

**KEMAMPUAN EKOENZIM DALAM MENGHAMBAT
JAMUR PATOGEN *Lasiodiplodia theobromae* PENYEBAB
PEMBUSUKAN PADA BUAH ALPUKAT
(*Persea americana* Mill)**

SKRIPSI

Diajukan Oleh

**CUT HUDIA AMALIANA
NIM. 180703036
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Biologi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M/ 1445 H**

**KEMAMPUAN EKOENZIM DALAM MENGHAMBAT JAMUR
PATOGEN *Lasiodiplodia theobromae* PENYEBAB PEMBUSUKAN PADA
BUAH ALPUKAT (*Persea americana Mill*)**

TUGAS AKHIR/SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Persyaratan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi
dalam Ilmu Biologi

Oleh :

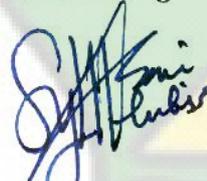
CUT HUDIA AMALIANA

NIM. 180703036

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Biologi**

Disetujui Untuk Dimunaqasyahkan Oleh

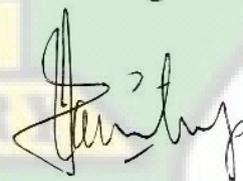
Pembimbing 1



Svafrina Sari Lubis, M.Si
NIDN: 2027028901

*Dec Hidayat
1/July/2023*

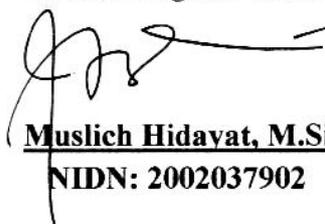
Pembimbing 2



Diannita Harahap, M.Si
NIDN: 2022038701

Mengetahui

Ketua Program Studi



Muslich Hidayat, M.Si
NIDN: 2002037902

**KEMAMPUAN EKOENZIM DALAM MENGHAMBAT
JAMUR PATOGEN *Lasiodiplodia theobromae* PENYEBAB
PEMBUSUKAN PADA BUAH ALPUKAT
(*Persea americana* Mill)**

SKRIPSI

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir/Skripsi
Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu/Prodi Biologi

Pada Hari/Tanggal: Selasa, 25 Juli 2023
7 Muharram 1445 H
di Darussalam, Banda Aceh

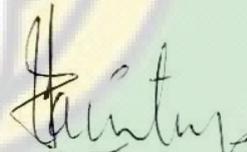
Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir/Skripsi

Ketua,



Syafriana Sari Lubis, M.Si
NIDN: 2025048003

Sekretaris,



Diannita Harahap, M.Si
NIDN: 2022038701

Penguji 1,



Ayu Nirmala Sari, M.Si
NIDN: 2027028901

Penguji 2



Raudhah Hayatillah, M.Sc
NIDN: 2025129302

Mengetahui:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh,



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/ SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cut Hudia Amaliana
NIM : 180703036
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Kemampuan Ekoenzim Dalam Menghambat Jamur Patogen *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Pembusukan Pada Buah Alpukat (*Persea americana* Mill).

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya :

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun

Banda Aceh, 7 Juli 2023
Yang menyatakan,



Cut Hudia Amaliana

ABSTRAK

Nama : Cut Hudia Amaliana
NIM : 180703036
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Kemampuan Ekoenzim Dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Pembusukan Pada Buah Alpukat (*Persea Americana* Mill)
Pembimbing I : Syafrina Sari Lubis, M.Si
Pembimbing II : Diannita Harahap, M.Si
Kata Kunci : Ekoenzim, *Lasiodiplodia theobromae*, Alpukat (*Persea americana* Mill).

Jamur *Lasiodiplodia theobromae* termasuk ke dalam jamur patogen yang menyerang buah alpukat. Ekoenzim dapat dimanfaatkan sebagai antifungi, ekoenzim mengandung senyawa flavonoid, safonin yang mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen. Tujuan penelitian untuk mengetahui kemampuan ekoenzim dalam menghambat pertumbuhan jamur *Lasiodiplodia theobromae*, dan konsentrasi ekoenzim terhadap mutu pengawetan laju pembusukan buah alpukat. Metode pengujian ekoenzim terhadap jamur patogen *Lasiodiplodia theobromae* menggunakan metode *poisoned food technique* atau dilusi padat/agar. Uji daya hambat jamur diperoleh mampu menghambat pertumbuhan jamur dengan konsentrasi 20% sampai 60% dikategorikan daya hambat sedang, konsentrasi 80% dikategorikan kuat dengan nilai daya hambat 62,79 % dan konsentrasi 100% dikategorikan sangat kuat dengan nilai daya hambat 76,34%. Pengujian ekoenzim terhadap keawetan buah diperoleh tidak mampu menghentikan pembusukan buah alpukat yang ditandai dengan busuknya ujung pangkal buah pada tiap konsentrasi.

ABSTRACT

Name : Cut Hudia Amaliana
NIM : 180703036
Study Program : Biology
Faculty : Science and Technology
Title : The Ability of Ecoenzymes to Inhibit the Growth of the Fungus *Lasiodiplodia theobromae* Causes Decay in Avocado Fruit (*Persea americana* Mill)
Supervisor I : Syafrina Sari Lubis, M.Sc
Supervisor II : Diannita Harahap, M.Si
Keywords : Eco enzyme, *Lasiodiplodia theobromae*, Avocado (*Persea americana* Mill).

The fungus *Lasiodiplodia theobromae* is included in the pathogenic fungi that attack avocados. Ecoenzymes can be used as antifungals, they contain flavonoids, safonins which can inhibit the growth of pathogenic fungi. The aim of the study aims to determine the ability of ecoenzymes to inhibit the growth of the fungus *Lasiodiplodia theobromae*, and the concentration of ecoenzymes on the quality of preservation on the rate of decay of avocado fruit. The ecoenzyme testing method for the pathogenic fungus *Lasiodiplodia theobromae* uses the poisoned food technique or solid/agar dilution method. The mushroom inhibition test was obtained to be able to inhibit fungal growth with a concentration of 20% to 60% which was categorized as medium inhibition, 80% concentration was categorized as strong with an inhibition value of 62.79% and a concentration of 100% was categorized as very strong with an inhibition value of 76.34%. Ecoenzyme testing on fruit durability was found to be unable to stop avocado fruit decay which was characterized by rotting of the base of the fruit at each concentration.

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah memberikan limpahan nikmat dan karunia-Nya baik nikmat kesehatan, iman dan Islam sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Kemampuan Ekoenzim Dalam Menghambat Jamur Potagen *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Pembusukan Pada Buah Alpukat (*Persea americana mill*)**”. Tidak lupa pula salawat berangkaian salam kepada junjungan Alam baginda Nabi Besar Muhammad SAW, sebagaimana telah memperjuangkan Islam dari alam kebodohan menuju alam yang berilmu pengetahuan hingga sampai saat ini.

Skripsi adalah salah satu persyaratan untuk menyelesaikan mata kuliah wajib di Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis dapat menyelesaikan skripsi tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan ucapan terimakasih banyak kepada :

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT.,IPU, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
2. Muslich Hidayat, M.Si selaku Ketua Prodi dan Penasehat Akademik Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Syafrina Sari Lubis, M.Si selaku Sekretaris Prodi dan selaku dosen Bidang Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Ayu Nirmala Sari M.Si, Ilham Zulfahmi, M.Si, Lina Rahmawati, M.Si, Diannita Harahap, M.Si, Arif Sardi, M.Si, Kamaliah, M.Si, Feizia Huslina, M.Sc, dan Raudhah Hayatillah, M.Sc, selaku Dosen Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.
5. Firman Rija Arhas, M.Si, dan Nanda Anastia, S.Si selaku Staf Prodi yang telah membantu segala keperluan mahasiswa
6. Ayahanda T. Zubardi, Ibunda Rohani, Kakak Ida Rahma yanti, dan Abang T. Reza Fardillah yang telah mendukung penulis dari awal studi sampai penulis skripsi ini selesai

7. Sahabat dan keluarga penulis Mona Lisa, Siti Zuhra, Nurhalisa dan Fatiya Rizka Ifdilla, dan Burdah Asni yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan menulis Skripsi ini selesai.
8. Temen-temen Biologi Leting 2018 dan abang serta kakak angkatan, teman dan orang-orang tersayang yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu memberikan semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih banyak atas doa, bantuan dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi. Semoga segala doa dan bantuan yang telah diberikan mendapat balasan terbaik dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis berharap adanya kritikan dan saran bersifat membangun. Harapan penulis sehingga skripsi ini dapat bermanfaat bagi orang lain terutama untuk penulis sendiri.

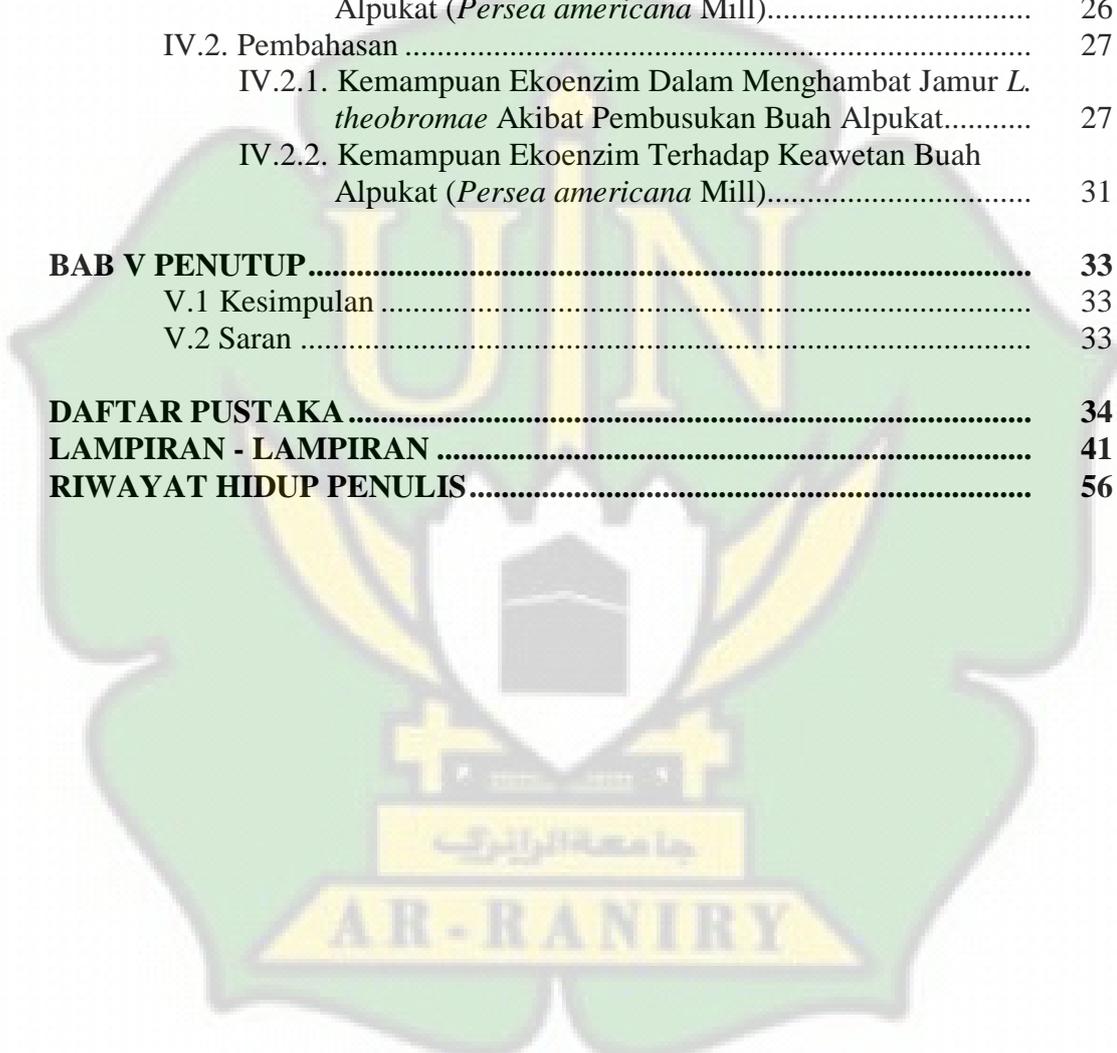
Banda Aceh, 7 Juli 2023
Penulis,

Cut Hudia Amaliana

DAFTAR ISI

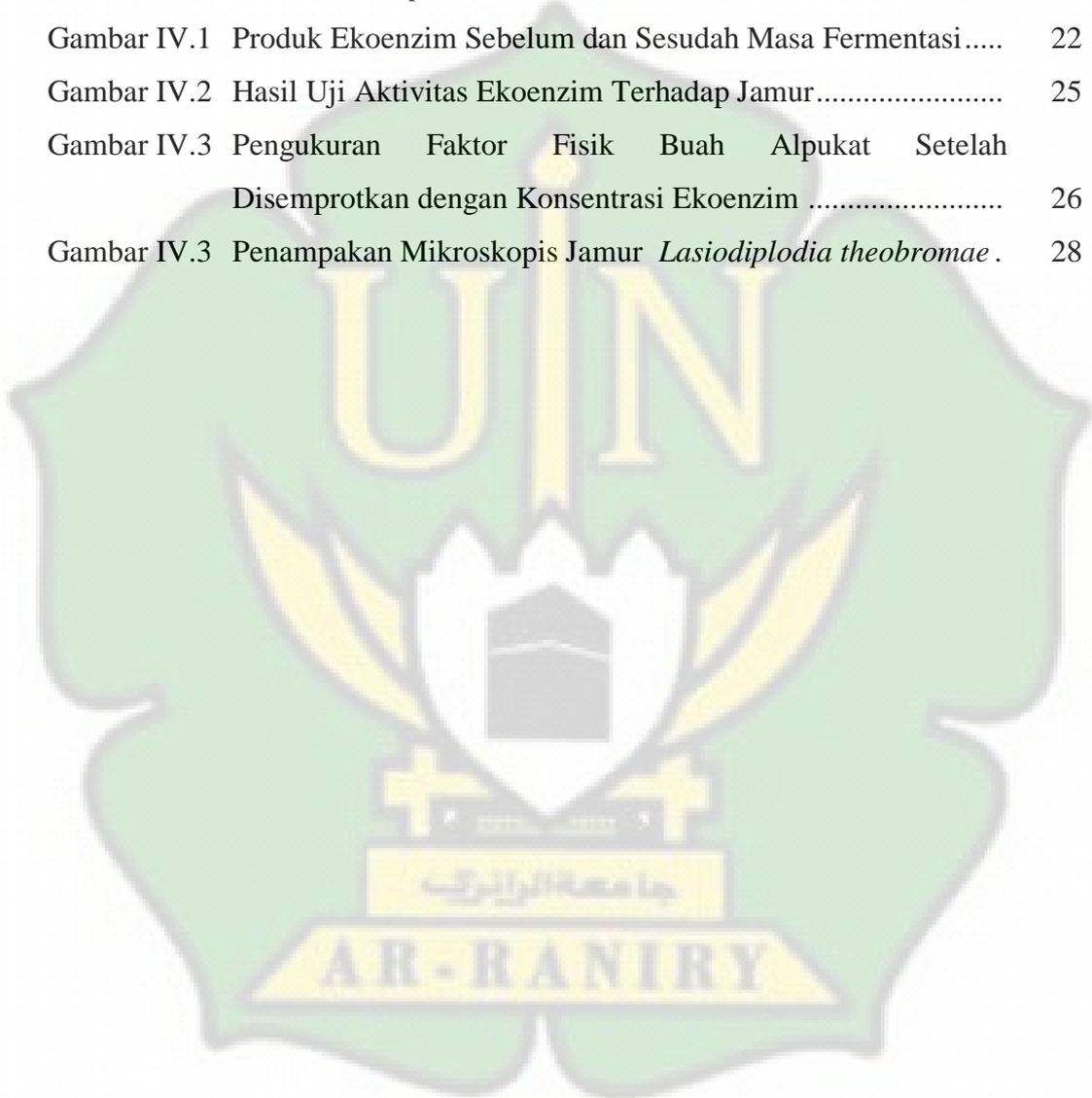
LEMBAR JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI.....	ii
PERSETUJUAN PENGUJI SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	3
I.3. Tujuan Penelitian.....	3
I.4. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1. Tanaman Alpukat	5
II.2. Klasifikasi Alpukat.....	6
II.3. Morfologi Tanaman Alpukat.....	6
II.4. Pertumbuhan Alpukat.....	7
II.4.1 Habitat dan Suhu	7
II.4.2 Tanah.....	8
II.4.3 Umur Panen Buah Alpukat	8
II.4.4 Penyakit Pada Alpukat	9
II.4.5 Dampak Jamur Alpukat Bagi Kesehatan	10
II.4.6 Penanganan Pascapanen dan Akibat yang Ditimbulkan ...	10
II.5. <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	11
II.6. Ekoenzim.....	12
II.7. Contoh Aplikasi Ekoenzim Sebagai Pengawetan Buah.....	13
II.8. Uji Aktivitas Antimikroba Pada Jamur	14
BAB III METODE PENELITIAN	16
III.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
III.2. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	16
III.3. Objek Penelitian.....	16
III.4. Alat dan Bahan.....	17
III.5. Metode Penelitian	17
III.6. Prosedur Kerja	17
III.6.1. Pembuatan Ekoenzim	18
III.6.2. Parameter Pengamatan	18
III.6.3. Pemanenan Ekoenzim	18
III.6.4. Isolasi Jamur Patogen.....	18
III.6.5. Karakterisasi Jamur	19

III.6.6. Uji Aktivitas Antijamur terhadap <i>Lasiodiplodia theobromae</i> Menggunakan Ekoenzim	20
III.6.7. Uji Ekoenzim terhadap Keawetan Buah Alpukat.....	21
III.6.8. Metode Penelitian.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
IV.1. Hasil Pengamatan	22
IV.1.1. Kemampuan Ekoenzim Dalam Menghambat Jamur <i>L. theobromae</i> Akibat Pembusukan Buah Alpukat.....	22
IV.1.2 Kemampuan Ekoenzim Terhadap Keawetan Buah Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill).....	26
IV.2. Pembahasan	27
IV.2.1. Kemampuan Ekoenzim Dalam Menghambat Jamur <i>L. theobromae</i> Akibat Pembusukan Buah Alpukat.....	27
IV.2.2. Kemampuan Ekoenzim Terhadap Keawetan Buah Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill).....	31
BAB V PENUTUP.....	33
V.1 Kesimpulan	33
V.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN - LAMPIRAN	41
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	56



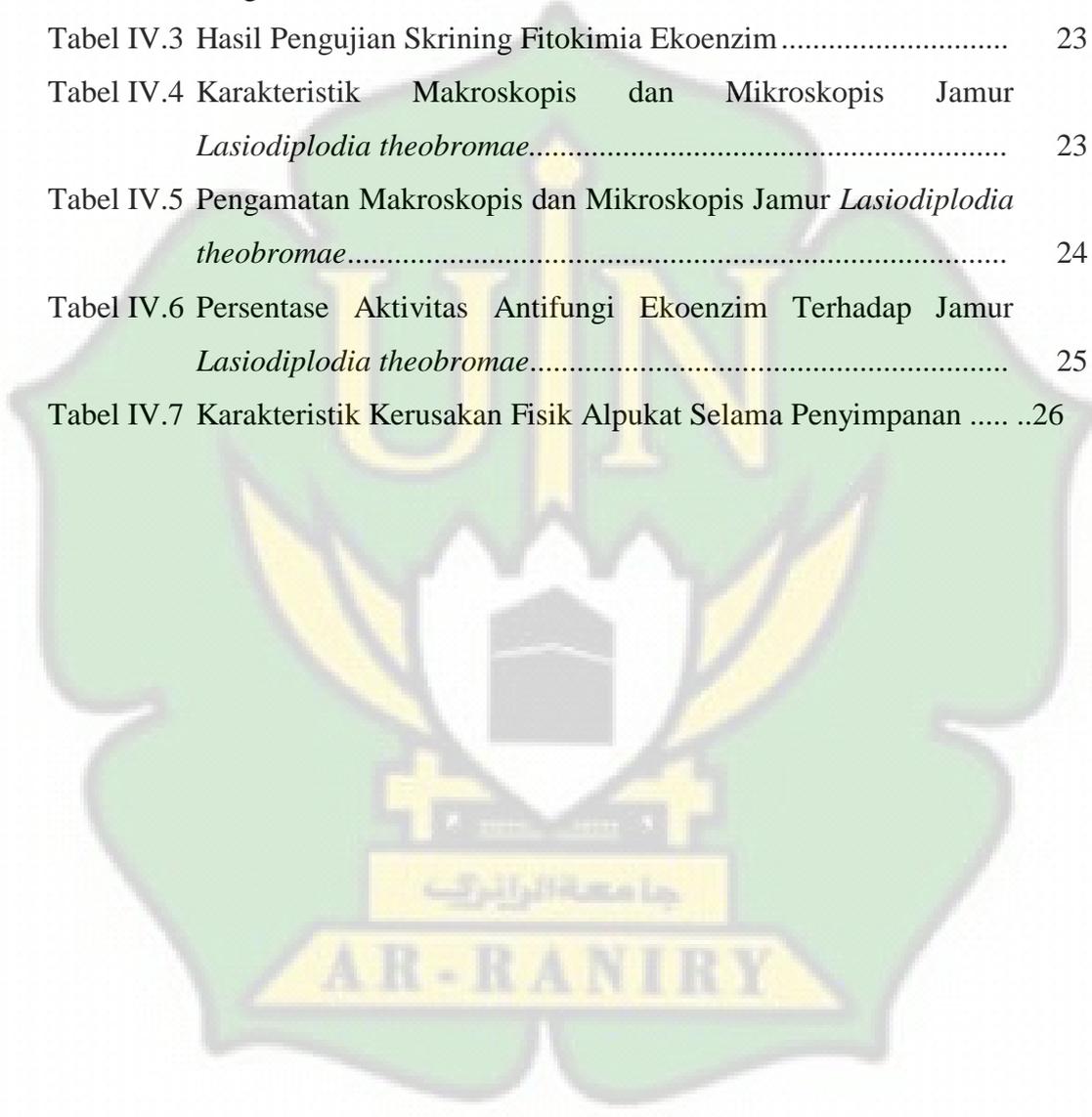
DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Buah Alpukat.....	6
Gambar II.2	Busuk Pangkal Buah Akibat Jamur.....	9
Gambar II.3	Jamur <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	11
Gambar IV.1	Produk Ekoenzim Sebelum dan Sesudah Masa Fermentasi.....	22
Gambar IV.2	Hasil Uji Aktivitas Ekoenzim Terhadap Jamur.....	25
Gambar IV.3	Pengukuran Faktor Fisik Buah Alpukat Setelah Disemprotkan dengan Konsentrasi Ekoenzim	26
Gambar IV.3	Penampakan Mikroskopis Jamur <i>Lasiodiplodia theobromae</i> .	28



DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Komposisi Gizi Buah Alpukat	5
Tabel III.1	Rincian Pelaksanaan Penelitian.....	16
Tabel IV.1	Pengukuran Suhu, pH dan Kadar Alkohol Produk Ekoenzim	22
Tabel IV.2	Pengecekan Warna dan Aroma Ekoenzim.....	22
Tabel IV.3	Hasil Pengujian Skrining Fitokimia Ekoenzim.....	23
Tabel IV.4	Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis Jamur <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	23
Tabel IV.5	Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis Jamur <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	24
Tabel IV.6	Persentase Aktivitas Antifungi Ekoenzim Terhadap Jamur <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	25
Tabel IV.7	Karakteristik Kerusakan Fisik Alpukat Selama Penyimpanan	26



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Keputusan (SK) Dosen Pembimbing	41
Lampiran 2	Surat Penelitian.....	42
Lampiran 3	Surat Skrining Fitokimia Ekoenzim	43
Lampiran 4	Alur Penelitian.....	44
Lampiran 5	Rancangan Biaya	45
Lampiran 6	Alat – alat Penelitian	46
Lampiran 7	Pembuatan Ekoenzim	47
Lampiran 8	Pengambilan Sampel	48
Lampiran 9	Kegiatan di Laboratorium.....	49
Lampiran 10	Pengukuran Faktor Fisik Buah Alpukat	50
Lampiran 11	Hasil Isolasi Awal Jamur Patogen dari Pangkal Buah Alpukat	51
Lampiran 12	Diameter H7 Pengujian <i>L. theobromae</i> dengan Ekoenzim	52
Lampiran 13	Diameter Pertumbuhan Jamur Kontrol.....	54
Lampiran 14	Diameter Pertumbuhan Jamur Perlakuan Fungisida	55
Lampiran 15	Daftar Riwayat Hidup.....	56

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
g	gram	5
mg	miligram	5
IU	International Unit	5
kkal	Kilokalori	5
g	gram	7
mm	milimeter	8
Km/jam	Kilometer/jam	9
SNI	Standar Nasional Indonesia	11
KHM	Kadar Hambat Minimum	15
KBM	Kadar Bunuh Minimum	15
PDA	Potato Dextrose Agar	15
pH	Potential Hidrogen	17
NaCl	Natrium Klorida	17
L	Liter	18
K	Kalium	31
S	Sulfur	31
Mo	Moybdenum	31
Ca	Kalsium	31
Mg	Magnesium	31
P	Pospor	31
LAMBANG		
%	Persen	5
°C	Derajat Celsius	7

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Alpukat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomis tinggi, buah alpukat menjadi buah komoditas tahunan yang diperdagangkan di dalam maupun luar negeri. Berdasarkan Pusat Statistik pada tahun 2022 diketahui bahwa ekspor buah alpukat pada tahun 2020 sebanyak 609.049 ton dan tahun 2021 meningkat menjadi 662.260 ton dan terjadi perubahan sebesar 9,89%. Permintaan pasar terhadap buah alpukat cukup tinggi hal ini dikarenakan masyarakat mulai sadar tentang arti pentingnya menjaga kesehatan salah satunya yaitu dengan mengkomsumsi buah (Tamalia *et al.*, 2019).

Buah alpukat (*Persea americana* Mill) merupakan buah yang berasal dari Amerika dan menyebar ke seluruh dunia termasuk Indonesia. Buah alpukat menjadi salah satu buah yang disukai oleh masyarakat, tidak hanya karena rasanya yang lezat, buah alpukat juga mempunyai kandungan gizi yang tinggi akan antioksidan (Lady, 2021). Alpukat mengandung karbohidrat, lemak, protein, serat, vitamin A, C, K, B6, tiamin, riboflavin, niasin, serat pangan, potasium, folat, magnesium, dan tembaga (Marsigit, 2016).

Alpukat (*Persea americana* Mill) merupakan salah satu spesies dari famili *Lauraceae* yang terdiri dari tiga ras. Alpukat dapat tumbuh dalam kondisi iklim tropis dan subtropis, alpukat banyak dibudidayakan di seluruh dunia dan ditanam di negara-negara seperti Indonesia, Meksiko, Chili, Peru, Kolombia, dan Afrika Selatan. Semakin meningkatnya permintaan terhadap alpukat, kerusakan yang terjadi pada saat pascapanen juga tidak dapat dihindari, beberapa penyebab yang sering terjadi pada saat pascapanen yaitu munculnya area nekrotik di bagian epidermis dan pulpa akibat benturan, pematangan tidak teratur, cedera dingin yang ditandai dengan warna kulit berwarna hitam, serat daging buah yang berubah menjadi kecoklatan serta ungu dan penyebab antraknosa, kudis, retakan pada bagian epidermis yang disebabkan oleh bercak, dan busuknya ujung pangkal buah akibat dari serangan jamur (*Lasiodiplodia theobromae*) (Ramírez-Gil *et al.*, 2020)

Penyebab buah busuk yang diakibatkan oleh *Lasiodiplodia theobromae* merupakan penyakit pascapanen pada buah alpukat. Jenis cendawan tersebut menyebabkan pembusukan pada pangkal buah, *Lasiodiplodia theobromae* dapat menyebabkan pembusukan pada buah dalam kurun waktu 7 hari yang ditandai dengan gejala adanya bercak cokelat tidak teratur pada pangkal buah yang kemudian menjalar hingga ke tengah buah. Cendawan akibat pembusukan dapat masuk ke dalam buah melalui luka dan menimbulkan noda berwarna hitam di sekitar pangkal buah yang apabila dibelah akan terlihat bagian daging buah dan kulitnya yang menghitam dan membusuk (Herdina, 2017).

Salah satu cara yang sering dilakukan untuk menghindari terjadinya pembusukan pada buah adalah dengan penggunaan bahan pengawet, seperti Prochloraz pada tahap pascapanen. Meningkatnya kekhawatiran konsumen terhadap keamanan pangan serta untuk menghindari pencemaran lingkungan, diperlukan metode yang lebih efektif serta aman untuk mengendalikan pembusukan pascapanen. Salah satu cara untuk menghindari penggunaan Prochloraz, diperlukan produk yang aman dalam mengendalikan pembusukan buah (Shimshon *et al.*, 2020). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menghindari pembusukan buah adalah menggunakan ekoenzim.

Ekoenzim merupakan enzim yang dihasilkan melalui proses fermentasi bahan-bahan alami seperti protein, mineral, dan hormon. Ekoenzim memiliki banyak manfaat diantaranya yaitu sebagai faktor pertumbuhan tanaman, campuran deterjen pembersih lantai, pembersih sisa pestisida, pembersih kerak, dan penurunan suhu dari radiator mobil (Nurhamidah *et al.*, 2021). Fermentasi ekoenzim memiliki aktivitas antimikroba tinggi yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Ekoenzim memanfaatkan limbah organik sebagai bahan baku utama dengan penambahan gula dan air, proses dari fermentasi akan menghasilkan gas ozon berupa cairan yang dapat digunakan dalam proses pengawetan buah-buahan (Sari *et al.*, 2020).

Ekoenzim merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pengawet alami yang berguna mencegah pembusukan pada buah, pengawetan buah sangat dibutuhkan pada saat pasca panen buah-buahan. Ekoenzim dapat mempertahankan kualitas produk pada saat pasca panen serta mempertahankan mutu produk supaya

tetap terjaga keseegarannya pada saat sampai ke tangan konsumen (Prabulingga *et al.*, 2020). Bahan yang sering digunakan dalam proses pembuatan ekoenzim terdiri dari limbah kulit buah dan sayuran, adapun kulit buah yang sering digunakan dalam pembuatan ekoenzim seperti kulit buah mangga, kulit buah bengkoang, kulit buah melon, kulit buah semangka, dan limbah kulit buah jeruk (Mahdia, 2022). Limbah sayuran yang sering digunakan dalam pembuatan ekoenzim seperti daun dan batang kangkung (Supriyani, 2021). Contoh penggunaan ekoenzim sebagai pengawetan buah telah banyak dilakukan diantaranya yaitu digunakan pada pengawetan buah tomat cherry (Millenia *et al.*, 2020), pengawetan buah anggur merah dan anggur hitam (Sari *et al.*, 2020) serta pengawetan buah stroberi (Maula *et al.*, 2020). Berdasarkan hal tersebut penulis tertarik untuk menguji kemampuan ekoenzim dalam menghambat jamur patogen *Lasiodiplodia theobromae* penyebab pembusukan pada buah alpukat (*Persea americana mill*).

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana kemampuan ekoenzim dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Lasiodiplodia theobromae* akibat pembusukan buah alpukat?
2. Berapa konsentrasi ekoenzim yang berpengaruh terhadap skala mutu pengawetan dan laju pembusukan buah alpukat?

I.3 Tujuan Penelitian

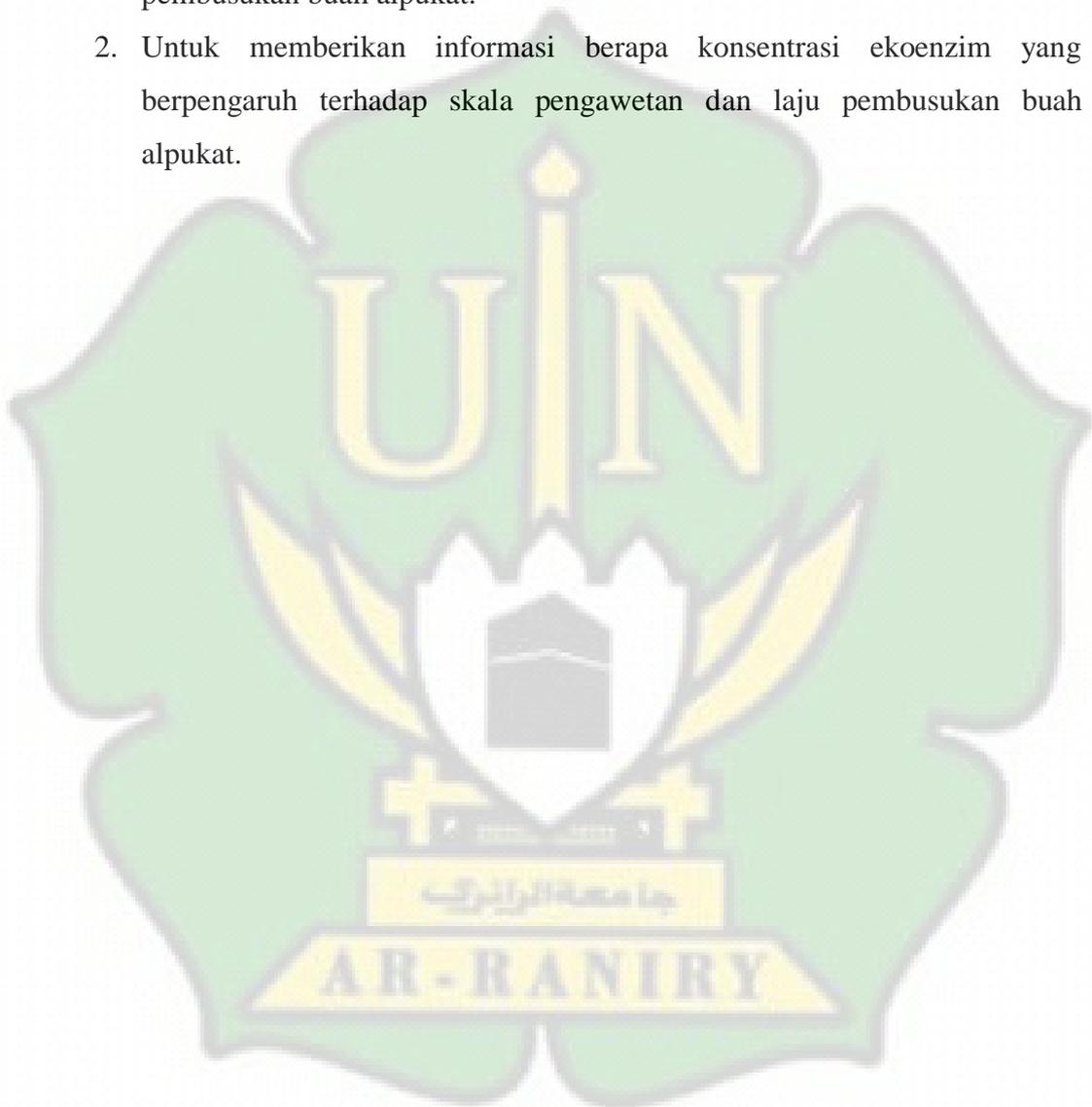
Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kemampuan ekoenzim dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Lasiodiplodia theobromae* akibat pembusukan buah alpukat
2. Untuk mengetahui berapa konsentrasi ekoenzim yang berpengaruh terhadap skala mutu pengawetan dan laju pembusukan buah alpukat.

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk memberikan informasi tentang bagaimana kemampuan ekoenzim dalam penghambat jamur patogen *Lasiodiplodia theobromae* akibat pembusukan buah alpukat.
2. Untuk memberikan informasi berapa konsentrasi ekoenzim yang berpengaruh terhadap skala pengawetan dan laju pembusukan buah alpukat.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tanaman Alpukat (*Persea americana Mill*)

Tanaman alpukat merupakan tanaman yang berasal dari daerah Amerika Tengah. Tanaman alpukat dapat tumbuh di daerah tropis dan subtropis dengan curah hujan tinggi, tanaman alpukat dapat tumbuh pada ketinggian 5-15 meter di atas permukaan bumi (Setiawan, 2019). Ras buah alpukat terbagi menjadi tiga yaitu alpukat Meksiko (*P. Americana vardrymifolia*), alpukat Guatemala (*P. Americana var guatemalensis L.*) dan alpukat Indian Barat (*P.americana var, Americana Mill*). Jenis alpukat yang cocok dengan daerah tropis adalah ras alpukat yang berasal dari Indian Barat sedangkan jenis alpukat yang berasal dari Meksiko dan Guatemala cocok dengan daerah subtropis (Kuswandi *et al.*, 2017)

Tabel II.1. Komposisi Gizi Buah Alpukat per 100 gram Buah

Komposisi	%	Nilai gizi
Air	(g)	73.2
Protein	(g)	2
Lemak	(g)	14.7
Karbohidrat	(g)	8.53
Serat	(g)	6.7
Abu	(g)	1.58
Pospor	(mg)	52
Besi	(mg)	0,55
Vitamin A	(IU)	146
Vitamin C	(mg)	10
Kandungan energy	(kkal)	160
Bagian yang dapat dimakan	(%)	68-70

Sumber : www.usda.gov. 2022

Alpukat mengandung karbohidrat, lemak, protein, serta vitamin dan mineral, alpukat juga mengandung karotenoid (lutein, zeaxantin, a-karoten, b-karoten), tokoferol (alfa- tokoferol, beta-tekoferol dan tokotrienol), mengandung vitamin C, dan merupakan sumber energi seperti seng, besi, natrium, kalium, fosfor, kalsium,

mangan, dan magnesium. Kandungan gizi alpukat di setiap 100 gram daging buah terdapat kalori sekitar 136-150, protein 0,9 g, lemak, 6,2 g, karbohidrat 10,5 g, kalsium 3,6-20,4 mg, fosfor 20,7-64,1 mg, serat 1,0-2,1 g, vitamin C 13 mg, vitamin B1 0,05 mg, vitamin B2 0,06 mg, kandungan nitrogen, abu, ascorbic acid 4,5-21,3 mg (Subhan., 2021).

II.2 Klasifikasi Alpukat

Tanaman alpukat dalam taksonomi tumbuhan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Division : Tracheophyta

Subdivision: Spermatophyta

Class : Magnoliopsida

Superorder : Magnolianaes

Family : Lauraceae

Genus : Persea

Species : *Persea americana* Mill (www.itis.gov, 2022).



Gambar II.1. Buah Alpukat (www.itis.gov, 2022).

II.3 Morfologi Tanaman Alpukat

Akar pohon alpukat memiliki sistem perakaran tunggang, 60% akar pohon alpukat terletak pada kedalaman 7 meter di bawah permukaan tanah, yang berfungsi untuk menyerap air, makanan, dan udara. Batang pohon alpukat berwarna hijau pada saat muda dan berubah menjadi coklat pada saat tua, batang berkayu, berkulit dan berkambium. Bentuk daun alpukat bervariasi ada yang berbentuk lonjong, bulat, oval, dan lancip, panjang daun sekitar 12-25 cm, warna daun muda dari buah alpukat berwarna kemerahan dan berambut rapat, apabila sudah tua akan berubah warna menjadi warna hijau dan gundul (Nasution, 2020).

Bunga alpukat pada umumnya berwarna kuning kehijauan dan bersifat *hermaprodit* dengan tipe pembungaan *dichogamy* bunga menutup dan mekar di waktu yang tidak bersamaan. Putik dan benang sari pada saat proses pembungaan tidak masak bersamaan, akibat dari keragaman genetik yang besar dan persilangan serta beragamnya kondisi lingkungan di Indonesia hingga dapat menghasilkan berbagai macam jenis alpukat yang memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing (Kuswandi *et al.*, 2017).

Buah alpukat terdiri dari biji yang dikelilingi oleh daging buah, daging buah berwarna hijau cerah dan berwarna kuning, tekstur daging alpukat halus, berair, dan tidak berserat bentuk buah alpukat bervariasi dari bulat sampai berbentuk belimbing dengan berat 100-2000 g. Alpukat termasuk ke dalam kelas *dicotyledoneae* biji berkeping dua, biji buah alpukat berbentuk bulat atau lonjong, keping biji dari buah alpukat berwarna putih kemerahan, pada saat masih muda kulit biji akan menempel pada daging buah dan akan terlepas dengan sendiri apabila buah sudah matang. Buah alpukat yang berbentuk panjang memiliki biji yang relatif panjang dibandingkan dengan buah alpukat yang berbentuk bulat (Nasution, 2020).

II.4 Pertumbuhan Alpukat

II.4.1 Habitat dan Suhu

Pada umumnya tanaman alpukat tumbuh di dataran rendah sampai dataran tinggi (15-1500 mdpl) di atas permukaan laut. Tanaman alpukat tumbuh subur pada ketinggian (200-1000 mdpl). Tanaman dengan ras Meksiko tumbuh pada ketinggian 2400-2800 mdpl dengan suhu 7 °C, ras Hindia barat tanaman alpukat tumbuh pada ketinggian 800 mdpl dengan curah hujan minimum untuk pertumbuhan adalah 750-1000 mm/ tahun dan masih dapat tumbuh dengan kedalaman air mencapai maksimal 2 meter sedangkan untuk ras Guatemala tumbuh pada dataran tinggi Meksiko dan Amerika Tengah beriklim sub tropis tumbuh pada ketinggian 800-2400 mdpl. Suhu optimal untuk pertumbuhan alpukat berkisar antara 12,8-28,3 °C, dengan kebutuhan cahaya matahari untuk pertumbuhan alpukat 40-80%, tidak hanya suhu dan cahaya matahari, tanaman alpukat juga memerlukan angin

untuk proses penyerbukan, dengan kecepatan angin dibawah 62,4-73,6 km/jam (Widianti, 2022).

II.4.2 Tanah

Tipe tanah yang dibutuhkan untuk pertumbuhan alpukat yaitu tipe tanah yang gembur, tidak mudah tergenang air, subur, dan banyak mengandung bahan organik misalnya pada tanah gambut. Salah satu kandungan bahan organik sebagai sumber energi dan mendukung kesuburan tanah yaitu (C-Organik), namun jika ketersediaan C-organik dalam tanah berlebihan akan menghambat perkembangan mikroorganisme, dan menghambat pembentukan protein. Faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya kandungan bahan organik yaitu faktor pengolahan dan kemiringan lahan. Jenis unsur hara yang juga dibutuhkan oleh tumbuhan yaitu nitrogen, fosfor, dan kalium. Nitrogen dibutuhkan tanaman sebagai faktor pembatasan pada lahan yang tidak di pupuk, fosfor dibutuhkan tanaman sebagai perkembangan bagian vegetatif dan reproduksi tanaman, serta meningkatkan kualitas tanaman terhadap serangan penyakit, dan kalium yang berfungsi sebagai metabolisme dalam tanah (Dhevi, 2021). Jenis tanah yang baik untuk pertumbuhan alpukat yaitu jenis tanah lempung berpasir (*sandy loam*), lempung liat (*clay loam*) dan lempung endapan (*aluvial loam*) dengan keasaman tanah (pH) berkisar 5,6-6,4 (Nasution, 2020).

II.4.3 Umur Panen Buah Alpukat

Produk hortikultura khususnya buah akan dipanen pada tingkat kematangan yang belum optimal akan tetapi mendekati mutu serta rasa buah yang matang, hal ini dilakukan dengan tujuan karena jarak penjualan yang relatif jauh. Buah alpukat merupakan buah hortikultura yang bersifat klimaktrik yaitu kematangan buah dapat dipacu, oleh karena itu buah alpukat tidak dipanen dalam keadaan matang optimal, hal ini dilakukan untuk menghindari kerusakan pada buah seperti busuk, buah alpukat akan berbunga pada awal musim hujan dan akan berbuah lebat pada bulan Desember, Januari dan Februari, dengan kisaran buah alpukat tua setelah 6-7 bulan dari mulai bunga mekar. Indonesia memiliki kondisi alam yang cocok untuk tanaman

alpukat sehingga periode panen dapat terjadi setiap bulan, alpukat mempunyai umur simpan sekitar 7 hari sejak buah dipetik hingga siap dikonsumsi (Yusuf, 2016).

II.4.4 Penyakit pada Alpukat

Penyakit yang sering terjadi pada alpukat disebabkan oleh hama yang menyerang tanaman alpukat seperti ulat kenari (*Cricula trifenestrata*) yang sering menyerang pada bagian daun tua dari tanaman alpukat yang menyebabkan tanaman alpukat menjadi gundul. Hama lain yang juga menyerang tanaman alpukat yaitu ulat peliang atau ulat penggulung daun yang menyerang pada saat tanaman bertunas, penyakit aphids yang menyebabkan tanaman mengalami kerdil. Penyakit akibat tungau merah (*Tetranychus cinnabarinus* Boisd) gejala yang ditimbulkan yaitu permukaan daun berbintik-bintik kuning yang kemudian akan berubah menjadi merah tua seperti karat. Penyakit antraknosa yang menyerang hampir seluruh bagian tanaman kecuali akar, bagian yang terinfeksi akan berubah berwarna coklat karat, apabila terinfeksi pada bagian daun, bunga, dan buah tanaman akan gugur, penyakit bercak daun yaitu penyakit yang disebabkan oleh jamur berwarna gelap dan menyukai tempat lembab gejala yang ditimbulkan adanya bercak coklat dengan tepi coklat tua di permukaan daun dan buah, penyakit busuk akar dan kanker batang penyakit ini disebabkan oleh jamur *phtophthora* yang hidup saprofit di tanah penyakit busuk akar termasuk penyakit utama pada tanaman alpukat dan menyerang semua bagian tanaman dan penyakit busuk buah yang disebabkan oleh jamur *Botryodiplodia theobromae* atau *Lasiodiplodia theobromae* jamur ini menyerang pada ujung tangkai buah dengan tanda bercak coklat tidak teratur yang kemudian menjalar ke bagian buah dan muncul tonjolan kecil pada bagian kulit buah (Lukitariati, 2019).



Gambar II.2. Busuk pangkal buah akibat jamur *Lasiodiplodia theobromae* (Juan, 2020).

II.4.5 Dampak Jamur Alpukat Bagi Kesehatan dan Pangan

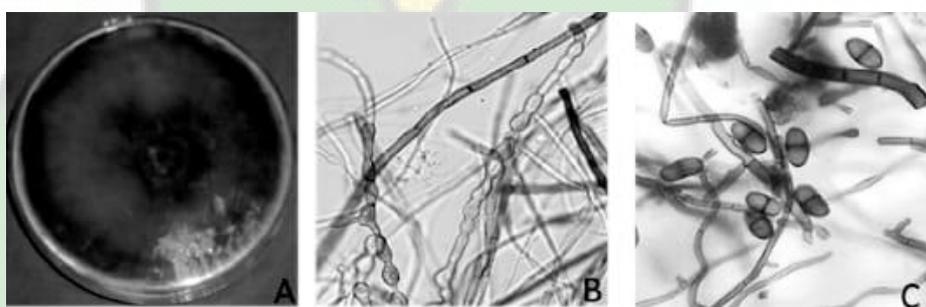
Rendahnya mutu buah alpukat di Indonesia sebagian besar diakibatkan oleh rusaknya buah sebelum sampai ke tempat tujuan, buah alpukat segar mengandung banyak air oleh karena itu sangat rentan terhadap kerusakan. Salah satu mikroorganisme yang bisa mengkontaminasi bahan makanan seperti buah-buahan yaitu jamur. Jamur menginfeksi buah dengan cara menyebarkan spora melalui udara, kemudian berkembangbiak pada permukaan buah. Jamur patogen cukup berbahaya karena dapat menyebabkan penyakit pada tanaman, hewan dan manusia (Prilly, 2022). Dampak yang ditimbulkan akibat dari mengkonsumsi buah busuk yaitu rentan mengalami masalah pada gangguan saluran pencernaan seperti mual dan diare (Sri, 2019).

II.4.6 Penanganan Pasca panen dan Akibat yang Ditimbulkan

Penanganan pasca panen yang sering dilakukan untuk menghindari pembusukan buah yaitu dengan menggunakan bahan kimia seperti prokloraz, dan fungisida velimex 80 WP berbahan aktif zineb. Namun sering dengan penggunaan bahan kimia dan kurangnya pemahaman tentang penggunaan dosis secara tepat dapat berdampak buruk terhadap organisme dan lingkungan. Menurut PP Nomor 86 Tahun 2019 menyatakan bahwa keamanan pangan adalah kondisi dan upaya yang dibutuhkan untuk mencegah cemaran yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan kesehatan manusia yang berupa cemaran bahan yang tidak sengaja ada atau tidak dikehendaki dalam produk pangan dari lingkungan baik berupa cemaran biogis, cemaran kimia dan pestisida yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Sebagian besar pestisida merupakan bahan kimia yang bersifat racun sehingga berdampak buruk bagi kesehatan, maksimum residu pestisida hasil pertanian telah diatur dalam SNI 7313 Tahun 2008. Efek negatif yang akan dirasakan oleh manusia dari penggunaan pestisida secara berlebihan yaitu keracunan makanan (Marina, 2019). Oleh sebab itu dibutuhkan bahan alami yang lebih aman untuk digunakan dalam proses penanganan pasca panen yang tidak merugikan lingkungan dan manusia.

II.5 *Lasiodiplodia theobromae*

Kingdom	: Fungi
phylum	: Ascomycota
class	: Dothideomycetes
Ordo	: Botryosphaeriales
Family	: Botryosphaeriaceae
Genus	: <i>Lasiodiplodia</i>
Species	: <i>Lasiodiplodia theobromae</i> (www.itis.gov , 2022).



Gambar II.3. Jamur *Lasiodiplodia theobromae* (a) Pertumbuhan miselium pada media PDA, (b) Bentuk hifa (c) konidia bersel satu pada pembesaran x 400 sumber: (Odamtten, 2018).

Lasiodiplodia theobromae merupakan cendawan patogen yang bersifat oportunistik dalam menimbulkan penyakit dengan cara memanfaatkan luka atau jaringan nekrotik pada organ tanaman berdaging atau berkayu seperti busuk buah, hawar daun, busuk ujung batang, gumosis, kanker batang dan mati ujung. *Lasiodiplodia theobromae* memiliki 500 spesies tanaman yang dijadikan sebagai tempat inangnya diantaranya jeruk, karet, kakao, manggis, dan pisang. *Lasiodiplodia theobromae* termasuk ke dalam cendawan yang dapat hidup sebagai endofit tanpa menyebabkan gejala pada tanaman (Sandra *et al.*, 2021). Suhu optimal pertumbuhan cendawan yaitu 30°C, faktor yang dapat mempengaruhi tingkat infeksi jamur *Lasiodiplodia theobromae* seperti kayu mati, suhu tinggi, curah hujan dan penggunaan fungisida. *Lasiodiplodia theobromae* tergolong kelompok cendawan anamorfik dan patogen penyakit tanaman berkayu khususnya di daerah tropis (Sri, 2022). *Lasiodiplodia theobromae* memiliki bentuk bulat dan halus, miselia berserabut putih, berwarna abu-abu tua, piknidia berwarna abu-abu,

berbentuk asepta, dan kemudian berubah menjadi septum berwarna coklat ber dinding tebal, memiliki hialin (Wanjiku *et al.*, 2020). Miselia tipis dan memiliki spora, piknidium berlapis ganda (Norhayati *et al.*, 2016).

II.6 Ekoenzim

Ekoenzim merupakan proses fermentasi yang melibatkan limbah organik seperti kulit buah dan sayuran. Produk ekoenzim menghasilkan cuka yang direduksi dari alkohol melalui proses fermentasi limbah dengan penambahan substansi berupa gula. Ekoenzim bekerja dengan cara mempercepat reaksi biokimia di alam untuk menghasilkan enzim yang bermanfaat dengan menggunakan limbah organik, enzim yang dihasilkan dari sisa bahan limbah organik dapat dimanfaatkan sebagai agen antijamur, anti-bakteri, sebagai insektisida, bahan pembersih atau desinfektan (Rusdianasari *et al.*, 2021).

Ekoenzim adalah produk ramah lingkungan tidak hanya bahannya yang mudah didapatkan, ekoenzim juga dapat dibuat oleh siapapun, dalam proses pembuatan ekoenzim bahan yang diperlukan relatif tidak hanya itu dalam proses fermentasi ekoenzim tidak memerlukan lahan yang luas seperti pada pembuatan kompos, bahan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan ekoenzim bisa menggunakan bahan dari botol air mineral tidak terpakai yang dijadikan sebagai tangki fermentasi ekoenzim secara tidak langsung fermentasi ekoenzim dapat menyelamatkan lingkungan (Supriyani, 2020). Tidak hanya itu bahan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan ekoenzim relatif terjangkau dalam proses pembuatannya bahan yang dibutuhkan terdiri dari air dan gula yang digunakan sebagai sumber karbon serta limbah organik buah dan sayur. Ekoenzim merupakan salah satu hasil dari fermentasi limbah organik, bahan yang dapat digunakan dalam proses pembuatan ekoenzim terdiri dari gula coklat, gula merah, atau gula tebu, serta air dengan perbandingan 3:1 dalam setiap 1000 ml air. Ekoenzim pada dasarnya bekerja dengan cara mempercepat reaksi biokimia dari alam untuk menghasilkan enzim dalam proses fermentasi, pembuatan ekoenzim dapat berlangsung selama 3 (tiga) bulan (Kandou *et al.*, 2021).

Ekoenzim merupakan cairan hasil fermentasi dari limbah organik buah-buahan, sayuran dan limbah organik lainnya yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian, kesehatan, dan bagi rumah tangga. Ekoenzim mengandung enzim

protease, lipase, amylase yang dapat membunuh patogen, ekoenzim juga berfungsi sebagai pupuk organik cair yang berfungsi sebagai bahan dalam menyuburkan tanaman, mengusir hama, sedangkan sisa limbah organik hasil fermentasi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Hasanah, 2021). Dalam pembuatan ekoenzim pada penelitian ini bahan yang digunakan berasal dari limbah organik kulit buah nanas (*Ananas comosus* L).

Buah nanas (*Ananas comosus* L) merupakan salah satu buah unggulan Indonesia. Tanaman nanas berasal dari Amerika tropis seperti Brazil, Argentina dan Peru. Tanaman nanas di Indonesia banyak ditanam di daerah dataran rendah sampai dataran tinggi. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) mengatakan bahwa produksi buah nanas di Indonesia pada tahun 2020 sebanyak 129.568 ton. Buah nanas banyak dikonsumsi oleh masyarakat sebagai buah segar, campuran dalam pembuatan rujak dan sebagai bahan pangan olahan seperti nanas kaleng, *nata de pina*, dodol dan lainnya (Astoko, 2019). Meningkatnya konsumsi buah nanas dapat menyisakan limbah kulit buah. Limbah kulit buah nanas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan *eco enzyme*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rini, dkk (2017) Kandungan yang terdapat dalam ekstrak kulit nanas terdiri dari senyawa aktif yaitu flavonoid, tanin dan safonin. Kandungan flavonoid, tanin dan safonin memiliki daya inhibisi yang tinggi terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* sehingga baik untuk mencegah serangan infeksi yang disebabkan oleh bakteri. Penelitian yang dilakukan Yusuf, dkk (2020) terhadap uji aktivitas antifungi ekstrak etanol kulit nanas terhadap pertumbuhan *Pityrosporum ovale* dan *Candida albican* penyebab ketombe menghasilkan bahwa ekstrak etanol kulit nanas dengan konsentrasi berbeda mampu menghambat pertumbuhan dari jamur *Pityrosporum ovale* dan *Candida albican*.

II.7 Aplikasi Ekoenzim sebagai Pengawetan Buah

Pengaplikasian ekoenzim sebagai pengawetan buah telah banyak dilakukan, diantaranya adalah dalam pengawetan buah stroberi dan tomat, pengaplikasian ekoenzim dilakukan untuk mencegah terjadinya pembusukan buah stroberi dan tomat yang tinjau melalui aroma, tekstur, noda putih pada buah tomat, dan

pertumbuhan spora jamur pada buah stroberi. Dari hasil pengaplikasian ekoenzim dalam pengawetan buah stroberi dan tomat menunjukkan hasil, buah mengalami pembusukan lebih lama dibandingkan dengan yang tidak dilakukan pengaplikasian ekoenzim, (Maula *et al.*, 2020). Pengaplikasian ekoenzim dalam pengawetan buah juga telah dilakukan oleh Sari *et al.*, (2020) pada buah anggur. Aplikasi ekoenzim pada buah anggur dilakukan dengan cara menyemprotkan ekoenzim pada buah, dalam penelitian tersebut didapati hasil buah anggur yang disemprotkan dengan ekoenzim mengalami pembusukan lebih lama dibandingkan dengan buah anggur yang tidak disemprotkan dengan ekoenzim.

II.8 Uji Aktivitas Antimikroba pada Jamur

Uji aktivitas antimikroba pada jamur dilakukan untuk mengetahui kemampuan senyawa uji dalam menghambat pertumbuhan jamur dengan cara mengukur respon pertumbuhan populasi mikroorganisme jamur terhadap agen antijamur. Metode yang digunakan dalam pengujian antijamur diantaranya adalah metode difusi dan metode dilusi. Metode difusi merupakan metode yang dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu metode silinder, lubang, dan cakram kertas, metode lubang atau metode sumuran yaitu metode membuat lubang pada media agar padat yang telah diinokulasi dengan jamur, jumlah dan letak lubang disesuaikan dengan tujuan penelitian, kemudian lubang diisi dengan larutan yang akan diuji, metode cakram kertas yaitu metode meletakkan kertas cakram yang telah direndam larutan uji di atas media padat yang telah diinokulasi dengan jamur (Mutammina, 2017). Sedangkan metode dilusi dibuat dengan cara larutan uji diencerkan hingga diperoleh beberapa konsentrasi, yang kemudian masing-masing konsentrasi larutan uji ditambahkan dengan suspensi jamur dalam media. Pada metode dilusi padat, tiap konsentrasi uji dicampurkan ke dalam media agar, setelah padat kemudian ditanami jamur. Metode dilusi digunakan untuk menghitung kadar hambat minimum (KHM) dan kadar bunuh minimum (KBM) dari bahan antimikroba. Metode dilusi cair dilakukan dengan cara membuat seri pengenceran agen antimikroba pada medium cair yang ditambahkan dengan mikroba uji (Fatimah *et al.*, 2019).

Media yang digunakan dalam pengujian aktivitas antimikroba pada jamur adalah PDA (*Potato Dextrose Agar*). PDA termasuk ke dalam media semi sintetik

karena tersusun dari bahan alami kentang dan bahan sintesis (*dextrose* dan agar). Kentang merupakan sumber karbon (karbohidrat), vitamin, dan energy, *dextrose* yang merupakan sumber gula dan energi, selain itu komponen agar juga berfungsi untuk memadatkan medium PDA, komponen PDA sangat diperlukan dalam pertumbuhan dan perkembangbiakkan mikroorganisme (jamur). Pertumbuhan dan perkembangan jamur dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya ialah suhu, cahaya, pH serta nutrisi seperti karbon dan nitrogen. PDA merupakan media sintetik yang memiliki kandungan karbohidrat yang cukup sehingga baik digunakan untuk pertumbuhan jamur. Contoh pengujian antimikroba menggunakan media PDA telah dilakukan terhadap *Lasiodiplodia theobromae* oleh Febbiyanti *et al.*, (2019). Pengujian dilakukan dengan pengaruh pH yang berbeda-beda didapati hasil semakin rendah pH atau keasaman media semakin tinggi, maka diameter koloni semakin kecil atau pertumbuhan miselium lebih lambat. Contoh lain dalam pengujian antimikroba menggunakan media PDA yaitu pada *Aspergillus flavus* didapati pertumbuhan diameter koloni pada hari ke 1 adalah 6,6 mm, dan pada hari ke-2 mengalami peningkatan mencapai 17,96, pertumbuhan diameter terus mengalami peningkatan hingga hari ke-6 yaitu sebesar 45,11 mm (Wantini & Octavia, 2018).

BAB III METODE PENELITIAN

III.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan November hingga bulan Januari 2023 di ruangan Laboratorium Mikrobiologi Gedung Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

III.2. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Tabel III.1. Rincian Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	April-Juni (2022)				Januari (2023)				Februari (2023)				Maret (2023)		
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1	Pembuatan Ekoenzim															
2	Penyiapan Alat dan Bahan															
3	Isolasi Jamur potagen <i>Lasiodiplodia theobromae</i>															
4	Uji aktivitas antimikroba ekoenzim terhadap jamur <i>Lasiodiplodia theobromae</i>															
5	Uji Ekoenzim terhadap Keawetan Buah Alpukat															
6	Analisis Data															
7	Penyelesaian Penulisan Skripsi															

III.3. Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah alpukat jenis mentega yang dibeli langsung pada pedagang buah, daerah Banda Aceh. Buah alpukat terdiri dari buah alpukat segar dan buah alpukat yang telah mengalami pembusukan pada bagian pangkal buah. Jenis buah alpukat segar dipilih yang masih terdapat tangkai dan tidak mengalami kerusakan pada bagian kulit luar buah alpukat sedangkan buah alpukat yang mengalami pembusukan dipilih dengan cara melihat pada bagian pangkal buah yang telah terinfeksi atau telah mengalami tahap awal proses pembusukan yang ditandai dengan adanya bercak coklat tidak teratur pada ujung tangkai buah.

III.4. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, pisau dapur, tatakan, nampan, alkohol meter, Thermometer, pH meter, pipet tetes, autoklaf, bunsen,

cawan petri, Erlenmeyer, gelas Kimia, *hot plate*, inkubator, jarum ose, kaca penutup, kaca preparat, *Magnetic stirrer*, spatula, batang L, timbangan analitik, mikroskop, *Laminar Air Flow* (LAF), dan jangka sorong. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 2 buah botol plastik ukuran 1500 ml, kertas label, tisu, kapas steril, *Aluminium foil*, plastik *wrap*, *lactophenol cotton blue*, 300 g limbah organik buah, gula merah 100 g, akuades steril, alkohol 70%, NaCl 2%, buah alpukat mentega, media PDA, dan fungisida (Lampiran 6)

III.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen Kuantitatif untuk mengetahui persentase (%) kemampuan ekoenzim dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Lasiodiplodia theobromae*. Perlakuan terdiri atas kontrol, konsentrasi 20%, 40%, 60%, 80 dan 100% dengan masing-masing perlakuan terdiri dari 5 ulangan.

III.6. Prosedur Kerja

III.6.1 Pembuatan Ekoenzim

Limbah organik buah dicuci sampai bersih, limbah organik yang dipakai dalam pembuatan ekoenzim menggunakan kulit buah nanas, dipotong kulit buah nanas hingga menjadi bagian kecil-kecil agar mudah dimasukkan ke dalam botol plastik, kemudian ditiriskan sambil dikeringkan sampai setengah kering, kemudian dimasukkan 300 g limbah kulit buah ke dalam botol plastik yang sudah dicuci bersih, ditambahkan 100 g gula merah yang sudah dipotong kemudian ditambahkan air steril sebanyak 1 liter, dengan perbandingan 3:1 dalam 1 L air. Setelah bahan dimasukkan, ditutup rapat botol plastik, kemudian dikocok perlahan agar bahan tercampur secara homogen, dilakukan fermentasi selama 12 minggu, dilakukan pengukuran suhu, pH, dan kadar alkohol. Selama proses fermentasi tutup botol akan dibuka setiap hari selama 1 bulan untuk mengeluarkan gas yang dihasilkan selama proses fermentasi, pada bulan berikutnya tutup botol akan dibuka sesekali untuk mengeluarkan gas. Hal ini dikarenakan gas yang dihasilkan pada proses fermentasi di bulan kedua

sudah tidak terlalu banyak dibandingkan pada bulan pertama (Millenia *et al.*, 2020).

III.6.2 Parameter Pengamatan Fermentasi Ekoenzim

Parameter yang diamati dalam penelitian ini pengukuran suhu, pH, kadar alkohol, pengecekan warna, dan aroma. Pengecekan dilakukan pada hari ke-0 setelah inkubasi selama 30 hari, 60 hari, dan 90 hari sampai masa inkubasi selesai, pengecekan suhu dilakukan menggunakan alat thermometer sedangkan alat untuk mengukur pH menggunakan pH meter penggunaan masing-masing alat dilakukan dengan cara dicelupkan ke dalam larutan fermentasi ekoenzim (Dawan, 2022).

III.6.3 Pemanenan Ekoenzim

Dilakukan pemanenan ekoenzim yang telah difermentasikan selama 12 minggu. Proses pemanenan dilakukan dengan cara penyaringan, proses penyaringan ini dilakukan untuk memisahkan ampas dengan produk ekoenzim, alat yang digunakan dalam proses penyaringan menggunakan alat saringan yang biasa digunakan untuk menyaring santan, kemudian larutan ekoenzim akan ditampung dalam wadah yang bersih dan dimasukkan kembali ke dalam botol air mineral (Syarifah, 2020).

III.6.4 Isolasi Jamur Patogen *Lasiodiplodia theobromae*

Isolasi Jamur patogen dilakukan pada buah alpukat yang telah mengalami pembusukan pada pangkal buah dengan metode tanam langsung (*direct plating method*). Daging buah alpukat yang mengalami pembusukan pada pangkal buah dipotong menggunakan *cutter* dengan ukuran 1x1 cm, daging buah alpukat dibersihkan terlebih dahulu menggunakan 2% NaCl selama 1 menit kemudian direndam menggunakan alkohol 70 % selama 1 menit, kemudian dibilas menggunakan akuades steril sebanyak 5 kali, potongan buah alpukat diletakkan pada media PDA kemudian diinkubasi selama tujuh hari pada suhu ruang. Setelah jamur tumbuh pada media, kemudian akan dilakukan pemurnian terhadap isolat jamur ke media PDA

yang baru kemudian diinkubasi pada suhu 25 °C selama 3-7 hari (Noviyanti *et al.*, 2021).

III.6.5. Karakterisasi Jamur *Lasioplodia theobromae*

Diamati karakteristik jamur secara makroskopis dan mikroskopis. Karakteristik mikroskopis miselium jamur diamati menggunakan teknik *block square (slide culture)* pembuatan preparat jamur dilakukan dengan membersihkan gelas objek menggunakan alkohol 70% kemudian difiksasi, biakan jamur yang telah diisolasi diambil menggunakan jarum ose secara aseptis dan diletakkan pada gelas objek kemudian diwarnai menggunakan *Lactophenol Cotton Blue* (Putriningsih & Arjentina, 2018). Karakteristik jamur *Lasiodiplodia theobromae* dilihat secara makroskopis memiliki miselium, warna koloni awal berwarna abu muda setelah empat sampai tujuh hari masa inkubasi dan berubah menjadi hitam setelah 2 minggu masa inkubasi dengan bagian bawah jamur berwarna lebih gelap pada 3 minggu masa inkubasi, miselia menutupi seluruh bagian permukaan media memiliki stomat dan piknidia, karakteristik mikroskopis dari *Lasiodiplodia theobromae* memiliki konidia berbentuk hialin apabila belum matang, memiliki sekat, berbentuk oval, memiliki dinding sel yang tebal, sedangkan konidia matang berwarna coklat, bersepta dan berdinding sel tipis (Norhayati *et al.*, 2016).

III.6.6 Uji Aktivitas Antifungi terhadap *Lasiodiplodia theobromae* menggunakan ekoenzim.

Media PDA steril dicairkan, kemudian didiamkan sampai suhu kurang lebih 50 °C. Diambil fungisida sebagai kontrol dengan konsentrasi 0,02 ml, dan larutan ekoenzim konsentrasi (20%, 40%, 60%, 80%, 100%) sebanyak 1 ml dicampurkan ke dalam media PDA sesuai dengan konsentrasi, kemudian cawan digoyang agar media PDA+Ekoenzim tercampur merata, setelah memadat isolat jamur *Lasiodiplodia theobromae* diambil menggunakan *cork borer* berdiameter 5 mm kemudian diletakkan ditengah permukaan media dan diinkubasi pada suhu ruang, metode ini disebut metode *Poisioned food technique* atau dilusi padat/agar mengikuti

penelitian (Lu'luatus *et al.*, 2022). Pengamatan dilakukan setiap hari dengan Parameter yang diamati adalah pertumbuhan hifa *Lasiodiplodia theobromae*. Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong (Aji & Rohmawati, 2020)

Pengukuran aktivitas anti jamur dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{d1-d2}{d1} \times 100\%$$

Keterangan

P = Persentase Daya hambat ekoenzim (%)

d1 = Diameter koloni cendawan patogen pada kontrol Negatif (mm)

d2 = Diameter koloni cendawan patogen perlakuan uji (mm)

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus Federer didapatkan lima kali pengulangan. Adapun rumus Federer (Zeniusa *et al.*, 2019) sebagai berikut:

$$(n - 1) (t - 1) \geq 15$$

Keterangan:

n = Besar sampel

t = Jumlah kelompok perlakuan

Tabel III.2 Kategori Aktivitas Penghambatan Terhadap Pertumbuhan Jam

No	Aktivitas penghambatan	Tingkat aktivitas
1	$P > 75\%$	Sangat Kuat
2	$50\% < P \leq 75\%$	Kuat
3	$25\% < P \leq 50\%$	Sedang
4	$0\% < P \leq 25\%$	Lemah
5	0	Tidak aktif

III.6.7 Uji Ekoenzim Terhadap Keawetan Buah Alpukat

Uji ekoenzim terhadap keawetan buah alpukat dilakukan dengan cara penyemprotan (*spraying*), dengan konsentrasi ekoenzim (20%, 40%, 60%, 80% dan 100%), ekoenzim yang telah melakukan perlakuan konsentrasi akan dimasukkan ke dalam botol *spray* yang telah disterilisasi terlebih dahulu menggunakan air hangat, dalam pengujian ekoenzim buah

alpukat yang digunakan sebanyak 6 buah alpukat segar yang didapatkan pada pedagang buah kemudian ekoenzim disemprotkan pada buah alpukat masing-masing sebanyak 1 buah. Satu buah alpukat dijadikan sebagai kontrol dan tidak dilakukan menyemprotan ekoenzim sama sekali. Setelah dilakukan penyemprotan menggunakan ekoenzim, buah alpukat diletakkan di dalam nampan dan diletakkan di tempat terbuka dengan kondisi suhu ruangan. Dilakukan pengecekan suhu menggunakan termometer, diamati laju perubahan buah alpukat setiap hari selama seminggu, kemudian dicatat perubahan yang terjadi (Millenia *et al.*, 2020). Laju pembusukan buah alpukat diukur dengan membuat Tabel pengukuran faktor fisik sebagai berikut:

III.6.8. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu analisis data deskriptis kuantitatif 5 perlakuan dengan 5 kali ulangan. Terdiri dari kontrol dan konsentrasi ekoenzim (20, 40, 60, 80 dan 100%) data diperoleh dari uji aktivitas antijamur.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Pengamatan

IV.1.1 Kemampuan Ekoenzim dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Lasiodiplodia theobromae* Akibat Pembusukan Buah Alpukat

Berdasarkan hasil pengamatan, fermentasi ekoenzim yang telah dilakukan selama 12 minggu dengan pengukuran suhu, pH, kadar alkohol serta pengecekan warna dan aroma. Berikut hasil pengamatan suhu, pH, dan kadar alkohol (Lihat Tabel IV.1) dan pengecekan warna dan aroma ekoenzim (Lihat Tabel IV.2).

Tabel IV.1 Pengukuran Suhu, pH, dan Kadar Alkohol Produk Ekoenzim

Pengukuran	H-0	H-30	H-60	H-90
Suhu	28,7 °C	28,8 °C	29,9 °C	29,9 °C
pH	3,9	2,5	2,8	3,0
Kadar Alkohol	0%	0%	0%	0%

Keterangan: H= Hari inkubasi.

Tabel IV.2 Pengecekan Warna dan Aroma Produk Ekoenzim

Warna		Aroma	
Sebelum	sesudah	Sebelum	sesudah
Coklat muda	Coklat kekuningan	Aroma kulit buah segar serta aroma khas gula	Aroma asam menyengat dari kulit nanas



Gambar IV.1 Produk Ekoenzim Sebelum dan Sesudah Masa Inkubasi

Tabel IV.3 Hasil Pengujian Skrining Fitokimia Ekoenzim dari Kulit Nanas

No	UJI	POSITIF	NEGATIF	KETERANGAN
1.	Alkaloid			
	a. Dragendrof		✓	Terbentuk endapan coklat jingga
	b. Mayer		✓	Terbentuk Larutan Putih Keruh
	c. Wagner		✓	Tidak Terbentuk Warna Kemerahan
2.	Saponin	✓		Terbentuk Gelembung
3.	Tanin		✓	Tidak Terbentuk Larutan Putih Keruh
4.	Flavonoid	✓		Terbentuk warna ungu
5.	Steroid		✓	Tidak Terbentuk Larutan Hijau
6.	Fenolik		✓	Tidak Terbentuk warna biru
7.	Terpenoid	✓		Terbentuk warna merah

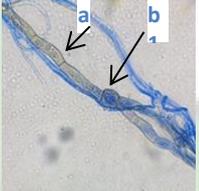
Tabel IV.4 Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis Jamur *Lasiodiplodia theobromae*

No	Uji	Hasil Pengamatan
1.	Makroskopis	Tampak atas koloni warna putih keabu-abuan dan lama kelamaan berubah menjadi abu-abu hingga hitam, tekstur halus dan berbentuk seperti kapas dengan pertumbuhan kesamping dan keatas. Tampak bawah koloni berwarna hitam
2.	Mikroskopis	Memiliki piknidium, hifa berseptata, bercabang dan berwarna putih keabu-abuan serta memiliki klamidospora berbentuk seperti rantai pada hifa memiliki konidia muda berbentuk oval hialin tanpa septum, konidia matang berbentuk oval, berwarna coklat tua dan berseptata.

Berdasarkan hasil pengamatan adanya jenis jamur *Lasiodiplodia theobromae* yang ditemukan pada pangkal buah alpukat (*Persea americana* Mill) selama masa inkubasi 7 hari. Berikut tabel hasil isolasi jamur *Lasiodiplodia*

theobromae dan karakteristik jamur *Lasiodiplodia theobromae* dari pangkal buah alpukat.

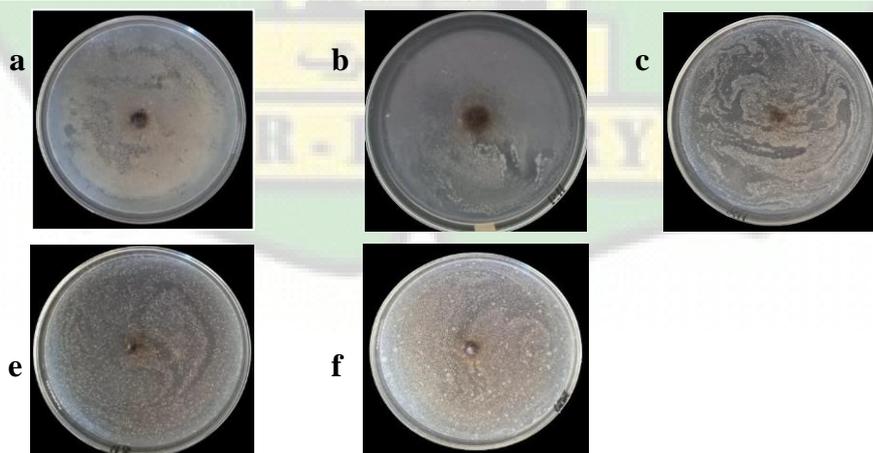
Tabel IV.5 Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis Jamur *Lasiodiplodia theobromae*

Jamur	Morfologi Jamur		Mikroskopis Pembesaran (40x/100x)	Keterangan
	Tampak Depan	Tampak Bawah		
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>				a.Hifa Bersekat b.Kodiaspora

Berdasarkan hasil uji aktivitas ekoenzim dalam menghambat jamur patogen *Lasiodiplodia theobromae* menunjukkan hasil yang berbeda-beda (lihat Tabel IV.6)

Tabel VI.6 Persentase Aktivitas Antifungi Ekoenzim Terhadap Jamur *Lasiodiplodia theobromae*

No	Konsentrasi (%)	Persentase Aktivitas Antifungi		Kategori
		Rata-rata (%)		
1	20%	36,39		Sedang
2	40%	39,68		Sedang
3	60%	48,30		Sedang
4	80%	62,79		Kuat
5	100%	76,34		Sangat kuat

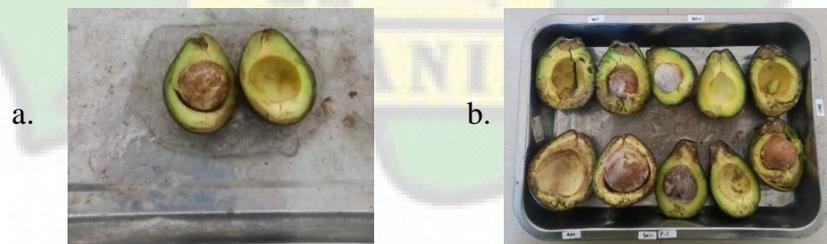


Gambar IV.2 Hasil Uji Aktivitas Ekoenzim Terhadap Jamur Konsentrasi (a) 20%, (b) 40%, (c) 60%, (e) 80%, (f) 100%

IV.1.2 Kemampuan Ekoenzim Terhadap Keawetan Buah Alpukat (*Persea americana* Mill).

Tabel IV.7 Karakteristik Kerusakan Fisik Alpukat Selama Penyimpanan

No	Konsentrasi (%)	Tekstur	Warna	Aroma	Rasa
1	Kontrol	Keras	Hijau kekuningan (cerah)	Sedikit segar	Hambar
2	20%	Lembek	Kuning kecoklatan (gelap) pada bagian pangkal dan tepi bawah buah	Busuk	Hambar dan Pahit
3	40%	Lembek	Coklat keseluruhan buah	Busuk	Hambar dan Pahit
4	60%	Keras	Hijau kekuningan (cerah)	segar	Hambar
5	80%	Keras	Hijau kekuningan busuk bagian pangkal dan berbintik-bintik hitam	Busuk	Hambar dan Pahit
6	100%	Lembek	Hijau kecoklatan pada bagian pangkal dan tepi bawah buah	Busuk	Hambar dan Pahit



Gambar IV.3 Kondisi Fisik Buah Alpukat a) Kontrol, b) Setelah Disemprotkan Dengan Ekoenzim

IV.2 Pembahasan

IV.2.1 Kemampuan Ekoenzim Dalam Menghambat Jamur Patogen *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Pembusukan Buah Alpukat

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan terhadap fermentasi ekoenzim selama 12 minggu didapati hasil pengukuran terhadap kadar pH, Suhu, dan kadar alkohol (lihat Tabel IV.1). Dapat dilihat bahwa nilai pengukuran suhu dari produk ekoenzim memiliki kenaikan suhu yang stabil dari sebelum dilakukan fermentasi H-0 sampai H-30 masa fermentasi, kemudian mengalami kenaikan pada hari ke 60 masa fermentasi sampai hari ke 90 sebesar 29,9 °C. Pengukuran pH pada masa inkubasi hari ke-30 mengalami penurunan dan kemudian mengalami kenaikan pada masa fermentasi hari ke-90. Menurut Suprayogi *et al.*, (2022) ekoenzim yang telah difermentasikan dengan sempurna selama masa inkubasi 3 bulan memiliki pH di bawah 4. Pada penelitian ini pH ekoenzim telah mengalami penurunan pada masa fermentasi 30 hari dengan pH 2.5.

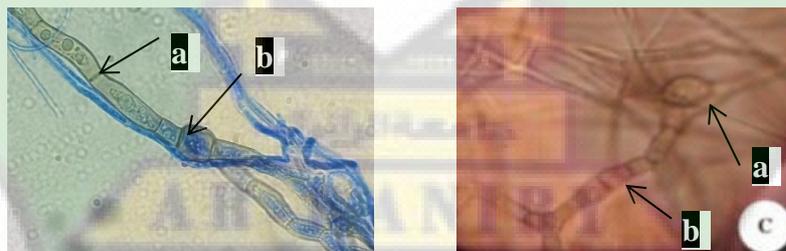
Pengujian kadar alkohol dilakukan pada produk ekoenzim sebelum masa fermentasi maupun sesudah fermentasi hari 30, hari 60, dan hari 90 tidak terdapat adanya Kandungan alkohol dalam produk ekoenzim. Menurut Rahayu *et al.*, (2021) pembentukan alkohol paling tinggi terjadi pada hari ke 8-10 hari masa fermentasi. Sedangkan pengecekan alkohol dilakukan pada saat 30 hari masa fermentasi ekoenzim. Sehingga ekoenzim telah memasuki fase pembentukan asam asetat dari alkohol yang terbentuk sebelumnya, dapat dilihat dengan nilai pH turun menjadi 2,5 yang menunjukkan tingginya kandungan organik pada produk ekoenzim. Menurut Rasit *et al.*, (2019) semakin tinggi kandungan asam organik, maka semakin rendah pH yang dihasilkan dari produk ekoenzim

Hasil uji organoleptik warna dan aroma ekoenzim (Tabel IV.2), sebelum fermentasi warna ekoenzim berwarna coklat muda dan setelah fermentasi selama 90 hari warna ekoenzim berubah menjadi coklat kekuningan. Hal ini sesuai dengan fermentasi ekoenzim yang dihasilkan oleh Viza, (2022). Sedangkan aroma yang dihasilkan oleh ekoenzim sebelum fermentasi beraroma buah segar serta aroma khas gula dan setelah masa inkubasi selama 90 hari, aroma ekoenzim berubah menjadi aroma asam menyengat dari kulit nanas. Menurut Nururrahmani *et al.*, (2023) Ekoenzim memiliki aroma fermentasi asam dan manis yang kuat dan

secara umum produk ekoenzim memiliki aroma yang sesuai dengan bahan yang digunakan pada saat proses fermentasi.

Berdasarkan hasil pengamatan secara makroskopis jamur *Lasiodiplodia theobromae* yaitu koloni memiliki tekstur halus, pola pertumbuhan bersifat radial dan seragam, tumbuh kesegala arah dan menutupi permukaan cawan dalam waktu 4-5 hari masa inkubasi, permukaan atas koloni pada masa inkubasi awal berwarna putih keabu-abuan dan berubah menjadi abu-abu tua pada masa inkubasi 14-15 hari miselium seperti kapas, sisi balik koloni menunjukkan bercak titik hijau alga dan striasi memanjang ke arah pinggiran dan berubah menjadi hitam setelah 14-15 hari masa inkubasi. Menurut Hasnira (2022), jamur *Lasiodiplodia theobromae* membutuhkan waktu 20-34 hari untuk menghasilkan piknidium pada media pertumbuhan buatan.

Pengamatan secara mikroskopis jamur *Lasiodiplodia theobromae* yaitu konidia hialin, hifa bersekat, berbentuk hialin pada hifa muda dan coklat pada hifa tua. Menurut Aimalin *et al.*, (2022) konidia yang belum matang berbentuk hialin sedangkan konidia dewasa berwarna coklat tua dan bersepta. Hialin bersekat, bercabang, ujung membulat dengan panjang mencapai 55 μ dan lebar 3-4, sel konidiogen hialin berdinding tipis, halus, silindris, konidia berbentuk subvoid sampai ellipsoid ovoid, konidia awal berbentuk hialin kemudian untuk waktu yang lama akan berubah menjadi coklat tua setelah keluar dari piknidia.



Gambar IV.4 Penampakan Jamur *Lasiodiplodia theobromae* secara mikroskopis (A) (1) Hifa bersekat, (2). Konidiospora. (B) gambar pembandingan (Henuk *et al.*, 2017).

Berdasarkan Tabel IV.4 persentase aktivitas antijamur ekoenzim terhadap jamur *Lasiodiplodia theobromae* pengujian konsentrasi 20%, 40%, 60% termasuk kategori sedang dalam menghambat pertumbuhan jamur. Konsentrasi ekoenzim 20%, 40% dan 60% tidak mampu menghambat pertumbuhan jamur secara

maksimal, karena nilai rata-rata persentase daya hambat kurang dari 60%, pada pengujian ekoenzim konsentrasi 80% termasuk kategori kuat dalam menghambat jamur patogen dengan nilai persentase lebih dari 60%, sedangkan kategori persentase daya hambat jamur tertinggi berada pada konsentrasi 100% dengan nilai persentase 76,44% yang termasuk kedalam kategori daya hambat sangat kuat. Hasil pengujian aktivitas antijamur ekoenzim terhadap jamur *Lasiodiplodia theobromae* berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Perlakuan jamur yang diuji menggunakan ekoenzim menunjukkan adanya daya hambat sedangkan pada perlakuan kontrol menunjukkan bahwa jamur tumbuh tanpa hambatan dengan nilai rata-rata pertumbuhan jamur pada kontrol yaitu 88,62 mm.

Menurut Rijal, (2022) faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas antijamur antara lain yaitu bahan utama yang digunakan dalam proses pembuatan dan jenis senyawa anti jamur yang terdapat dalam eko-enzim. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit nanas, berdasarkan pengujian skrining fitokimia kandungan fitokimia yang terdapat di dalam ekoenzim berbahan dasar kulit nanas setelah penyimpanan selama 10 bulan, mengandung senyawa safonin, terpenoid, dan flavonoid. Menurut Suprayogi *et al.*, (2022) kulit nanas mengandung vitamin C, karotenoid dan flavonoid, tanin, safonin, steroid, fenol, karbohidrat, terpenoid, alkaloid, antrakuinon dan asam amino. Hasil pengujian skrining fitokimia menunjukkan Kandungan senyawa safonin, flavonoid dan terpenoid bersifat positif dan kandungan lainnya bersifat negatif, salah satu yang menyebabkan berkurangnya kandungan senyawa dari ekoenzim disebabkan karena lamanya penyimpanan ekoenzim.

Salah satu faktor yang menyebabkan jamur *Lasiodiplodia theobromae* mengalami penghambatan pertumbuhan karena adanya senyawa safonin yang terkandung dalam ekoenzim, senyawa safonin berfungsi sebagai antifungi dengan cara menurunkan tegangan permukaan sel fungi yang menyebabkan permeabilitas meningkat sehingga cairan intraseluler yang lebih pekat keluar dan fungi mengalami kematian. Menurut Kalsum (2019), safonin berperan sebagai antifungi karena mengakibatkan lisis sel mikroba, dengan cara mengganggu stabilitas membran sel sehingga menyebabkan proses difusi bahan dan zat-zat yang diperlukan fungi jadi terganggu. Mekanisme antifungi pada safonin yaitu dari

kemampuan molekul kompleks dengan sterol dalam membran fungi, sehingga menyebabkan pembentukan pori-pori di lipid bilayer yang dapat menghilangkan integritas membrane dan meningkatkan permeabilitas seluler, meningkatnya permeabilitas mengakibatkan cairan intraseluler yang lebih pekat tertarik keluar sel sehingga nutrisi, zat metabolisme, enzim, dan protein dalam sel keluar dan jamur mengalami kematian (Sari dan Sumadewi, 2021). Kandungan flavonoid berfungsi dalam menghambat pertumbuhan jamur dengan cara mengganggu permeabilitas membran sel terjadi perubahan komponen dan transport nutrisi sehingga menimbulkan efek toksik terhadap jamur (Komala *et al.*, 2019).

Selain kandungan metabolik sekunder, faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas antifungi yaitu pH yang terdapat dalam media pertumbuhan jamur, pH normal dalam pertumbuhan jamur *Lasiodiplodia theobromae* berkisar antara 6-7 sedangkan dalam pengujian aktivitas antijamur menggunakan ekoenzim pH ekoenzim yaitu 3 (lihat Tabel IV.1). Menurut Febbiyanti *et al.*, (2019), semakin rendah pH atau keasaman media semakin tinggi maka diameter jamur semakin kecil atau pertumbuhan miselium lebih lambat. Selain dapat memengaruhi aktivitas fisiologi jamur, pH juga dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi pada media, pH media yang tergolong asam ($\text{pH} \leq 4$) menyebabkan nutrisi seperti K, S, Mo, N, Ca, Mg, dan P, yang dibutuhkan jamur menjadi berkurang sehingga berpengaruh terhadap kinerja sel jamur.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur *Lasiodiplodia theobromae* yaitu kandungan mikroba yang terdapat di dalam ekoenzim, kandungan mikroba di dalam ekoenzim umumnya berupa bakteri dan cendawan, bakteri yang terdapat di dalam ekoenzim adalah bakteri Asam Laktat (BAL), cara kerja bakteri asam laktat dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen yaitu dengan cara mengubah senyawa oksigen menjadi senyawa hidrogen peroksida (H_2O_2) yang dapat menimbulkan sifat toksik terhadap mikroba patogen sehingga menyebabkan pertumbuhan hifa jamur menjadi tidak stabil (Aulia, 2022).

Berdasarkan hasil penelitian kemampuan ekoenzim dalam menghambat pertumbuhan jamur *Lasiodiplodia theobromae* potensial untuk dikembangkan sebagai agen pengendalian hayati terhadap jamur patogen *Lasiodiplodia*

theobromae. Ekoenzim dapat diaplikasikan dilapangan sebagai antifungi dalam pengendalian penyakit akibat dari jamur patogen *Lasiodiplodia theobromae*

IV.2.2 Kemampuan Ekoenzim Terhadap Keawetan Buah Alpukat (*Persea americana* Mill).

Berdasarkan hasil penelitian pengujian Ekoenzim terhadap keawetan buah alpukat (*Persea americana* Mill) penyimpanan buah selama 7 hari didapati hasil pengukuran faktor fisik buah (lihat Tabel IV.5) menunjukkan buah alpukat yang disemprot menggunakan ekoenzim mengalami pembusukan seiring dengan masa penyimpanan, hal ini ditandai dengan ujung pangkal buah yang mencoklat dari pengujian skrining fitokimia kandungan yang terdapat didalam fermentasi ekoenzim dari kulit buah mengandung senyawa saponin, flavonoid dan terpenoid. Senyawa yang diketahui dapat membantu menjaga kepadatan buah yaitu senyawa flavonoid, kandungan flavonoid yang terdapat dalam ekoenzim tidak mampu menahan kepadatan buah pada pengujian buah alpukat. Buah alpukat menjadi lunak dan keriput disebabkan oleh hasil oksidasi pada pektin metilesterase dan poligalakturose merombak senyawa pektin tidak larut dalam air (protopektin) sehingga pektin tidak mampu mengikat air yang menyebabkan buah menjadi lunak dan keriput (Hamidah dan Hafsah, 2023).

Faktor lain yang mengakibatkan buah alpukat mengalami kerusakan yaitu faktor mekanis, adanya gesekan atau tekanan selama proses panen hingga sampai ke distribusi. Menurut Munhuwehy *et al.*, (2020), alpukat rentan terhadap kerusakan pascapanen yang disebabkan oleh kerusakan mekanis, cedera dingin, pendaratan lunak pematangan dan pembusukan yang tidak merata. konsentrasi 40%, 60%, didapati hasil bahwa buah memiliki tekstur keras, hal ini diduga buah yang dibeli masih muda sehingga pada saat penyemprotan buah tetap keras. Menurut Aprilliani *et al.*, (2021), buah alpukat mentah yang semula berwarna hijau tua akan berubah menjadi hijau muda dan kembali hijau tua saat mendekati pembusukan.

Suhu penyimpanan buah juga berpengaruh terhadap laju pembusukan, suhu yang digunakan dalam proses penyimpanan buah pada saat dilakukan penelitian yaitu suhu ruang yang berkisar antara 28-30 °C. Menurut Pah *et al.*,

(2021), kerusakan buah alpukat pada suhu ruang terjadi akibat perubahan metabolisme internal yang mengarah pada reaksi respirasi anaerob pada buah sehingga buah menjadi tidak normal dan mengganggu permukaan jaringan, sehingga pertukaran gas menjadi lebih cepat. Respirasi merupakan proses menyerap O₂ dan mengeluarkan CO₂, semakin kecil konsentrasi O₂ di udara maka akan memperlambat kematangan buah, buah yang disimpan dalam suhu ruang akan menyebabkan laju respirasi yang tinggi dan kehilangan hasil lebih cepat sehingga menyebabkan buah mengalami kemunduran kualitas secara cepat (Kusumiyati *et al.*, 2018).

Pemilihan kualitas buah pada saat pengujian juga menjadi faktor penyebab berhasil atau tidaknya suatu pengujian. Pada pengujian yang dilakukan buah alpukat yang digunakan adalah buah alpukat yang mudah mengalami pembusukan akibat dari penyimpanan buah pada suhu yang relatif tinggi. Menurut Arpaia *et al.*, (2018) alpukat tidak matang dengan baik pada suhu 30 °C dan bahkan pada suhu 25 °C secara negatif mempengaruhi kualitas buah dengan meningkatkan kelimpahan gangguan penyimpanan dibandingkan dengan suhu penyimpanan buah 15- 20 °C. Gangguan ini sering dikaitkan dengan peningkatan perkembangan pembusukan pascapanen, secara pada saat pengujian buah, buah dibeli langsung pada pedagang buah kemudian buah hanya di simpan pada suhu ruang tanpa ada perlakuan lainnya. Hal ini lah yang dapat menjadi salah satu faktor kenapa buah yang di uji dengan ekoenzim mengalami pembusukan.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Prabulingga *et al.*, (2020), tentang pengaruh ekoenzim terhadap mutu dan lama penyimpanan kersen dan pisang raja menunjukkan hasil, penggunaan variabel ekoenzim dari komposisi kulit mangga, nanas madu, dan jeruk dapat mempertahankan laju pembusukan buah 6 hari lebih lama dibandingkan dengan kontrol dan varieabel lainnya. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Sandra *et al.*, (2020), terhadap pengawetan buah pisang tongkat langit (*Musa troglodytarum* L.) buah pisang yang diberi konsentrasi ekoenzim 100% berpengaruh terhadap perubahan warna, tekstur, dan susut bobot buah pisang tongkat langit dan mempertahankan kesegaran buah selama 11 hari masa penyimpanan

BAB V PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Ekoenzim kulit nanas mampu menghambat pertumbuhan jamur *Lasiodiplodia theobromae* dengan konsentrasi 20%, 40%, 60% menghambat pertumbuhan jamur dibawah 60% yang dikategorikan sedang, konsentrasi 80% dengan persentase 62,79 yang dikategorikan kuat dan konsentrasi 100% dengan persentase 76,34 yang dikategorikan sangat kuat.
2. Ekoenzim kulit nanas tidak mampu menghentikan pembusukan buah alpukat yang ditandai dengan busuknya buah sering dengan masa penyimpanan.

V.2 Saran

1. Perlu di lakukan pengaplikasian ekoenzim terhadap pengendalian jamur *Lasiodiplodia theobromae* secara langsung sebagai bahan antifungi di lapangan.
2. Perlu dilakukan pengujian menggunakan alpukat jenis lain, pengujian ekoenzim terhadap keawetan buah dengan suhu yang berbeda dan konsentrasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, O. R., & Rohmawati, Y. (2020). Antifungal Activity of *Morinda citrifolia* Leaf Extracts Against *Fusarium oxysporum*. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4(1),20–26. <https://doi.org/10.47007/ijobb.v4i1.51>.
- Aulia, A.I.N, & Handayani, D. (2022) Keanekaragaman Cendawan dari Cairan *Ecoenzym* dengan Sumber Bahan Organik Berbagai Jenis Kulit Jeruk. *Jurnal Serambi Biologi*, 7(1),114-119. ISSN2722-2829
- Dawan, S. Revis, & A. Risma, M (2022). Analisis Produk Eco Enzyme dari Kulit Buah Nanas (*Ananas comosus*) dan Jeruk Berastagi (*Citrus X sinensis* L). *Jurnal Redoks* 7(1), 19-27. ISSN: 2622-903X. <http://dx.doi.org/10.31851/redo.ks.v7i1.8414>.
- Dhevi, Y. (2021). Analisis Kesuburan Berdasarkan Jenis Tanah Untuk Tanaman Alpukat (*Persea americana*) di Kecamatan Dayeuhluhur, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Skripsi. Jurusan Agroteknologi. Fakultas Pertanian.Universitas Siliwangi. <http://repositori.unsil.ac.id/id/eprint/3632>. 29 November 2022.
- Erlin, D. E. (2021). Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus* L) Sebagai Antimikroba. *Skripsi*. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. <http://lib.unnes.ac.id/26920/1/4311412005.pdf>. 10 November 2022.
- Fatimah, V. A. N., Fitri, A. S., & Fitriana, Y. A. N. (2019). Aktivitas Anti Bakteri Daun Sirih: Uji Ekstrak KHM (Kadar Hambat Minimum) dan KBM (Kadar Bakterisidal Minimum). *Sainteks*, 16(2), 101–108. ISSN : 2686-0546.
- Febbiyanti, T. R., Widodo, W., Wiyono, S., & Yahya, S. (2019). Pengaruh pH dan Waktu Penyimpanan Terhadap Pertumbuhan *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Kanker Batang Tanaman Karet. *Jurnal Penelitian Karet*, May, 1–10. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v37i1.615>.
- Hamidah, L., & Hafisah. (2022). Application of Spinach and Orange Peel Eco Enzymes in Tomato Preservation. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*,8 (Bps2021) 154–158. <https://doi.org/10.13057/psnmb.i/m080208>.
- Hartanto, P., Sedijani, P., Zulkifli, L., & Erniarti, M. (2022). The effect of Lemongrass (*Cymbopogon nardus*) Extract in inhibiting Bread Fungal Growth, *Aspergillus Oyizae* Using a combination of N-Hexane-Ethanol Solvent. *Jurnal Biologi Tropis*,22(1),349–355. <https://doi.org/10.2930/jbt.v22i1.3736>.

- Hasanah, Y. (2021). Eco Enzyme And Its Benefits For Organic Rice Production And Disinfectant. *Journal Of Saintech Transfer*, 3(2), 119–128. <https://doi.org/10.32734/jst.v3i2.4519>.
- Hasnira. (2022). Efektivitas Enam Isolat Cendawan Antagonis Dalam Menghambat Pertumbuhan *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Busuk Pangkal Batang Tanaman Jeruk Besar Secara In Vitro. *Skripsi*, 8.5.2017, 2003–2005.
- Henuk, J. B. D., Sinaga, M. S., & Hidayat, S. H. (2017). Morphological and Molecular Identification of Fungal Pathogens Causing Gummosis Disease of Citrus spp. in Indonesia. *Biodiversitas*, 18(3), 1100–1108. <https://doi.org/10.13057/bio-div/d180330>
- Herdina, S. (2018) Pemanfaatan Kitosan Untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Pangkal Buah Alpukat (*Lasiodiplodia theobromae*) Meningkatkan Daya Simpan Buah. Skripsi. Universitas Andalas. <http://scholar.unand.ac.id/id/eprint/33960> 20 maret 2022.
- Kalsum, U., & Ayu, A. (2019). Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Umbi Wortel (*Daucus carota* L.) Sebagai Antifungi Terhadap Pertumbuhan *Candida albicans*. *Warta Farmasi*, 8(2), 71–80. <https://doi.org/10.46356/wfarmasi.v8i2.117>
- Kandou, G. D., Sekeon, S. A. S., & Kandou, P. C. (2021). Pengolahan Limbah Organik Rumah Tangga Melalui Pengembangan Ekoenzim di Kecamatan Singkil Kota Manado. *Paradigma Sehat*, 9(3), 1–4. <http://www.ejournalhealth.com/index.php/PARADIGMA/article/view/52/36>. 21 Maret 2022.
- Komala, O., . Y., & Siwi, F. R. (2020). Aktivitas Antijamur Ekstrak Etanol 50% Dan Etanol 96% Daun Pacar Kuku *Lawsonia Inermis* L Terhadap *Trichophyton Mentagrophytes*. *Ekologia*, 19(1), 12–19. <https://doi.org/10.33751/Ekol.V9i1.165>
- Kuswandi, Octriana, L., Kuswara, B., & Nofiarli. (2017). Eksplorasi, Karakterisasi, dan Evaluasi Idiotipe Alpukat di Kabupaten Solok. *Jurnal Agroteknologi Universitas Andalas*, 1(1), 26–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.25077/jagur.1.1.26-29.2017>.
- Lukitariati, S. (2019). Budidaya Alpukat. Sumatera Utara. Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika. ISBN: 978- 979- 1465- 2.
- Lu'luatus Sholikhah, S., Ratnasari, E., Biologi, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2022). Aktivitas Biofungisida Ekstrak Daun Sangket (*Basilicum polystachyon* (L.) Moench) terhadap Pertumbuhan *Aspergillus flavus*. 11, 594–602. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index594>. 21 Juni 2023.

- Made Rai Rahayu, Nengah, M., & Yohanes Parlindungan Situmeang. (2021). Acceleration of Production Natural Disinfectants from the Combination of Eco-Enzyme Domestic Organic Waste and Frangipani Flowers (*Plumeria alba*). *SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)*, 5(1), 15–21. <https://doi.org/10.22225/seas.5.1.3165.15-21>.
- Mahdia, A., Safitri, P. A., Setiarini, R. F., Maherani, V. F. A., & Ahsani, M. N. (2022). Analisis Keefektifan Ekoenzim Sebagai Pembersih Kandang Ayam dari Limbah Buah Jeruk (*Citrus* sp). *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hail Peternakan*, 10 (1), 42-46. ISSN : 2303-2227. <https://doi.org/10.29244/jipthp.10.1.42-46>.
- Marina, F. O. S, dan Deidy, Y. K. (2019). Bahaya Pestisida Sintetik (Sosialisasi dan Pelatihan Bagi Wanita Kaum Ibu Desa Koka Kecamatan Tombulu Kabupaten Minahasa. *Jurnal Perempuan dan Anak Indonesia*. 1(1), 5-12. <https://doi.org/10.35801/jpai.1.1.2019.24973>.
- Marsigit, W. (2016). Karakteristik Morfometrik Proporsi Kandungan Fenol Total dan Profil Fenol Daging Buah, Biji, Kulit Alpukat (*Persea americana* Mill) Varietas Ijo Panjang dan Ijo Bundar. *Jurnal Agroindustri*. 6(1), 18-27. ISSN 2088- 5369.
- Maula, N. R., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Analisis Efektifitas Penggunaan Eco-enzyme pada Pengawetan Buah Stroberi dan Tomat dengan Perbandingan Konsentrasi. *Prosiding Seminar Edusainstech*. 4(1), 1–3. ISBN : 978-602-5614-35-4.
- Millenia, Purwaning, I., Astuti, A. P., Wahyuni, E. T., Semarang, K., Semarang, K., & Semarang, K. (2020). Manfaat Ekoenzim Dari Limbah Organik Rumah Tangga Sebagai Pengawet Buah Tomat Cherry. *Prosiding Seminar Edusainstech*. 4(1) 380–392. ISBN : 978-602-5614-35-4.
- Munhuweyi, K., Mpai, S., & Sivakumar, D. (2020). Extension of Avocado Fruit Postharvest Quality Using Non Chemical Treatments. *Agronomy*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy10020212>.
- Mutammina, N. (2017). Uji Aktivitas Antijamur Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) Serta KLT-Bioautografi Ekstrak Etanol Daun Plethekan (*Ruellia tuberosa* L.) Terhadap *Candida albicans*. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. 21 Maret 2022. <http://etheses.uin-malang.ac.id/5601/>.
- Nasution, M. S. (2020). Identifikasi Tanaman Alpukat (*Persea americana*) Sebagai Tanaman Multi Purpose Tree Species (MPTS) di Tiga Kabupaten Dataran Tinggi di Sumatera Utara. 49. *Skripsi*. Departemen Budidaya Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Sumatera Utara. 25 Maret 2022. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/27321>.

- Norhayati, M., Erneeza, M. H., & Kamaruzaman, S. (2016). Morphological, Pathogenic And Molecular Characterization of *Lasiodiplodia theobromae*: A Causal Pathogen Of Black Rot Disease On Kenaf Seeds In Malaysia. *International Journal Of Agriculture And Biology*, 18(1), 80–85. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0065>.
- Noviyanti, E., Absar, A. A., Nurhasanah, I., & Nurhartawan, L. A. (2021). *Isolasi dan Identifikasi Jamur Penyebab Busuk pada Kulit Salak (Salacca sp.)*. *Prosiding SEMNAS BIO*. Universitas Negeri Padang. 433–441. ISBN : 2809-8447.
- Nururrahmani, A., Hibatulloh, M. R., Nabila, R. A., Kusnadi, & Djuarsa, P. (2023). Ekoenzim dari Berbagai Jenis Kulit Jeruk. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(1), 30–35. ISSN: 2541-5301
- Nurhamidah, N., Amida, N., Rohiat, S., & Elvinawati, E. (2021). Pengolahan Sampah Organik Menjadi Eco-Enzyme pada Level Rumah Tangga menuju Konsep Eco-Community. *Andromeda: Jurnal Pengabdian Masyarakat Rafflesia*, 1(2), 43–46. ISBN:2808-893X. <https://doi.org/10.33369/andromeda.v1i2.1941>
- Odamtten, G. T. (2018). The Aetiology, Incidence and Severity of Mango Tree Decline Disease in Ghana. *Ghana Journal of Science*, 58, 13–22. ISSN: 0016-9544. <https://www.ajol.info/index.php/gjs/article/view/177889>. 20 Mei 2022.
- Pah, Y. I., Mardjan, S. S., & Darmawati, E. (2020). Aplikasi Coating Gel Lidah Buaya pada Karakteristik Kualitas Buah Alpukat dalam Penyimpanan Suhu Ruang. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 8(3), 105–112. ISSN 2338-8439
- Prilly, H. (2022). Identifikasi Jamur Mikroskopis Pembusuk Buah-buahan dalam Bentuk Preparat sebagai Bahan Ajar Mikologi. Skripsi. Program Studi Pendidikan Biologi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Jambi. <https://repository.unja.ac.id/id/eprint/37023>. 29 November 2022.
- Prabulingga, E. A., Astuti, A. P., & Triwahyuni, E. (2020). Pengaruh Komposisi Ekoenzim Limbah Rumah Tangga Terhadap Mutu dan Lama Simpan Kersen dan Pisang Raja. *Seminar Nasional Edusainstek, XX(X)*, 295–310. ISBN:978-6-2-5614-35-4. <https://prosiding.unimus.ac.id/index.php/edusainstek/article/view/571>
- Putriningsih, p. A. S., & Arjentina, i. P. G. Y. (2018). Identifikasi Spesies Fungi *Microsporium gypseum* Penyebab Ringworm Pada Sapi Bali (Identification Of Species Fungi *Microsporium gypseum*). *Jurnal veteriner*, 19(2), 177. ISSN:2477-5665. <https://doi.org/10.19087/jveteriner> 2018. 19.2.177.

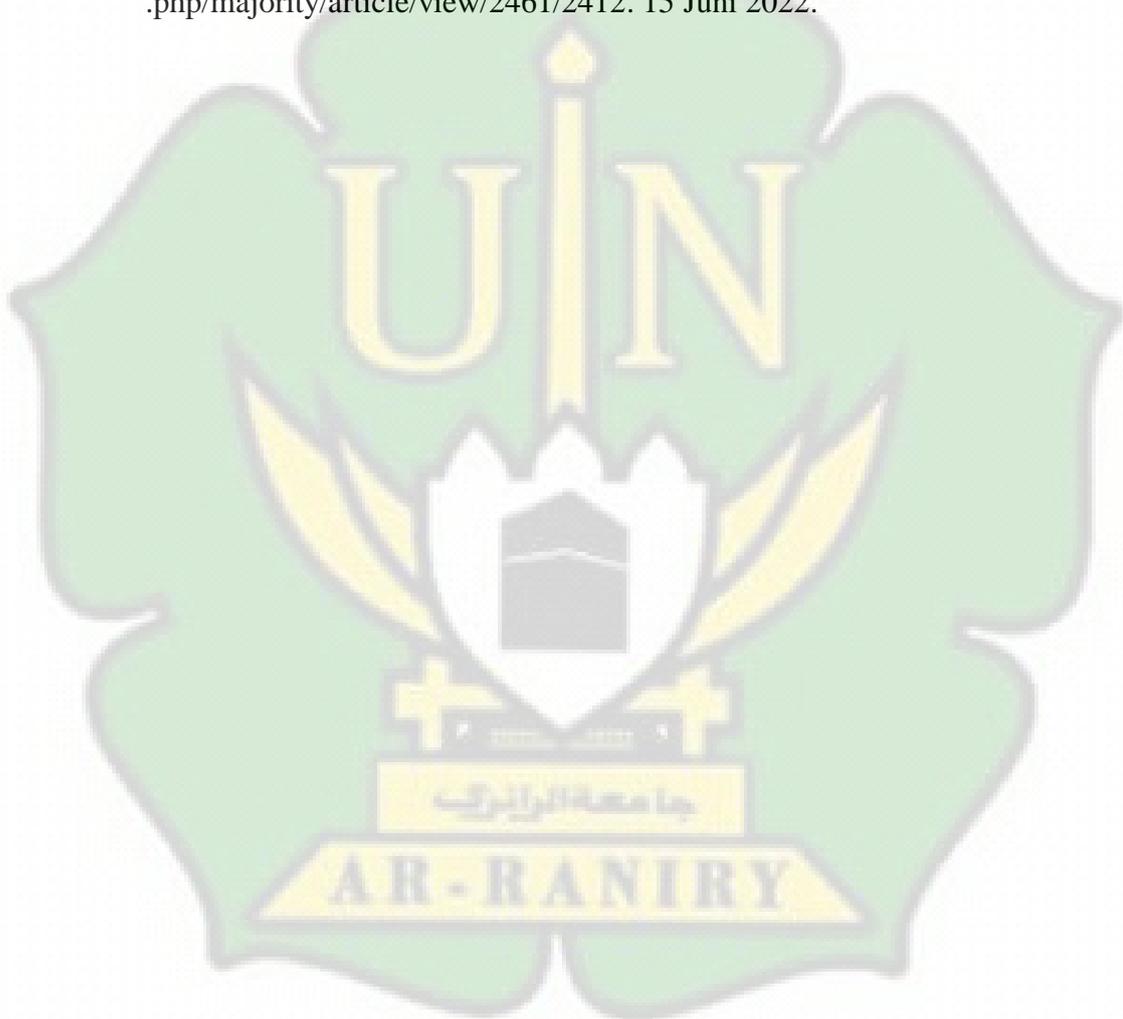
- Rasit, N., Hwe Fern, L., & Azlina Wan Ab Karim Ghani, W. (2019). Production and Characterization of Eco Enzyme Produced From Tomato And Orange Wastes And Its Infulence On The Aquaculture Sludge. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(3), 967–980.
- Rizal, E. (2018). Aktivitas Enzim Pektinase dan Selulase Isolat Jamur Dari Buah Salak Sidempuan (*Salacca sumatrana Becc.*) yang Busuk. *Skripsi*, Medan: Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Sumatera Utara 1(3), 82–91. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/45490?show=full>. 2 April 2022.
- Rijal, M. (2022). Aplikasi Ekoenzim dari Limbah Tanaman Pala, Cengkeh, dan Kayu Putih dalam Menghambat Pertumbuhan *E. coli* dan *S. aureus* Secara In Vitro Muhammad Rijal Biology of Department, Institut Agama Islam Negeri Ambon. 11(1), 31–44. ISSN: 2541-1225.
- Ramírez-Gil, J. G., López, J. H., & Henao-Rojas, J. C. (2020). Causes of Hass Avocado Fruit Rejection In Preharvest, Harvest, And Packinghouse: Economic Losses And Associated Variables. *Agronomy*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy10010008>.
- Rasit, N., Hwe Fern, L., & Azlina Wan Ab Karim Ghani, W. (2019). Production and Characterization of Eco Enzyme Produced From Tomato And Orange Wastes And Its Infulence On The Aquaculture Sludge. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(3), 967–980. ISSN: 0976-6316.
- Rusdianasari, R., Syakdani, A., Zaman, M., Zaman, M., Sari, F. F., Nasyta, N. P., & Amalia, R. (2021). Utilization of Eco-Enzymes from Fruit Skin Waste as Hand Sanitizer. *AJARCDE | Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*, 5(3), 1–5. <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v5i3.72>.
- Sandra, F. K., Nurhasanah, Y. S., MUTAQIN, K., Wiyono, S., & Tondok, E. T. (2021). Keragaman Morfologi dan Molekuler *Lasiodiplodia theobromae* dari Tanaman Jeruk, Kakao, Karet, Manggis, dan Pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 17(2), 58–66. <https://doi.org/10.14692/jfi.17.2.58-66>.
- Sari, R. P., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Pengaruh Ecoenzym Terhadap Tingkat Keawetan Buah Anggur Merah dan Anggur Hitam. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 6(2), 70–75. ISSN : 2541-5301. <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/higiene/article/view/12239>. 15 Juni 2022.

- Sari, K.N.Y., & Sumadewi, L.N.U., (2021). Aktivitas Antifungi Safonin Bunga Kamboja Putih (*Plumeria acuminata*) pada *Candida albican* ATCC 10231. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 8(1): 74-80. ISSN: 2302-5697
- Shimshoni, A.J., & Bommuraj, V., (2020). Postharvest Fungicide for Avocado Fruits: Antifungal Efficacy and Peel to Pulp Distribution Kinetic. *Journal Food*, 9, 124, <https://doi.org/10.3390/foods9020124>.
- Sri, W. J. (2022). Potensi Cendawan Rhizosfer Penghasil Enzim Kitinase Sebagai Pengendali Cendawan *Lasiodiplodia theobromae* Secara *In Vitro* Pada Tanaman Jabon Merah (*Neolamarckia macrophylla*). <http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/13846/>. 29 November 2022.
- Subhan. (2021). Pemberdayaan Budidaya Tanaman Alpukat di Kampung Gayo Murni Kecamatan Atu Lintang. *Krida Cendekia*, 01(05), 15–21. ISSN : 2797-006X. <http://kridacendekia.com/index.php/jkc/article/view/58/48>. 24 Maret 2022.
- Suprayogi, D., Asra, R., & Mahdalia, R. (2022). Analisis produk eco enzyme dari kulit buah Nanas (*Ananas comosus* L.) dan Jeruk Berastagi (*Citrus X sinensis* L.). *Jurnal Redoks*, 7(1), 20–21. <https://doi.org/10.31851/redoks.v7i1.8414>
- Supriyani, Andari, P.A., & Endang, T. W. M. (2020). Pengaruh Variasi Gula Terhadap Produk Ekoenzim Menggunakan Limbah Buah dan Sayur. Seminar Nasional Edusainstek. FMIPA UNIMUS. 470-479. ISBN : 2685-5852.
- Tamalia, D. I., Santoso, S. I., & Budihajo, K. (2019). Analisis Tingkat Pendapatan Usaha Tani Alpukat di Kelompok Tani Kabupaten Semarang. *Mediagro*, 14(01), 1–11. <https://doi.org/10.31942/md.v14i01.2613>.
- Viza, R. Y. (2022). Uji Organoleptik Eco-Enzyme Dari Limbah Kulit Buah. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5(1), 24–30. <https://doi.org/10.31539/Bioedusains.V5i1.3387>.
- Wanjiku, E. K., Waceke, J. W., Wanjala, B. W., & Mbaka, J. N. (2020). Identification and Pathogenicity of Fungal Pathogens Associated with Stem End Rots of Avocado Fruits in Kenya. *International Journal of Microbiology*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/4063697>.
- Wantini, S., & Octavia, A. (2018). Perbandingan Pertumbuhan Jamur *Aspergillus flavus* Pada Media PDA (Potato Dextrose Agar) dan Media Alternatif dari Singkong (*Manihot esculenta* Crantz). *Jurnal Analisis Kesehatan*, 6(2), 625. <https://doi.org/10.26630/jak.v6i2.788>.

Widianti, B. (2022). Studi Pertumbuhan pada Tiga Jenis Tanaman Alpukat (*Persea americana* Mill). *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*, 7(1), 4853. <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jpt.2022.007.1>. 6 Mei 2022.

Jusuf, W. (2016). Penentuan Korelasi Tingkat Kematangan Buah Alpukat (*Persea americana* Mill) Terhadap Gravitasi Spesifik. *AGRITEPA*, 2(2), 153-164. ISSN : 2407 - 1315.

Zeniusa, P. Ramadhian, M. R. Nasution, M. H. & Nisa, K. (2019). Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Teh Hijau terhadap *Escherichia coli* Secara In Vitro. *Majority*, 8(2), 136-142. <https://juke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/majority/article/view/2461/2412>. 15 Juni 2022.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keputusan (SK) Dosen Pembimbing



SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH
Nomor: B-759/Un.08/FST/KP.07.6/12/2022

TENTANG

**PENETAPAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**

DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

Menimbang : a. bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi mahasiswa Prodi Biologi pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry, maka dipandang perlu menunjuk pembimbing dimaksud;
b. bahwa yang namanya tersebut dalam Surat Keputusan ini dianggap cakap dan mampu untuk ditetapkan sebagai pembimbing skripsi mahasiswa.

Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan;
4. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
5. Peraturan Presiden RI Nomor 64 Tahun 2013 Tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar- Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar- Raniry Banda Aceh;
6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
7. Keputusan Menteri Agama Nomor 12 Tahun 2020 Tentang Statuta UIN Ar- Raniry Banda Aceh;
8. Keputusan Rektor UIN Ar- Raniry Nomor 01 Tahun 2015 Tentang Pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Kepada Para Dekan dan Direktur Program Pascasarjana dalam Lingkungan UIN Ar- Raniry Banda Aceh;
9. Keputusan Rektor UIN Ar- Raniry Banda Aceh Nomor 29 Tahun 2021 Tentang Satuan Biaya Khusus Tahun Anggaran 2022 di Lingkungan UIN Ar- Raniry Banda Aceh;

Memperhatikan : Keputusan Seminar Proposal Skripsi Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh tanggal 27 Oktober 2022.

MEMUTUSKAN

Menetapkan Kesatu : Menunjuk Saudara:
1. Syafrina Sari Lubis, M.Si Sebagai Pembimbing I
2. Diannita Harahap, M.Si Sebagai Pembimbing II

Untuk membimbing Skripsi:

Nama : Cut Hudia Amaliana
NIM : 180703036
Prodi : Biologi
Judul Skripsi : Kemampuan Ekoenzim dalam Menghambat Jamur Patogen Lasiodiplodia Theobromae Penyebab Pembusukan pada Buah Alpukat (*Persea Americana Mill*)

Kedua : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai dengan akhir Semester Genap Tahun Akademik 2022/2023 dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di Banda Aceh
pada tanggal 20 Desember 2022



Tembusan:
1. Rektor UIN Ar-Raniry di Banda Aceh;
2. Ketua Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry;
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
4. Yang bersangkutan.

Lampiran 2. Surat Izin Penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-851/Un.08/FST.I/PP.00.9/04/2023

Lamp : -

Hal : **Penelitian Ilmiah Mahasiswa**

Kepada Yth,

Yth kepala laboratorium Mikrobiologi multifungsi UIN Ar-raniry

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Pimpinan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dengan ini menerangkan bahwa:

Nama/NIM : **CUT HUDIA AMALIANA / 180703036**

Semester/Jurusan : / Biologi

Alamat sekarang : Banda Raya, Geuceu inem, Banda Aceh

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak/Ibu pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul **KEMAMPUAN EKOENZIM DALAM MENGHAMBAT JAMUR PATOGEN *Lasiodiplodia theobromae* PENYEBAB PEMBUSUKAN PADA BUAH ALPUKAT (*Persea americana* Mill)**

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 03 April 2023

an. Dekan

Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan,



Berlaku sampai : 30 Juni 2023

Yusran, S.Pd., M.Pd.

Lampiran 3. Surat Skrining Fitokimia Ekoenzim



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN KIMIA
Jl. Tgk. Tanoh Abec No. 3 Darussalam – Banda Aceh 23111
Telp/Fax. : (0651)-7555264
Email: esp@unsyiah.ac.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : 141 /UN11.1.8.3/DT/2023

Laboratorium Kimia Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Syiah Kuala dengan ini menerangkan bahwa :

No	Nama	Sampel
1	Cut Hudia Amaliana	Eco-enzim

Adalah benar yang namanya tersebut di atas telah melakukan uji fitokimia pada Laboratorium Kimia Organik FMIPA USK dengan hasil sebagai berikut:

Kandungan Metabolit	Reagen	Kulit Melinjo Hijau	Hasil Pengamatan
Alkaloid	Mayer	-	Tidak Terbentuk endapan putih
	Wagner	-	Tidak Terbentuk endapan coklat
	Dragendorff	-	Tidak Terbentuk endapan merah
Steroid	Plat KLT	-	Tidak Terbentuk warna hijau
Terpenoid	Plat KLT	+	Terbentuk warna merah
Saponin	Pengocokan	+	Berbusa
Flavonoid	Plat KLT	+	Terbentuk warna ungu
Fenolik	FeCl ₃	-	Tidak Terbentuk warna biru
Tanin	Gelatin + H ₂ SO ₄	-	Tidak Terbentuk Endapan Putih

Keterangan: (+) menunjukkan hasil positif dan (-) menunjukkan hasil negatif.

Demikian, atas perhatian dan kerjasamanya yang baik kami ucapkan terimakasih.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia,

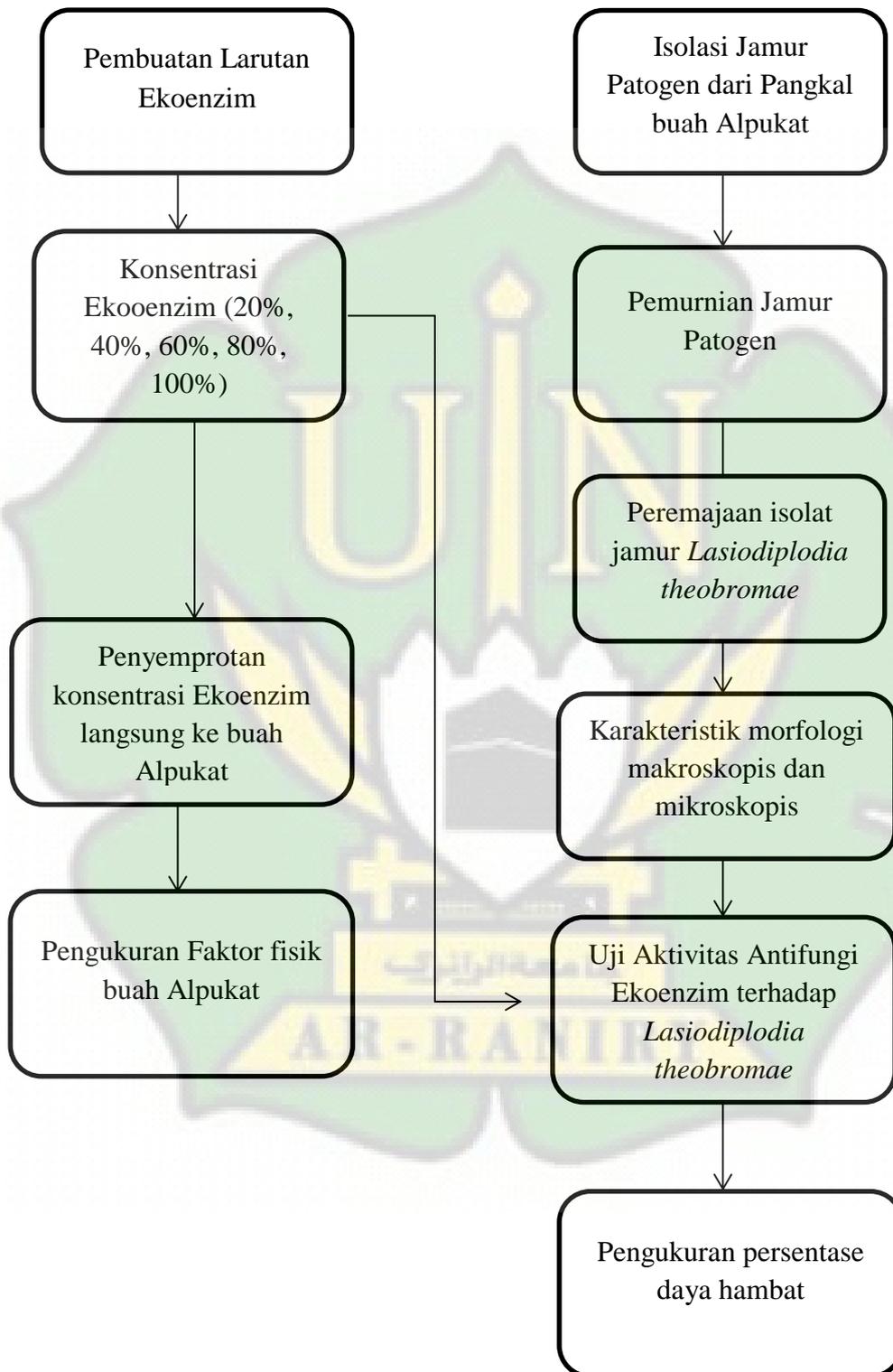
Dr. Khairi, M.Si
NIP 196906141999031002



Darussalam, 15 Juni 2023
Penanggung Jawab Laboratorium,

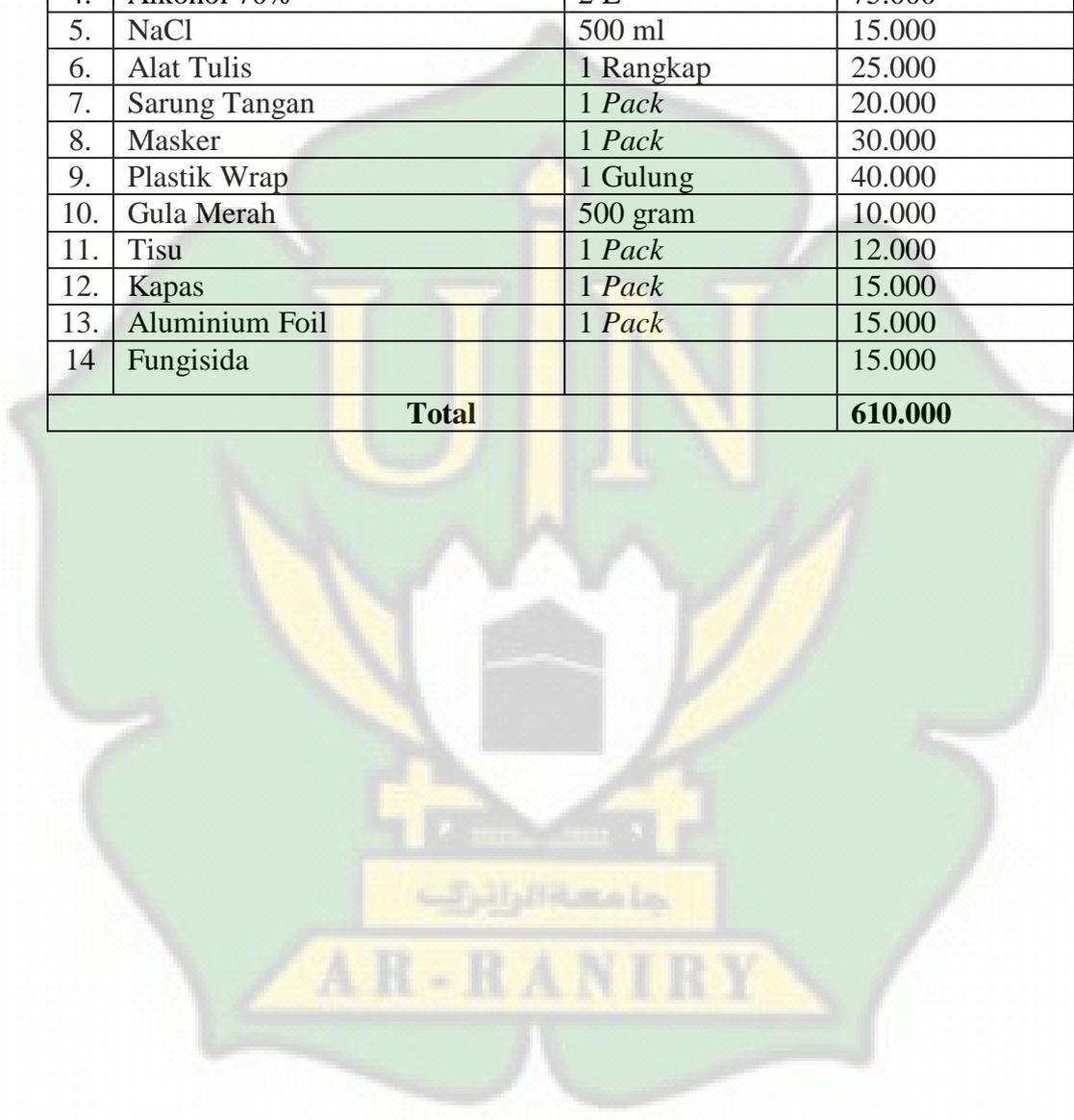
Prof. Dr. Nurdin, M.Si
NIP 196609151991031005

Lampiran 4. Alur Penelitian



Lampiran 5. Rancangan Biaya

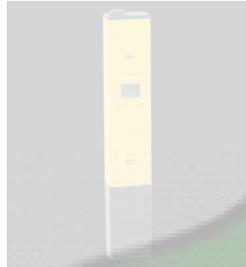
No	Alat/Bahan	Volume	Rp
1.	Media PDA	45 gram	225.000
2.	Buah Alpukat	2 kg	70.000
3.	Akuades	3 L	20.000
4.	Alkohol 70%	2 L	75.000
5.	NaCl	500 ml	15.000
6.	Alat Tulis	1 Rangkap	25.000
7.	Sarung Tangan	1 Pack	20.000
8.	Masker	1 Pack	30.000
9.	Plastik Wrap	1 Gulung	40.000
10.	Gula Merah	500 gram	10.000
11.	Tisu	1 Pack	12.000
12.	Kapas	1 Pack	15.000
13.	Aluminium Foil	1 Pack	15.000
14.	Fungisida		15.000
Total			610.000



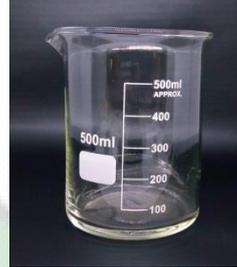
Lampiran 6. Alat – alat Penelitian



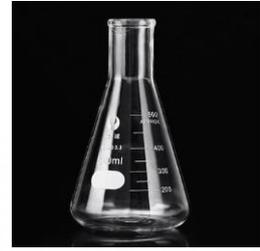
Alkohol Meter



pH Meter



Gelas Kimia



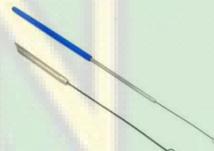
Erlenmeyer



Mikroskop



Laminar Air Flow



Jarum ose



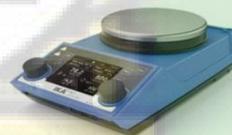
Cawan petri



Timbangan Analitik



Spatula



Hot plate



Nampan



Jangka sorong



Pipet tetes



Autoklaf

Lampiran 7. Pembuatan Ekoenzim



Gambar 1: Gula Merah



Gambar 2. Potongan Kulit Buah Nanas



Gambar 3. Air Mineral



Gambar 4. Ekoenzim Sebelum Fermentasi



Gambar 5. Pengukuran pH



Gambar 6. Pengukuran Suhu



Gambar 7. Ekoenzim Selama Proses Fermentasi



Gambar 8. Ekoenzim Setelah 3 Bulan Masa Fermentasi



Gambar 9. Ampas dari Penyaringan Ekoenzim

Lampiran 8. Pengambilan sampel



Gambar 1. Sampel Buah yang dibeli
Langsung pada Pedagang Buah



Gambar 2. Sampel Buah Alpukat
yang Mengalami Pembusukan pada
Pangkal Buah

Lampiran 9. Kegiatan di Laboratorium



Gambar 1. Pemurnian Jamur



Gambar 3. Pengamatan Jamur Mikroskopis



Gambar 4. Larutan Ekoenzim Konsentrasi 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%



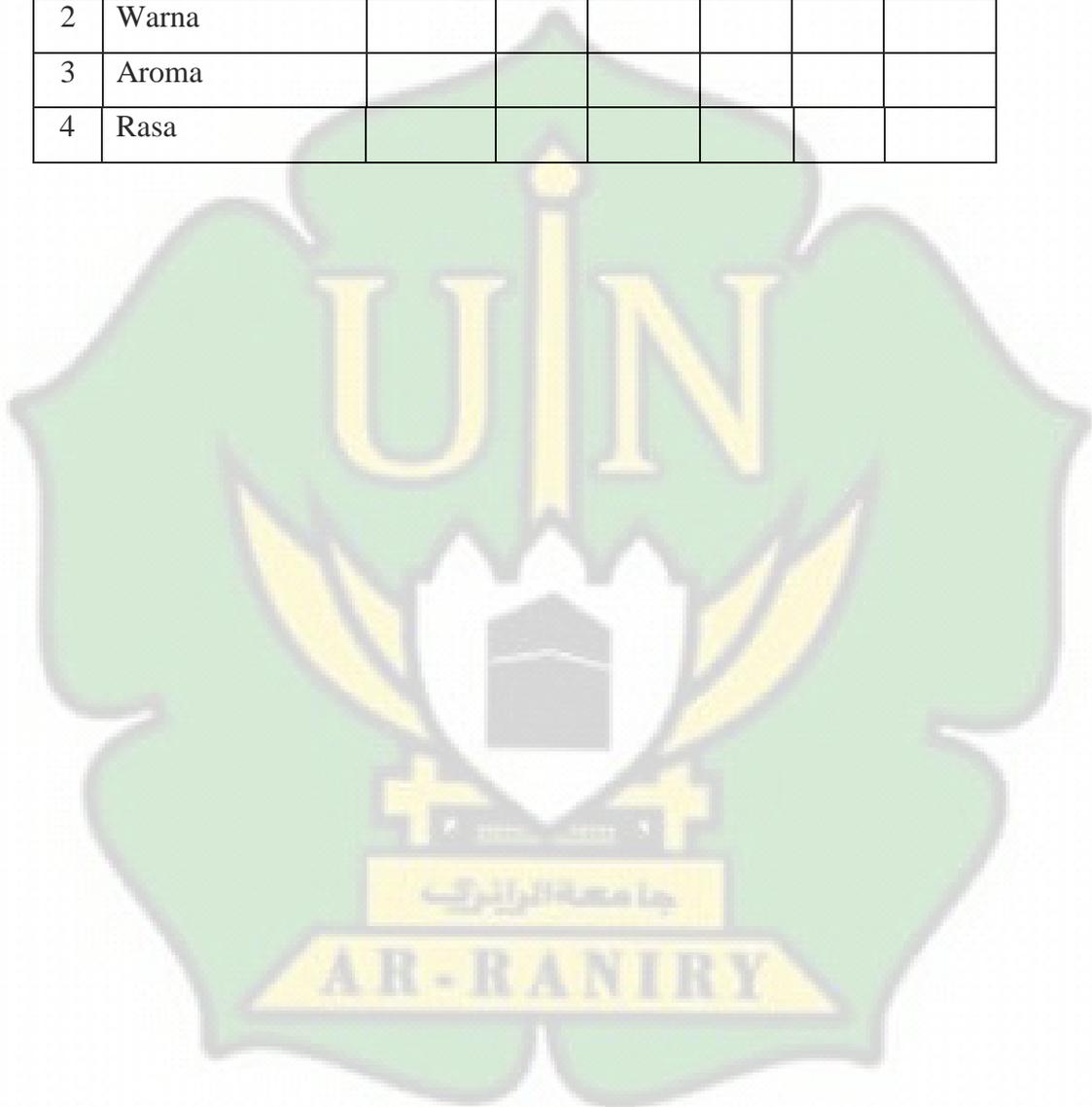
Gambar 5. Pengujian Antifungi terhadap Jamur Patogen



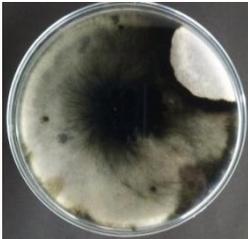
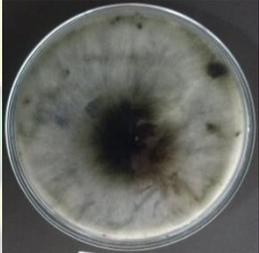
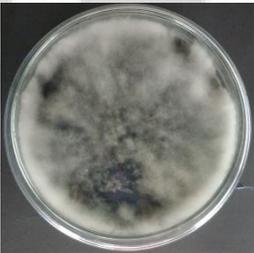
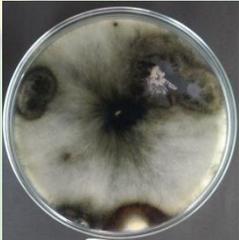
Gambar 6. Penyemprotan Ekoenzim pada Buah Alpukat

Lampiran 10. Pengukuran Faktor Fisik Buah Alpukat

No	Pengukuran Faktor Fisik	Konsentrasi					
		Kontrol	20%	40%	60%	80%	100%
1	Tekstur						
2	Warna						
3	Aroma						
4	Rasa						



Lampiran 11. Hasil Isolasi Awal Jamur Patogen dari Pangkal Buah Alpukat

Kode Isolat	Tampak Depan	Tampak Bawah
JA.1		
JA.2		
JA.3		
JA.4		
JA.5		

Keterangan: JA (Jamur Alpukat)

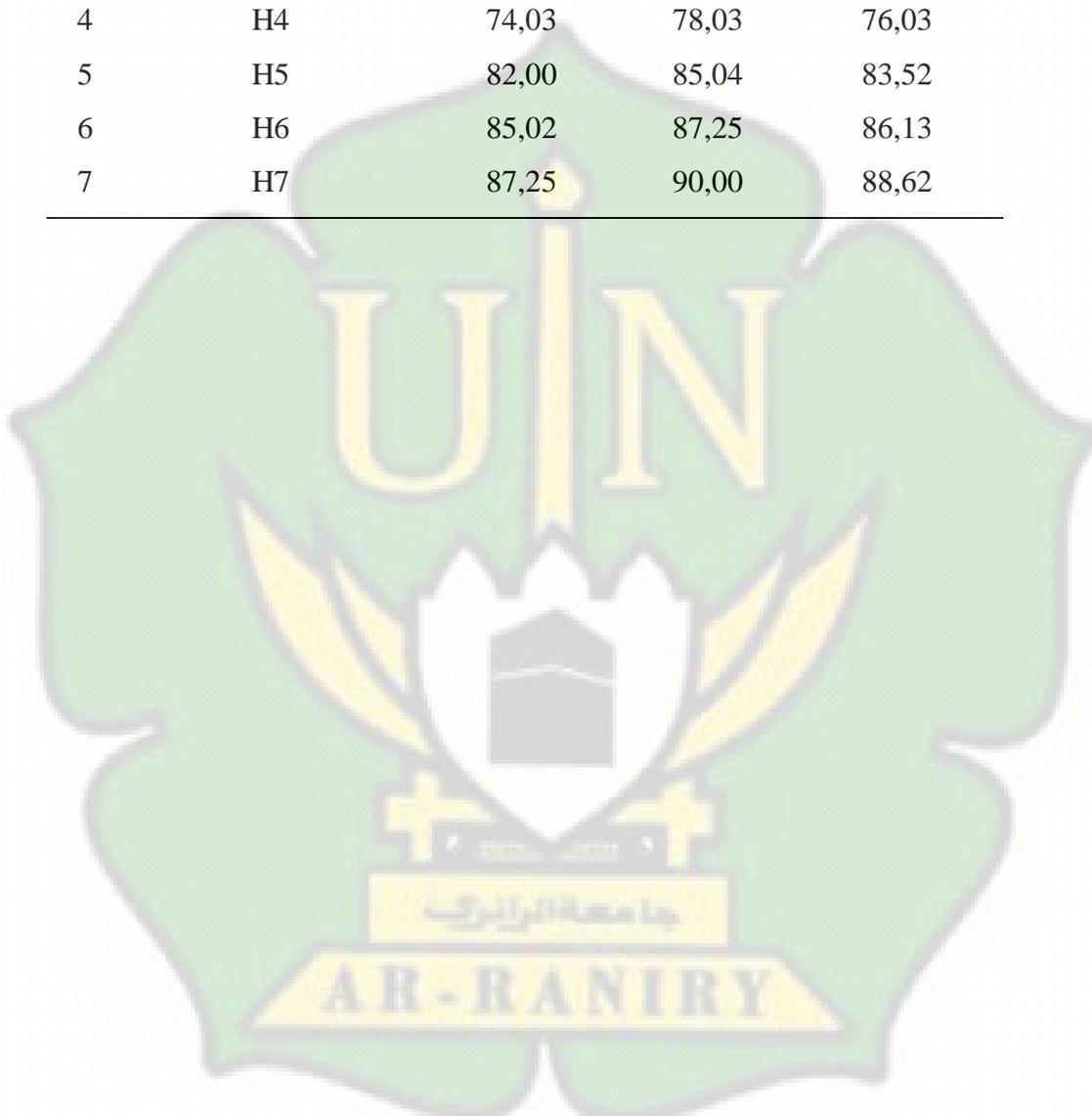
Lampiran 12. Diameter H7 Pengujian *Lasiodiplodia theobromae* Dengan Ekoenzim

Pengulangan	Konsentrasi	Vertikal	Horizontal	Rata-rata (mm)
1	20%	57,21	56,89	57,05
	40%	55,90	54,87	55,38
	60%	45,78	45,51	45,64
	80%	34,70	34,53	34,61
	100%	25,90	25,50	25,70
2	20%	56,80	56,50	56,65
	40%	55,45	53,70	54,57
	60%	45,20	43,50	44,35
	80%	32,21	32,43	32,32
	100%	20,54	20,45	20,49
3	20%	56,60	56,45	56,52
	40%	52,60	52,57	52,58
	60%	45,73	44,50	45,11
	80%	33,50	32,70	33,10
	100%	20,34	20,34	20,34
4	20%	56,37	56,2	56,28
	40%	52,71	52,69	52,69
	60%	49,75	47,50	48,62
	80%	32,80	32,45	32,62
	100%	19,20	19,15	19,17
5	20%	56,25	56,20	56,22
	40%	52,25	51,80	52,02
	60%	45,45	45,21	45,33
	80%	32,35	31,95	32,15
	100%	19,15	19,00	19,07

Konsentrasi	Pengulangan	R1	R2	Persentase Daya Hambat (DH)	Rata-rata
20%	1	88,62	57,05	36,62	36,39
	2		56,65	36,07	
	3		56,52	36,22	
	4		56,28	36,49	
	5		56,22	36,56	
40%	1	88,62	55,38	37,50	39,68
	2		54,57	38,42	
	3		52,58	40,66	
	4		52,69	40,54	
	5		52,02	41,29	
60%	1	88,62	45,64	48,49	48,30
	2		44,35	49,95	
	3		45,11	49,09	
	4		48,62	45,13	
	5		45,33	48,84	
80%	1	88,62	34,61	60,94	62,79
	2		32,32	63,52	
	3		33,10	62,64	
	4		32,62	63,13	
	5		32,15	63,72	
100%	1	88,62	25,70	70,99	76,34
	2		20,49	76,87	
	3		20,34	77,04	
	4		19,17	78,36	
	5		19,07	78,48	

Lampiran 13. Diameter Pertumbuhan Kontrol (Aquades) *L. theobromae*

No	Hari Pengamatan	Vertikal	Horizontal	Rata-rata
1	H1	9,69	9,46	9,69
2	H2	20,01	18,22	19,11
3	H3	42,86	50,05	46,45
4	H4	74,03	78,03	76,03
5	H5	82,00	85,04	83,52
6	H6	85,02	87,25	86,13
7	H7	87,25	90,00	88,62



Lampiran 14. Diameter Pertumbuhan Kontrol (Fungisida) *L. theobromae*

No	Hari Pengamatan	Vertikal	Horizontal	Rata-rata
1	H1	5,00	5,00	5,00
2	H2	5,00	5,00	5,00
3	H3	5,00	5,00	5,00
4	H4	5,00	5,00	5,00
5	H5	5,00	5,00	5,00
6	H6	5,00	5,00	5,00
7	H7	5,00	5,00	5,00

