

EKSPLORASI BAKTERI LIPOLITIK DARI LIMBAH CAIR

KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Sains di Jurusan
Biologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya

OLEH :

**RIA NAULIA
08041381924109**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

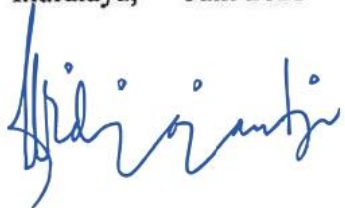
Judul Skripsi :Eksplorasi Bakteri Lipolitik Dari Limbah Cair
Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)
Nama Mahasiswa :Ria Naulia
NIM :08041381924109
Jurusan :Biologi

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal Juni 2023

Indralaya, Juni 2023

Pembimbing

1. Dr. Hary Widjajanti, M.Si.
NIP. 19611212987102001

()

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

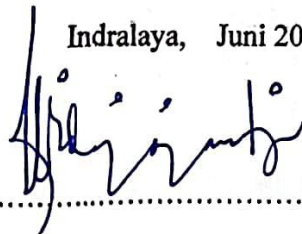
Judul Skripsi : Eksplorasi Bakteri Lipolitik dari Limbah Cair Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)
Nama Mahasiswa : Ria Naulia
NIM : 08041381924109
Jurusan : Biologi

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univeritas Sriwijaya pada tanggal 19 Juni 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, Juni 2023

Pembimbing :

1. Dr. Hary Widajanti, M.Si.
NIP. 19611212987102001


(.....)

Pembahas :

1. Dr. Elisa Numawati, M.Si.
NIP. 197504272000122001
2. Dwi Hardestyariki M.Si.
NIP. 198812112019032012


(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Arum Setiawan, S.Si., M.Si.
NIP. 197211221998031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Ria Naulia
NIM : 08041381924109
Fakultas/Jurusan : MIPA/ Biologi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (SI) dar Univeritas Sriwijaya maupun perguruan lain.

Semua informasi yangdimuat dalam skrpisi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya Juni 2023

Penulis,



Ria Naulia

NIM. 08041381924109

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Ria Naulia
NIM : 08041381924109
Fakultas/Jurusan : MIPA/ Biologi
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*)” atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Eksplorasi Bakteri Lipolitik Dari Limbah Cair Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)”

Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya



Indralaya Juni 2023
Penulis,

Ria Naulia

NIM. 08041381924109

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahillobbilalamin

“Tidak ada impian yang mustahil terwujud, selama kamu masih mengandalkan Allah dalam sujudmu”

Kupersembahkan skripsi dan Gelar ini untuk:

- Allah SWT dan Nabiullah Muhammad SAW
- Mama dan Bapak ku tersayang, yang selalu memberikan semangat, selalu memberikan do'a terbaik untukku dan selalu menyayangiku hingga saat ini
- Adik-ku, Abin Al-hidayat dan Qozaira Qozana yang selalu menghibur dan memberi semangat
- Pembimbing tugas akhir, ibu Dr. Hary Widjajanti, M.Si yang selalu memberikan dukungan, bimbingan, saran dan juga semangat.
- Seluruh Sahabat-ku Biologi 2019 dan seluruh keluarga besar biologi
- Almamater-ku

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Eksplorasi Bakteri Lipolitik dari Limbah Cair Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)**” sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjan Sains di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

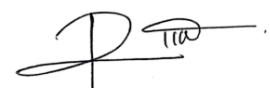
Penulisan skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing Ibu Dr. Hary Widjajanti, M.Si. atas bimbingan, arahan, saran, nasihat dan kesabarannya selama pelaksanaan penelitian serta penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Hermansyah, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Arum Setiawan, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya, sekaligus sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memberikan nasihat, arahan serta memberikan semangat dari awal perkuliahan hingga semester akhir.
3. Dr. Elisa Nurnawati, M.Si. dan Dwi Hardestyariki, M.Si. sebagai dosen pembahas yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi.
4. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Biologi, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.

5. Rosmania, S.T. selaku analis Laboratorium Mikrobiologi dan Agus Wahyudi S.Si. selaku analis Laboratorium Genetika dan Bioteknologi Jurusan Biologi yang telah banyak membantu penulis dalam kegiatan penelitian di laboratorium.
6. Kak bambang dan kak andi selaku admin Jurusan Biologi yang telah banyak membantu penulis dalam mengurus pemberkasan tugas akhir.
7. Sahabat-ku Vera Yuniar, Venica Wardhany, dan Siti Faiza Nursiha yang sudah banyak memberikan bantuan, dukungan dan semangat dari awal perkuliahan hingga saat ini, semangat dalam mengejar cita-cita, semoga kita bisa bertemu kembali dalam keadaan sukses.
8. Sahabat-ku Adhis, Sesil, Chrisya, Friska, Dini, Eliya dan Ahmad Budiman yang sudah banyak memberikan semangat dan dukungan hingga saat ini.
9. Tim penelitian mikrobiologi yang telah memberikan dukungan selama penelitian tugas akhir di laboratorium.
10. Seluruh rekan biologi angkatan 2019 dan keluarga besar jurusan Biologi.

Harapan penulis, semoga skripsi ini nantinya dapat menjadi referensi bagi seluruh civitas akademik serta dapat dilakukannya penelitian yang lebih lanjut, sehingga dapat diperoleh data yang lebih lengkap. Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh Karena itu kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk perbaikan skripsi dimasa mendatang.

Indralaya, Juni 2023
Penulis



Ria Naulia

EXPLORATION OF LIPOLYTIC BACTERIA FROM PALM OIL EFFLUENT (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Ria Naulia
08041381924109

SUMMARY

Oil palm waste is the residue from the oil palm plant which is not included in the main product or can also be referred to as a by-product of palm oil processing. Palm oil liquid waste that is wasted into the aquatic environment can later cause pollution. Pollution that occurs is a result of the formation of a layer of fat on the surface of the water so that it can inhibit the solubility of oxygen contained in the water and can disturb the organisms that are around. One way that can be done in the processing of palm oil liquid waste is by using the bioremediation method using the help of biological agents in the form of bacteria to degrade lipids in palm oil liquid waste. Bacteria that have the ability to degrade lipids are classified into lipolytic bacteria. Lipolytic bacteria have the ability to produce lipase enzymes which can catalyze the hydrolysis of fats into fatty acids and glycerol. The lipase enzyme produced by bacteria by lipolytic is able to decompose organic matter in the form of fat quickly by breaking the ester bond of triglycerol into fatty acids and glycerol which are soluble in air. This study aims to determine the genus of bacteria that have high lipase activity isolated from palm oil wastewater. This research was conducted from December 2022 to March 2023, taking place at the Microbiology Laboratory and Genetics and Biotechnology Laboratory, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University, Indralaya. The stages of the research were isolation, purification, qualitative lipase activity test, inoculum preparation, lipase enzyme production, lipase activity test quantitatively, characterization and assistance. The conclusion of the study was that the isolates of lipolytic bacteria from palm oil wastewater which had the ability to produce lipase enzymes amounted to 15 bacterial isolates from 27 bacterial isolates. The bacterial isolates LCK5A, LCK5E, and LCK2G had high lipase activity values of 2.1175 U/ml, 1.7375 U/ml, and 1.625 U/ml based on quantitative tests, respectively. Bacterial isolates LCK5A, LCK2G were identified as the genus *Citrobacter* and isolates LCK5E were identified as the genus *Lactobacillus*.

Keywords : Palm oil liquid waste (*Elaeis guineensis* Jacq.), Lipolytic bacteria, Lipase enzyme, Lipids.

EKSPLORASI BAKTERI LIPOLITIK DARI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Ria Naulia
08041381924109

RINGKASAN

Limbah kelapa sawit merupakan sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk ke dalam produk utama atau dapat juga disebut sebagai hasil ikutan dari pengolahan kelapa sawit. Limbah cair minyak kelapa sawit yang terbuang ke lingkungan perairan nantinya dapat menimbulkan pencemaran. Pencemaran yang terjadi merupakan akibat dari terbentuknya lapisan lemak di permukaan air sehingga dapat menghambat kelarutan oksigen yang terdapat di dalam air dan dapat mengganggu organisme yang ada di sekitar. Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit yaitu dengan menggunakan metode bioremediasi dengan menggunakan bantuan dari agen hayati berupa bakteri untuk dapat mendegradasi lipid dalam limbah cair kelapa sawit. Bakteri yang memiliki kemampuan mendegradasi lipid diklasifikasikan ke dalam bakteri lipolitik. Bakteri lipolitik memiliki kemampuan untuk dapat menghasilkan enzim lipase yang mampu mengkatalisis hidrolisis lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Enzim lipase yang dihasilkan oleh bakteri lipolitik mampu untuk menguraikan bahan organik berupa lemak secara cepat dengan melakukan pemutusan ikatan ester dari triagliserol menjadi asam lemak dan gliserol yang dapat larut dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui genus bakteri yang memiliki aktivitas lipase tinggi yang diisolasi dari limbah cair kelapa sawit. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2022 sampai Maret 2023, bertempat di Laboratorium Mikrobiologi serta Laboratorium Genetika dan Bioteknologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu isolasi, pemurnian, uji aktivitas lipase secara kualitatif, pembuatan inoculum, produksi enzim lipase, uji aktivitas lipase secara kuantitatif, karakterisasi dan identifikasi. Kesimpulan dari penelitian adalah Isolat bakteri lipolitik dari limbah cair kelapa sawit yang memiliki kemampuan dalam menghasilkan enzim lipase berjumlah 15 isolat bakteri dari 27 isolat bakteri. Isolat bakteri LCK₅A, LCK₅E, dan LCK₂G memiliki nilai aktivitas lipase tinggi berturut-turut dengan nilai 2,1175 U/ml, 1,7375 U/ml, 1,625 U/ml berdasarkan uji kuantitatif. Isolat bakteri LCK₅A, LCK₂G teridentifikasi sebagai genus *Citrobacter* dan isolat LCK₅E teridentifikasi sebagai genus *Lactobacillus*.

Kata Kunci : Limbah cair kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.), Bakteri lipolitik, Enzim lipase, Lipid.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Tanaman Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.).....	5
2.1.1. Klasifikasi Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	6
2.2. Limbah Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	7
2.2.1. Limbah Cair Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	7

2.3. Lemak atau Lipid	9
2.4. Bakteri Lipolitik	10
2.5. Enzim Lipase.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1. Waktu dan Tempat	14
3.2. Alat dan Bahan	14
3.3. Cara Kerja	15
3.3.1. Pembuatan Medium	15
3.3.2. Sterilisasi Alat dan Bahan.....	15
3.3.3. Pengambilan Sampel.....	16
3.3.4. Isolasi dan Pemurnian Bakteri	16
3.3.5. Uji Kualitatif Bakteri Lipolitik	17
3.3.6. Uji Aktivitas Lipase Secara Kuantitatif	18
3.3.7. Karakterisasi Bakteri Lipolitik.....	20
3.3.8. Identifikasi Bakteri Lipolitik.....	24
3.3.9. Variabel Pengamatan	25
3.3.10. Penyajian Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Isolasi dan Pemurnian Bakteri dari Limbah Cair Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.).....	26
4.2. Uji aktivitas lipase secara kualitatif	28
4.3. Uji Aktivitas Lipase Secara Kuantitatif	31
4.4. Karakterisasi Bakteri Lipolitik.....	33
4.5. Identifikasi Bakteri Lipolitik.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41

5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Hasil isolasi dan pemurnian bakteri dari limbah cair kelapa sawit.....	26
Tabel 4. 2. Uji aktivitas lipase secara kualitatif	28
Tabel 4. 3. Uji aktivitas lipase secara kuantitatif	31
Tabel 4. 4. Hasil Karakterisasi Morfologi Bakteri Lipolitik.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 2. Hasil uji aktivitas lipase secara kualitatif.....	29
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan Medium.....	51
Lampiran 2. Isolasi dan pemurnian bakteri dari limbah cair kelapa sawit.....	53
Lampiran 3. Uji kualitatif Bakteri Lipolitik dari Limbah Cair Kelapa Sawit.....	56
Lampiran 4. Uji kuantitatif Bakteri Lipolitik dari Limbah Cair Kelapa Sawit.....	58
Lampiran 5. Karakteristik bakteri lipolitik secara morfologi dan fisiologi	63
Lampiran 6. Hasil Karakteristik Uji Fisiologis Isolat Bakteri Lipolitik	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaies guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan yang memiliki peranan penting terhadap perekonomian Indonesia. Produk dari minyak kelapa sawit nantinya akan diserap oleh industri pangan terutama pada minyak goreng serta industri non pangan berupa kosmetik, bahan bakar, farmasi dan pelumas. Semakin meningkatnya permintaan minyak kelapa sawit maka perlu diimbangi dengan peningkatan produksi dari kelapa sawit. Usaha untuk dapat meningkatkan produksi dari kelapa sawit yaitu dengan melakukan perluasan areal perkebunan kelapa sawit serta peningkatan pada produktivitas kelapa sawit (Yuna & Mardina, 2019).

Hasil samping dari proses pengolahan industri pabrik kelapa sawit tersebut berupa limbah padat dan juga limbah cair. Limbah cair kelapa sawit didapatkan dari hasil proses produksi minyak mentah kelapa sawit atau disebut dengan *crude palm oil* (CPO). Di dalam limbah cair kelapa sawit mengandung *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) serta beberapa senyawa mineral seperti potassium (K), kalsium (Ca), Iron (Fe), sodium (Na), zinc (Zn), dan kromium (Cr (Saragih *et al.*, 2019).

Limbah cair minyak kelapa sawit yang terbuang ke lingkungan perairan nantinya dapat menimbulkan pencemaran. Pencemaran yang terjadi merupakan akibat dari terbentuknya lapisan minyak di permukaan air sehingga dapat

menghambat kelarutan oksigen yang terdapat di dalam air dan dapat mengganggu organisme yang ada di sekitar. Biodegradasi merupakan salah satu proses yang dapat dilakukan oleh bakteri potensial dimana bakteri yang digunakan harus memiliki fisiologi dan metabolik agar dapat mendegradasi bahan pencemar (Harfan *et al.*, 2019).

Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit yaitu dengan menggunakan metode bioremediasi yang menggunakan bantuan dari agen hayati berupa bakteri untuk dapat mendegradasi lipid dalam limbah. Bakteri yang mempunyai kemampuan mendegradasi lipid diklasifikasikan ke dalam bakteri lipolitik (Lusia, 2021).

Bakteri lipolitik sebagai bakteri yang mampu mendegradasi lemak dikarenakan bakteri lipolitik menggunakan lemak sebagai sumber karbon dan energi. Sifat lipolitik yang dimiliki oleh bakteri tersebut mempunyai potensi sebagai agen bioremediasi. Enzim lipase dimanfaatkan bakteri agar dapat melakukan kontak langsung dengan substrat yang memiliki kandungan lipid atau lemak yang nantinya digunakan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan dari bakteri tersebut (Elyza *et al.*, 2015).

Bakteri lipolitik dapat menghasilkan enzim lipase yang mampu mengkatalis hidrolisis lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Enzim lipase yang dihasilkan bakteri lipolitik mampu menguraikan bahan organik berupa lemak secara cepat dengan melakukan pemutusan ikatan ester dari triasigliserol menjadi asam lemak dan gliserol yang dapat larut dalam air (Ethica, 2018). Beberapa genus bakteri

yang dapat menghasilkan lipase berupa *Bacillus*, *Pseudomonas* dan *Burkholderia* (Primiadi *et al.* 2014).

Bestari dan Suharjo (2015), mengenai studi kasus uji kualitatif dan kuantitatif isolat bakteri lipolitik dari limbah cair pabrik pengolahan ikan mendapatkan 4 isolat bakteri yang memiliki aktivitas lipase tinggi yaitu isolat 1me, isolat 3 ma, isolat 3 mb dan isolat 3 mc dengan nilai aktivitas lipase berturut-turut sebesar 3,52 U/ml, 3,98 U/ml, 3,74 U/ml dan 4,05 U/ml. Isolat 3mc dinyatakan sebagai isolat terunggul dikarenakan menghasilkan aktivitas lipase optimum tertinggi sebesar 4,05 U/ml pada jam ke-34 inkubasi. Oleh karena itu perlu dilakukan isolasi, pengujian aktivitas lipase dan identifikasi bakteri yang berasal dari limbah cair kelapa sawit untuk mengetahui sejauh mana potensi lipolitiknya agar mendapatkan isolat unggul yang dapat diaplikasikan dalam bioremediasi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Apakah isolat bakteri dari limbah cair kelapa sawit berpotensi dalam mendegradasi lipid berdasarkan uji kualitatif dan uji kuantitatif?
2. Isolat bakteri manakah yang memiliki aktivitas lipase tinggi berdasarkan uji kuantitatif?
3. Bagaimana identitas bakteri lipolitik dari limbah cair kelapa sawit yang memiliki nilai aktivitas lipase tinggi berdasarkan uji kualitatif dan uji kuantitatif?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan isolat bakteri dari limbah cair kelapa sawit yang berpotensi dalam mendegradasi lipid berdasarkan uji kualitatif dan uji kuantitatif.
2. Mengetahui isolat bakteri yang memiliki aktivitas lipase tinggi berdasarkan uji kuantitatif.
3. Menentukan identitas bakteri lipolitik yang memiliki aktivitas lipase tinggi berdasarkan uji kualitatif dan uji kuantitatif.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang bakteri lipolitik sebagai agen pendegradasi lemak pada limbah cair kelapa sawit hasil dari proses pengelolaan limbah kelapa sawit menjadi CPO (*Crude Palm Oil*).

DAFTAR PUSTAKA

- Alhamdani, M.A., dan Alkabbi, H.J.J. 2016. Isolation and Identification of Lipase Producing Bacteria From Oil-contaminant Soil. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 6(20): 1-7.
- Afriyani., Darnawi., Fakhurrrazi., Manaf, Z.H., Abrar, M., dan Winaruddin. 2016. Isolasi Bakteri Salmonella sp. pada Feses Anak Ayam Broiler di Pasar Ulee Kareng Banda Aceh. *Jurnal Medika Veterinaria*. 10(1): 74-76.
- Angelia, I.O. 2016. Analisis Kadar Lemak pada Tepung Ampas Kelapa. *Jtech*. 4(1): 19-23.
- Asnawi, I., Natsir, H., dan Hariani, N. 2014. Eksplorasi Mikroba Penghasil Enzim Lipolitik pada Sumber Air Panas Lemo Susu, Pinrang, Sulawesi Selatan. *1st International Conference on Science*. 1(1): 1-6.
- Bala, J.D., Lalung, J. dan Ismail, N. 2014. Biodegradation of Palm Oil Mill Effluent (POME) by Bacterial. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 4(3): 2250-3153.
- Bestari, N.C., dan Suharjo. 2015. Uji Kualitatif dan Kuantitatif Isolat Bakteri Lipolitik dari Limbah Cair Pabrik Pengolahan Ikan Kecamatan Muncar, Banyuwangi. *Jurnal Biotropika*. 3(3): 151-155.
- Capuccino, J.G., and Sherman, N. 2007. *Microbiology a Laboratory Mannual 8th Edition*. The Benjamin Cummings Publish Company Inc, California. USA: xvii + 569 hlm.
- Chairunnisa., Riyanto., Karim, A. 2019. Isolasi dan Uji Bakteri Lipolitik dalam Mendegradasi Minyak Pada Limbah Cair Kelapa Sawit di Kebun Marihat, Pematang Siantar. *Jurnal Ilmiah Biologi UMA*. 1(2): 44-52.
- Darmayasa, I.B.G. 2008. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Lipid (Lemak pada Beberapa Tempat Pembuangan Limbah dan Estuari Dam Denpasar. *Jurnal Bumi Lestari*. 8(2): 122-127.
- Dincer, E., and Kivanc, M. 2018. Lipolytic Activity of Lactic Acid Bacteria Isolated From Turkish Pastirma. *Anadolu University Journal of Science and Technology C- Life Sciences and Biotechnology*. 7(1): 12-19.
- Elyza, F., Nuni, G. dan Munawar. 2015. Identifikasi dan Uji Potensi Bakteri Lipolitik Dari Limbah SBE (*Spent Bleaching Earth*) Sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 13(1): 12-18.

- Esakkiraj, P., M. Rajkumarbharathi., A. Palavesam., dan G. Immanuel. 2010. Lipase production by *Staphylococcus epidermidis* CMST-Pi 1 isolated from the gut of shrimp *Penaeus indicus*. *Ann Microbiol.* 60: 37-42.
- Ethica, S.N. 2018. *Buku Referensi Bioremediasi Limbah Biomedik Cair*. Sleman: Deepublish.
- Fajri, I.A., Sanjaya, H., Nizar, U.K., Putra, A., dan Yohandri. 2021. Degradasi Senyawa Minyak dan Lemak Pemodelan Limbah Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Metode Fotosonolisis Dengan Bantuan Katalis ZNO. *Ekasakti Educational Journal.* 1(1): 53-59.
- Fatimah, E. 2021. Review Artikel Karakteristik dan Peranan Enzim Lipase pada Produksi *Diacylglycerol* (DAG) dari *Virgin Coconut Oil* (VCO). *Unesa Journal of Chemistry.* 10(3): 246-256.
- Fallo, G., dan Sine, Y. 2016. Isolasi dan Uji Biokimia Bakteri Selulolitik Asal Saluran Pencernaan Rayap Pekerja (*Macrotermes* sp.). *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi.* 1(2): 27-29.
- Fidiastuti., Rachman, H., dan Aji, P.N. 2016. Kajian Biodegradasi Secara *In Vitro* Menggunakan Bakteri Indigen Lipolitik. *Seminar Nasional Pendidikan dan Saintek.* 341-346.
- Gunasekaran, V., Kotay, S.M., dan Das, D. 2006. Alkaline Lipase Production by *Citrobacter freundii* IIT-BT L139. *Indian Journal of Experimental Biology.* 44(1): 485-491.
- Harahap, S., Lubis, Z., dan Rahman, A. 2019. Analisis Potensi dan Strategi Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit di Kabupaten Labuhanbatu. *Jurnal Ilmiah Magister Agribisnis.* 1(2): 162-176.
- Harfan, D.F., Rousdy, D.W., Kurniatuhadi, R. 2019. Efektivitas *Pseudomonas* sp. BOT4 Dalam Mendegradasi Minyak Jelantah Menggunakan Sumber Nitrogen Natrium Nitrat dan *Yeast Extract*. *Jurnal Protobiont.* 8(3): 106-114.
- Hasan, N.A., Nawahwi, M.Z., Yahya, N. dan Othman, N.A. 2018. Identification and Optimization of Lipase Producing Bacteria From Palm Oil Contaminated Waste. *Journal of Fundamental and Applied Sciences.* 10(2): 300-310.
- Hamka., Rahman, M., Susanti, T. A. 2016. Uji Aktivitas Selulase Bakteri Selulolitik Yang Berasal Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Buletin Loupe.* 13(1) : 1-10.

- Hasyimuddin., Djide, M.N. dan Samawi, M.F. 2016. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Dari Perairan Teluk Pare-Pare. *Biogenesis Jurnal Ilmiah Biologi*. 4(1): 41-46.
- Hemraj, V., 2013. *A review on Commonly Used Biochemical Test for Bacteria*. India: Departement of Pharmacy, L.R Institute of Pharmacy, Solan (H.P).
- Hidayah, H., Mursal, I, L., Susaningsih, H, A., Amal, S. 2022. Analisis Cemaran Bakteri *Coliform* dan Identifikasi *Escherichia coli* Pada Es Batu Balok Di Kota Karawang. *Jurnal Sains dan Ilmu Farmasi*. 7(1) : 54-68.
- Idris, I., Mayerni, R., & Warnita, W. 2020. Karakterisasi Morfologi Tanaman Kelapa Sawit (*Elais guineensis* Jacq.) Di Kebun Binaan PPKS Kabupaten Dharmasraya. *Jurnal Riset Perkebunan*. 1(1): 45-53.
- Iftikhar, T., Niaz, M., Jabeen, R., Haq, I.U. 2011. Purification and Characterization of Extracellular Lipase. *Pakistan Journal Botany*. 43(3): 1541-1545.
- Ihsan, B., dan Retnaningrum, E. 2017. Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Vibrio* sp. Pada Kerang Kapah (*Meretrix meretrix*) Di Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Harpodon Borneo*. 10(1): 23-27.
- Ilmannafian, A.G., Lestari, E., & Khairunisa, F., 2020. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Metode Filtrasi dan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 21(2): 244-253.
- Immanuel, G., Esakkira, P., Jebadhas, A., Iyapparaj and Palavesam, A. 2008. Investigation of Lipase Production by Milk Isolate *Serratia rubidaea*. *Food Technol Biotechnol*. 46: 60-65.
- Ismail, Y.S., Yulvizar, C., dan Putriani. 2017. Isolasi, karakterisasi dan uji aktivitas antimikroba bakteri asam laktat dari fermentasi biji kakao (*Theobroma cacao* L.). *Bioleuser*. 1(2): 45-53.
- Jumardin, W., dan Masnawati. 2015. Uji Daya Hambat Ekstrak Etil Asetat Daun Binahong (*Anredera colifolia* (Ten.) Steenis) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *As-Syifaa*. 07(02): 219-228.
- Kabense, R., Ginting, E. L., Wullur, S., Kawung, N. J., Losung, F., & Tombokan, J. L. (2019). Penapisan Bakteri Proteolitik yang Berpotensi Dengan Alga *Gracillaria* sp. *Jurnal Ilmiah Platax*. 7(2): 413-418.

- Kamallia, S., Hasbi, M., dan Budijono. 2021. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Asal Limbah Cair Tahu UD. Dika Putra, Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Perairan (Aquatic Science)*. 9(1): 16-22.
- Kawuri, R., dan Darmayasa, I.B.G. 2022. Potensi Bakteri Sebagai Biodegradasi Lemak dan Minyak pada Lingkungan Limbah Domestik. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*. 9(1): 184-189.
- Khairani., dan Manalu, K. 2023. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Lipolitik dari Limbah Cair Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*. 6(1): 1-13.
- Kosasi, C., Lolo, W.A., dan Sudewi, S. 2019. Isolasi dan Uji Aktivitas Antibakteri dari Bakteri yang Berasosiasi dengan Alga *Turbinaria ornate* (Turner) J. Agardh serta Identifikasi secara Biokimia. *Pharmacon*. 8(2): 351.
- Kumari, A., Mahapatra, P., and Banerjee, R. 2009. Statistical Optimization of Culture Conditions by Response Surface Methodology for Synthesis of Lipase with *Enterobacter aerogenes*. *Braz Arch Biol Technol*. 52: 1349-1356.
- Lewar, Y.S., Herawati, & Kahar, A., 2020. Pengaruh Temperatur Terhadap COD, BOD, dan Kelapa Sawit Dalam Bioreaktor Anaerobik. *Jurnal Chemurgy*. 4(2): 8-14.
- Lusia, M. 2021. Analisa Degradasi Kandungan Senyawa Asam Spent Bleaching Earth Menggunakan Bakteri Lipolitik (*Bacillus cereus*) dengan Metode *Gas Chromatogram-Mass Spectrometer* (GC-MS). *Unbara Environment Engineering Journal*. 1(2): 1-6.
- Manalu, R.T., Bahri, S., Melisa dan Sarah, S. 2020. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat asal Feses Manusia sebagai Antibakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Sainstech Farma Jurnal Ilmu Kefarmasian*. 13(1): 55-59.
- Maulinda, L., ZA, Nasrul., & Nurbaity. 2017. Hidrolisis Asam Lemak Dari Buah Sawit Sisa Sortiran. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 6(2): 1-15.
- Manvar, A.V., dan Sonwane, P.A. 2019. Lipolytic Activity of Lactic Acid Bacteria Isolated from Different Dairy Samples. *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences*. 7(6): 47-52.
- Misna., dan Diana, K. 2016. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium cepa* L.) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Galenka Journal of Pharmacy*. 2(2): 138-144.

- Noviani., Ananda, M. dan Suwastika, I.N. 2019. Karakterisasi Bakteri dan Jamur yang Berpotensi Sebagai Mikroba Endofit Asal Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Unggul Sulawesi-2. *Natural Science Journal of Science and Technology*. 08(03): 186-190.
- Nurdin, G.M., Mubarik, N.S., dan Sudirman, L.I. 2015. Selection of chitinolytic bacteria as biocontrol of *Colletotrichum capsici*. *Malaya J Microbiol*. 12(1): 35-42.
- Nursanti, I. 2013. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit pada Proses Pengolahan Anaerob dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 13(4): 67-73.
- Nuryanti, S., A, Fitriana., dan Pratiwi, A.R. 2021. Karakterisasi Isolat Bakteri Penghasil Selulosa dari Buah Naga Merah (*Hylocereus ptyrhizus*). *As-syifa Jurnal Farmasi*. 13(1): 71-79.
- Nurzulian, V.M., Sulistyanyngtyas, A.R., dan Ethica, S.N. 2021. Karakterisasi Bakteri Lipolitik *Bacillus* sp. pada Wadi Organ Pencernaan Ikan Sidat (*Anguilla* sp.) *Pro Food (Journal Ilmu dan Teknologi Pangan)*. 7(2): 59-67.
- Oktavia, A.D., Mangunwidjaja, D., dan Wibowo, S. 2012. Pengelolaan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsium Mikroba Indigenous Proteolitik dan Lipolitik. *Jurnal Agrotek*. 6(2): 65-71.
- Oktavia, D.A., dan Singgih W. 2016. Penapisan dan Identifikasi Bakteri Lipolitik yang Diisolasi Dari Limbah Pengolahan Surimi dan Pengalengan Rajungan. *Jurnal Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 11(2): 147-158.
- Oroh, S.B., Kandou, F.E.F., Pelealu, J., dan Pandiangan, D. 2015. Uji Daya Hambat Ekstrak Metanol *Selaginella delicatula* dan *Diplazium dilatatum* Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Ilmiah Sains*. 15(1): 52-58.
- Pahan, I. 2015. *Panduan Teknis Budidaya Kelapa Sawit Untuk Praktisi Perkebunan*. Cibubur: Penebar Swadaya.
- Panjaitan, F.J., Bachtiar, T., Arsyad, I., Lele, O.K., dan Indriyani, W. 2020. Karakterisasi Mikroskopis dan Uji Biokimia Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dari Rhizosfer Tanaman Jagung Fase Vegetatif. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Lingkungan*. 1(1): 9-17.
- Peil, G.H.S., Kuss, A.V., Rave, A.F.G., Villarreal, J.P.V., Hernandes, Y.M.L., dan Nascente, P. 2016. Bioprospecting of Lipolytic Microorganism Obtained

- From Industrial Effluents. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. 88(3): 1769-1779.
- Pramiadi, D., Yulianti, E., dan Rakhmawati, A. 2014. Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Lipase Termotabil dari Bakteri Termofilik Pasca Erupsi Merapi. *Jurnal Sains Dasar*. 3(1): 9-19.
- Prianti., Rahmawati., dan Rousdy, D.W. 2018. Karakteristik Genus Bakteri pada Karkas Ayam Broiler dari Swalayan di Kota Pontianak. *Jurnal Protobiont*. 7(3): 24-35.
- Putri, A.L., dan Kusdiyantini, E. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat daari Pangan Fermentasi Berbasis Ikan (Inasua) yang Diperjualbelikan di Maluku-Indonesia. *Jurnal Biologi Tropika*. 1(2): 6-12.
- Putri, Y.P. 2018. Identifikasi Bakteri pada Tubuh Lalat Rumah (*Musca domestica* Linn.) Di tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) dan Pasar. *Jurnal Biota*. 4(1): 29-35.
- Qamsari, M.E., Kermanshahi, K.R., and Nejad, M.Z. 2011. Isolation and Identification of a novel, lipase-producing bacterium, *Pseudomonas aeruginosa* KM. *Residue Journal Science*. 3(2): 92-98.
- Rahayu, S.A., dan Gumilar, M.H. 2017. Uji Cemarkan Air Minum Masyarakat Sekitar Margahayu Raya Bandung Dengan Identifikasi Bakteri *Escherichia coli*. *IJPST*. 4(2): 50-56.
- Rahayu, S., Rahmawati., dan Kurniatuhadi. 2018. Deteksi Bakteri Selulolitik pada Kotoran Luwak (*Paradoxurus hermaphrodites*) dari Kebun Binatang Bandung. *Jurnal Protobiont*. 7(2): 19-28.
- Ramadhan, M.B.A., Wardana, & Kahar, A., 2020. Pengaruh pH Terhadap COD, BOD dan VFA Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dalam Bioreaktor Anaerobik. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Berwawasan Lingkungan 2020*. 69-74.
- Retnaningsih, A., Primadimanti, A., dan Febrianti, A. 2019. Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Daun Ungu (*Graptophyllum pictum* (L.) Griff) Terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis* dan Bakteri *Propionibacterium acnes* Penyebab Jerawat Dengan Metode Cakram. *Jurnal Analisis Farmasi*. 4(1): 1-9.
- Rosa, R.N., dan Zaman, S. 2017. Pengelolaan Pembibitan Tanaman Kelapa Sawit (*Elais guineensis* Jacq.) Di Kebun Bangun Bandar Sumatera Utara. *Buletin Agrohorti*. 5(3): 325-333.

- Sabdaningsih, A., Budiharjo, A., dan Kusdiyantini. 2013. Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Koloni Bakteri Asosiasi Alga Merah (Rhodophyta) dari Perairan Kutuh Bali. *Jurnal Biologi*. 2(2): 11-17.
- Said, M., Faizal, M., Yudono, B., Hasanudin., dan Estuningsih, S.P. 2019. Isolates of Lipolytic, Proteolytic and Cellulolytic Bacteria from Palm Oil Mill Effluent and Their Potency as Consortium. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 9(2): 390-396.
- Sambuaga, M.E., Longdong, S.N.J., dan Manoppo, H. 2018. Sensitivitas Ekstrak Tanaman Kemangi (*Ocimum sactum*) Terhadap Bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Budidaya Perairan*. 6(1): 1-7.
- Santos, E.O., dan Martins, M.L. 2003. *Effect Product of the Medium Composition on Formation of Amylase by Bacillus sp.* Brazilian Arch Biol Technol. 46: 129-134.
- Saragih, G., Hakim, M.I.A., Eprilia, S., Sugiah. 2019. Optimalisasi Penurunan BOD Menggunakan Bakteri Mesofilik Untuk *Land Application* Di Unit Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Ready Star*. 2(1): 96-102.
- Sari, D.Y.R., Saputro, T.B., dan Muhibuddin, A. 2016. Uji Potensi Fermentasi Etanol *Yeast* Tanah yang Diisolasi dari Metode Budidaya SDN di Daerah Batu, Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5(2): 39-43.
- Setyani, A. W., dan Subagiyo. 2012. Isolasi dan Seleksi Bakteri Penghasil Enzim Ekstraseluler (Proteolitik, Amilolitik, Lipolitik dan Selulolitik) yang Berasal dari Sedimen Kawasan Mangrove. *Jurnal Program Studi Kelautan*, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang. 17(3): 164-168.
- Silaban, S., dan Simamora, P. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Amilase Dari Sampel Air Tawar Danau Toba. *EduChemia Jurnal Kimia dan Pendidikan*. 3(2): 222-231.
- Simamora, C.J.K., dan Sukmawati, S. 2020. Identifikasi dan Karakterisasi Aktivitas Ekstrak Kasar Enzim Lipase Isolat Bakteri Lipolitik Lptk 19 Asal Tempe Biji Karet. *Jurnal Median*. 12(1): 28-37.
- Sinaga, N., Nasution, A.S.B. 2016. Simulasi Pengaruh Komposisi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (Pome) Terhadap Kandungan Air Biogas dan Daya Listrik yang Dihasilkan Sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Biogas. *Eksergi Jurnal Teknik Energi*. 12(3): 66-72.

- Sirisha, E., Rajasekar, N., dan Narasu, M.L. 2010. Isolation and optimization of lipase producing bacteria from oil contaminated soils. *Advances in Biological Research*. 4(5). 249-252.
- Suparno, O., Kartika, I.A., dan Muslich. 2013. *Sains dan Teknologi Proses Produksi Minyak/Lemak dan Kulit Samoa (Chamois Leather)*. Bogor: IPB Press.
- Sutari, N.W.S. 2020. Isolasi dan Identifikasi Morfologi Jamur Selulolitik dari Limbah Rumah Tangga di Desa Sanur Kauh, Bali. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*. 13(2): 100-105.
- Swandi, M.K., Periadnadi., dan Nurmiati. 2015. Isolasi Bakteri Pendegradasi Limbah Cair Industri Minyak Sawit. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 4(1): 71-76.
- Telussa, I. 2013. Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Lipase dari Coco Butter Substitute dan Karakterisasi Lipase. *Prosiding FMIPA Universitas Pattimura 2013*: ISBN: 978-602-97522-0-5.
- Ulvi, S.I., Harmawan, T. 2022. Analisis Kandungan Minyak dan Lemak pada Limbah Outlet Pabrik Kelapa Sawit di Aceh Tamiang. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. 4(1): 15-19.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2014. Taxonomy of *Elaeis guineensis* Jacq. <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=ELGU>. USDA NRCS National Plant Data Team. Diakses pada 06 Oktober 2022.
- Waluyo, L. 2018. *Bioremediasi Limbah*. Malang: UMM Press.
- Waluyo, L. 2010. *Teknik dan Metode Mikrobiologi*. Malang: UMM Press.
- Widiastuti, L., Sulistiyanto, Y., Jaya, A., Jagau, Y. dan Neneng, L. 2019. Potensi Mikroorganisme Sebagai Biofertilizer dari Limbah Cair Kelapa Sawit. *Jurnal Surya Medika*. 5(1): 1-12.
- Wulandari, D., dan Purwaningsih, D. 2019. Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri Amilolitik pada Umbi *Colocasia esculenta* L. Secara Morfologi, Biokimia dan Molekuler. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*. 6(2): 247-258.
- Yamin, I.F., dan Natsir, N. 2014. Bakteri Dominan Di dalam Saluran Akar Gigi Nekrosis (*Dominant canal of necrotic teeth*). *Dentofasial*. 13(2): 113-116.
- Yanti, R.N. dan Lestari, I. 2020. Potensi Limbah Padat Perkebunan Kelapa Sawit Di Provinsi Riau. *Wahana Forestra Jurnal Kehutanan*. 15(2): 1-11.

- Yuna, R., Mardina, V. 2019. Pengujian Karakteristik Kimia pada Limbah Cair Kelapa Sawit di Pabrik X. *Jurnal Biologica Samudra*. 1(1): 1-8.
- Zahara, I. 2014. Pengaruh Pengadukan terhadap Produksi Biogas pada Proses Metanogenesis Berbahan Baku Limbah Cair Kelapa Sawit. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Zusfahair., Setyaningtyas, T., dan Fatoni, A. 2010. Isolasi, Pemurnian dan Karakterisasi Lipase Bakteri Hasil Skrining dari Tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Gunung Tugel Banyumas. *Jurnal Natur Indonesia*. 12(2): 124-129.