu stabilitas aktivitas lipase terhadap paparan detergen komersial dan *washing test* (% ω) untuk mengetahui potensinya sebagai bahan aditif biodetergen.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bakteri yang digunakan pada penelitian ini yaitu isolat bakteri lipolitik hasil isolasi limbah penyamakan kulit yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan kode isolat PK1.1.2.
2. Fasa diam yang digunakan adalah zeolit alam tanpa aktivasi dan zeolit teraktivasi dengan larutan asam (HNO_3) pada variasi konsentrasi (0,5N; 1N; 1,5N) dan suhu kalsinasi (200°C , 300°C , 400°C).
3. Parameter pengujian potensi enzim lipase sebagai bahan aditif biodetergen yaitu uji stabilitas aktivitas lipase terhadap paparan detergen komersial (rinso) dan *washing test*.
4. Pemurnian enzim dilakukan dengan metode kromatografi penukar ion.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pemurnian enzim lipase menggunakan zeolit alam sebagai fasa diam pada kromatografi penukar ion terhadap stabilitas enzim lipase?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu dan konsentrasi asam pada aktivasi zeolit alam terhadap pemurnian enzim lipase sebagai bahan aditif biodetergen?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Untuk menentukan pengaruh pemurnian enzim lipase menggunakan zeolit alam sebagai fasa diam pada kromatografi penukar ion terhadap stabilitas enzim lipase.

2. Untuk menentukan pengaruh variasi suhu dan konsentrasi asam pada aktivasi zeolit alam terhadap pemurnian enzim lipase sebagai bahan aitif biodetergen.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi terkait pengaruh pemurnian enzim lipase menggunakan zeolit alam sebagai fasa diam pada kromatografi penukar ion terhadap stabilitas enzim lipase.
2. Memberikan informasi terkait pengaruh variasi suhu dan konsentrasi asam pada aktivasi zeolit alam terhadap pemurnian enzim lipase sebagai bahan aitif biodetergen.
3. Memberikan acuan dan referensi kepada mahasiswa yang ingin mengembangkan penelitian dengan topik yang sejenis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa:

1. Enzim lipase hasil pemurnian menggunakan zeolit alam tanpa aktivasi dan zeolit alam teraktivasi sebagai fasa diam diperoleh persentase minyak yang hilang di atas kontrol dan nilai aktivitas relatif diatas 70% artinya semua nilai aktivitas relatif hasil pemurnian memenuhi syarat sebagai bahan aditif biodetergen dimana lipase hasil pemurnian diperoleh aktivitas relatif lipase lebih tinggi dibandingkan aktivitas relatif lipase ekstrak kasar.
2. Enzim lipase hasil pemurnian menggunakan zeolit alam teraktivasi dengan variasi konsentrasi asam HNO_3 0,5N; 1N; 1,5N dan variasi suhu kalsinasi 200°C, 300°C, dan 400°C mempengaruhi kemampuan penukar ion lebih cepat diperoleh bahwa semakin tinggi konsentrasi asam dan suhu kalsinasi untuk mengaktivasi zeolit alam maka aktivitas relatif lipase yang dihasilkan akan semakin tinggi dan kemampuan optimum zeolit alam diperoleh pada konsenrasi 1 M dan suhu kalsinasi 400°C dengan nilai aktivitas relatif lipase sebesar 97,046%.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya mengenai variasi isolat bakteri penghasil enzim lipase untuk mengetahui perbandingan aktivitas relatif yang diperoleh dari masing-masing isolat sebagai bahan aditif biodetergen.

2. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya mengenai karakterisasi zeolit alam untuk mengetahui struktur dan morfologi zeolit alam sebelum dilakukan aktivasi dan setelah dilakukan aktivasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Aidha, N. N. (2013). Aktivasi Zeolit Secara Fisika dan Kimia untuk Menurunkan Kadar Kesadahan (Ca dan Mg) dalam Air Tanah. *Jurnal Kimia Kemasan*, 35 (1), 58-64.
- Aisyah, A., Trismilah, W. M., & D. S. (2021). Production and Characterisation Partial Lipase of *Bacillus halodurans* Cm1 Mutant for Biodetergen. *J.sci.ind.res.Ser. B: biol*, 64B(1), 87-93.
- Aisyah, A., W. M., Trismilah, & D. S. (2017). Optimasi dan Pemekatan Lipase *Bacillus halodurans* CM1. *Journal of Biology*, 10(2), 114-123.
- Amir, N., & Mahdi, C. (2017). Evaluasi Penggunaan Rhodamine B pada Produk Terasi Yang dipasarkan di Kota Makassar. *IPTEKS PSP*, 4(8), 128-133.
- Andualema, Berhanu, & Gessesse, A. (2012). Microbial Lipases and Their Industrial Applications: Review. *Biotechnology*, 11(3), 100-118.
- Anggara, P. A., Wahyuni, S., & Prasetya, A. T. (2013). Optimalisasi Zeolit Alam Wonosari dengan Proses Aktivasi Secara Fisis dan Kimia. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(1), 72-77.
- Ardhiany, S. (2019). Pengaruh Ukuran Mesh Adsorben Zeolit dan Konsentrasi HCl Pada Pengolahan Limbah Pencelupan Kain Jumputan. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10 (2), 4-15.
- Arifani, N., & Ethica, S. N. (2018). Isolasi Bakteri Penghasil Lipase dan Protease Yang Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi dari Limbah Cair Puskesmas Hekmahera Kota Semarang. *Prosiding Seminar Mahasiswa Unimus*, 1, 268-275.
- Arnelli, Lucia, H., & Ismaryata. (1999). Kegunaan Zeolite Termodifikasi Sebagai Penyerap Anion. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 2(2), 42-47.
- Atikah, S. W. (2017). Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Jurnal Arena Tekstil*, 17-24.
- Begam, S., P. S., & Pradeep B.V. (2012). Production, Purification, Characterization and Applications Of Lipase From *Serratia Marcescens* MBB05. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinic Research*, 5(4), 237-245.
- Bjipay D, & Tyagi, V. (2007). Laundry Detergents: A Overview. *J. Oleo Sci.*, 56 No.7.

- Cao, G., Du, T., Bai, Y., Yang, Tingyuan., Zuo, Jize. 2021. Effects of Surfactant molecular structure on the stability of water in oil emulsion. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 196, 1-8.
- Dali, S., A. R., M. N., & P. A. (2012). Pemurnian dan Karakterisasi Enzim Lipase dari *Asspergillus oryzae* pada Kopra Berjamur. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(1), 26-31.
- Devi, R., K. N., R. S., Raveendran Sindhu, & Muthu Arumugam. (2019). Lipase of *Pseudomonas guariconesis* as an Additive in Laundry Detergents and transesterification Biocatalysts. *Journal of Basic Microbiology*, 1-14. doi:<https://doi.org/10.1002/jobm.201900326>
- Fajriani, I. Y., A. Z., & F. A. (2022). Pemanfaatan Zeolit yang Teraktivasi Asam Klorida (HCl) Sebagai Adsorben Logam Berat Timbal (Pb). *Jurnal Saintis*, 3(1), 58-69.
- Furini, G., J. B., J. C., S. V., & J. G. (2018). Production Of Lipolytic Enzymes by Bacteria Isolated From Biological Effluent Treatment Systems. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias (Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 90(3), 2955-2965.
- Ghandi, N. (1997). Applications of Lipase. *JAOCs*, 74 No 6.
- Grbavcic, S., B. D., L. I.-Z., A. N., N. M., I. K., & Z. K.-J. (2011). Production of lipase and protease from an indigenous *Pseudomonas aeruginosa* strain and their evaluation as detergent additives: Compatibility study with detergent ingredients and washing performance. *Bioresource Technology*, 102, 11226-11233. doi:10.1016/j.biortech.2011.09.076
- Gupta, R., Gupta N., & P. Rathi. (2004). Bacterial lipases: an overview of production, purification and Biochemical Properties. *Appl Microbiol Biotechnol*, 64(1), 763-781. doi:10.1007/s00253-004-1568-8
- Gupta, R., R. P., G. N., & B. S. (2003). Lipase assay for conventional and molecular screening: an overview. *Biotechnol. Appl. Biochem*, 37, 63-67.
- Hasan, F., A. A., S. J., & A. H. (2010). Enzymes used in detergents: Lipases. *African Journal of Biotechnology*, 9(31), 4836-4844. doi:10.5897/AJBx09.026
- Hendayana, S. (2010). *Kimia Pemisahan Metode Kromatografi dan Elektroforesis Modern*. Bandung: PT REMaja Rosdakarya.
- Inala, C. N. (2017). *Studi Potensi Lipase dari Bakteri salah satu Komponen Penyusun Biodetergen*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.

- Irdawati, Fifendy, M., & Yenti, N. (2015). Penapisan Bakteri Termofilik Penghasil enzim Amilase dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro Kabupaten Solok Selatan. *Jurnal Eksakta*, 1(16), 73-81.
- Iskandar , R., S. M., & S. S. (2017). Production and Purifikation of Lipase Enzyme from *Bacillus licheniformis* F11.4 as Biodetergent. *Proseding on Science and Teknologi UI*, 1.
- Jaeger, K.-E., D. B., & R. M. (1999). Bacterial Biocatalysts: Molecular Biology, Three-Dimensional Structures, and Biotechnological Applications of Lipase. *Annu. Rev. Microbial*, 53, 315-351.
- Javed, S., F. A., S. H., Ijaz Rasul, Muhammad Hussnain Siddique, Muhammad Riaz, . . . Habbibullah Nadeem. (2018). Bacterial lipases: A Review on Purification and characterization. *Progress in Biohysis and Moleculer Biology*, 132, 23-34.
- Juniananta, D. A. (2021). *Bioremediasi Limbah Tambak Udang Menggunakan Isolat Bakteri Lipolitik*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Kasipah C, Rismayani S, Ihsanawati I., & Nurachman Z. (2013). Isolasi dan Karaterisasi Bakteri Penghasil Enzim Lipase Ekstraseluler dari Lumpur Aktif Instalsi Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil. *Jurnal Ilmiah Arena Tekstil*, 28(1), 1-6.
- Kouker, G., & Jeager, K. (1987). Specific and Sensitive Plate Assay for Bacterial Lipases. *Appl. Environ. Microbial*, 13(2), 211-213.
- Kwon, D., & R. J. (1986). A Simple and Rapid Colorimetric Method for Determination of Free Fatty Acids for Lipase Assay. *Journal of The American Oil Chemists' Society*, 63(1), 89-92.
- Layly, I. R., & W. N. (2016). Studi Potensi Lipase *Alcaligenes faecalis* Untuk Aplikasi Biodeterjen. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 3 No.2, 66-71.
- Layly, I. R., Waltam, R. D., Mufti, A., Wiguna, N., & Trismilah. (2020). Isolasi Mikroorganisme Potensial Penghasil Lipase Dari Limbah Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Malinping. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 13(2), 228-241.
- Ledo , M. E., Solle, H. R., & tsar, M. (2017). Purifikasi Lipase *Aspergillus niger* M1407 Indegenus Menggunakan Kromatografi Penukar Ion. *Jurnal Biota*, 2(3), 81-88.
- Lehninger, A. L. (1982). *Principles of Biochemistry*. Jakarta: Erlangga.

- Li, X., & H.-Y. Y. (2013). Characterization of an organic solvent-tolerant lipase from *Haloarcula* sp. G41 and its application for biodiesel production. *Journal Folia Microbiol*, 1-9. doi: 10.1007/s12223-014-0320-8
- Li, X., Q. P., W. S., & Yu. (2014). A High-Detergent-Performance Cold-Adapted Lipase From *Pseudomonas stutzeri* PS59 Suitable For Detergent Formulation. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymati*.
- Lima, V., N. K., M. S., D. M., L. R., & J. F. (2003). Effect of Nitrogen and Carbon Sources on Lipase Production by *Penicillium aurantiogriseum*. *Food Technol. Biotechnol*, 41(2), 105-110.
- Lowry, R., & T. I. (1976). Rapid Colorimetric Determination of Free Fatty Acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 53(7), 470-472.
- Mandasari, W., B. S., & D. R. (2014). Pembuatan dan Karakterisasi Adsorben Gas H₂S dari Zeolit Alam. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 3(2), 112-119.
- Marliani, N., A. W., & R. K. (2023). Kondisi Kerja Optimum Lipase Bakteri Endofit dari Daun Macaranga hulletti King ex Hoo.f. *Jurnal Bioprospek*, 15(1), 8-15.
- Moroki, R., Ginting, E., Wullur, S., Tilaar, S., Warouw, V., & Edwin L.A, N. (2022). Penapisan Bakteri Symbion Lamun *Thalassia hemprichii* Penghasil Enzim Hidrolase. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, Vol 10 No.1, 56-56.
- Murni, S. W., S. D., Tanti D.L., & Petrisia E.M. (2011). Produksi, Karakterisasi, dan Isolasi Lipase dari *Aspergillus niger*. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, 1-7.
- Muttaqii, A., D. C., K. I., M. A., Y. H., A. D., & D. P. (2019). Pengaruh Aktivasi Secara Kimia Menggunakan Larutan Asam Dan Basa Terhadap Karakteristik Zeolit Alam. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 3(2), 266-271.
- Nasution, U. J., S. M., A. W., A. S., U. R., D. J., . . . Suyanto. (2018). Pemurnian Enzim Sefalosporin-C Asilase dan Optimasi Proses Kromatografi Penukar Ion. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 5(2), 119-126.
- Ngapa, Y. D. (2017). Kajian Pengaruh Asam-Basa Pada Aktivasi Zeolit dan Karakterisasinya sebagai Adsorben Pewarna Biru Metilena. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 2 (2), 90-96.
- Ngibad, K., & D. H. (2019). Perbandingan Pengukuran Kadar Vitamin C Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis Pada Panjang Gelombang UV Dan Visible. *Borneo Journal Of Medical Laboratory Technology*, 1(2), 77-81.

- Novita, A. Y. (2017). *Studi Potensi Biodetergen dari Bakteri Lipolitik yang diisolasi dari Limbah Produksi Kerupuk Kulit*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Nurikasari, M. (2012). Optimasi Kondisi Purifikasi Parsial Lipase *Aspergillus niger* 6516 Solid State Fermentation (SSF) Pada Medium Bungkil Jarak sebagai Sumber Belajar Pengantar Mikrobiologi. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 3 (2), 1-9.
- Odu, N., & Akujobi, C. (2012). Potential Production of Lipases by *Pseudomonas* and *Straphylococcus* Species Isolated from Palm Oil Contaminated Tropical Soil. *Cancer Biology*, 2(2), 45-49.
- Oktavia, A. D., & Wibowo, S. (2016). Penapisan dan Identifikasi Bakteri Lipolitik Yang Diisolasi Dari Air Limbah Pengolahan Surimi dan Pengalengan Rajungan. *JBP Kelautan dan Perikanan*, 11(2), 147-158.
- Oktavia, B. (2010). Penggunaan Zeolit Alam 4A yang telah dimodifikasi dengan CTAC sebagai Fasa diam Pada Kromatografi Penukar Anion. *Jurnal Eksakta*, 2(XI), 9-16.
- Oktavia, B., Nasra, E., & Putra, J. K. (2015). Aplikasi Zeolit Alam Sebagai Fasa diam Pada Kromatografi Kolom. *Prosiding SEMIRATA*, 29-37.
- Oktaviani, M., S. B., & A. B. (2019). Pengaruh Penambahan Berbagai Minyak Nabati sebagai Bahan Pelunak terhadap sifat Fisik Produk Karet Sol Sepatu. *Prosiding Seminar Nasional II Hasil Litbangyasa Industri*, 120-128.
- Paul, T., A. D., A. M., S. H., A. A., C. M., . . . K. M. (2013). An efficient cloth cleaning properties of a crude keratinase combined with detergent: towards industrial viewpoint. *Journal of Cleaner Production*, 1-13. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.054>
- Poedjiadi, A. (1994). *Dasar-Dasar BIOKIMIA*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Pramiadi, D., Yulianti, E., & Rakhmawati, A. (2014). Isolasi Uji Aktivitas Enzim Lipase Termotabil dari Pasca Erupsi Merapi. *Jurnal Sains Dasar*, 3(1), 9-19.
- Pratiwi, D., S. F., & I. J. (2013). Produksi dan Karakterisasi Enzim Lipase dari *Pseudomonas aeruginosa* dengan Menggunakan Induser Minyak Jagung serta Kofaktor Na^+ dan CO^{2+} . *Jurnal Saintia Kimia*, 1(2), 1-5.

- Priji, P., S. S., P. A., & S. B. (2016). Microbial Lipases: Properties and Applications. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science*, 6(2), 799-807. doi:10.15414/jmbfs.2016.6.2.799-807
- Purwaniati, Z. F., & W. R. (2019). Identifikasi Minyak Kedelai yang ditambahkan dalam Produk Minyak Zaitun dengan Metode Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa. 2(2), 55-62.
- Renni, C. P., Mahatmanti, W., & Widiarti, N. (2018). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi sebagai Adsorben Ion Logam Fe(III) dan Cr(VI). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(1), 64-70.
- Rizalina, H., E. C., S. M., B. N., & Supartono. (2018). Optimasi Penentuan Kadar Metanol dalam Darah Menggunakan Gas Chromatography. *Indonesia Journal of Chemical Science*, 7(3), 254-261.
- Rokhati, N., & Prasetyaningrum, A. (2004). Adsorpsi Logam Berat Limbah Cair Industri Kerajinan Kuningan Juana Menggunakan Campuran Bentonit dan Abu Sekam Padi. *Reaktor*, 8, 29-32.
- Rumiyati, P., & Retno Indrati. (1999). Aktivitas Enzim Lipase Alkali dari Bakteri dalam Surfaktan. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 14(26), 2460-2461.
- Safitri, R. D., & Maharani, D. K. (2022). Karakteristik PVA/Kitoasan/zeolit Tersubstitusi Ag^+ Berpotensi Sebagai Kemasan Aktif. *UNESA journal of Chemistry*, 11(1), 46-52.
- Safitri, R., Muchlissin, S. I., Mukaromah, A. H., & Darmawati, S. (2018). Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease *Bacillus Thuringiensis* Irodi Pada Oncom Merah Pasca Fermentasi. *Seminar Nasional Edusaintek FMIPA UNIMUS*, 62-69.
- Said, N., & Wahjono, H. (1999). *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Aaerob dan Aerob*. Jakarta: Badan Pengkjian dan Penerapan Teknologi.
- Schwimmer, S. (1981). *Source Book of Found Enzymologi*. West Port: The Avi Pub Co.
- Sedijani, P., K. N., D. C., & Kusmiyati. (2023). Fungal Crude Lipase Enzyme Produced Using the SSF (Solid State Fermentation) Methode Increases The Washing Test Performance. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 140-147. doi: <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i1.6046>

- Septiani. (2019). Karakterisasi Lipase Termotabil (Isolat AL96) Berdasarkan Parameter Temperatur dan pH pada industri Makanan. *Lantanida Journal*, 7(1).
- Setiaji, B., I. T., & D. N. (2006). Pemisahan Komponen Tar Batubara dengan Kolom Fraksinasi Menggunakan Fasa Diam Zeolit-Mn. *Berkala MIPA*, 16(1), 11-18.
- Sharma, R., Y. C., & U. C. (2001). Purification, Characterization, and Applications of Lipases. *Biotechnology Advances*, 6 (3), 627-662.
- Sholeha, R., & R. A. (2021). Lipase Biji-Bijian dan Karakteristiknya. *Journal of Chemistry*, 10(2), 168-183.
- Simanjutak, V. S. (2018). Pengaruh Laju Alir dalam Proses Pengemasan Kolom Kromatografi Penukar Ion. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 15(2), 82-86.
- Sipangkar, I. A. (2012). Perbandingan Kinerja Biokatalis yang dimobilisasi melalui metode entrapment menggunakan Medium Support dari Kitin, Kitoasan, dan Zeolite Untuk Sintesis Biodiesel Rute Non-Alkohol. *Skripsi Fakultas Teknik Kimia*, 1-185.
- Standbury, P., & Whitaker, A. (1984). *Principle of Frem Technology*. New York: Pergunso Press.
- Sulistyaningsih, E. (2016). Efisiensi Pelunakan Air Sadah Menggunakan Bentonit Teraktivasi dengan Metode Pertukaran Ion. *Simposium Nasional RAPI XV*, 241-245.
- Susanti, R., & Febriana, F. (2017). *Teknologi Enzim*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Susanty, A., Fitriani, & Candra. (2013). Isolasi Bakteri Penghasil Lipase dengan Kemampuan Esterase untuk Produksi Metil Ester. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 6(12).
- Suyatno, E., S. E., & C. M. (2015). Produksi Lipase Kapang Lipolitik Pada Limbah Ampas Kelapa. *Bioeksperimen*, 1 No. 1.
- Telussa, I. (2013). Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Lipase dari Coco Butter Substitute dan Karakterisasi Lipasannya. *Prosiding FMIPA Universitas Pattimura*, ISBN: 978-602-97522-0-5.
- Thamzil, L., & Zamroni, H. (2002). Penggunaan Zeolit dalam Bidang Industri dan Lingkungan. *Journal of Indonesian Zeolit*, 1(1), 27-34.

- Udyani, K., & Y. W. (2014). Aktivasi Zeolit Alam untuk Peningkatan Kemampuan sebagai Adsorben Pada Pemurnian Biodiesel. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan II*, 512-519.
- Underwood, A., & D. R. (1999). *Analisis Kimia Kuantitatif* (Edisi Keenam ed.). Jakarta: Erlangga.
- Utami, P. N., Winni Astuti, & Rudi Kartika. (2020). Skrining Bakteri Endofit Dari Daun Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) sebagai Penghasil Lipase. *Atomik*, 05(2), 73-75.
- Vera, H. M., W. A., & D. R. (2023). Skrining Lipase dari Bakteri Air Bendungan Benanga Lempake Kecamatan Samarinda Utara dan Potensinya sebagai Bahan Aditif detergen. *Jurnal Atomik*, 08(2), 50-53.
- Vitisant, T., W. L., S. C., G. W., & W. C. (2013). A High-Activity Lipolytic Yeast Isolated From Sichang Island, Thailand. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 7, 96-105.
- Widhiyanuriyawan, D., & Hamidi, N. (2013). Variasi Temperatur Pemanasan Zeolit alam-NAOH untuk Pemurnian Biogas. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 6(1), 53-63.
- Wilson, K. (2005). *Chromatographic techniques, In: Principles and Thecniques of Biochemistry and Molekular Biology* (6 ed ed.). Cambrigde: Cambrigde University Press.
- Yu, Y., H. Y., & L. T. (1998). Purification of Antibodies from Protein Mixtures and Mouse Ascites Fluid Using Zeolite X. *Journal Biotechnol*, 14, 332-337.
- Yunita, I. A., Sulistyaningsih, T., & Widiarti, N. (2019). Karakterisasi dan uji Sifat Fisik Material Zeolit Modifikasi Magnetit sebagai Adsorben Ion klorida dalam larutan Berair. *Indonesia Journal of Chemical Science*, 8(2), 87-92.
- Zheng, Y.-Y., G. X.-H., S. N.-N., & L. D.-C. (2011). Thermophilic lipase from *Thermomyces lanuginosus*: Gene cloning, expression and characterization. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 127-132. doi:<https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2011.01.006>