

**POTENSI ENZIM LIPASE DARI BIJI ALPUKAT (*Persea americana* Mill)
SEBAGAI BAHAN PENYUSUN BIODETERGEN**

SKRIPSI

**Oleh :
ELMA NAVIANA MALIK
NIM. 200602110084**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**POTENSI ENZIM LIPASE DARI BIJI ALPUKAT (*Persea americana* Mill.)
SEBAGAI BAHAN PENYUSUN BIODETERGEN**

SKRIPSI

**Oleh:
ELMA NAVIANA MALIK
NIM. 200602110084**

**diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

POTENSI ENZIM LIPASE DARI BIJI ALPUKAT (*Persea americana* Mill.)
SEBAGAI BAHAN PENYUSUN BIODETERGEN

SKRIPSI

Oleh :

ELMA NAVIANA MALIK

NIM. 200602110084

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)
Tanggal: 19 Juni 2024

Ketua Penguji	: Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd NIP. 1963011419990301001	(.....)
Anggota Penguji I	: Fitriyah, M.Si NIP. 198607252019032013	(.....)
Anggota Penguji II	: Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc NIP. 199205072019032026	(.....)
Anggota Penguji III	: Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si NIP. 19870522202321016	(.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 197410182003122002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah sujud serta syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas kasih sayang dan rahmat-Mu yang telah memberikan hidayah serta karunia dan kemudahan yang diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW. Skripsi sederhana ini, dipersembahkan kepada orang-orang yang dikasihi dan disayangi.

1. Ayahanda dan ibunda sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terimakasih yang tiada terhingga karena telah mendidik, merawat, memberi dukungan dan motivasi, serta mendoakan penulis sehingga terciptanya skripsi ini.
2. Adik yang senantiasa mendukung dan memberi dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini
3. Bapak Dr. Dwi Suheriyanto, M.P (Dosen Wali), Ibu Prof. Retno Susilowati, M.Si (Dosen Pembimbing Biologi), Ibu Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc (Dosen Pembimbing Biologi) dan Bapak Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si (Dosen Pembimbing Agama) yang telah membimbing serta mendukung penulis dengan penuh kesabaran sehingga tugas akhir ini terselesaikan.
4. Seluruh teman-teman seperjuangan Biologi 2020 (Biogenc), terkhusus teman-teman di kelas biologi B yang telah menemani dan membantu penulis dalam pengambilan data
5. Teman-teman penulis (Eva, Nadya, Himma, Shovi, Hesi, Nabila, Nafisa dan Jonathan) yang selalu menemani dan mendukung penulis)
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Biologi UIN Malang dan laboran yang telah meluangkan waktu dan membimbing dan memberikan ilmunya sehingga penulis mampu mengerjakan skripsi ini.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT berupa kasih sayang dan rahmat yang melimpah. Tanpa mereka karya ini tidak akan pernah tercipta.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Elma Naviana Malik

NIM : 200602110084

Program Studi : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Potensi Enzim Lipase dari Biji Alpukat (*Persea americana* Mill.) sebagai Bahan Penyusun Biodetergen

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, ataupun pikiran orang lain yang saya akui, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 19 Juni 2024

nyataan



PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

MOTTO

Calamus gladio fortior

“Pena lebih kuat daripada pedang”

POTENSI ENZIM LIPASE DARI BIJI ALPUKAT (*Persea americana* Mill.) SEBAGAI BAHAN PENYUSUN BIODETERGEN

Elma Naviana Malik, Tyas Nyonita Punjungsari, Muhammad Asmuni Hasyim

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Detergen merupakan pembersih sintetis yang umum digunakan sebagai produk pembersih. Namun, pemakaian detergen sintetis yang berlebihan akan menyebabkan melimpahnya limbah karena air bekas cucian yang dibuang akan terakumulasi di lingkungan perairan. Akumulasi dari detergen ini sangat berbahaya bagi ekosistem perairan dikarenakan adanya senyawa surfaktan yang terkandung dalam limbah pencucian. Senyawa surfaktan ini sangat berbahaya bagi lingkungan perairan karena sulit untuk terurai secara biologis dan merupakan racun bagi biota air. Satu diantara alternatif pengurangan residu pencucian detergen adalah dengan menggunakan enzim lipase. Enzim lipase merupakan enzim yang dapat memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Enzim lipase adalah kelompok enzim yang dapat larut dalam air dan mampu bekerja dalam emulsi minyak dalam air. Selain itu, telah banyak penelitian mengenai kebermanfaatan enzim lipase sebagai bahan tambahan dalam aplikasi detergen. Enzim lipase dapat ditemukan pada biji yang mengandung lemak atau minyak seperti pada biji alpukat (*Persea americana* Mill.). Penelitian ini mengeksplorasi potensi enzim lipase dari biji alpukat (*Persea americana* Mill.) sebagai komponen biodetergen. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi biji alpukat sebagai penyusun biodetergen. Langkah awal yakni dilakukan isolasi enzim lipase dari biji alpukat, kemudian dilanjutkan dengan proses purifikasi. Uji kinerja enzim lipase dilakukan dengan menguji 9 kombinasi konsentrasi enzim lipase dan detergen komersial pada 3 noda yang berbeda yaitu noda kuning telur, minyak zaitun dan kunyit. Uji kualitatif dilakukan dengan menggunakan penilaian dari panelis. Hasil penelitian ini dihasilkan enzim lipase yang memiliki potensi sebagai bahan penyusun biodetergen dengan konsentrasi terbaik pada L40D0 dan L40D50

Kata kunci: *Biji Alpukat (Persea americana Mill), Biodetergen, Enzim Lipase*

THE POTENTIAL OF LIPASE ENZYME FROM AVOCADO SEEDS (*Persea americana* Mill) AS A COMPONENTS OF BIODETERGEN

Elma Naviana Malik, Tyas Nyonita Punjungsari, Muhammad Asmuni Hasyim

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRACT

Detergent is a synthetic cleaner that is commonly used as a cleaning product. However, excessive use of synthetic detergents will cause an abundance of waste because of its used washing water is disposed in environment and accumulates in water environment. The accumulation of detergent is dangerous for aquatic ecosystems due to the presence of surfactant compounds that contained in washing waste. This surfactants compound is very dangerous for the aquatic environment because it is difficult to biodegrade and is toxic to aquatic animals. One alternative to reducing detergent washing residue is to use lipase enzymes. The lipase enzyme is an enzyme that can break down fat into fatty acids and glycerol. Lipase enzymes are a group of enzymes that can dissolve in water and are able to work in oil-in-water emulsions. Apart from that, there has been a lot of research regarding the usefulness of the lipase enzyme as an additional ingredient in detergent applications. The lipase enzyme can be found in seeds that contain fat or oil, such as avocado seeds (*Persea americana* Mill.). This research explores the potential of the lipase enzyme from avocado seeds (*Persea americana* Mill.) as a biode detergent component. The aim of this research is to determine the potential of avocado seeds as a biode detergent constituent. The initial step is to isolate the lipase enzyme from avocado seeds, then continue with the purification process. The lipase enzyme performance test was carried out by testing 9 combination of lipase enzyme concentrations and commercial detergent on 3 different stains, namely egg yolk, olive oil and turmeric stains. Qualitative tests were carried out using assessments from the panelists. The results of this research produced a lipase enzyme which has the potential as a constituent of biode detergent with the best concentration at L40D0 and L40D50..

Key words: *Avocado seeds (Persea americana Mill), Biode detergent, Lipase enzyme*

إنزيم الليباز المحتمل من بذور الأفوكادو (*Persea americana* Mill.) كمكون للمنظفات

الحيوية

إلما نفييانا مالك، تياس نيونييتا فونجونغساري، محمد اسموني هاشيم

برنح دراسة الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

مستخلص البحث

المنظفات هي منظف صناعي يستخدم عادة كمنتج تنظيف. ومع ذلك، فإن الاستخدام المفرط للمنظفات الاصطناعية سيؤدي إلى وفرة من النفايات لأن مياه الغسيل المستخدمة التي يتم التخلص منها سوف تتراكم في البيئة المائية. يعد تراكم هذا المنظف خطيرا جدا على النظم الإيكولوجية المائية بسبب وجود مركبات الفاعل بالسطح الموجودة في نفايات الغسيل. هذه المركبات الخافضة للتوتر السطحي ضارة جدا بالبيئة المائية لأنها صعبة التحلل بيولوجيا وهي سامة للكائنات الحية المائية. أحد البدائل لتقليل بقايا غسيل المنظفات هو استخدام إنزيمات الليباز. إنزيم الليباز هو إنزيم يمكنه تكسير الدهون إلى أحماض دهنية وجلسرين. إنزيمات الليباز هي مجموعة من الإنزيمات القابلة للدوبان في الماء والقادرة على العمل في مستحلبات الزيت في الماء. بالإضافة إلى ذلك، كان هناك الكثير من الأبحاث حول فائدة إنزيم الليباز كمادة مضافة في تطبيقات المنظفات. يمكن العثور على إنزيمات الليباز في البذور التي تحتوي على الدهون أو الزيت، كما هو الحال في بذور الأفوكادو (*Persea americana* Mill.). استكشفت هذه الدراسة إمكانات إنزيم الليباز من بذور الأفوكادو (*Persea americana* Mill.) كمكون من مكونات المنظفات الحيوية. الغرض من هذه الدراسة هو تحديد إمكانات بذور الأفوكادو كمكون للمنظفات الحيوية. الخطوة الأولى هي عزل إنزيم الليباز من بذور الأفوكادو، ثم متابعة عملية التنقية. تم إجراء اختبار أداء إنزيم الليباز عن طريق اختبار 9 مجموعات من تركيزات إنزيم الليباز والمنظفات التجارية على 3 بقع مختلفة، وهي صفار البيض وزيت الزيتون وبقع الكرم. تم إجراء الاختبار النوعي باستخدام تقييمات من أعضاء اللجنة. أنتجت نتائج هذه الدراسة إنزيمات الليباز التي لديها القدرة على أن تكون المواد المكونة للمنظفات الحيوية مع أفضل تركيزات في L40D0 و L40D50.

الكلمات المفتاحية: بذور الأفوكادو (*Persea americana* Mill.)، المنظفات الحيوية، إنزيمات الليباز

KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Shalawat serta salam disampaikan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, para keluarga dan sahabat-sahabatnya. Semoga senantiasa diberikan syafaatnya kelak. Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis ucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat dan telah membantu memenuhi skripsi ini, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Muhammad Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P, selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan banyak arahan agar penulis tetap semangat dalam menempuh studi di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Dr. Dwi Suheriyanto, M.P. selaku Dosen wali yang telah membimbing dan memberikan dorongan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan naskah skripsi hingga menyelesaikan studi
5. Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si, Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc. dan Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si selaku dosen pembimbing karena berkat bimbingan beliau penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Dr. H. Eko Budi Minarno S.Pd., M.Pd, dan Fitriyah, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji skripsi karena atas saran beliau penulisan skripsi ini dapat diselesaikan
7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen, laboran dan staff administrasi Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah memberikan bimbingan dan ilmu selama studi.

8. Orang tua dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, nasihat dan semangat dalam menyelesaikan studi
9. Sahabat-sahabat seperjuangan di Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang selalu mendukung dan menjadi bagian perjalanan selama studi di Malang.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, pembaca pada umumnya serta menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Aamiin.

Wassalammualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 19 Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iiiv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	vii
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
مستخلص البحث.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Hipotesis Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Batasan Masalah	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill).....	9
2.2 Enzim Lipase	15
2.3 Biodetergen.....	17
2.4 Uji Potensi Enzim Lipase Sebagai Penyusun Biodetergen.....	20
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Rancangan Penelitian	20
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.3 Alat dan Bahan.....	20
3.4 Prosedur Kerja	21
3.5 Penilaian Visual <i>Washing test</i>	23
3.6 Analisis Data.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Uji Potensi Enzim Lipase	26
4.2 Kajian Hasil Penelitian Menurut Perspektif Islam dan Sains.....	43
BAB V PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran	44

DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kandungan lemak pada biji alpukat	13
2.2. Enzim penyusun biodetegen	18
4.1. Hasil uji kinerja enzim lipase pada noda kuning telur.	29
4.2. Hasil uji kinerja enzim lipase pada noda minyak zaitun.	32
4.3. Hasil uji kinerja enzim lipase pada noda kunyit	35
4.4. Hasil uji cronbach's alpha..	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Biji alpukat.....	11
3.1. Kain <i>washing test</i>	23
4.1. Persentase kinerja pencucian noda kuning telur.....	30
4.2. Persentase kinerja pencucian noda minyak zaitun.	32
4.3. Persentase kinerja pencucian noda kunyit.....	36
4.4. Hasil uji kualitatif enzim lipase pada noda kuning telur.	38
4.5. Hasil uji kualitatif enzim lipase pada noda minyak zaitun..	39
4.6. Hasil uji kualitatif enzim lipase pada noda kuning telur kunyit.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

1. Perhitungan Uji Kinerja Enzim Lipase (w%)	50
2. Uji Validitas Data	53
3. Data Kualitatif.....	54
4. Uji Kruskal Wallis.....	55
5. Dokumentasi Penelitian	58
6. Bukti Konsultasi Pembimbing..	60
7. Bukti Cek Skor Plagiasi..	61

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah sumberdaya alam yang dapat diperbaharui, tetapi air dapat dengan mudah terkontaminasi oleh berbagai aktivitas manusia. Data Status Lingkungan Hidup Indonesia (SLHI) tahun 2022, mencatat jika Indeks Kualitas Air (IKA) di Indonesia mengalami penurunan kualitas air. Pada tahun 2020 sekitar 59.05% sungai mengalami pencemaran berat (SLHI, 2022). Buangan pemukiman, industri dan pertambangan menyebabkan meningkatnya pencemaran air. Namun, penyebab yang paling mendominasi pencemaran air adalah pembuangan limbah industri dan rumah tangga (Basri, 2015). Pencemaran air yang diakibatkan oleh limbah rumah tangga, industri dan pertambangan, serta adanya akitivitas wisata dan pelayaran menyebabkan dampak kerusakan yang signifikan bagi perairan. Kerusakan-kerusakan yang terjadi di alam ini dicantumkan dalam QS. Ar- Rum ayat 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : *“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”* (Qs. Ar-rum’ [30]: 41)

Menurut Hamka dalam tafsir Al-Azhar dengan corak adabi ijtima’i menjelaskan bahwa dalam ayat ini kerusakan yang disebabkan oleh perbuatan manusia baik di darat maupun di laut, seperti polusi dan pencemaran. Kata *Al-Fasad* merujuk pada segala sesuatu pelanggaran atas sistem atau hukum yang dibuat oleh Allah yang kemudian diterjemahkan sebagai “kerusakan”. Kerusakan dapat berupa pencemaran alam atau bahkan penghancuran alam sehingga tidak

dapat dimanfaatkan lagi (Hamka, 1999). Berdasarkan tafsir diatas, kerusakan yang dimaksudkan ini tidak hanya sebatas mencemari, namun dapat berupa menghancurkan alam dan membuatnya tidak dapat dimanfaatkan lagi. Satu diantaranya macam penghancuran alam adalah melimpahnya limbah sisa pencucian detergen sintetis

Detergen merupakan pembersih sintetis (buatan) yang terbuat dari turunan minyak bumi dan memiliki kandungan bahan kimia yang akan bereaksi dengan air dan menghasilkan busa. Detergen digunakan untuk membersihkan, baik dalam tujuan industri ataupun tujuan rumah tangga (Wulansari, 2012). Penggunaan detergen sebagai produk pembersih pakaian sangat efektif dalam menghilangkan noda dan kotoran di kain (Apriyani, 2017). Detergen memiliki komponen utama yaitu *surfaktan (Surface Active Agent)* yang berperan dalam membersihkan kotoran yang ada pada pakaian, baik yang larut dalam air maupun yang tak larut dalam air (Arini et al., 2008). Surfaktan merupakan salah satu komponen utama dalam detergen sintetis, sekitar 20-40% surfaktan terdapat di dalam detergen sintetis (Santi, 2009). Surfaktan memiliki peran dalam mengurangi tegangan antar permukaan minyak dan air sehingga lebih memudahkan dalam menghilangkan kotoran pada kain (Situmorang, 2017). Namun, penggunaan surfaktan dalam detergen sintetis dapat menyebabkan berbagai dampak negatif pada lingkungan perairan.

Pemakaian detergen sintetis yang berlebihan akan menyebabkan melimpahnya limbah karena air bekas cucian yang dibuang di lingkungan dan terakumulasi di lingkungan perairan (Yuliani, 2015). Akumulasi dari detergen ini sangat berbahaya bagi ekosistem perairan dikarenakan adanya senyawa surfaktan

yang terkandung dalam limbah pencucian. Senyawa surfaktan ini merupakan racun bagi lingkungan perairan karena memiliki kandungan senyawa ABS (*alkyl benzene sulphonate*) yang resisten terhadap penguraian secara biologis, sehingga sulit terurai dan dikenal sebagai senyawa pencemar bagi biota laut (Soewondo, 2009). ABS yang terkandung dalam surfaktan ini sangat berbahaya bagi biota perairan. Penelitian Wulansari & Ardiansyah (2012) ABS dapat menghancurkan sel yang kemudian akan menyebabkan kerusakan organ respirasi ikan sehingga terjadinya iritasi dan menghalangi proses respirasi. Selain merusak insang, surfaktan juga merusak indra perasa ikan sehingga ikan akan kesulitan dalam mencari makan (Wulansari, 2012). Penggunaan lebih sedikit bahan kimia pada detergen merupakan hal yang penting bagi lingkungan (Safdar et al., 2023). Satu diantara alternatif pengurangan dampak negatif bahan kimia detergen, khususnya surfaktan, adalah dengan menggunakan enzim lipase (Hasan et al., 2010).

Enzim lipase dinilai sebagai solusi yang memungkinkan untuk mengatasi permasalahan pencemaran ini karena memiliki sifat yang mudah terurai oleh lingkungan serta karakteristik aktivitas hidrolitik dan stabilitas yang dapat dikendalikan. Enzim lipase adalah kelompok enzim yang dapat larut dalam air dan mampu bekerja dalam emulsi minyak dalam air. Selain itu, telah banyak penelitian mengenai kebermanfaatan enzim lipase sebagai bahan tambahan dalam aplikasi detergen (Verma., 2012). Saat ini lipase banyak diaplikasikan pada bidang pangan dan industri berbasis agrokimia. Enzim lipase juga diaplikasikan pada formulasi detergen, farmasi dan obat-obatan. Aplikasi enzim lipase lain dapat berupa bahan kimia sintetis, agrokimia, bioremediasi serta kosmetik (Verma N, 2012). Namun, aplikasi komersial utama enzim lipase adalah

sebagai detergen karena kemampuannya dalam menghidrolisis lemak. (Pomeistia, 2021). Sekitar 32% dari total penjualan enzim lipase diaplikasikan dalam formulasi detergen. Sekitar 10.000 ton lipase ditambahkan ke dalam 13 miliar ton detergen yang diproduksi (Hasan et al., 2010; Sharma et al., 2001).

Enzim lipase dipilih menjadi bahan tambahan dalam detergen karena kemampuan stabilitasnya dalam bahan organik pelarut, pH dan suhu serta efektif dalam mengkatalisis interaksi dalam air sehingga menjadi aditif yang sesuai dan cocok dengan detergen (Safdar et al., 2023). Stabilitas enzim menjadi penting untuk menghasilkan hasil yang terbaik dalam menghilangkan noda kotoran sebagai hasil gabungan dengan surfaktan dari detergen sintetis. Enzim lipase digunakan secara bersamaan dengan detergen sintetis untuk meningkatkan kemampuan pembersihan serta mengurangi residu limbah detergen sintetis (Hasan et al., 2010). Peningkatan kinerja pencucian yang dihasilkan akibat aktivitas hidrolase enzim lipase akan mengurangi penggunaan detergen sintetis sehingga dapat mengurangi residu limbah detergen.

Sumber lipase dapat didapatkan dari hewan, mikroorganisme dan tumbuhan (Layly et al., 2016). Enzim yang diisolasi dari tumbuhan memiliki keunggulan dari kemudahan pemurnian, biaya yang rendah serta keanekaragaman bagian tumbuhan yang dapat diisolasi. Selain itu, enzim lipase dapat diisolasi dari berbagai jaringan seperti daun, minyak, getah, batang dan biji (Sholeha & Agustini, 2021). Banyaknya kelebihan yang dimiliki dari enzim lipase yang diisolasi dari tumbuhan menunjukkan bahwa tumbuhan memiliki banyak manfaat dan potensi untuk dikelola kebermanfaatannya. Penggunaan tumbuhan sebagai sumber enzim lipase serta pemanfaatannya ini tercantum dalam Al-Quran

mengenai kebermanfaatan tumbuhan bagi umat manusia pada surah Asy-syu'ara.

Firman Allah dalam Surah Al-Quran Asy-Syu'ara ayat 7 :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَيْفَ أَخْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya : “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam pasangan (tumbuh-tumbuhan) yang baik?”(Qs. Asy-syu'ara [26]: 07)

Pada QS. Asy-Syu'ara ayat 7 di atas, berdasarkan tafsir Al-Qurthubi terdapat tiga kata yang ditekankan, yaitu kata “*yarou*” yang memiliki arti memperhatikan, “*Zauj*” yang memiliki arti tumbuh-tumbuhan dan “*karim*” yang memiliki arti mulia. Dalam ayat di atas, manusia diperintahkan untuk memperhatikan tumbuh-tumbuhan yang baik dan mulia, yang telah ditumbuhkan di bumi ini. Tumbuhan yang baik tersebut dapat diartikan pula tumbuhan yang memiliki manfaat terkandung di dalamnya, tumbuhan tersebut salah satunya adalah alpukat. Alpukat memiliki manfaat besar yang terkandung di dalamnya, satu diantara kebermanfaaaatan tersebut adalah kandungan enzim lipase yang ada pada alpukat.

Enzim lipase seringkali terdapat pada biji alpukat (*Persea americana Mill*) karena mengandung lemak atau minyak (Amalia Nst et al., 2013). Biji alpukat memiliki kandungan lemak yang tinggi serta merupakan sumber dari enzim lipase. Enzim lipase mengatur kecepatan dalam proses pemecahan lemak serta sintesis lemak yang tedapat pada tahap perkecambahan dan pertumbuhan embrio (Permana,et al., 2013). Hasil uji aktivitas enzim lipase pada biji alpukat dinilai tinggi. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Pomeistia *et al* (2021) hasil uji aktivitas enzim lipase pada alpukat sekitar 25,15%. Aktivitas enzim yang diperoleh ini merupakan kemampuan enzim lipase untuk menghasilkan 1 μmol asam lemak bebas dari hidrolisis substrat oleh 1 mL enzim lipase tiap satuan

menit (Adio et al., 2015). Sehingga semakin tinggi aktivitas yang dihasilkan maka akan semakin efektif dalam kemampuan memecah lemak yang dimiliki.

Penelitian mengenai biodetergen dari enzim lipase telah dilakukan oleh Layly & Wiguna (2016) melakukan uji potensi enzim lipase *Alcaligenes faecalis* untuk aplikasi biodetergen, menggunakan lipase yang diisolasi dari bakteri *Alcaligenes faecalis*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa enzim lipase yang diisolasi dari bakteri *Alcaligenes faecalis* memiliki potensi dalam menghidrolisis minyak zaitun. Penelitian menggunakan enzim lipase dari alpukat belum pernah dilakukan sebelumnya. Kecambah biji alpukat (*Persea americana Mill*) akan menjadi pembaruan pada penelitian ini, enzim lipase yang akan digunakan diekstraksi dari tumbuhan khususnya biji. Hal ini dikarenakan biji yang dalam proses berkecambah mengandung minyak di dalamnya serta enzim lipase yang tinggi (Quettier, 2009).

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi enzim lipase biji alpukat (*Persea americana Mill*) sebagai bahan penyusun biodetergen.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana potensi enzim lipase dari biji alpukat (*Persea americana Mill*) sebagai bahan penyusun biodetergen?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi enzim lipase dari biji alpukat (*Persea americana Mill*) sebagai bahan penyusun biodetergen.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang dirumuskan pada penelitian ini adalah terdapat potensi enzim lipase dari biji alpukat (*Persea americana* Mill) sebagai bahan penyusun biodetergen.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Keilmuan

Penelitian ini diharapkan dapat menambah kontribusi pengetahuan dalam bidang studi enzim lipase serta tumbuhan alpukat bagi peneliti yang memiliki ketertarikan pada bidang kajian serupa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi peneliti di di bidang studi enzim. Lebih lanjut, diharapkan bahwa temuan dari penelitian ini dapat memberikan wawasan mengenai interaksi enzim lipase pada serat dari kain serta stabilitas detergen. Penelitian ini diharapkan dapat berperan sebagai sumber pendidikan bagi berbagai pihak serta mendukung peningkatan kajian sains secara menyeluruh.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan akan membantu lembaga pemangku kebijakan, baik dari sektor pemerintah maupun swasta untuk menggunakan hasil penelitian ini sebagai landasan untuk merumuskan kebijakan yang terkait dengandampak dari limbah detergen akibat penggunaan berlebih. Industri yang terkait dengan topik ini diharapkan dapat berkolaborasi dan bersinergi dengan mengacu pada temuan penelitian ini dalam mengembangkan inovasi untuk mengatasi tantangan bersama yang akan dihadapi kedepannya.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengujian hanya terbatas pada uji kinerja enzim lipase dalam pencucian kain (*washing test*)
2. Noda kotoran yang diuji pada *Washing test* adalah minyak zaitun, kuning telur dan kunyit
3. Konsentrasi enzim lipase yang digunakan pada percobaan *washing test* adalah 0.25%, 0.30% dan 0.40%. Sedangkan konsentrasi detergen sintetis adalah 0%, 0.5% dan 1%.
4. Detergen sintetis yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari merk Rinso.
5. *Washing test* yang dilakukan menggunakan kain katun putih yang telah dinetralkan dari lipid dengan menggunakan kloroform.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alpukat (*Persea americana* Mill)

Alpukat (*Persea americana* Mill) adalah tumbuhan yang diminat secara internasional karena meningkatnya permintaan akan buah-buahan dan produk pangan (Bangar, 2022). Buah dari tanaman ini memiliki warna kulit buah yang bervariasi. Warna buah alpukat bervariasi dari warna hijau yang disebabkan oleh klorofil, hingga warna hitam akibat adanya kandungan antosianin (Andi, 2013). Buah alpukat memiliki daging buah yang berwarna hijau serta kuning di bagian bawah mendekati biji (Anisa, 2021).

Alpukat (*Persea americana* Mill) merupakan tanaman dikotil dan juga termasuk ke dalam keluarga tumbuhan berbunga Lauraceae, asli Amerika Tengah dan Meksiko (FAO, 2018) serta memiliki varietas yang tersebar di seluruh dunia (Anisa, 2021). Alpukat pada umumnya terbagi atas 3 tipe, yaitu tipe Guatemalan, west indian dan juga tipe *Mexican*. Alpukat yang ada di Indonesia dibagi berdasarkan keturunan dari ketiga jenis ras alpukat yang menghasilkan berbagai varietas (Verti E A, 2021). Tumbuhan alpukat ditanam pada wilayah tropis dan subtropis. Indonesia merupakan yang juga khas dengan tanaman alpukat (Budiana, 2013). Tipe Ijo bundar, Ijo Panjang, Merah Bundar, Merah Panjang, Mega Gagauan, Mega Murapi, dan Mega Peninggahan adalah ketujuh varietas alpukat yang dilepas oleh Menteri Pertanian Indonesia pada tahun 2003 (Balitbu, 2013). Menurut Dede (2019), jenis alpukat lainnya yang ada di Indonesia adalah Mentega, Wina, Miki, Hass, Jambon, Pluwang, Murapi, Kendil, Aligator, dan Alpukat Tanpa Biji.

Alpukat dianggap sebagai satu diantara buah tropis utama karena

mengandung vitamin yang larut dalam lemak yang tidak dimiliki buah-buahan lain. Alpukat mengandung kadar asam lemak tak jenuh yang tinggi dalam kandungan minyaknya. Buah alpukat terkenal akan kandungan lemak yang tinggi sekitar 9.8g/100g daging buah dengan komponen asam lemak minyak alpukat yaitu asam oleat yang diperoleh dari asam lemak dominan penyusun trigliserida minyak alpukat sekitar 43.37% (Saputra, et al. 2018).

Tingginya kandungan lemak yang ada di buah alpukat ini sehingga seringkali digunakan dalam industri farmasi dan kosmetik, selain itu di Indonesia, produksi minyak alpukat dikomersialkan karena memiliki manfaat yang mirip dengan minyak zaitun. Buah alpukat telah diakui atas manfaat kesehatan karena senyawa fraksi lipid, nutrisi dan antioksidan yang dimilikinya. Oleh karena itu, konsumsi buah alpukat dapat memberikan manfaat untuk kesehatan. Dalam surah Al-Baqarah ayat 172 Allah SWT menyandingkan perintah untuk memakan makanan yang baik dengan perintah untuk bersyukur kepada-Nya. Firman Allah :

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا كُلُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَاشْكُرُوا لِلَّهِ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

Artinya : “Wahai orang-orang yang beriman! Makanlah dari rezeki yang baik yang kami berikan kepada kamu dan bersyukurlah kepada Allah, jika kamu hanya menyembah kepada-Nya” (Qs. Al-Baqarah [02]: 172)

Begitu pentingnya makanan yang baik hingga Allah berfirman tentang makanan di dalam Al-Quran. Tafsir Al-Misbah mengenai ayat Al-Quran ini menekankan pentingnya makan makanan yang baik yaitu makanan yang halal dan bukan makanan yang buruk (dijelaskan pada ayat selanjutnya Al-Baqarah :173), lalu kemudian mengakui dengan tulus bahwa anugerah yang diperoleh semata-mata berasal dari Allah. Hal ini mengisyaratkan bahwa islam mengatur agar manusia mengonsumsi makanan yang baik, yakni yang memberikan manfaat

kesehatan dan tidak menimbulkan penyakit. Makanan yang baik dan mengandung manfaat ini diantaranya adalah alpukat. Alpukat adalah satu diantara makanan yang baik karena mengandung lemak yang bermanfaat bagi manusia serta memiliki kandungan protein yang tinggi di dalamnya.

2.1.1 Klasifikasi Alpukat (*Persea americana* Mill)

Taksonomi tanaman alpukat (*Persea americana* Mill) adalah sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Order	: Laurales
Family	: Lauraceae
Genus	: Persea
Species	: <i>Persea americana</i> Mill. (Andi, 2013)

2.1.2 Morfologi Alpukat (*Persea americana* Mill)

Tanaman alpukat (*Persea americana* Mill) dapat mencapai tinggi antara 3 hingga 10 meter dan memiliki ranting yang halus, bercabang, memiliki akar tunggang dan batang berkayu yang berbentuk bulat dan berwarna coklat. Daun alpukat merupakan daun tunggal dengan tangkai yang panjangnya mencapai 1-5,5 cm. Berbentuk jorong sampai bundar telur memanjang dengan tekstur daun yang tebal dan memiliki pangkal yang runcing. Pohon alpukat memiliki bunga majemuk yang tersusun dalam malai keluar dekat ujung ranting dan berkelamin dua. Buah alpukat memiliki warna kulit hijau tua hingga ungu kecokelatan, berbentuk bola dan bulat telur dengan panjang antara 5 dan 50 milimeter. Kulit buah berwarna hijau dan daging buah yang berwarna kuning ketika mendekati biji (Prawita,

2012).

2.1.3 Biji Alpukat (*Persea americana* Mill)

Biji tersusun oleh jaringan parenkim yang terdiri dari sel-sel minyak dan butir tepung (Nuryanto, 2016). Sel-sel minyak yang ada dalam biji memungkinkannya berperan sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan bagi tumbuhan. Penyimpanan cadangan makanan ini memungkinkan bagi tumbuhan untuk tumbuh dan bertunas. Biji pada tumbuhan ini tercantum dalam firman Allah SWT Surah Al-An'am ayat 95

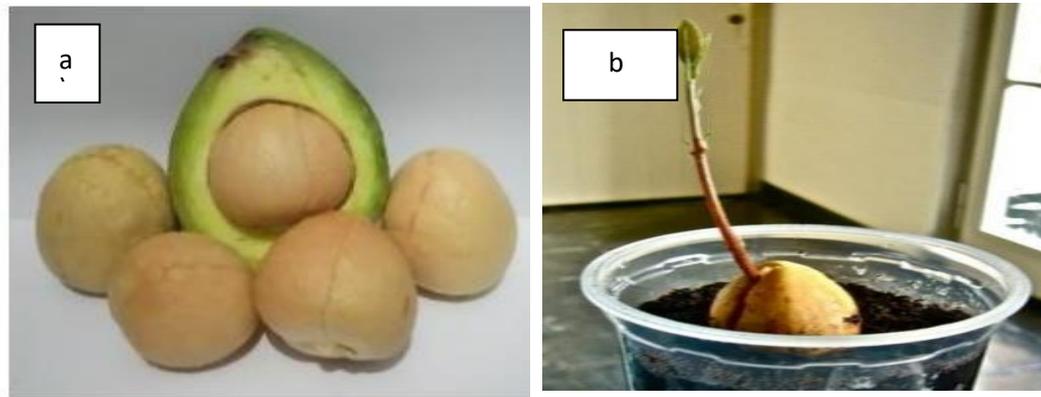
إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ بِإِذْنِ اللَّهِ فَالِقُ تُوْفِكُونَ

Artinya : “*Sesungguhnya Allah yang menumbuhkan butir (padi-padian) dan biji (buah-buahan). Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. itulah (kekuasaan) Allah. Maka, bagaimana kamu dapat berpaling?*” (Qs. Al-An'am [06]: 95)

Pemikiran Thantawi Jauhari dalam tafsirnya, pada ayat ini Allah menetapkan ketetapan dan konsistensi sifat-Nya dengan menunjukkan butir serta biji yang ditanam serta mengeluarkan yang hidup dari yang mati, begitupula sebaliknya. Butir dan biji yang ditanam merupakan salah satu kekuasaan Allah. Biji-biji itu tumbuh menjadi pohon, buah-buahan dan makhluk Allah seperti manusia dan hewan turut memanfaatkannya (Hidayah, 2020). Seperti halnya dengan biji alpukat yang memiliki banyak manfaat dan kegunaan. Manfaat yang dapat diperoleh dari biji alpukat adalah pemanfaatan nutrisi yang terkandung di dalamnya.

Biji buah alpukat memiliki kandungan 70% nutrisi dari keseluruhan buah alpukat (Steenis, 2003). Menurut Prastyowati, biji alpukat mengandung minyak hingga 15-20%. Minyak yang terdapat dalam biji alpukat merupakan sumber minyak nabati yang memiliki jumlah hampir sama dengan biji kedelai. Minyak

biji alpukat juga mengandung asam lemak oleat, linoleate dan lain-lain (Risyyad, et al., 2016)



Gambar 2.1 Biji alpukat (*Persea americana* Mill)

(a). Biji alpukat (*Persea americana* Mill.) (b) Kecambah Alpukat (*Persea americana* Mill.) (Rahman *et al.*, 2023) & (Cotthem., 2014)

2.1.4 Kecambah Biji Alpukat (*Persea americana* Mill.)

Kecambah adalah bentuk pertumbuhan dari biji dan serelia utuh sebelum menjadi tanaman baru. Perkecambahan biji merupakan tahapan yang penting dalam perkembangan tumbuhan. Selain itu, perkecambahan juga berperan dalam menentukan produktivitas tumbuhan (Hendrik, 2020). Kecambah biji alpukat merupakan tahap awal dari biji alpukat yang mulai berkecambah. Menurut Agroforestry (2013), Alpukat (*Persea americana* Mill) mulai berkecambah dan tumbuh tunas pada 1-3 minggu setelah semai. Perkecambahan biji alpukat termasuk dalam tipe hipogeal, yaitu perkecambahan yang timbul di dalam tanah.

2.1.5 Kandungan Lemak Biji Alpukat (*Persea americana* Mill.)

Menurut Bangar (2022) biji alpukat (*Persea americana* Mill) memiliki sejumlah lipid (Tabel 2.1). Lipid yang terkandung dalam biji alpukat (*Persea*

americana Mill) sebagian besar digunakan untuk pemanfaatan industri makanan dan non-makanan (Takenaga F., 2008). Biji alpukat (*Persea americana Mill*) memiliki asam lemak termasuk palmitat (7,1 $\mu\text{g/g}$), nervonic (2,88 $\mu\text{g/g}$), arachidic (2,39 $\mu\text{g/g}$), linoleat (4,06 $\mu\text{g/g}$), oleat (5,32 $\mu\text{g/g}$), stearat (5,06 $\mu\text{g/g}$), miristat (2,49 $\mu\text{g/g}$), erusat (3,63 $\mu\text{g/g}$) dan asam tetracosanoic (4,29 $\mu\text{g/g}$), serta turunannya seperti avokasi (32,28 $\mu\text{g/g}$), persin (10,12 $\mu\text{g/g}$), polihidroksi asam lemak (24,26 $\mu\text{g/g}$), dan pahuatin (4,26 $\mu\text{g/g}$).

Tabel 2.1 Kandungan lemak pada biji alpukat (*Persea americana Mill*)

Komposisi Lipid ($\mu\text{g/g}$)	Komposisi
Asam Tetracosanoic	4,29
Asam Nervonic	2,88
Asam Behenic	3,63
Asam Erucic	2,44
Asam Arachidic	2,39
Asam Stearic	5,06
Asam Oleic	5,32
Asam Linoleic	4,06
Asam Palmitic	7,1
Asam Myristic	2,49

Hasil ini menyimpulkan bahwa ekstrak biji alpukat (*Persea americana Mill*) kaya akan asam lemak (terutama asam oleat, linoleat, dan palmitat) dan turunannya, yaitu asetogenin, pahuatin, persin, avocatin, atau alkohol asam lemak. (Báez-Magañ., 2019). Kandungan asam lemak yang tinggi pada biji alpukat memungkinkan tingginya kadar enzim lipase yang dikandung oleh biji alpukat karena keberadaan lemak yang berperan sebagai substrat bagi enzim lipase. Lemak yang terkandung dalam biji alpukat berfungsi sebagai cadangan makanan bagi biji dalam proses perkecambahan. Selama proses perkecambahan, lemak akan dipecah oleh enzim lipase menjadi asam lemak untuk embrio tumbuhan

sehingga aktivitas enzim lipase akan meningkat (Sari,2017).

2.2 Enzim Lipase

Enzim lipase (triasilgliserol asilhidrolase, EC3.1.1.3) merupakan enzim hidrolase yang bekerja untuk mengkatalisis hidrolisis trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak (Sumarlin L. M., 2013). Menurut *Enzim Commision of the International Union of Biochemistry*, enzim lipase termasuk dalam kelompok enzim ester hidrolase kelas 3.1 (Kurnia, 2010). Enzim lipase merupakan triasilgliserol asilhidrolase sehingga diklasifikasikan secara spesifik sebagai enzim kelas 3.1.1.3 (Teichel *et al.*, 2010). Triasilgliserol tersebut tidak larut dalam air dan enzim lipase dikarakterisasi dengan melihat kemampuannya dalam mengkatalisis hidrolisis ikatan ester (Djarkasi, 2017).

Enzim lipase dapat larut dalam air dan memiliki kemampuan alami untuk mengkatalisis ikatan eter dalam substrat lipis yang tidak larut dalam air (Malelak, 2014). Asam lemak adalah asam karboksilat rantai panjang, namun trigliserida atau triasilgliseril adalah komponen utama dan terbesar dari minyak lemak nabati atau hewani. Secara umum, enzim yang dapat melakukan katalisis hidrolisis trigliserida adalah lipase (Sari, 2017).

2.2.1 Sumber Enzim Lipase

Enzim lipase banyak ditemukan di alam. Sumber enzim lipase diantaranya dapat ditemukan di hewan, mikroorganisme dan tumbuhan tingkat tinggi (Pomeistia, 2021). Lipase yang berasal dari tumbuhan merupakan alternatif yang baik dalam biokonversi ester-ester asam lemak secara komersial. Hal ini dikarenakan enzim lipase yang berasal dari tumbuhan memiliki harga yang relatif murah serta dapat diolah dari sumber alam tanpa membutuhkan teknologi genetika

molekular untuk produksi enzimnya (Barros *et al.*, 2010). Lipase tumbuhan dapat diekstraksi dari berbagai macam jaringan tumbuhan seperti biji, batang, minyak, daun dan getah (Sholeha R. &, 2021). Biji tanaman merupakan bagian yang berperan dalam fungsi biokatalis. Biji adalah sumber lipase tinggi karena merupakan tempat penyimpanan cadangan makanan (Pomeistia, 2021).

Tumbuhan menyimpan asam-asam lemak dalam bentuk trigliserida dalam bijinya. Ketika saatnya cadangan makanan dan sumber energi akan dibutuhkan oleh tumbuhan, enzim lipase akan menghidrolisis trigliserida kembali menjadi asam lemak (Sari, 2017). Ketika biji mengalami perkecambahan, biji akan membutuhkan aktivitas lipolitik yang tinggi dalam rangka memenuhi kebutuhan energi. Salah satu sumber energi adalah lemak yang terdapat pada biji. Aktivitas enzim lipase berada pada titik tertinggi ketika biji berkecambah (Mulyani, 2010). Hal ini sejalan dengan penelitian Lotti dan Alberghina (2007), enzim lipase mengatur kecepatan pemecahan lemak pada tahap perkecambahan dan pertumbuhan embrio sehingga biji- bijian yang memiliki kandungan lemak tinggi merupakan satu diantara sumber lipase.

Penelitian sebelumnya mengungkapkan jika beberapa biji dari tanaman lain yang mengandung enzim lipase diantaranya adalah *African bean seed* (Enujiugha, 2004), biji jarak (*Jatropha curcas* L.), biji karet (*Hevea brasiliensi* s) (Amalia R. B., 2013), biji kelapa (*Cocos nucifera* Linn) dan biji alpukat (*Persea americana* Mill) (Sya'bani, 2017).

2.2.2 Mekanisme Kerja Enzim Lipase

Salah satu peran enzim hidrolase asil atau enzim lipase adalah bertanggung jawab dalam penyerapan lemak dan pemecahan lipid (Svendsen, 2000). Enzim

lipase juga termasuk ke dalam kelas enzim yang mengkatalisis reaksi hidrolase. Enzim ini dapat menghidrolisis banyak lemak dan minyak dalam satu satuan waktu. Setiap satu unit per milimeter (U/mL) enzim lipase memiliki kemampuan untuk mengeluarkan 1 mol asam lemak bebas setiap menit (Fatimah, 2021). Enzim lipase bekerja pada bagian antar-muka organik air untuk mengkatalisis reaksi dalam dua jenis media, yaitu media organik K dan media berair (Borelli, 2015). Namun, karena substrat enzim lipase, rantai panjang triasilgliserol tidak dapat larut dalam air sehingga enzim lipase harus dilarutkan dalam pelarut organik. Pelarut organik dapat mengubah sifat dan struktur enzim lipase serta dapat mempengaruhi aktivitas fungsional dan katalitiknya (Guo, 2015). Sifat biokatalitik lipase ini memungkinkannya digunakan untuk berbagai tujuan, seperti biosensor (Kartal *et al.* 2007), industri pangan (Ferrer *et al.* 2005), sintesis ester (Jin *et al.* 2013), pengolahan limbah (Tsuji *et al.* 2013) dan formulasi detergen (Thirunavu & Karasu *et al.* 2008).

2.3 Biodetergen

Biodetergen adalah produk pembersih pakaian yang dapat terurai secara hayati dan ramah lingkungan (Hasan F, 2010). Biodetergen ini terdiri atas komponen-komponen bahan alami yang mudah terdegradasi oleh lingkungan dan tidak berdampak negatif terhadap makhluk hidup dan lingkungan. Biodetergen ini merupakan satu diantara alternatif pengganti detergen sintetik (Arifin, 2008). Biodetergen merupakan salah satu produk bioteknologi yang tidak berbahaya bagi lingkungan karena menghasilkan limbah COD (*Chemical oxygen demand*) serta non korosif. Salah satu alternatif bahan penyusun biodetergen adalah enzim. Detergen dengan bahan dasar enzim memiliki sifat pembersihan yang lebih baik

dibandingkan dengan detergen sintetik. Detergen ini aktif dalam suhu pencucian rendah dan tidak berdampak negatif pada lingkungan. Biodetergen ini dapat digunakan dengan jumlah kecil dibandingkan detergen sintetik (Hasan F, 2010).

2.3.1 Karakteristik Biodetergen

Biodetergen merupakan salah satu produk pembersih berbasis bioteknologi untuk mengatasi pencemaran perairan akibat limbah detergen. Biodetergen ini memiliki bahan dasar enzim yang banyak digunakan di bidang industri (ETBPP., 1998). Detergen ini lebih cepat terurai secara hayati karena tidak menimbulkan banyak limbah COD serta tidak meninggalkan residu berbahaya dan dapat digunakan dalam jumlah yang kecil (Hasan F, 2010). Sedangkan menurut Joseph et al (2007) biodetergen memiliki sifat biodegradable, tidak menimbulkan dampak negatif terhadap proses pengolahan limbah dan tidak mempunyai risiko terhadap kehidupan perairan. Selain itu, biodetergen dengan tambahan enzim akan meningkatkan kemampuan pembersihan detergen, compatible pada berbagai komponen detergen serta memiliki rentang suhu yang luas untuk menghilangkan noda (Hasan F, 2010).

2.3.2 Bahan yang Berpotensi Sebagai Biodetergen

Biodetergen memiliki komponen lain untuk membersihkan noda atau kotoran. Secara umum, formula biodetergen mengandung bahan enzim, surfaktan, pemutih, builders, dan fillers (Helmy, *et al.*, 2013). Biodetergen dengan bahan dasar enzim digunakan untuk meningkatkan kemampuan pembersihan detergen serta mengurangi residu limbah akibat penggunaan detergen sintetik. Enzim dapat digunakan sebagai pengganti pemutih klorin untuk menghilangkan noda pada kain sebagai hasil penggabungan surfaktan dan enzim, noda yang ada pada serat

kain dapat dihilangkan (Hasan F, 2010). Menurut Hasan (2010), terdapat 4 enzim yang umum digunakan dalam biodetergen, diantaranya adalah enzim lipase yang mengurai berbahan lemak, protease untuk menghilangkan protein yang melekat pada tekstil, amilase untuk menghilangkan sisa makanan dan enzim selulase (Tabel 2.2).

2.3.3 Enzim Lipase Sebagai Biodetergen

Biodetergen (biologi detergen) adalah produk pembersih pakaian yang mengandung enzim. Biodetergen enzim memiliki kemampuan pembersihan yang lebih baik dari detergen berbahan kimia sintetik karena dapat terurai secara hayati dan tidak berbahaya bagi organisme perairan (Hasan F, 2010). Enzim yang biasa digunakan dalam biodetergen ini adalah enzim lipase karena kemampuannya untuk melarutkan noda minyak (Sentosa, 2013).

Lipase detergen secara khusus dipilih karena kemampuannya dalam (1) Spesifisitas substrat yang rendah memungkinkan untuk menghidrolisis lemak dari berbagai komposisi, (2) Kemampuan untuk bertahan pada kondisi pencucian yang ekstrem, seperti pH 10-11 dan pada suhu 30-60°C, dan (3) Kemampuan untuk bertahan dari kerusakan akibat surfaktan dan enzim-enzim lainnya yang merupakan bagian penting dari detergen enzim. Enzim-enzim dalam detergen tidak kehilangan aktivitasnya telah menghilangkan noda (Hasan et al. 2010).

Penggunaan lipase sebagai detergen lebih menguntungkan dari sisi ekonomi serta lingkungan. Noda lemak umumnya sulit dihilangkan dengan menggunakan detergen konvensional pada kondisi pencucian suhu rendah, namun dengan menggunakan lipase sebagai detergen, noda lemak dan minyak dapat dihilangkan dengan mudah. Penggunaan pencucian suhu rendah ini merupakan

satu diantara penghematan dalam pemakaian energi yang dihasilkan dari penambahan enzim lipase. Selain itu, detergen dengan enzim lipase mampu terurai secara alami di lingkungan, tidak beracun dan tidak meninggalkan residu yang berbahaya sehingga mampu mengurangi dampak akibat pencemaran bahan kimia terhadap lingkungan (Amara et al. 2009). Enzim lipase dapat memiliki sifat biokatalisator yang membantu mempercepat laju reaksi degradasi sehingga enzim lipase dapat membantu proses degradasi surfaktan dalam detergen (Pratamadina & Wikanungrum, 2022).

Tabel 2.2 Enzim penyusun biodetergen

Jenis Enzim	Kegunaan Enzim
Protease	Enzim yang banyak digunakan dalam industri detergen untuk menghilangkan noda protein seperti rumput, darah, keringat yang cenderung melekat pada serat tekstil
Amilase	Enzim amilase banyak digunakan untuk menghilangkan sisa makanan berbahan dasar pati seperti kentang, kuah daging dan cokelat
Lipase	Enzim lipase mengurai bahan berbau lemak. Lipase mampu menghilangkan noda berminyak seperti lemak, mentega, minyak, saus dan noda melekat di serat
Selulase	Enzim ini memodifikasi struktur serat selulosa pada kapas dan campuran kapas

2.4 Uji Potensi Enzim Lipase Sebagai Penyusun Biodetergen

2.4.1 *Washing test*

Efisiensi lipase yang dihasilkan akan diuji dengan melakukan *Washing test*. Uji ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan hidrolisis enzim dalam menghilangkan noda pada kain sehingga dapat dinilai layak atau tidak untuk aplikasi sebagai biodetergen. *Washing test* secara enzimatik merupakan hal yang

umum praktik di industri tekstil untuk pengujian akhir enzim sebagai bahan penyusun biodetergen (Paul,2013). Hasil dari *Washing test* akan berupa persentase dari noda yang hilang dari kain yang diuji sehingga terlihat ada tidaknya perbedaan antara kelompok kontrol dan perlakuan (Layly, 2016). Hasil dari penelitian-penelitian sebelumnya terdapat sebuah standar enzim lipase yang dinilai memiliki potensi sebagai aditif dalam detergen adalah enzim lipase yang memiliki kemampuan dalam pembersihan noda sekitar 50%-80%.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian potensi enzim lipase biji alpukat (*Persea americana Mill*) sebagai biodetergen ini merupakan penelitian dengan design eksperimental. Metode eksperimental ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan adanya hubungan sebab akibat dengan menerapkan perlakuan dan membandingkan hasil dengan kelompok kontrol (tanpa perlakuan).

Penelitian ini merupakan penelitian dengan menggunakan RAL (Rancangan Acak lengkap). Analisis data akan dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan menggunakan SPSS. Perlakuan yang digunakan yaitu 9 variasi konsentrasi enzim lipase dengan konsentrasi detergen komersial, dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Penelitian ini menggunakan 3 taraf konsentrasi enzim lipase yaitu 0,25%, 0,30%, dan 0,40% (L25, L30 dan L40) dikombinasikan dengan konsentrasi detergen sintesis 0%, 0,50%, dan 1% (D0, D50 dan D100)

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Mei 2024. Perkecambahan dilakukan di Green house UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Proses ekstraksi, pemurnian dan *Washing test* akan dilaksanakan di Laboratorium Biokimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah loyang plastik, sentrifugator, kertas saring, kain saring, timbangan analitik (Wiggen Hauser), blender, gelas ukur 100ml (Pyrex), spatula lab, erlenmeyer 500 ml (Schot Duran),

wadah untuk *washing test*.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji alpukat (*Persea americana Mill*) varietas mentega, fungisida, air, aquades, buffer fosfat 0.05 M dan 0.2Ph 7, detergen komersial, kain katun, minyak zaitun, kunyit, kuning telur, pH meter, aquades, kloroform, dan klorin (Cl), ammonium sulfat, aceton, Na₂HPO₄ dan NaH₂PO₄.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Perkecambahan Biji Alpukat (*Persea americana Mill*)

Perkecambahan dilakukan dengan metode pomeistia (2018). Biji yang sudah dipisahkan dari kulit buah kemudian direndam dalam air selama 20 menit. Biji alpukat kemudian direndam dengan fungsida 0.1% selama 5 menit untuk mencegah pertumbuhan jamur. Biji alpukat (*Persea americana Mill*) kemudian ditiriskan dan dikecambahkan didalam loyang plastik dengan cara dihamparkan diatas kertas saring yang telah dibasahi. Loyang kemudian ditutup dengan menggunakan kain saring putih dan diinkubasi pada suhu ruang. Perkecambahan alpukat (*Persea americana Mill*) akan dilakukan selama 14 hari.

3.4.2 Ekstraksi Enzim Lipase

Proses ekstraksi menggunakan metode pomeistia (2018). Sebanyak 50 gram biji alpukat (*Persea americana Mill*) yang sudah berkecambah dicuci dengan Aquades, kemudian dihomogenasi dengan blender. Ekstrak biji alpukat kemudian ditambahkan ke dalam 500 ml buffer fosfat 0.05 M pH 7. Homogenat disaring dan disentrifugasi selama 30 menit pada 10.000 rpm pada suhu 4°C. Supernatant dari hasil sentrifugasi akan dilanjutkan pada proses pemurnian enzim lipase.

3.4.3 Pemurnian Enzim Lipase

Proses pemurnian enzim lipase dilakukan dengan menggunakan metode Suprihana (2013). Metode pemurnian enzim dilakukan menggunakan metode fraksinasi, yaitu pemurnian dengan mengatur konsentrasi garam ammonium sulfat. Supernatant hasil sentrifugasi ekstraksi enzim akan ditambahkan 9.40 g ammonium sulfat per 100 ml ekstrak enzim lipase kasar. Ekstrak enzim kemudian akan disentrifugasi pada suhu 4°C kecepatan 3000 rpm selama 20 menit. Supernatant akan diambil sebagai hasil pemurnian enzim lipase.

3.4.4 *Washing test*

Washing test dilakukan dengan menggunakan metode Safdar *et al* (2023) dengan modifikasi, *Washing test* akan dilakukan dengan menggunakan ekstrak enzim dengan tujuan untuk menentukan layak atau tidaknya lipase dari biji alpukat digunakan sebagai komponen penyusun dalam detergen.



Gambar 3.1 Kain *washing test*. a). *Washing test* Alici (2023). b). Ilustrasi kain *washing test*

Washing test dilakukan dengan menempatkan kain katun putih dengan ukuran 5 x 5 cm yang telah direndam dengan kloroform selama 5 menit untuk menghilangkan lipid pada kain. Selanjutnya dikeringkan dengan suhu ruang selama semalam (Grbavcic, 2011). Berat kain kering yang telah ditimbang (W_a). Kemudian minyak zaitun, kuning telur dan kunyit yang telah dilarutkan ke dalam

aseton (100 μ l/mL) di tuangkan kepada masing-masing sisi kain 1 ml dan diratakan menggunakan spatula lab. Setelah itu kain dikeringkan dan berat kain ditimbang kembali (Wb). Kain dilanjutkan dengan perlakuan perendaman kain (Sedijani, 2023). Setelah itu kain dikeringkan pada suhu ruang selama semalam. Setelah kering, berat kain ditimbang kembali (Wc).

Kemampuan hidrolase enzim lipase diukur dengan menggunakan perhitungan dengan rumus

$$w\% = \frac{Wb - Wc}{Wb - Wa} \times 100$$

Keterangan :

Wa : Berat kain sebelum diberi pewarna

Wb : Berat kain setelah diberi pewarna

Wc : Berat kain akhir

W : Berat kain (persen)

3.4.4.1 Penilaian Visual *Washing test*

Penilaian visual dilakukan untuk mengevaluasi perubahan warna pada kain katun secara subjektif dengan menggunakan sekelompok orang sebagai penilai (panelis). Penilaian visual dalam *washing test* dilakukan dengan menggunakan skala numerik. Penilaian panelis berfokus pada kotorsbersihnya kain, skala numerik yang digunakan adalah sebagai berikut :

Skala Numerik 1-4 :

- 1 = Kain kotor, kotoran atau noda menutupi sebagian besar kain.
- 2 = Kain sedikit kotor, kotoran atau noda masih terlihat pada permukaan kain
- 3 = Kain bersih, kotoran dan noda tidak terlihat
- 4 = Kain sangat bersih, kain terlihat baru seperti kontrol

Nilai pada visual kain katun yang digunakan tergantung pada kriteria penilaian yang digunakan, sehingga panelis akan diberikan kartu warna untuk menunjukkan berbagai tingkatan perubahan warna serta kain katun yang tidak dinodai (kain kontrol) sebagai subjek kriteria penilaian.

3.5.1 Sampel Penelitian

Teknik sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah *purposive sampling*. *Purposive sampling* adalah teknik pengambilan sampel dengan menggunakan beberapa pertimbangan tertentu sesuai dengan kriteria yang diinginkan dengan menentukan jumlah sampel yang akan diteliti (Sugiyono, 2019). Jumlah sampel yang diambil sebanyak 31 responden. Pengambilan sampel sebanyak 31 responden ini karena dilakukan karena jumlah sampel yang diambil sekitar 30 dapat dilakukan analisis statistik.

3.5.2 Kriteria responden

3.5.2.1 Kriteria Inklusi

1. Panelis memiliki penglihatan yang baik
2. Panelis objektif
3. Panelis dapat membaca
4. Panelis dapat menulis
5. Panelis dapat berkomunikasi

3.5.2.2 Kriteria eksklusi

1. Panelis menolak menjadi responden
2. Panelis tidak mengisi identitas dan 10% dari bagian kuesioner

3.5.3 Pengumpulan Data

Penelitian dilaksanakan setelah memiliki data mengenai persentase kemampuan hidrolase enzim lipase dalam membersihkan noda dan kotoran. Sampel kain yang dilanjutkan dengan penilaian visual dari panelis adalah kain yang mewakili pencucian konsentrasi tertentu. Kemudian, panelis dipilih hingga mendapatkan jumlah panelis minimal untuk mengisi kuesioner. Meminta persetujuan kepada responden untuk mengisi kuesioner. Setelah itu dilanjutkan dengan analisis data.

3.6 Analisis Data

Data yang didapatkan dari masing-masing pengujian dikumpulkan dan dianalisis menggunakan data deksriptif dan kuantitatif untuk melihat hasil dari pengujian enzim lipase sebagai biodetergen. Data diolah secara statistik dan diuji dengan One Way Anova menggunakan SPSS 26. Data hasil penilaian visual dengan panelis akan dianalisis menggunakan Uji Kruskal Wallis dan Uji lanjut Mann Whitney.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Potensi Enzim Lipase

4.1.1 Uji Kinerja Enzim Lipase dalam Pencucian (*Washing test*)

Uji kinerja enzim sebagai biodetergen dilakukan dengan menggunakan *washing test*. Uji *washing test* dilakukan dari isolat enzim lipase yang telah dihasilkan pada proses ekstraksi enzim lipase untuk mengetahui kemampuan hidrolisis lipase dari biji alpukat (*Persea americana* Mill), sehingga layak atau tidak untuk diformulasikan lebih lanjut untuk aplikasi biodetergen (Layly, 2016). Hasil penelitian-penelitian sebelumnya terdapat sebuah standar enzim lipase yang dianggap potensial sebagai aditif dalam detergen adalah enzim lipase yang memiliki kemampuan untuk meningkatkan pembersihan noda sekitar 50%-80%. Sehingga dilakukan *washing test* untuk mengetahui stabilitas dan kompatibilitas enzim lipase dalam kondisi pencucian dengan menggunakan detergen serta peningkatannya dalam kinerja pencucian dengan menggunakan detergen komersial (Grbavcic, 2011).

4.1.1.1 *Washing test* Noda Kuning Telur

Uji kinerja pencucian (*washing test*) dilakukan dengan menggunakan detergen komersial pada kain katun putih yang diwarnai dengan kuning telur dalam waktu 15 menit. Penelitian ini menunjukkan bahwa lipase yang berasal dari biji alpukat (*Persea americana* Mill) efektif dalam meninggalkan noda pada kain yang diberi kuning telur. Sebaliknya, noda kuning telur pada kain katun putih yang hanya diberi perlakuan air keran tanpa detergen atau enzim apapun memiliki noda yang tidak hilang sempurna. Menurut Grbavcic *et al* (2011) penggunaan noda kuning telur pada *washing test* dilakukan untuk menguji aktivitas spesifik dari

enzim lipase. Kuning telur mengandung lemak dan fosfolipid yang merupakan substrat alami enzim lipase, kuning telur juga mengandung protein yang dapat denaturasi dan menempel pada kain sehingga sulit untuk dihilangkan. Protein yang terkandung dalam kuning telur akan merepresentasikan pengujian enzim lipase terhadap lemak dan protein.

Hasil *washing test* enzim lipase dari biji alpukat menunjukkan bahwa persentase noda kuning telur yang hilang dari kain memiliki persentase tertinggi pada angka 84% dalam konsentrasi enzim 0,40% dan detergen 0,50% (L40D50). Terdapat perbedaan yang sangat besar antara ada tidaknya reaksi hidrolisis pada kelompok kontrol tanpa perlakuan yang hanya sebesar 17%. (Tabel 4.1)

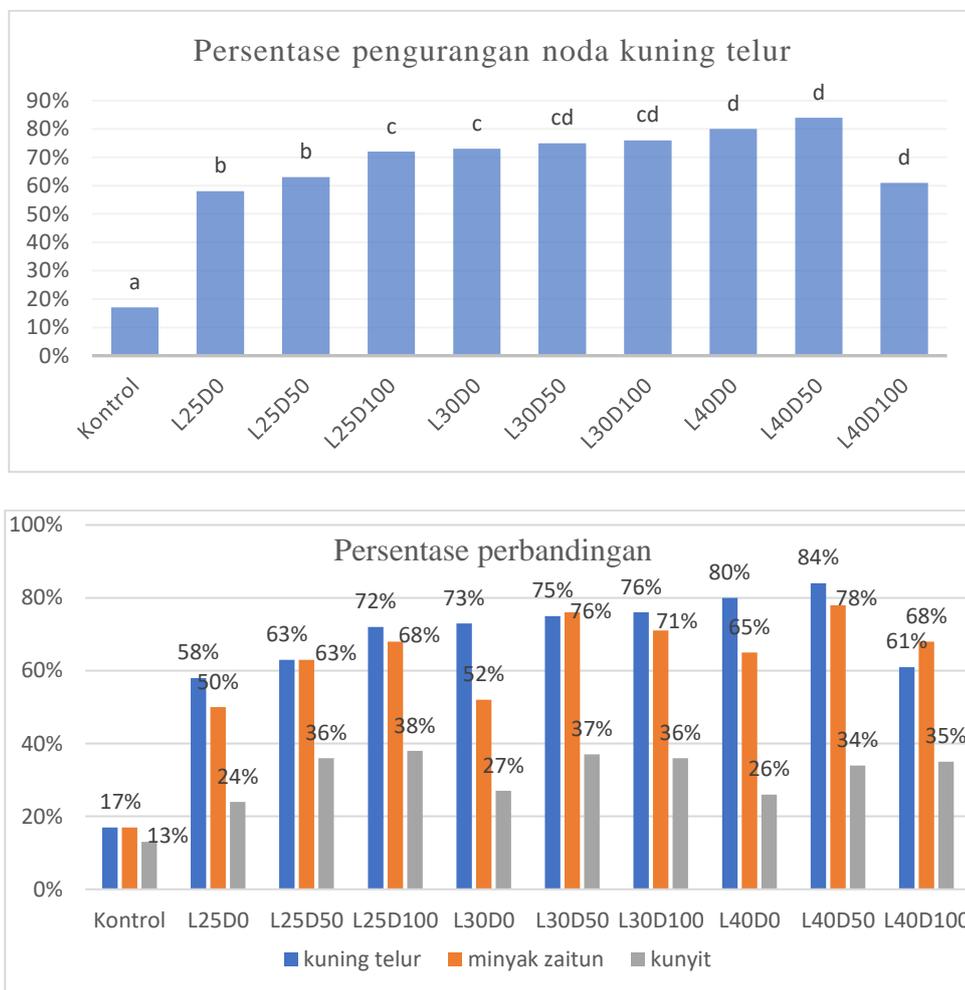
Tabel 4.1 Hasil uji kinerja enzim lipase pada noda kuning telur

Perlakuan enzim lipase	Pengurangan noda lemak (w%) \pm std
Kontrol	17 \pm 0.010a
L25D0	58 \pm 0.02b
L25D50	63 \pm 0.025b
L25D100	72 \pm 0.025c
L30D0	73 \pm 0.016c
L30D50	75 \pm 0.017cd
L30D100	76 \pm 0.013cd
L40D0	80 \pm 0.012d
L40D50	84 \pm 0.016d
L40D100	63 \pm 0.028d

Pada Tabel 4.1 terdapat perbedaan besar antara kelompok kontrol negatif tanpa enzim dengan kelompok kontrol positif yang hanya menggunakan enzim lipase. Kelompok kontrol positif dikodekan dengan kode L25D0, L30D0 dan L40D0. Hal ini menunjukkan enzim lipase dari biji alpukat menghasilkan kinerja pencucian hingga 58%-80% tanpa perlakuan detergen.

Hasil uji kinerja pencucian dengan penambahan perlakuan detergen dapat meningkatkan kinerja pencucian. Hal ini dapat diketahui dari peningkatan

presentase antara perlakuan yang hanya menggunakan enzim lipase dengan perlakuan dengan penambahan detergen komersial. Namun, berdasarkan analisis statistik diketahui jika tidak terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi enzim lipase 0,40% tanpa perlakuan detergen (L40D0) dengan konsentrasi enzim lipase 0,30% dan detergen 1% (L30D100). Sehingga konsentrasi enzim lipase 0,40% cukup untuk mencapai aktivitas enzim lipase yang optimum dalam membersihkan noda kuning telur.



Gambar 4.1 Persentase kinerja pencucian noda kuning telur dan perbandingan dengan noda lain

Hasil analisis dengan menggunakan One Way ANOVA dapat dilihat jika

terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok kontrol dengan kelompok yang diberi perlakuan. Pada (Gambar 4.1) konsentrasi L40D0 dan L40D50 memiliki persentase kinerja pencucian terbaik dengan presentase noda kuning telur sebesar 80% dan 84%. Sedangkan pada konsentrasi L40D100 atau konsentrasi enzim lipase 0.40% dan detergen 1% memiliki presentase pengurangan noda sebesar 61%.

Pengurangan presentase ini dapat disebabkan adanya pengurangan stabilitas dan komabilitas dari enzim lipase terhadap detergen. Detergen yang digunakan dalam penelitian ini adalah detergen sintetis yang merupakan detergen paling umum digunakan di Indonesia.. Detergen sintetis ini merupakan detergen dengan jenis ionic dan non-ionic karena mengandung surfaktan ionik Sodium Lauryl Sulfate (SLS) dan Linear Alkyl Sulfonate (LAS) dan surfaktan non-ionik Polyoxyethylene (POE) dan Polyoxypropylene (POP). Berdasarkan penelitian dari Salameh & Wiegel (2010) detergen non-ionik merupakan detergen yang ringan dan tidak berinteraksi secara luas dengan permukaan protein, namun detergen ionik umumnya berikatan dengan protein dan menyebabkan protein atau enzim mengalami penurunan stabilitas. Detergen dengan konsentrasi 1% yang diujikan dengan konsentrasi enzim memiliki kemungkinan untuk menghambat kerja enzim lipase karena konsentrasi surfaktan yang tinggi sehingga menurunkan aktivitas hidrolase enzim lipase. Namun, penurunan presentase pada konsentrasi L40D100 ini dapat dikatakan dalam rentang stabil karena masih dalam kisaran presentase standar kinerja *washing test* 50%-80%, meskipun terdapat perbedaan presentase yang cukup jauh jika dibandingkan dengan isolat konsentrasi enzim yang sama yaitu L40D0 dan L40D50 yang memiliki presentase 84% dan 80% yang hanya

menggunakan 0% dan 0,50% detergen.

Pengurangan noda pada kuning telur memiliki persentase yang baik dikarenakan trigliserida yang terkandung dalam kuning telur. Kuning telur mengandung 62% trigliserida, 33% fosfolipid dan 5% gliserol. Trigliserida yang tinggi ini menyebabkan enzim lipase mudah untuk memecah molekul trigliserida yang ada pada kuning telur (Abeyrathne, 2022).

4.1.2.2 *Washing test Noda Minyak Zaitun*

Uji kinerja enzim lipase sebagai biodetergen dilakukan dengan menguji pada kain yang diberikan minyak zaitun melalui *washing test*. Pemilihan minyak zaitun sebagai noda pada *washing test* dilakukan karena minyak zaitun memiliki trigliserida yang merupakan substrat alami enzim lipase sehingga pemecahan noda minyak zaitun dapat diartikan bahwa enzim lipase secara efektif memecah dan membersihkan noda minyak zaitun. Minyak zaitun diujikan dikarenakan mengandung asam lemak oleat tinggi yang merupakan target utama pemecahan molekul oleh enzim lipase, sifat hidrofobik dari minyak zaitun memungkinkan sulitnya pembersihan dari kain sehingga merupakan model yang sesuai untuk menguji kemampuan enzim lipase dalam menghilangkan noda minyak dari tekstil (Layly, 2016). Selain itu pemilihan minyak zaitun juga dilakukan karena mudahnya mendapatkan minyak zaitun murni sehingga memungkinkan pengujian akurat disbanding penggunaan minyak goreng yang memiliki tambahan bahan aditif lainnya. Minyak zaitun yang diujikan berasal dari merk “Rafael Salgado” yang merupakan extra virgin olive oil murni. Minyak zaitun ini dipilih karena tidak mengandung bahan tambahan atau pengolahan sehingga memungkinkan pengukuran efektivitas enzim lipase menjadi lebih akurat.

Hasil *washing test* enzim lipase dari biji alpukat menunjukkan peningkatan kinerja pencucian pada penambahan enzim lipase sebesar 33%-48% dibandingkan perlakuan kontrol tanpa menggunakan enzim lipase yang hanya sebesar 17%. Variasi konsentrasi enzim lipase dan detergen L40D50 dan L30D50 memiliki kinerja pencucian terbaik dengan nilai 78% dan 76%. Hal ini sejalan dengan penelitian Sedijani *et al* (2023) yang menunjukkan hasil *washing test* dengan menggunakan enzim lipase isolasi jamur A1 dan C1 dapat meningkatkan kinerja pencucian pada noda minyak zaitun. Presentase minyak zaitun yang berhasil dihilangkan adalah sebesar 74% dengan penambahan detergen sintetis (Sedijani, 2023).

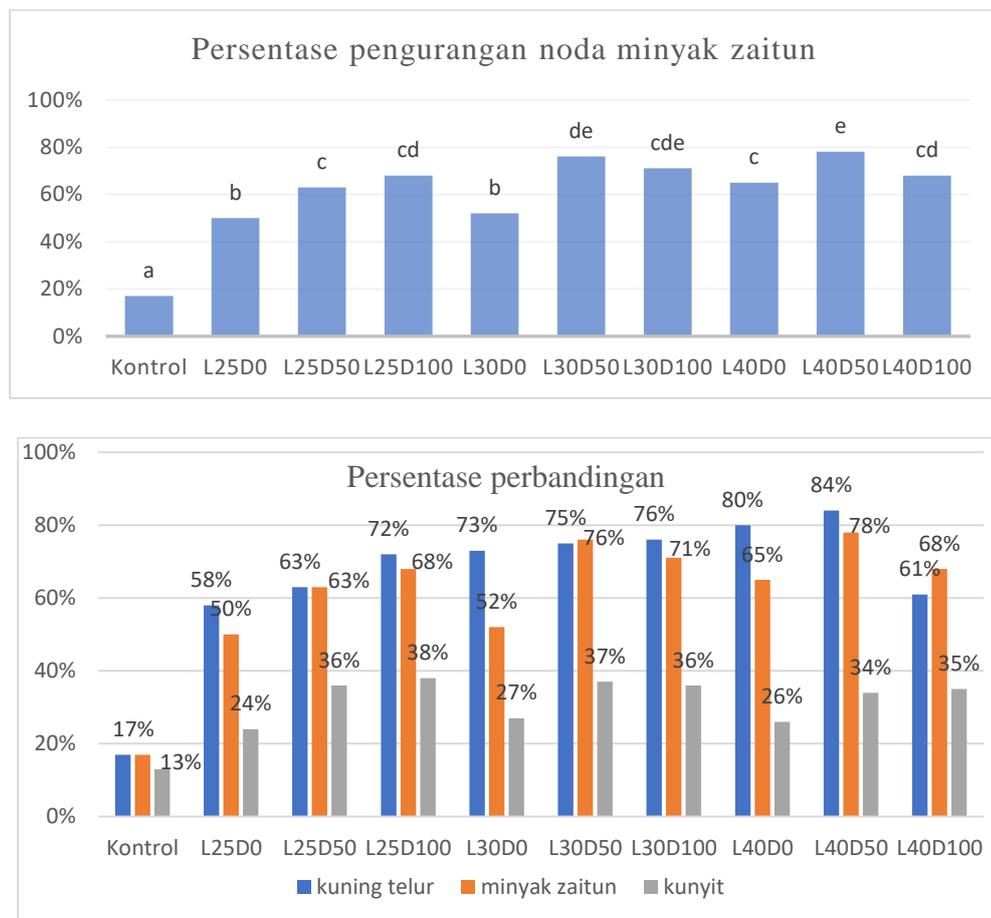
Tabel 4.2 Hasil uji kinerja enzim lipase pada noda minyak zaitun

Perlakuan enzim lipase	Pengurangan noda lemak (w%) \pm std
Kontrol	17 \pm 0.005a
L25D0	50 \pm 0.04b
L25D50	63 \pm 0.020c
L25D100	68 \pm 0.015cd
L30D0	52 \pm 0.007b
L30D50	76 \pm 0.011de
L30D100	71 \pm 0.063cde
L40D0	65 \pm 0.041c
L40D50	78 \pm 0.022e
L40D100	68 \pm 0.047cd

Analisis statistik dengan menggunakan uji DMRT variasi konsentrasi terbaik pada *washing test* dengan uji noda minyak zaitun L30D50 dan L40D50 merupakan variasi konsentrasi dengan menggunakan detergen 0,50% dan 1% (Gambar 4.2). Hal ini dapat terlihat dari persentase pengurangan noda dari kain hasil pencucian. Hasil *washing test* kain dengan variasi konsentrasi tanpa penambahan detergen memiliki perubahan warna akibat noda minyak zaitun, kain menjadi lebih keruh dan dapat terlihat adanya sisa minyak zaitun yang menempel

pada serat kain.

Penurunan presentase *washing test* pada noda minyak zaitun dibandingkan dengan noda kuning telur diakibatkan melekatnya minyak zaitun dengan kain. Waktu kontak yang lama antara minyak dan serat menyebabkan adanya ikatan kovalen antara minyak zaitun dan serat (Ahmed, 2010).



Gambar 4.2 Persentase kinerja pencucian noda minyak zaitun dan perbandingan dengan noda lain

Hasil dari uji pencucian dengan menggunakan noda minyak zaitun adalah terjadinya penurunan presentase *washing test* pada noda minyak zaitun dibandingkan dengan noda kuning telur. Hal ini dapat diakibatkan melekatnya minyak zaitun dengan kain. Waktu kontak yang lama antara minyak dan serat

menyebabkan adanya ikatan kovalen antara minyak zaitun dan serat (Ahmed, 2010). Hal ini yang memungkinkan sulitnya menghilangkan sisa keruh minyak zaitun. Selain itu, pada proses pembuatan pewarna dilakukan dengan penambahan aceton pada kuning telur akan menyebabkan kuning telur cenderung menggumpal sehingga memiliki presentase pembersihan tinggi dalam uji *washing test* dibandingkan dengan noda minyak zaitun.

4.1.2.3 Washing test Noda Kunyit

Uji kinerja pencucian dengan menggunakan noda yang berasal dari kunyit (*Curcuma longa*). Penggunaan tumbuhan kunyit sebagai pewarna alami telah digunakan sejak lama. Curcumin (zat yang terdapat di dalam kunyit) merupakan zat pewarna kuat yang banyak digunakan dalam industri makanan. Namun sebagai pewarna alami, curcumin memiliki molekul kompleks yang sulit diuraikan dalam pencucian.

Uji kinerja pencucian dengan menggunakan noda yang berasal dari kunyit memiliki hasil persentase pengurangan noda yang sangat berbeda dari hasil persentase noda lain. Hasil *washing test* menunjukkan jika persentase pengurangan noda kunyit terbaik berada pada persentase 38% yang dimiliki oleh konsentrasi yang dikodekan dengan L25D100 dengan perlakuan enzim 0,25% dan detergen 1% dan konsentrasi terendah terdapat pada konsentrasi L25D0 dengan kemampuan hidrolase enzim sebesar 24% (Tabel 4.3). Namun berdasarkan analisis statistik SPSS, variasi konsentrasi L25D100 memiliki kinerja pencucian yang stabil dan konsisten dengan variasi konsentrasi L25D50, L25D100, L30D50 dan L30D100 (Gambar 4.3).

Pengurangan persentase kinerja pencucian enzim lipase terhadap noda

kunyit ini dikarenakan rimpang kunyit memiliki senyawa curcumin yang menyusun hampir 3-8% komponen kunyit (Saadony, 2022). Penelitian Hoson (2021) noda kunyit memiliki 3 senyawa kurkuminoid yaitu, besdemethoxy curcumin (BDMC), curcumin dan desmethoxy curcumin (DMC) yang menyebabkannya sulit untuk dihilangkan. Curcumin memiliki struktur kimia yang sukar larut dalam air dan memberikan warna kuning-orange dengan serapan kuat

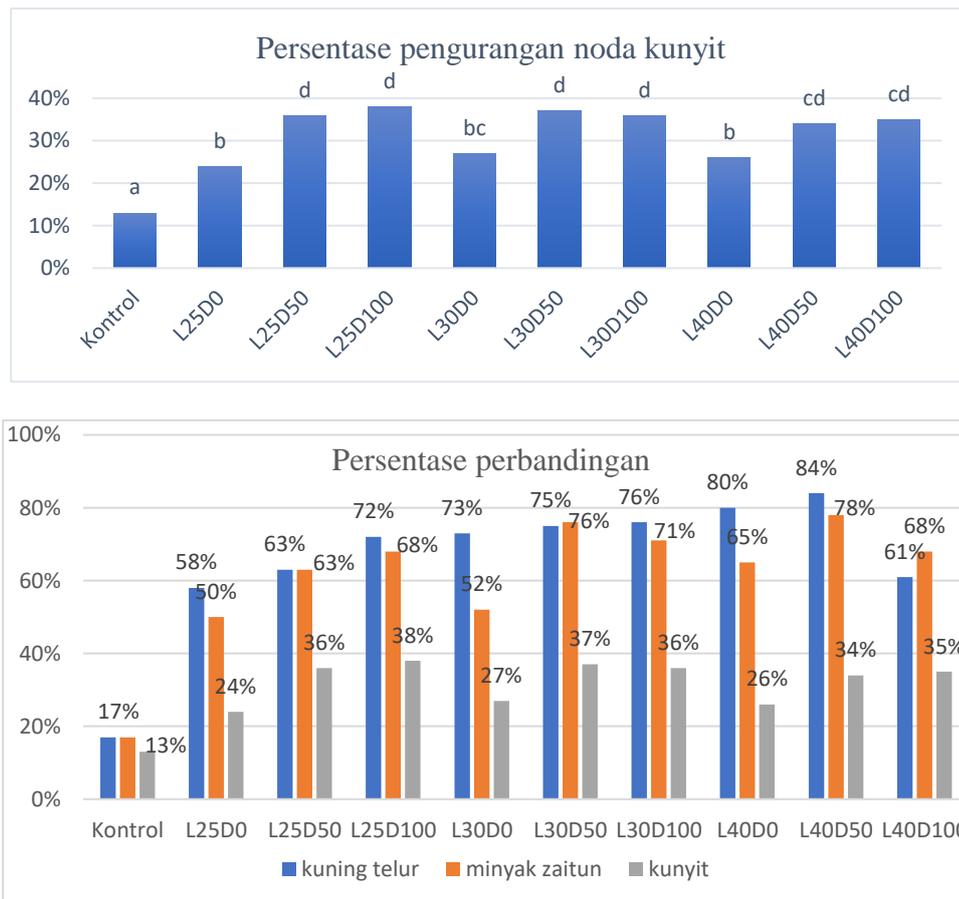
Tabel 4.3 Hasil uji kinerja enzim lipase pada noda kunyit

Perlakuan enzim lipase	Pengurangan noda lemak (w%) \pm std
Kontrol	13 \pm 0.005a
L25D0	24 \pm 0.03b
L25D50	36 \pm 0.05d
L25D100	38 \pm 0.008d
L30D0	27 \pm 0.002bc
L30D50	37 \pm 0.0005d
L30D100	36 \pm 0.010d
L40D0	26 \pm 0.055b
L40D50	34 \pm 0.0019cd
L40D100	35 \pm 0.043cd

Ketiga senyawa ini memiliki struktur molekul yang kompleks dan mudah menempel pada serat kain dalam waktu kontak yang singkat. Selain itu sifat dari senyawa curcumin yaitu hidrofobik menyulitkan proses pembersihan noda. Curcumin memiliki struktur kimia yang sukar larut dalam air dan memberikan warna kuning-orange dengan serapan kuat Penelitian Almaraj (2017) kunyit mengandung lemak sebesar 5,1% sehingga sulit terhidrolisis oleh enzim lipase. Pengurangan persentase kinerja pencucian enzim lipase terhadap noda kunyit ini dikarenakan rimpang kunyit memiliki senyawa curcumin yang menyusun hampir 3-8% komponen kunyit (Saadony, 2022).

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Padole (2021)

yang menghilangkan noda kunyit dengan menggunakan detergen Surf Excel membutuhkan waktu 12 jam untuk meraih hasil yang terbaik. Waktu kontak antara noda dan kain akan menyebabkan fiksasi pada kain sehingga menjadikan noda melekat dan sulit dihilangkan.



Gambar 4.3 Persentase kinerja pencucian noda kunyit dan perbandingan dengan noda lain

Penelitian Tonnesan (2002), curcumin yang dimiliki oleh kunyit (*Curcuma longa*) memiliki pigment yang larut dalam minyak dan tidak larut dalam air, penggabungan senyawa curcumin dalam air membutuhkan surfaktan dan dalam prosesnya surfaktan dengan pH > 7.5 akan membuat curcumin berubah warna menjadi kemerahan dan mudah terurai. Namun, komponen pewarna curcumin

relatif cepat terurai dalam pH diatas netral.

4.1.2 Uji Penilaian Visual

4.1.2.1 Hasil Uji Kualitas Data

4.1.2.1.1 Hasil Uji Validitas

Uji validitas dilakukan untuk mengukur kevalidan dari suatu kuesioner. Uji ini dilakukan dengan menggunakan analisis SPSS *Pearson correlation*. Suatu kuesioner dapat dikatakan valid jika memiliki tingkat signifikansi dibawah 0,05. Maka pertanyaan kuesioner dapat dikatakan valid, selain itu validitas dapat dilihat dari r hitung $>$ r tabel maka pertanyaan kuesioner dianggap valid. Uji validitas menunjukkan hasil dari variable yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kebersihan kain hasil uji *washing test* dengan 31 responden.

Uji validitas menunjukkan variabel kebersihan kain yang diuji pencucian noda mempunyai kriteria valid untuk semua item pertanyaan. Ditemukan r tabel dengan tingkat signifikansi 0.005 pada uji 2 arah sebesar 0.355. Nilai *Pearson correlation* dengan r tabel maka dihasilkan bahawa semua pertanyaan dalam kuesioner adalah valid.

4.1.2.1.2 Hasil Uji Reabilitas

Uji reabilitas dilakukan untuk menilai konsistensi dari instrument penelitian yang digunakan. Instrument penelitian dikatakan reliabel jika memiliki nilai *Cronbach Alpha* berada di atas 0.60. Tabel 4.4 menunjukkan nilai Cronbach's sebesar 0.900.

Nilai terbaik untuk Cronbach's Alpha dalam kisaran 0.70 - 0.95. Dengan demikian disimpulkan bahwa pernyataan dalam kuesioner reliabel. Hal ini menunjukkan bahwa setiap item pertanyaan dapat memperoleh data yang

konsisten.

Tabel 4.4 Hasil uji reliabilitas data

Uji reliabilitas	
Cronbach's Alpha	N of items
0.900	31

4.1.2.2 Analisis Potensi Enzim Lipase Kualitatif

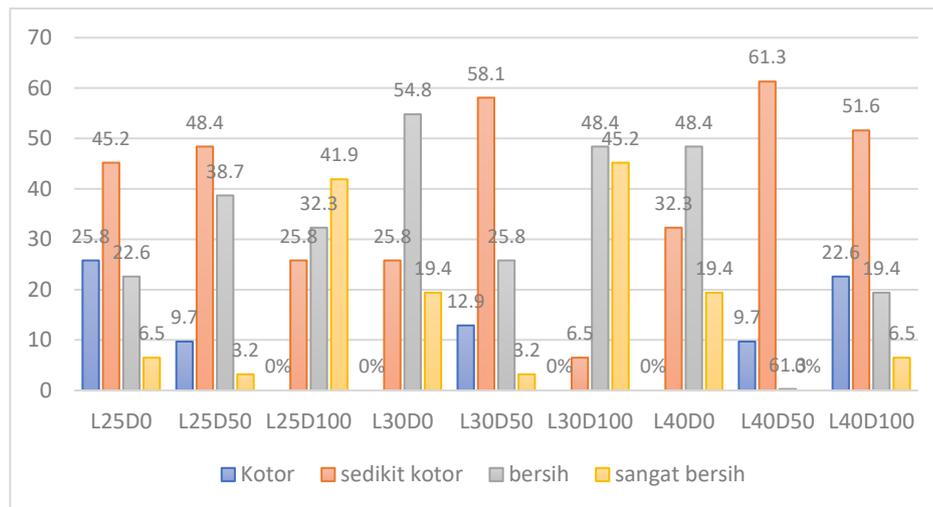
4.1.2.2.1 Analisis Potensi Enzim Lipase pada Noda Kuning Telur

Data hasil penyebaran kuesioner mengenai kebersihan pada kain hasil uji pencucian pada noda kuning telur dengan kategori kotor, sedikit kotor, bersih dan sangat bersih. Hasil kuesioner dari uji kinerja pencucian dengan noda kuning telur berdasarkan 31 panelis dengan kategori kotor, sedikit kotor, bersih dan sangat bersih. Berdasarkan hasil persentase kebersihan kain melalui panelis, rata-rata panelis memilih kain dengan variasi konsentrasi L30D100 sebagai kain yang terbersih. Hal ini dapat dilihat dari hasil kuesioner yang menunjukkan 45.2% panelis menilai kain sangat bersih, sedangkan 48.4% panelis menilai kain tersebut bersih (Gambar 4.4). Sedangkan menurut hasil analisis menggunakan Excel, rata-rata panelis memilih L30D100 sebagai kain yang terbersih.

Konsentrasi terbaik kedua adalah konsentrasi L25D100, pada konsentrasi enzim 0,30% dan detergen 0,50% ini, panelis menilai kain bersih sebanyak 32,3% dan panelis yang menilai kain sangat bersih adalah 41,9%. Kedua konsentrasi ini memiliki konsentrasi detergen yang sama, yaitu 1%. Namun berbeda nyata dengan konsentrasi L40D100, sebanyak 22,6% panelis menilai hasil uji pencucian dari variasi konsentrasi ini kotor dan 51,6% panelis menilai kain sedikit kotor.

Hasil dari kuesioner menunjukkan jika variasi konsentrasi yang memiliki

kain dengan nilai bersih hingga sangat bersih adalah konsentrasi enzim L30D100 dan L25D100. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya detergen dengan konsentrasi tinggi yaitu sebesar 1% dengan penambahan enzim lipase dengan konsentrasi rendah dan sedang.



Gambar 4.4 Hasil uji kualitatif kinerja enzim lipase pada noda kuning telur

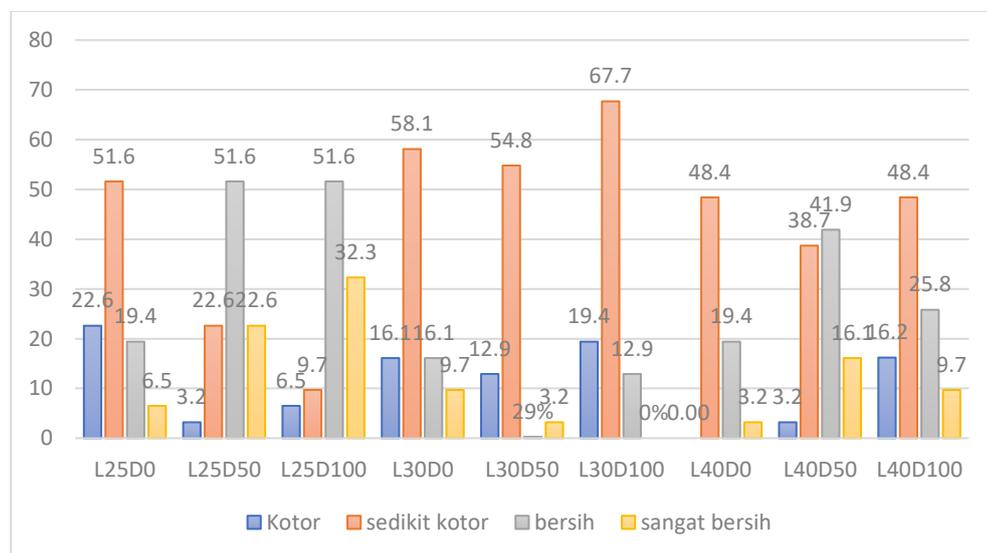
Hasil analisis rata-rata dengan menggunakan Excel menunjukkan adanya sedikit perbedaan penilaian panelis pada L25D100 dengan nilai 3.16 dan L30D100 dengan rata-rata penilaian 3.38. Sedangkan dengan menggunakan uji lanjut Mann Whitney antara L30D100 dan L25D100 menunjukkan hasil perbedaan dengan signifikansi 0.00.

Hal ini juga menandakan adanya perbedaan stabilitas antara detergen komersial dengan enzim lipase sehingga menghasilkan daya pembersih yang berbeda pada kain. Hasil yang baik juga ditunjukkan pada variasi konsentrasi L30D0. Sebanyak 54,8% panelis menilai kain variasi konsentrasi ini bersih dan sekitar 19,4% menilai sangat bersih. Hasil analisis statistik menunjukkan konsentrasi ini lebih tinggi dibandingkan konsentrasi L30D50 yang memiliki

konsentrasi enzim lipase sama dengan penambahan detergen. Sehingga didapatkan hasil bahwa dengan konsentrasi enzim lipase 0,30% telah mencapai hasil optimum dalam kinerja pencucian pada noda kuning telur dengan memiliki konsistensi kinerja yang sama dengan konsentrasi L25D100 dan L30D100.

4.1.2.2.2 Analisis Potensi Enzim Lipase pada Noda Minyak Zaitun

Data hasil penyebaran kuesioner mengenai kebersihan pada kain hasil uji pencucian pada noda minyak zaitun dengan kategori kotor, sedikit kotor, bersih dan sangat bersih (Gambar 4.5). Hasil kuesioner pada uji kinerja pencucian dengan variasi konsentrasi enzim lipase pada noda minyak zaitun menunjukkan hasil variasi konsentrasi terbaik terdapat pada konsentrasi L25D50 dan L25D100. Sebanyak 51,6% panelis menilai kedua konsentrasi tersebut memiliki hasil pencucian kain yang bersih.



Gambar 4.5 Hasil uji kualitatif enzim lipase pada noda minyak zaitun

Hasil analisis statistik menggunakan uji Mann Whitney menunjukkan tidak adanya perbedaan antara perlakuan L25D50 dan L25D100 dengan sig 0.317. Hal

ini juga menunjukkan adanya konsistensi kinerja pada konsentrasi enzim lipase 0.25%.

Penilaian visual kain dengan noda minyak zaitun dengan perlakuan hanya dengan enzim lipase pada konsentrasi L25D0, L30D0 dan L40D0 memiliki penilaian kebersihan kain yang rendah. Rata-rata panelis menilai kain pada konsentrasi ini dalam taraf sedikit kotor bahkan kotor dikarenakan perubahan warna dengan kain kontrol (tidak diberi noda).

Kain dengan konsentrasi L25D0, L30D0 dan L40D0 memiliki warna keruh yang diduga sisa dari noda minyak zaitun yang menyebar dan melekat pada serat kain. Menurut Ahmed (2010) perubahan warna pada kain ini diakibatkan adanya kontak antara kain dan minyak zaitun dalam waktu yang lama sehingga minyak akan mengisi celah antara serat dan terikat pada kain. Hal ini menyebabkan noda minyak zaitun menjadi menyebar dan mengubah warna kain. Uji kinerja pencucian minyak zaitun dengan perlakuan enzim lipase dari biji alpukat tanpa penambahan detergen memiliki warna yang lebih keruh dibandingkan dengan penambahan detergen sintetis. Hal ini dapat disebabkan karena detergen merupakan gabungan antara tiga komponen utama yaitu surfaktan, builders dan bahan aditif lain seperti pemutih dan pewangi (Purnamasari, 2014). Pemutih yang terdapat dalam detergen membantu mencerahkan warna kain, sehingga kain *washing test* dengan penambahan detergen memiliki warna yang lebih cerah dibandingkan dengan kain perlakuan enzim lipase saja. Oleh karena itu penilaian visual pada konsentrasi L25D50 dan L25D100 memiliki penilaian yang tinggi dalam uji visualisasi.

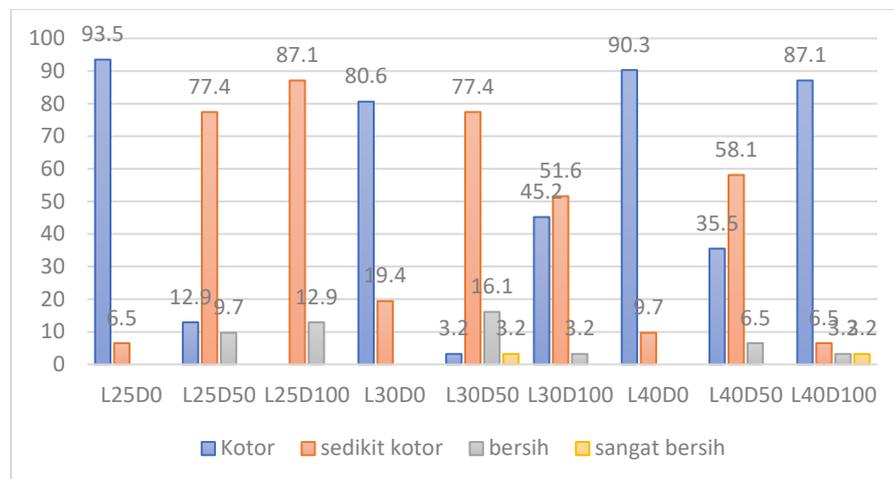
4.1.2.2.3 Analisis Potensi Enzim Lipase pada Noda Kunyit

Data hasil penyebaran kuesioner mengenai kebersihan pada kain hasil uji pencucian pada noda minyak zaitun dengan kategori kotor, sedikit kotor, bersih dan sangat bersih (Gambar 4.6). Pada uji kinerja pencucian dengan enzim lipase pada noda kunyit menghasilkan kain yang sulit untuk dibersihkan sehingga masih terlihat noda kuning dan kuning kemerahan pada kain. Pada penilaian visual kain, kain yang memiliki konsentrasi L30D50 memiliki kain yang lebih bersih dibanding dengan konsentrasi lain. Sebanyak 77,4% panelis menilai kain ini sedikit kotor dan 16,1% lain menilai kain ini dalam taraf bersih. Sedangkan konsentrasi terbaik kedua adalah L25D100 dengan persentase panelis 12,9% menilai kain dalam taraf bersih.

Hasil analisis statistik dengan membandingkan rata-rata penilaian panelis menunjukkan sedikit perbedaan antara L30D50 dan L25D100 dengan nilai rata-rata penilaian 2.19 dan 2.12. Sedangkan berdasarkan hasil analisis uji lanjut Mann Whitney memiliki signifikansi 0.679 sehingga tidak terdapat perbedaan hasil pencucian antara konsentrasi L30D50 dan L25D100.

Pengurangan kinerja pencucian enzim ini dapat dikarenakan beberapa hal salah satunya adalah sifat kimia dari komponen utama kunyit, yaitu curcumin. Curcumin merupakan komponen utama kunyit yang memiliki 3 senyawa polifenol, yaitu curcumin (diferulomethoxycurcumin), demethoxycurcumin dan bisdemethoxycurcumin. Ketiga senyawa tersebut merupakan bahan alami yang memberikan profil warna pada kunyit. Selain itu, senyawa curcumin merupakan zat yang hidrofobik, dimana curcumin sukar larut dalam air serta memiliki kelarutan yang rendah. Hal ini yang menyebabkan noda kunyit sulit untuk

dihilangkan (Zheng & Mcclements, 2020).



Gambar 4.5 Hasil uji kualitatif kinerja enzim lipase pada noda kunyit

Penilaian visual pada kain dengan noda kunyit, kain dengan perlakuan penambahan detergen memiliki warna kuning kemerahan. Hal ini mengindikasikan perubahan pH pada senyawa curcumin. Perubahan pH yang terjadi dikarenakan penambahan detergen. Perubahan pH yang terjadi akan menyebabkan noda kunyit berwarna kemerahan. Menurut Zheng & Mcclements (2020), perubahan pH akan memengaruhi warna dari senyawa curcumin. Pada pH 2-7 curcumin akan tampak berwarna kuning keemasan, namun pada pH basa lebih dari 8,5 akan menyebabkan curcumin memiliki warna kemerahan. Curcumin merupakan senyawa yang rentan terhadap degradasi kimia, apabila terkena cahaya, panas dan dalam kondisi basa. Sehingga variasi konsentrasi dengan penambahan detergen akan membantu degradasi dari kunyit.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa enzim lipase dari biji alpukat berhasil mendegradasi noda pada noda kuning telur, minyak zaitun dan kunyit dalam persentase yang berbeda. Variasi konsentrasi terbaik berdasarkan uji kinerja

enzim lipase dengan menggunakan *washing test* adalah pada konsentrasi enzim 40% dan detergen 0% dan 0.50%, yaitu pada kode L40D0 dan L40D50.

4.2 Kajian Hasil Penelitian Menurut Perspektif Islam dan Sains

Hasil penelitian ini menunjukkan jika enzim lipase yang terdapat dalam biji alpukat (*Persea americana* Mill) memiliki potensi sebagai bahan penyusun biodetergen. Penelitian ini kemudian menunjukkan besarnya kebermanfaatan tumbuhan bahkan dari biji kecil seperti biji alpukat dengan penambahan enzim lipase yang memiliki kemampuan meningkatkan kinerja pencucian sehingga dapat mengurangi penggunaan detergen sintetis. Kebermanfaatan biji alpukat tercantum dalam firman Allah SWT

Sebagaimana firman Allah SWT dalam surah Ali Imran ayat 191 :

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بٰطِلًا
سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka” Qs. Ali Imran [03]: 191)

Menurut tafsir Ath-Thabari kata “وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ” memiliki makna “Mereka mengambil pelajaran dari semua penciptaan langit dan bumi” maknanya adalah manusia yang kemudian mengambil pelajaran dari semua penciptaan. Allah yang menciptakan biji alpukat yang kecil namun memiliki potensi besar sebagai bahan penyusun biodetergen yang juga bermanfaat dalam mengurangi dampak pencemaran air. Keberadaan enzim lipase dalam biji alpukat adalah bukti kebesaran Allah yang menciptakan semuanya dalam keadaan terukur sehingga melalui ayat ini mengajarkan manusia mengenai kekuasaan Allah agar manusia

dapat berpikir.

Biji alpukat yang merupakan salah satu contoh kebermanfaatan tumbuhan dalam kehidupan manusia dan alam secara keseluruhan dapat dilihat sebagai manifestasi kebesaran Allah SWT yang menyediakan tumbuhan dan hewan untuk memenuhi segala kebutuhan manusia sebagai bentuk kehidupan yang saling bergantung dan melengkapi. Biji alpukat yang diciptakan oleh Allah SWT yang memiliki potensi besar di dalamnya dapat mengingatkan kita mengenai kebesaran Allah SWT yang pada dasarnya teratur dan memiliki ukuran.

Penelitian ini mengungkapkan potensi yang ada di dalam biji alpukat yang memiliki manfaat untuk mengurangi penggunaan detergen sintetis dengan menambahkan enzim lipase dari biji alpukat. Pencegahan pencemaran air didasarkan atas kemampuan manusia yang lebih mampu memikul amanah dari Allah SWT sebagai seorang khalifah yang ada di bumi. Kehadiran manusia adalah untuk memenuhi amanah Allah SWT mencakup kewajiban dan tanggung jawab atas sesama manusia dan alam di sekitarnya. Manusia harus menjaga keselarasan dan keseimbangan alam dalam ekosistem dengan mencegah kerusakan bumi. Penggalan pengetahuan baru dalam rangka pencegahan pengerusakan lingkungan merupakan hal yang harus terus dilakukan.

Keberadaan enzim lipase yang dapat dimanfaatkan sebagai penambahan detergen untuk mengurangi residu detergen di ekosistem perairan merupakan satu diantara contoh pencegahan kerusakan alam. Manusia harus mampu menyeimbangkan antara ukhrawi dan duniawi, dan juga imbang antara kehidupan ekologi dimana manusia tinggal. Apabila terjadi gangguan terhadap keseimbangan maka diperlukan tindakan-tindakan untuk mengembalikan keseimbangan seperti

semula, oleh karena itu diperlukan langkah yang baik untuk menjaga keseimbangan lingkungan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil uji potensi enzim lipase dari biji alpukat menunjukkan jika biji alpukat memiliki potensi sebagai bahan penyusun detergen karena memiliki kestabilan terhadap paparan detergen sintesis yang tinggi. Uji kinerja melalui *washing test* menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan dengan penambahan enzim lipase dengan konsentrasi terbaik pada L40D0.

5.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan memberikan saran sebagai berikut :

1. Penelitian selanjutnya perlu lebih memahami mengenai faktor stabilitas enzim lipase terhadap paparan detergen komersial dalam berbagai konsentrasi untuk mengetahui batas toleransi kestabilan yang dimiliki oleh enzim lipase dari biji alpukat (*Persea americana* Mill).
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dilakukannya pengujian noda kotoran lain yang memiliki komposisi trigliserida untuk pengujian enzim lipase dari biji alpukat lebih efektif.
3. Pemakaian skala putih (*White scale*) diperlukan untuk menghindari bias subjektif yang dimiliki ketika menggunakan panelis sebagai penilai visual kain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeyrathne, E. N.-C. 2022. Egg yolk lipids: separation, characterization, and utilization. *Biotechnol*, 31(10):1243-1256.
- Almaraj et al. 2017. Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives – A review. *J tradit med*, 7(2):205-233.
- A. Thakur, et al. 2021. Application of rhamnolipid biosurfactant for biodetergent formulation. *International Seminar on Chemical Engineering Soehadi Reksowardojo (STKSR) 2019* (p. 2019). San Francisco: IOP Publishing.
- Amalia, R. B. 2013. Penentuan pH dan suhu optimum untuk aktivitas ekstrak kasar enzim lipase dari kecambah biji karet (*Hevea brasiliensis*) terhadap hidrolisis PKO (Palm Kernel Oil). *Jurnal Saintia Kimia*, 10-15.
- Amara AA, S. S. 2009. The possibility to use bacterial protease and lipase as biodetergent. . *Global J Biotechnol Biochem*, 4:104- 114.
- Andi. 2013. Pengaruh pemberian ekstrak etanol daun alpukat (*Persea americana* Mill.) terhadap aktivitas diaretik tikus putih jantan sparguedawley. *skripsi*, Institut Pertanian Bogor.
- Anisa, Z. &. 2021. Penggunaan pupuk majemuk (NPK) pada sambung pucuk tanaman alpukat (*Persea americana* Mill). *UNES journal of scientech research*, 162-169.
- Anova, I. d. 2013. Efek perbedaan jenis alpukat dan gula terhadap mutu selai buah. *Jurnal Litbang Industri*, 3(2) : 91-99.
- Apriyani, N. 2017. Penurunan kadar surfaktan dan sulfat dalam limbah laundry. *media ilmiah teknik lingkungan*, 37-44.
- Apriyani, N. 2017. Penurunan kadar surfaktan dan sulfat dalam limbah laundry . *Media ilmiah Teknik Lingkungan*, 37-44.
- Báez-Magaña, M. O.-Z.-M.-G.-M. 2019. Lipid-rich extract from mexican avocado seed (*Persea americana* var. *drymifolia*) reduces *Staphylococcus aureus* internalization and regulates innate immune response in bovine mammary epithelial cells. *Journal of Immunology Research*.
- Balitbu. 2013. *Klon-klon alpukat*. Retrieved from <http://balitbu.litbang.pertanian.go.id/index.php/hasil-penelitian-mainmenu-46/inovasi-teknologi/teknologi-mainmenu-78/180-informasi-teknologi/524-jenis-jenis-alpukat>
- Bangar, S. D. 2022. Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. *Food Chemistry*.
- Barros, M., Fleuri, L., & Macedo, G. 2010. Seed lipases: sources, applications, and properties-A Review. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 27(1) : 15-29.
- Borelli, G. a. 2015. Overview of Fungal Lipase : A Review. *Application Biochemistry Biotechnology*, 486-520.
- Budiana, N. 2013. *Buah Ajaib Tumpas Penyakit*. Jakarta: Penyebar Swadaya.
- Chauhan, M. C. 2013. Evaluation of a new lipase from *Staphylococcus* sp. for detergent additive capability. *BioMed Research International*, 1-6.
- Debeaujon, I. L. 2007. Seed coat development and dormancy. .
- Dede. 2019. *Mengenal sepuluh jenis alpukat di Indonesia*. Retrieved from <http://mengenal-10-jenis-alpukat-yang-ada-di.html/?m=1>

- Djarkasi, G. R. 2017. Isolasi dan aktivitas spesifik enzim lipase indigenous biji kenari. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(1) : 28-35.
- Egbuonu A.C., O. I. 2018. roximate, functional, antinutrient and antimicrobial properties of avocado pear (*Persea americana*) Seeds. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 8(1).
- Enujiugha, V. N. 2004. Lipase activity in dormant seeds of the African oil bean (*Pentaclethra macrophylla* Benth). *Food Chemistry*, 88 : 405-410.
- ETBPP. 1998. Reducing the cost of cleaning in the food and drink industry.
- FAO. (2018). *FAO report*. Retrieved from Major Tropical Fruits Market Review: <http://www.fao.org/3/ca5692en/ca5692en.pdf>
- 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.
- Grbavcic, e. a. 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. *Bioresouce technology*, 102 : 11226-11233.
- Guo, J. C. 2015. A Convenient test for lipase activity in aqueous-based Solutions. *Enzyme and Microbia Technology*, 71 : 8-12.
- Hamka. 1999. *Tafsir Al-Azhar*. Jakarta: PT. Pustaka Panji Mas.
- Hasan F, S. A. 2010. Enzymes used in detergents: Lipases. . *Afr J Biotechno*, 4836-4844.
- Hasan, F. J. 2010. Enzymes used in detergents: Lipases. *African Journal of Biotechnology Vol. 9(31)*, pp. 4836-4844, 2 August, 2010, Vol. 9(31), 4836-4844.
- Hendrik, G. L. 2020. Aktivitas hidrolisis ekstrak kasar lipase dari kecambah biji kesambi (*Schleichera oleosa* L) dengan Variasi Waktu Perkecambahan. *Sciscitatio*, Vol 1(2) : 94-100.
- Hidayah, I. 2020. Makna kata Al-Habbu wa An- Nawa dalam tinjauan tafsir al-jawahir dan korelasinya dengan morfologi. *Skripsi*.
- Hosen, e. a. 2021. effect of turmeric dye and biomordants on knitted cotton fabric coloration : a promising alternative to metallic mordanting. *cleaner engineering and technology*.
- Hudori, S. P. 2009. Pengolahan deterjen menggunakan teknologi elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 1(2), 117-125.
- Indrajaya, I. I. 2021. Titrator otomatis untuk mengukur kadar kalsium karbonat (CaCO_3) pada batu kapur. *jurnal teknik ITS*, 10(2) : 2337-3539.
- Joseph B, R. P. 2007. Standard review cold-active microbial lipases: A versatile tool for industrial application biotechnol. *Mol. Bio* , 2 : 39-48.
- Kulkarni, N. 2002. Studies on lipase enzyme from *pseudomonas fluorescense* NS2W. *Prosiding Seminar* India: Universitu of Pune.
- Larasati, N. W. 2021. Kandungan pencemar detejen dan kualitas air di perairan muara sungai tapak, Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(1).
- Layly, I. 2016. Studi potensi lipase *Alcaligenes faecalis* untuk aplikasi biodetergen. *jurnal bioteknologi & biosains indonesia*, 66-71.
- M, J. 2008. Enzyme used in detergents. *Amity institue of biotechnology*.

- M, J. 2008. Enzymes used in detergents. Amity Institute of Biotechnology: Faculty of Enzymology.
- Malelak, G. W. 2014. Pengaruh minyak jelantah dan waktu inkubasi terhadap aktivitas lipase pada tanah hutan mangrove pantai tablolong kupang. *Cakra Kimia : Indonesian E-Journal of applied Chemistry*, 2(2): 25-31.
- Mcclements, Z. &. 2020. Formulation of more efficacious curcumin delivery systems using colloid science: Enhanced solubility, stability, and bioavailability. *Molecules*.
- Mehmood, Y. T. 2015. UV-Visible spectrophotometric method development and validation of assay of iron sucrose injection. *international journal of pure & applied bioscience*, 3(2) : 41-53.
- Muhammad. 2023. Kajian ayat-ayat Al-Quran tentang pelestarian lingkungan hidup. *Jurnal Alwatzikhoebillah*.
- Nugroho, S. W. 2022. Hidrolisis lemak oleh enzim lipase pada tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*). *Bioma : Jurnal biologi dan pembelajaran biologi*, 7(1) : 81-89.
- Nuryanto, E. P. 2016. Pemanfaatan ekstrak biji alpukat (*Persea americana* Mill) untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas (ALB) di dalam minyak sawit mentah. *J.Pen. Kelapa Sawit*, 97-102.
- Padole, H. 2021. Effect of different laundry detergents on stain removal from reactive dyed cotton fabric. *IJRB Agriculture and technology*, 33-37.
- Paul, T. M. 2013. An efficient cloth cleaning properties of a crude keratinase combined. *Journal of cleaner Production*, 1-13.
- Permana, I. D. 2013. Aktivitas lipase indigenous selama perkecambahan biji kakao (*Theobroma cacao* L.) indogenous lipase activities during cocoa bean (*Theobroma cacao* L.) germination. *Agritech*, 33(2) 176-181.
- Plantamor. 2012. *Informasi spesies tanaman alpukat*. Retrieved from <http://www.plantamor.com/>
- Pomeistia, M. 2021. Uji Aktivitas Enzim Lipase Dari Kecambah Biji Ketapang, Biji Rambutan, Biji Alpukat, Palm Putri, Dan Biji Durian. *Jurnal Sanitasi dan Lingkungan*, 2(1) : 99-103.
- Pomeistia, M. 2021. Uji aktivitas enzim lipase dari kecambah biji ketapang, biji rambutan, biji alpukat, palm putri, dan biji durian. *Jurnal sanitasi dan Lingkungan*, 99-103.
- Prasetyowati, R. P. 2017. Pengambilan minyak biji alpukat (*Persea americana* Mill) dengan metode ekstraksi. *jurnal teknik kimia*, 2(17) : 16-18.
- Prawita, L. 2012. Efek penurunan kadar glukosa darah kombinasi ekstrak etanol daun alpukat (*Persea americana* Mill) dan buah otong (*Luffa acutangula*) pada mencit putih jantan yang dibebani glukosa. *skripsi*.
- Priyadarsini, K. 2014. the chemistry of curcumin : from extraction to therapeutic agent. *molecules*.
- Purnamasari, E. 2014. Karakteristik kandungan linear alkyl benzene sulfonat (LAS) pada limbah cair laundry. *jurnal media teknik*, 11(1):32-36.
- Quettier, A. L. 2009. Storage Oil Hydrolysis During Early Seedling Growth. *Plant Physiology and Biochemistry*, 485.
- Rahman, H. N. 2023. Investigating the potential of avocado seeds for bioethanol production: A study on boiled water delignification pretreatment. *International journal of renewable energy development*, 12(4) : 648-654.

- Risyad A, R. L. 2016. Ekstraksi minyak dari biji alpukat (*Persea americana* Mill) menggunakan pelarut N-Heptana. *Jurnal teknik kimia*, 5(1) : 34-35.
- Saadony, e. a. 2022. impacts of turmeric and its principal bioactive curcumin on human health: Pharmaceutical, medicinal, and food applications: A comprehensive review. *Frontiers in nutrition*.
- Safdar, A. I. 2023. Characterization od detergent compatible from candida albicans and acremonium sclerotigenum in SSF. *acs omega*, 32740-32761.
- Salameh, M. W. 2007. Lipases from extremophiles and potensial for industrial application. *Microbiol*, 61:253-283.
- Sanda, M. e. 2012. Base theory for UV-VIS spectrophotometric measurements. Romania: University of Oradea.
- Santi, S. S. 2009. Penurunan konsentrasi surfaktan pada limbah deterjen dengan proses fotokatalitik sinar UV. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol 4 No 1, 260-264.
- Sari, M. 2017. Pembuatan serbuk aseton lipase biji-biji minyak Indonesia. *TEDC*, 11(1) : 66-70.
- Sedijani, P. K. 2023. Fungal crude lipase enzyme produced using the SSF (Solid State Fermentation) method increases the washing test performance. *Jurnal Biologu Tropis*, 23 (1): 140 – 147.
- Sentosa, H. 2013. *Seluk beluk operasional seni binatu dry cleaning dan wet cleaning*.
- Sharma, R. C. 2001. Production, purification, characterization, and application of lipases. *Biotechnology advanced*.
- Sholeha, R. &. 2021. Lipase biji bijian dan karakteristiknya. *UNESA Journal of Chemistry*, 10(2) : 168-183.
- Sholeha, R. &. 2021. Lipase biji-bijian dan karakteristiknya. *Unesa journal of chemistry*, 168-183.
- Situmorang, M. 2017. *Kimia Lingkungan*. Depok: Rajawali Press.
- Sumarlin, L. M. 2013. Identifikasi potensi enzim lipase dan selulase pada sampah kulit buah hasil fermentasi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 18 (3) : 159-166.
- Suprihana, M. 2013. Fraksinasi enzim lipase dari endosperm kelapa dengan metode salting out. *Agritech*, 33(4): 377-383.
- Svendsen, A. 2000. *Biochim. Biophys Acta*, 223.
- Sya'bani, N. A. 2017. Isolasi dan karakterisasi lipase dari kecambah biji alpukat. *Jurnal atomik*, 209-212.
- Takenaga F., M. K. 2008. Lipid and fatty acid composition of mesocarp and seed of avocado fruits harvested at northern range in Japan. *Journal of Oleo Science*, 57(11):591–597.
- Verma N, T. S. 2012. Microbial lipases: Industrial applications and properties (A Review). *IntRes J Biological Sci* , 1 : 88-92.
- Verti E A, E. D. 2021. Diversity of avocado germplasm (*Persea americana*) in bangka island based on morphological character. *Seminar nasional penelitian dan pengabdian masyarakat* . Bangka belitung.
- Villeneuve, P. 2003. Plant lipases and their applications in oils and fats modification. *European Journal of Lipid Science and Technology*.
- Wulansari, F. &. 2012. Pengaruh detergen terhadap mortalitas benih ikan patin sebagai bahan pembelajaran kimia lingkungan. *Edusains*, 1(2).

- Yuliani, R. P. 2015. Pengaruh limbah detergen industri laundry terhadap mortalitas dan indeks fisiologi ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS 2015*. Surakarta: 822-828.
- Zheng, B. &. 2020. Formulation of more efficacious curcumin delivery systems using colloid science : enhanced solubility, stability and bioavailability. *Molecules*, 25(12).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Uji Kinerja Enzim Lipase (w%)

Noda Kuning telur

kuning telur	sebelum diberi noda	sesudah diberi noda	sesudah pencucian	persentase
kontrol (1)	0.341	0.469	0.445	0.1875
kontrol (2)	0.371	0.503	0.479	0.181818182
kontrol (2)	0.373	0.481	0.463	0.166666667
L25D0 (1)	0.349	0.447	0.392	0.56122449
L25D0 (2)	0.378	0.433	0.401	0.581818182
L25D0 (3)	0.362	0.445	0.394	0.614457831
L25D50 (1)	0.344	0.433	0.377	0.629213483
L25D50 (2)	0.345	0.429	0.378	0.607142857
L25D50 (3)	0.357	0.427	0.381	0.657142857
L25D100 (1)	0.371	0.448	0.394	0.701298701
L25D100 (2)	0.356	0.44	0.377	0.75
L25D100 (3)	0.36	0.426	0.379	0.712121212
L30D0 (1)	0.365	0.433	0.382	0.75
L30D0 (2)	0.367	0.441	0.388	0.716216216
L30D0 (3)	0.366	0.452	0.389	0.73255814
L30D50 (1)	0.332	0.408	0.349	0.776315789
L30D50 (2)	0.35	0.435	0.371	0.752941176
L30D50 (3)	0.361	0.431	0.379	0.742857143
L30D100 (1)	0.34	0.424	0.359	0.773809524
L30D100 (2)	0.363	0.422	0.376	0.779661017
L30D100 (3)	0.37	0.435	0.386	0.753846154
L40D0 (1)	0.36	0.431	0.373	0.816901408
L40D0 (2)	0.393	0.451	0.405	0.793103448
L40D0 (3)	0.346	0.422	0.361	0.802631579
L40D50 (1)	0.35	0.433	0.363	0.843373494
L40D50 (2)	0.372	0.44	0.384	0.823529412
L40D50 (3)	0.381	0.43	0.388	0.857142857
L40D100 (1)	0.356	0.423	0.38	0.641791045
L40D100 (2)	0.352	0.422	0.381	0.585714286
L40D100 (3)	0.394	0.457	0.419	0.603174603

Uji kualitatif persentase penilaian panelis noda kuning telur (%)

kriteria	Kotor	sedikit kotor	bersih	sangat bersih
L25D0	25.8	45.2	22.6	6.5
L25D50	9.7	48.4	38.7	3.2
L25D100	0%	25.8	32.3	41.9
L30D0	0%	25.8	54.8	19.4
L30D50	12.9	58.1	25.8	3.2
L30D100	0%	6.5	48.4	45.2
L40D0	0%	32.3	48.4	19.4
L40D50	9.7	61.3	29%	0%
L40D100	22.6	51.6	19.4	6.5

Pengurangan noda minyak zaitun

Minyak Zaitun	sebelum diberi noda	sesudah diberi noda	sesudah pencucian	persentase
kontrol (1)	0.372	0.586	0.55	0.168224299
kontrol (2)	0.37	0.561	0.527	0.178010471
kontrol (2)	0.38	0.585	0.549	0.175609756
L25D0 (1)	0.343	0.438	0.393	0.473684211
L25D0 (2)	0.347	0.446	0.398	0.484848485
L25D0 (3)	0.329	0.442	0.38	0.548672566
L25D50 (1)	0.335	0.423	0.368	0.625
L25D50 (2)	0.354	0.442	0.388	0.613636364
L25D50 (3)	0.333	0.431	0.367	0.653061224
L25D100 (1)	0.339	0.464	0.377	0.696
L25D100 (2)	0.337	0.459	0.376	0.680327869
L25D100 (3)	0.309	0.443	0.354	0.664179104
L30D0 (1)	0.344	0.471	0.405	0.519685039
L30D0 (2)	0.349	0.508	0.423	0.534591195
L30D0 (3)	0.341	0.438	0.387	0.525773196
L30D50 (1)	0.356	0.449	0.377	0.774193548
L30D50 (2)	0.359	0.478	0.387	0.764705882
L30D50 (3)	0.354	0.499	0.39	0.751724138
L30D100 (1)	0.354	0.46	0.391	0.650943396
L30D100 (2)	0.354	0.451	0.381	0.721649485
L30D100 (3)	0.365	0.522	0.4	0.777070064
L40D0 (1)	0.359	0.511	0.413	0.644736842
L40D0 (2)	0.356	0.446	0.39	0.622222222
L40D0 (3)	0.355	0.456	0.385	0.702970297
L40D50 (1)	0.376	0.529	0.408	0.790849673
L40D50 (2)	0.376	0.491	0.398	0.80895652
L40D50 (3)	0.369	0.492	0.398	0.764227642
L40D100 (1)	0.347	0.492	0.4	0.634482759
L40D100 (2)	0.381	0.478	0.41	0.701030928
L40D100 (3)	0.366	0.501	0.403	0.725925926

Uji kualitatif persentase penilaian panelis noda minyak zaitun

kriteria	Kotor	sedikit kotor	bersih	sangat bersih
L25D0	22.6	51.6	19.4	6.5
L25D50	3.2	22.6	51.6	22.6
L25D100	6.5	9.7	51.6	32.3
L30D0	16.1	58.1	16.1	9.7
L30D50	12.9	54.8	29%	3.2
L30D100	19.4	67.7	12.9	0%
L40D0	29..	48.4	19.4	3.2
L40D50	3.2	38.7	41.9	16.1
L40D100	16.2	48.4	25.8	9.7

Pengurangan noda kunyit

kunyit	sebelum diberi noda	sesudah diberi noda	sesudah pencucian	persentase
kontrol (1)	0.362	0.465	0.451	0.13582233
kontrol (2)	0.401	0.448	0.442	0.127659374
kontrol (2)	0.367	0.418	0.411	0.137254902
L25D0 (1)	0.326	0.525	0.474	0.256281407
L25D0 (2)	0.369	0.481	0.45	0.276785714
L25D0 (3)	0.37	0.566	0.525	0.209183673
L25D50 (1)	0.336	0.486	0.439	0.313333333
L25D50 (2)	0.333	0.442	0.397	0.412844037
L25D50 (3)	0.363	0.456	0.423	0.35483371
L25D100 (1)	0.365	0.469	0.43	0.375
L25D100 (2)	0.365	0.406	0.39	0.390243902
L25D100 (3)	0.348	0.518	0.452	0.388235294
L30D0 (1)	0.338	0.522	0.465	0.309782609
L30D0 (2)	0.359	0.454	0.428	0.273684211
L30D0 (3)	0.365	0.468	0.442	0.252427184
L30D50 (1)	0.372	0.447	0.419	0.373333333
L30D50 (2)	0.345	0.429	0.397	0.380952381
L30D50 (3)	0.353	0.418	0.394	0.369230769
L30D100 (1)	0.37	0.499	0.452	0.364341085
L30D100 (2)	0.373	0.582	0.507	0.358851675
L30D100 (3)	0.371	0.45	0.42	0.379746835
L40D0 (1)	0.349	0.469	0.438	0.258333333
L40D0 (2)	0.375	0.502	0.469	0.25984252
L40D0 (3)	0.363	0.471	0.442	0.268518519
L40D50 (1)	0.354	0.384	0.373	0.366666667
L40D50 (2)	0.358	0.521	0.467	0.331288344
L40D50 (3)	0.375	0.549	0.491	0.333333333
L40D100 (1)	0.33	0.524	0.463	0.31443299
L40D100 (2)	0.341	0.552	0.479	0.345971564
L40D100 (3)	0.369	0.404	0.39	0.4

Uji kualitatif persentase penilaian panelis noda kunyit (w%)

kriteria	Kotor	sedikit kotor	bersih	sangat bersih
L25D0	93.5	6.5		
L25D50	12.9	77.4	9.7	
L25D100		87.1	12.9	
L30D0	80.6	19.4		
L30D50	3.2	77.4	16.1	3.2
L30D100	45.2	51.6	3.2	
L40D0	90.3	9.7		
L40D50	35.5	58.1	6.5	
L40D100	87.1	6.5	3.2	3.2

Lampiran 2. Uji Validitas data

Uji validitas data kualitatif terhadap kinerja pencucian enzim lipase

Nomor Butir Pertanyaan	Pearson Correlation	Sig (2-Tailed)	Ket.
PKT1	0.572	0.001	Valid
PKT2	0.701	0.000	Valid
PKT3	0.641	0.000	Valid
PKT4	0.540	0.002	Valid
PKT5	0.423	0.018	Valid
PKT6	0.402	0.002	Valid
PKT7	0.477	0.025	Valid
PKT8	0.443	0.007	Valid
PKT9	0.432	0.013	Valid
PMZ1	0.578	0.015	Valid
PMZ2	0.719	0.001	Valid
PMZ3	0.678	0.000	Valid
PMZ4	0.582	0.001	Valid
PMZ5	0.551	0.001	Valid
PMZ6	0.623	0.000	Valid
PMZ7	0.659	0.000	Valid
PMZ8	0.679	0.000	Valid
PMZ9	0.735	0.000	Valid
PK1	0.531	0.002	Valid
PK2	0.504	0.004	Valid
PK3	0.362	0.002	Valid
PK4	0.463	0.009	Valid
PK5	0.432	0.015	Valid
PK6	0.454	0.010	Valid
PK7	0.466	0.008	Valid
PK8	0.357	0.019	Valid
PK9	0.398	0.026	Valid

Lampiran 3. Data Kualitatif

Penilaian panelis pada washing test kuning telur (%)

kriteria	Kotor	sedikit kotor	bersih	sangat bersih
L25D0	25.8	45.2	22.6	6.5
L25D50	9.7	48.4	38.7	3.2
L25D100	0%	25.8	32.3	41.9
L30D0	0%	25.8	54.8	19.4
L30D50	12.9	58.1	25.8	3.2
L30D100	0%	6.5	48.4	45.2
L40D0	0%	32.3	48.4	19.4
L40D50	9.7	61.3	29%	0%
L40D100	22.6	51.6	19.4	6.5

Penilaian panelis washing test noda minyak zaitun (%)

kriteria	Kotor	sedikit kotor	bersih	sangat bersih
L25D0	22.6	51.6	19.4	6.5
L25D50	3.2	22.6	51.6	22.6
L25D100	6.5	9.7	51.6	32.3
L30D0	16.1	58.1	16.1	9.7
L30D50	12.9	54.8	29%	3.2
L30D100	19.4	67.7	12.9	0%
L40D0	29..	48.4	19.4	3.2
L40D50	3.2	38.7	41.9	16.1
L40D100	16.2	48.4	25.8	9.7

Penilaian panelis washing test kunyit

kriteria	Kotor	sedikit kotor	bersih	sangat bersih
L25D0	93.5	6.5	0	0
L25D50	12.9	77.4	9.7	0
L25D100	0	87.1	12.9	0
L30D0	80.6	19.4	0	0
L30D50	3.2	77.4	16.1	3.2
L30D100	45.2	51.6	3.2	0
L40D0	90.3	9.7	0	0
L40D50	35.5	58.1	6.5	0
L40D100	87.1	6.5	3.2	3.2

Lampiran 4. Uji Kruskal Wallis

Uji Kruskal wallis pada noda kuning telur

Ranks			
	perlakuan	N	Mean Rank
Value	L25D0	31	81.00
	L25D50	31	122.13
	L25D100	31	190.55
	L30D0	31	175.31
	L30D50	31	105.68
	L30D100	31	213.92
	L40D0	31	168.24
	L40D50	31	105.82
	L40D100	31	97.35
	Total		279

Test Statistics^{a,b}

	Value
Kruskal-Wallis H	99.140
df	8
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: perlakuan

Uji lanjut Mann Whitney Kelompok 3 dan 6

Test Statistics^{a,b}

	Value
Kruskal-Wallis H	34.677
df	3
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: perlakuan

Uji Kruskal wallis pada persentase minyak zaitun

Ranks			
	perlakuan	N	Mean Rank
Value	L25D0	31	114.40
	L25D50	31	189.63
	L25D100	31	202.56
	L30D0	31	121.55
	L30D50	31	127.16
	L30D100	31	99.98
	L40D0	31	103.92
	L40D50	31	169.23
	L40D100	31	131.56
	Total	279	

Test Statistics^{a,b}

	Value
Kruskal-Wallis H	61.406
df	8
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: perlakuan

Uji lanjut Mann Whitney kelompok 2 dan 3

Test Statistics^a

	Value
Mann-Whitney U	415.500
Wilcoxon W	911.500
Z	-1.000
Asymp. Sig. (2-tailed)	.317

a. Grouping Variable: perlakuan

Uji Kruskal wallis pada kunyit

Ranks

	perlakuan	N	Mean Rank
Value	L25D0	31	78.42
	L25D50	31	190.34
	L25D100	31	209.40
	L30D0	31	95.26
	L30D50	31	209.94
	L30D100	31	143.79
	L40D0	31	82.63
	L40D50	31	158.65
	L40D100	31	91.58
	Total	279	

Test Statistics^{a,b}

	Value
Kruskal-Wallis H	144.402
df	8
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: perlakuan

Uji lanjut Mann Whitney kelompok 3 dan 5

Test Statistics^a

	Value
Mann-Whitney U	461.000
Wilcoxon W	957.000
Z	-.414
Asymp. Sig. (2-tailed)	.679

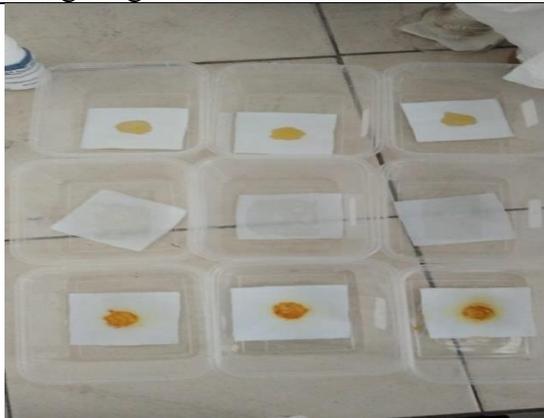
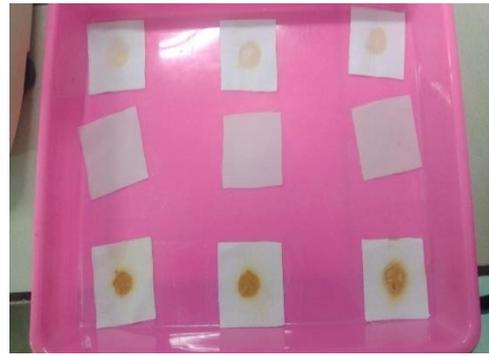
a. Grouping Variable: perlakuan

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

 <p>Ekstrak kasar enzim lipase</p>	 <p>Pemurnian dengan garam ammonium sulfat 9.40g</p>
 <p>Washing test noda kunyit</p>	 <p>Washing test noda kuning telur</p>
 <p>Hasil washing test noda kuning telur</p>	 <p>Hasil washing test noda kunyit</p>



Pengeringan selama semalam



Kontrol negatif

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

DATA MAHASISWA

NPM : 200602110084
 Nama : ELMA NAVIANA MALIK
 Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI
 Prodi : BIOLOGI
 Pembimbing 1 : TYAS NYONITA PUNJUNGSARI,S.Pd., M.Sc
 Pembimbing 2 : MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si
 Judul Tesis/Disertasi : Potensi Enzim Lipase dari biji Alpukat (*Persea americana* Mill) sebagai bahan penyusun biodetergen

REKAM JEJAK BIMBINGAN

Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
Agustus 2023	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI,S.Pd., M.Sc	Konsultasi judul awal penelitian	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Desember 2023	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI,S.Pd., M.Sc	Konsultasi Bab 1 Penelitian	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Desember 2023	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI,S.Pd., M.Sc	Revisi bab I dan bimbingan bab I, II, III	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Desember 2023	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI,S.Pd., M.Sc	Revisi bab I dan II	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Desember 2023	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Bimbingan integrasi agama bab I dan bab II	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Desember 2023	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI,S.Pd., M.Sc	Revisi dan acc proposal skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Desember 2023	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Bimbingan integrasi agama bab I dan bab II	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Januari 2024	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI,S.Pd., M.Sc	bimbingan skripsi dan revisi setelah seminar proposal	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Mei 2024	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI,S.Pd., M.Sc	bimbingan metode penelitian dan pengolahan data	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Juni 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	bimbingan ayat dan tafsir bab 4	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Juni 2024	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI,S.Pd., M.Sc	bimbingan bab 4 dan revisi	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
Juni 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	bimbingan ayat dan tafsir di bab 4	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
 Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si



Dr. Evika Sardi Savitri, M.P

Malang,

Dosen Pembimbing 1

TYAS NYONITA PUNJUNGSARI M.Sc



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

: Elma Naviana Malik

: 200602110084

: Potensi enzim lipase dari biji alpukat (*Persea americana* Mill) sebagai bahan penyusun biodetergen

Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
Azizatur Rohmah, M.Sc		
Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
Bayu Agung Prahardika, M.Si	296	
Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		



Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P

NIP. 19741018 200312 2 002