

**KERAGAMAN JENIS JAMUR YANG TERBAWA BIJI KAKAO
(*Theobroma cacao* L.) HASIL FERMENTASI DAN NON FERMENTASI**

SKRIPSI

Oleh

HUDAN MUTAQIN



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

KERAGAMAN JENIS JAMUR YANG TERBAWA BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.) HASIL FERMENTASI DAN NON FERMENTASI

Oleh
HUDAN MUTAQIN

Fermentasi merupakan salah satu tahapan pascapanen untuk meningkatkan kualitas biji kakao. Tahapan pascapanen tersebut masih jarang diupayakan oleh petani kakao, sehingga kualitas biji kakao yang dihasilkan masih tergolong rendah dan ini diperparah dengan adanya keberadaan jamur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fermentasi terhadap keragaman jenis jamur yang tumbuh pada biji kakao non sterilisasi dan sterilisasi kloroks. Metode penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap yang terdiri dari enam perlakuan dan lima ulangan, sehingga diperoleh 30 satuan percobaan. Perlakuannya meliputi: fermentasi Lampung Timur, non fermentasi Lampung Timur, fermentasi Pesawaran, non fermentasi Pesawaran, fermentasi rumah kaca, dan non fermentasi rumah kaca. Dua puluh biji kakao diisolasi untuk setiap perlakuan pada media PSA kemudian diamati keragaman jenis jamurnya secara makroskopis dan mikroskopis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekayaan jenis jamur pada fermentasi rumah kaca (non sterilisasi dan sterilisasi kloroks) berbeda nyata lebih tinggi daripada fermentasi Pesawaran (non sterilisasi dan sterilisasi kloroks), fermentasi Lampung Timur dan non fermentasi Pesawaran yang disterilisasi kloroks, akan tetapi tidak berbeda nyata dengan fermentasi lainnya. Hasil identifikasi jamur secara keseluruhan ditemukan 12 jenis, yaitu *Penicillium digitatum*, *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus tamarisii*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Rhizoctonia* sp., *Geotrichum* sp., *Phytophthora* sp., *Mucor* sp., *Fusarium* sp., dan *Cladosporium* sp. Jamur yang paling banyak muncul pada semua biji kakao sterilisasi kloroks maupun non sterilisasi kloroks adalah *Rhizoctonia* sp. dengan persentase kemunculan berturut-turut sebesar 34,62% dan 33,08%. Jamur yang paling sedikit muncul pada semua biji kakao sterilisasi kloroks maupun non sterilisasi kloroks berturut-turut adalah *A. fumigatus* (0,77%) dan *P. digitatum* (3,08%).

Kata kunci : Fermentasi, Identifikasi jamur, Kekayaan jenis jamur,
Kemunculan jamur

**KERAGAMAN JENIS JAMUR YANG TERBAWA BIJI KAKAO
(*Theobroma cacao* L.) HASIL FERMENTASI DAN NON FERMENTASI**

Oleh

HUDAN MUTAQIN

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **KERAGAMAN JENIS JAMUR YANG TERBAWA BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.) HASIL FERMENTASI DAN NON FERMENTASI**

Nama Mahasiswa : **Hudan Mutaqin**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914121009

Program Studi : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Ir. Muhammad Nurdin, M.Si.
NIP. 196107201986031001



Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.
NIP. 196108261986031001

2. Ketua Jurusan Agroteknologi

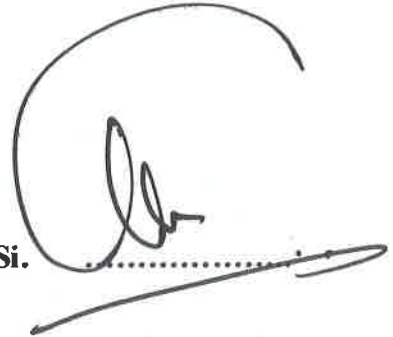


Prof. Dr. Ir. Sri Yusraini, M.Si
NIP. 196305081988112001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Muhammad Nurdin, M.Si.



Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 Oktober 2023

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“KERAGAMAN JENIS JAMUR YANG TERBAWA BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.) HASIL FERMENTASI DAN NON FERMENTASI”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua yang tertuang dalam hasil skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, Oktober 2023
Penulis,

A 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp is placed over the signature. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'REPUBLIK INDONESIA', and 'METEPAI TAMI'. The serial number 'BB883AKX62519/829' is visible at the bottom of the stamp.

Hudan Mutaqin
NPM 1914121009

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, pasangan Bapak Supandi dan Ibu Yuyu Yuningsih. Penulis dilahirkan di Terbanggi Besar, Lampung Tengah pada tanggal 22 November 2000 dengan nama lengkap Hudan Mutaqin.

Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Proklamasi 1945 pada tahun 2007, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 3 Tanjung Ratu pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP Negeri 1 Terbanggi Besar pada tahun 2016, Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 1 Terbanggi Besar pada tahun 2019. Pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Organisasi Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (Perma AGT) pada kepengurusan periode 2021 sebagai Anggota Bidang Kaderisasi dan kepengurusan periode 2022 sebagai Kepala Bidang Kaderisasi. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Biologi, Teknik Pemuliaan Tanaman, Produksi Tanaman Perkebunan, dan Ilmu Tanah dan Kesuburan. Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Rejosari Mataram, Kecamatan Seputih Mataram, Kabupaten Lampung Tengah pada Januari 2022. Pada Agustus 2022, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Balai Pelatihan Pertanian (BPP) Lampung.

Alhamdulillahirabbil 'alamin

Dengan tulus dan penuh rasa syukur kupersembahkan karya ini kepada

Kedua orang tuaku

Wahai ibu dan bapakku, inilah hasil pengajaran yang kalian berikan kepadaku, seperti halnya ta'bir mimpi Nabi Yusuf yang menjadi kenyataan, seperti itu jua pencapain ini kupersembahkan untuk kalian: Ibu Yuyu Yuningsih dan Bapak Supandi.

Kedua adikku

Ruhan Amrina dan Wanhar Abdillah yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis.

Orang-orang terdahulu, saat ini, maupun yang akan datang, yang selalu ada di sekeliling penulis, yang memberikan doa, bantuan, pengaruh, dan motivasi kepada penulis.

serta

Almamater tercinta

*Agroteknologi, Fakultas Pertanian,
Universitas Lampung*

MOTTO

“Seperti halnya sepenjuru semesta angkasa dan bumi ini taat menurut-Mu ya Allah, semoga saya menjadi demikian”

“Maka apabila shalat sudah dilakukan, bergeraklah ke sepenjuru permukaan bumi, dan berusaha menurut nilai dan harga yang telah ditentukan oleh Allah dengan al-Quran menurut Sunnah Rasul-Nya dan hidup sadarlah dengan ajaran Allah sedalam-dalamnya, mudah-mudahan kalian memenangkan satu kehidupan.”

(QS. al Jumu'ah ayat 10)

“Tanpa komitmen kita tidak akan pernah memulai, tanpa konsisten kita tidak akan pernah selesai”

(Sherly Annavita)

“Pendidikan adalah apa yang tersisa setelah kita melupakan semua yang telah kita pelajari di sekolah”

(Albert Einstein)

“Bila pendidikan itu mengantarkan kaum muda pada anggapan bahwa dirinya terlalu tinggi dan pintar untuk melebur dengan masyarakat, maka lebih baik pendidikan itu tidak diberikan sama sekali”

(Tan Malaka)

“Setiap apapun yang ada di bumi ini, bahkan sekecil biji sawi atau sekalipun itu daun kering yang berguguran dari tangkainya, maka yang demikian itu adalah wujud dari kepastian Ilmu Allah.”

“Kebahagiaan itu bukan sesuatu yang dicari dan ditunggu, tapi sesuatu yang tinggal kamu raih, selalu ada alasan untuk bahagia, sekalipun itu masalahmu sangat banyak, karena akan selalu ada sudut yang bisa kamu syukuri dan itu membahagiakan.”

(Dr. Fahrudin Faiz, S.Ag., M.Ag.)

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, atas izin Allah dengan Ilmu-Nya dan atas rancang bangun serta kepastian-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Keragaman Jenis Jamur yang Terbawa Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.) Hasil Fermentasi dan Non Fermentasi." Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Program Studi Agroteknologi Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, motivasi, saran, dan kritik yang telah diberikan oleh semua pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih seluruhnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Ibu Dr. Ir. Yuyun Fitriana, M.P., selaku Ketua Bidang Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
4. Bapak Ir. Muhammad Nurdin, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama penulis;
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S., selaku Dosen Pembimbing Kedua penulis;
6. Bapak Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Dosen Penguji penulis;
7. Ibu Dr. Ir. Sri Ramadiana, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik semester 1-4 penulis;
8. Ibu Prof. Dr. Ir. Rosma Hasibuan, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik semester 5-9 penulis;

9. Ibu Maria Sari, S.P. dan Ibu Rizki Afriliyanti, S.P., M.P. selaku Admin Jurusan Agroteknologi;
10. Ibu Widyaningrum Alita Sari, S.P., selaku pranata Laboratorium pendidikan, terima kasih atas kesediaannya dalam membantu penulis untuk melaksanakan penelitiannya di laboratorium;
11. Bapak Thamrin dan Bapak Riswanto, selaku narasumber petani kakao Pesawaran dan Lampung Timur;
12. Kedua orang tua penulis Bapak Supandi dan Ibu Yayu Yuningsih serta adik penulis Ruhan Amrina dan Wanhar Abdillah, terima kasih untuk kerja keras, doa, dukungan, dan motivasinya yang diberikan kepada penulis;
13. Keluarga besar penulis yang ikut mendukung dan mendoakan penulis;
14. Keluarga besar Jurusan Agroteknologi 2019, terima kasih atas kebersamaannya selama ini;
15. Teman-teman Presidium dan Pengurus Perma AGT periode 2021 dan 2022, terima kasih atas motivasi dan kebersamaannya selama ini;
16. Teman-teman Bidang Kaderisasi Perma AGT periode 2021 dan 2022, terima kasih atas motivasi dan kebersamaannya selama ini;
17. Tim penelitian jamur pascapanen biji kakao Rio Adi Saputra, Melda Cantika, dan Annisa Fitri;
18. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini dan turut terlibat dalam kehidupan saya;
19. Penulis atas komitmen dan konsistensinya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dengan ketulusan hati, penulis menyampaikan terima kasih dan semoga Allah dengan al Qur'an menurut Sunnah Rasul-Nya senantiasa melimpahkan kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu penulis.

Bandar Lampung, Oktober 2023

Penulis,

Hudan Mutaqin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Tanaman Kakao.....	8
2.2 Panen Buah Kakao.....	9
2.3 Pascapanen Kakao.....	9
2.3.1 Sortasi Buah.....	10
2.3.2 Pemeraman Buah.....	10
2.3.3 Pemecahan Buah.....	10
2.3.4 Fermentasi.....	11
2.3.5 Pencucian Biji.....	13
2.3.6 Pengeringan Biji.....	13
2.4 Kadar Air Biji Kakao.....	13
2.5 Biji Kakao Berjamur.....	14
2.6 Jamur Kontaminan Pada Biji Kakao.....	16
2.6.1 <i>Aspergillus</i>	16
2.6.2 <i>Penicillium</i>	17
2.6.3 <i>Mucor</i>	17

2.6.4. <i>Rhizopus</i>	18
2.6.5 <i>Fusarium</i>	19
III. BAHAN DAN METODE	21
3.1 Waktu dan Tempat.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	22
3.4.1 Survei Wawancara.....	22
3.4.2 Pengambilan Sampel Biji Kakao Olahan Petani.....	22
3.4.3 Pengolahan Biji Kakao Fermentasi dan Non Fermentasi di Rumah Kaca.....	22
3.4.4 Pembuatan Media <i>Potato Sucrose Agar (PSA)</i>	24
3.4.5 Isolasi.....	24
3.4.6 Pemurnian.....	25
3.5 Variabel Pengamatan.....	25
3.5.1 Identifikasi Jamur (Makroskopis dan Mikroskopis).....	25
3.5.2 Persentase Biji Terinfeksi Jamur.....	25
3.5.3 Kekayaan Jenis Jamur.....	26
3.5.4 Persentase Frekuensi Kemunculan Jenis Jamur.....	26
3.5.5 Persentase Biji Terfermentasi.....	26
3.5.6 Kadar Air Biji Kakao.....	27
3.6 Analisis Data.....	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Hasil.....	28
4.1.1 Hasil Identifikasi Jamur.....	28
4.1.2 Hasil pengujian persentase biji yang terinfeksi Jamur.....	41
4.1.3 Kekayaan Jenis Jamur.....	42
4.1.4 Persentase Frekuensi Kemunculan Jenis Jamur.....	44
4.1.5 Karakteristik Sampel Biji Kakao.....	45
4.2 Pembahasan.....	51
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Simpulan.....	59

5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jenis-jenis jamur yang teridentifikasi pada sampel biji kakao yang diberi perlakuan sterilisasi kloroks, non sterilisasi kloroks, fermentasi, dan non fermentasi.....	29
2. Persentase biji yang terinfeksi jamur pada biji kakao fermentasi dan non fermentasi tanpa perlakuan kloroks.....	42
3. Persentase biji yang terinfeksi jamur pada biji kakao fermentasi dan non fermentasi yang diberi perlakuan kloroks.....	42
4. Pengaruh perlakuan fermentasi terhadap kekayaan jenis jamur yang tumbuh pada biji kakao non sterilisasi kloroks dan sterilisasi kloroks..	43
5. Pengaruh perlakuan sterilisasi permukaan terhadap kekayaan jenis jamur pada biji kakao fermentasi dan non fermentasi.....	44
6. Persentase jamur yang muncul pada biji kakao fermentasi dan non fermentasi tanpa perlakuan sterilisasi kloroks.....	44
7. Persentase jamur yang muncul pada biji kakao fermentasi dan non fermentasi yang diberi perlakuan sterilisasi kloroks.....	45
8. Persentase biji terfermentasi berdasarkan hasil uji belah (<i>cut test</i>) pada biji kakao yang difermentasi.....	49
9. Persentase rata-rata kadar air biji kakao fermentasi dan non fermentasi.....	51
10. Kuisisioner dan hasil wawancara petani kakao Lampung Timur dan Pesawaran.....	68
11. Data hasil pengamatan kekayaan jenis jamur pada biji kakao fermentasi dan non fermentasi yang disterilisasi kloroks.....	79

12. Data hasil pengamatan kekayaan jenis jamur pada biji kakao fermentasi dan non fermentasi tanpa sterilisasi kloroks.....	79
13. Data transformasi logaritma kekayaan jenis jamur pada biji kakao fermentasi dan non fermentasi tanpa sterilisasi kloroks.....	80
14. Hasil uji tukey 5% pengaruh fermentasi biji kakao terhadap kekayaan jenis jamur pada biji kakao yang disterilisasi kloroks.....	80
15. Hasil uji tukey 5% pengaruh fermentasi biji kakao terhadap kekayaan jenis jamur pada biji kakao tanpa sterilisasi kloroks.....	80
16. Hasil uji bartlet 5% pengaruh perlakuan fermentasi terhadap kekayaan jenis jamur pada biji kakao tanpa sterilisasi permukaan dengan kloroks	81
17. Hasil uji bartlet 5% pengaruh perlakuan fermentasi terhadap kekayaan jenis jamur pada biji kakao yang disterilisasi permukaan dengan kloroks.....	81
18. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan fermentasi terhadap kekayaan jenis jamur pada biji kakao non sterilisasi kloroks.....	81
19. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan fermentasi terhadap kekayaan jenis jamur pada biji kakao yang disterilisasi kloroks.....	81
20. Pengaruh perlakuan sterilisasi permukaan terhadap kekayaan jenis jamur pada biji kakao fermentasi dan non fermentasi.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran keragaman jenis jamur yang terbawa biji kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.) hasil fermentasi dan non fermentasi.....	6
2. Karakter morfologi <i>Aspergillus</i> sp. A. Konidiofor dan massa spora; B. Vesikel dan fialid; C. Konidia (Watanabe, 1987).....	16
3. Karakter morfologi jamur <i>Penicillium</i> sp. A. Konidiofor dan konidia; B. Fialid dan konidia; C. Konidia (Watanabe, 1987).....	17
4. Karakter morfologi jamur <i>Mucor</i> sp. A. <i>Sporangiophores</i> dan <i>sporangia</i> ; B. Kolumela; C. <i>Sporangiospores</i> (Watanabe, 1987).....	18
5. Karakter morfologi jamur <i>Rhizopus</i> sp. A. Sporangiofor dengan columella dan rhizoid; B. Columella C. Sporangiosfor; D. Klamidiofor (Watanabe, 1987).....	19
6. Karakter morfologi jamur <i>Fusarium</i> sp. A. Makrokonidia dan mikrokonidia; B. Konidiofor dan konidia. C: klamidiospora (Watanabe, 1987).....	20
7. Jamur <i>P. digitatum</i> . a. Koloni <i>P. digitatum</i> berumur 7 hari pada media PSA; b. Penampakan mikroskopik <i>P. digitatum</i> perbesaran 400× (1. Konidiofor, 2. Miselium).....	30
8. Jamur <i>P. chrysogenum</i> . a. Koloni <i>P. chrysogenum</i> umur 7 hari pada media PSA; b. Penampakan mikroskopik <i>P. chrysogenum</i> perbesaran 400× (1. Miselium, 2. Konidiofor).....	31
9. Jamur <i>A. tamarii</i> . a. Koloni <i>A. tamarii</i> umur 7 hari pada media PSA; b. Penampakan mikroskopik <i>A. tamarii</i> perbesaran 1000× (1. Konidiofor, 2. Fialid dan konidia, 3. Konidia akropetal).....	32
10. Jamur <i>A. fumigatus</i> . a. Koloni <i>A. fumigatus</i> umur 6 hari pada media PSA; b. Penampakan mikroskopik <i>A. fumigatus</i> perbesaran 400× (1. Konidiofor, 2. Vesikel, 3. Uniseriat).....	33

11. Jamur <i>A. flavus</i> . a. Koloni <i>A. flavus</i> umur 6 hari pada media PSA (1. Sklerotia); b. Penampakan mikroskopik perbesaran 400× (2. Fialid, 3. Vesikel, 4. Konidiofor).....	34
12. Jamur <i>A. niger</i> . a. Koloni <i>A. niger</i> umur 6 hari pada media PSA; b. Penampakan mikroskopik <i>A. niger</i> perbesaran 1000× (1. Vesikel, 2. Mutulae dan fialid).....	35
13. Jamur <i>Rhizoctonia</i> sp. a. Koloni <i>Rhizoctonia</i> sp. umur 7 hari pada media PSA; b. Penampakan mikroskopik <i>Rhizoctonia</i> sp. perbesaran 400× (1. Hifa).....	36
14. Jamur <i>Geotrichum</i> sp. a. Koloni <i>Geotrichum</i> sp. umur 7 hari pada media PSA; b. penampakan mikroskopik <i>Geotrichum</i> sp. perbesaran 400× (1. Arthroconidia).....	37
15. Jamur <i>Phytophthora</i> sp. a. Koloni <i>Phytophthora</i> sp. umur 7 hari pada media PSA (1. Terdapat zonasi); b. Penampakan mikroskopik <i>Phytophthora</i> sp. perbesaran 1000× (2. Sporangium, 3. Klamidiospora).....	38
16. Jamur <i>Mucor</i> sp. a. Koloni <i>Mucor</i> sp. umur 6 hari pada media PSA; b. Penampakan mikroskopik <i>Mucor</i> sp. perbesaran 400× (1. Columnela, 2. Sporangiofor. 3. Sporangium, 4. Percabangan hifa)	39
17. Jamur <i>Fusarium</i> sp. a. Koloni <i>Fusarium</i> sp. umur 7 hari pada media PSA; b. Penampakan mikroskopik <i>Fusarium</i> sp. perbesaran 400× (1. Makrokonidia, 2. Mikrokonidia); c. Makrokonidia seperti bulan sabit.....	40
18. Jamur <i>Cladosporium</i> sp. a. Koloni <i>Cladosporium</i> sp. umur 7 hari pada media PSA; b. Penampakan mikroskopik <i>Cladosporium</i> sp. perbesaran 400× (1. Ramokonidia, 2. Konidia, 3. Tonjolan bekas duduk konidia).....	41
19. Sampel biji kakao perlakuan fermentasi dan non fermentasi. a. Biji kakao fermentasi Lampung Timur; b. Biji kakao non fermentasi Lampung Timur.....	47
20. Sampel biji kakao perlakuan fermentasi dan non fermentasi. a. Biji kakao fermentasi Pesawaran; b. Biji kakao non fermentasi Pesawaran.....	48
21. Sampel biji kakao perlakuan fermentasi dan non fermentasi. a. Biji kakao fermentasi rumah kaca; b. Biji kakao non fermentasi rumah kaca.....	49

22. Irisan keping biji kakao yang menandakan tingkat fermentasi biji a. Biji tak terfermentasi; b. Biji terfermentasi sebagian; c. Biji terfermentasi sempurna.....	50
23. Dokumentasi proses wawancara petani kakao. a. petani kakao Lampung Timur; b. petani kakao Pesawaran.....	70
24. Kotak yang digunakan sebagai tempat fermentasi. a. Kotak fermentasi biji kakao petani Lampung Timur; b. Kotak fermentasi biji kakao petani Pesawaran.....	70
25. Dokumentasi proses fermentasi biji kakao yang dilakukan petani a. fermentasi biji kakao yang dilakukan petani Lampung Timur; b. Fermentasi biji kakao yang dilakukan petani Pesawaran.....	71
26. Dokumentasi tempat penjemuran biji kakao petani. a. Tempat penjemuran biji kakao petani Lampung Timur; b. Tempat penjemuran biji kakao petani Pesawaran.....	71
27. Pengemasan biji kakao kering yang dilakukan petani. a. Pengemasan pada petani Lampung Timur; b. Pengemasan pada petani Pesawaran..	72
28. Tempat penyimpanan biji kakao yang dilakukan petani. a. Tempat penyimpanan petani Lampung Timur; b. Tempat penyimpanan petani Pesawaran.....	72
29. Proses pembalikan biji saat dijemur yang dilakukan petani Pesawaran.....	72
30. Isolasi biji kakao fermentasi dan non fermentasi Lampung Timur pada media PSA. a. Biji kakao fermentasi Lampung Timur non sterilisasi kloroks; b. Biji kakao non fermentasi Lampung Timur sterilisasi kloroks; c. Biji kakao fermentasi Lampung Timur sterilisasi kloroks; d. Biji kakao non fermentasi Lampung Timur non sterilisasi kloroks.....	73
31. Isolasi biji kakao fermentasi dan non fermentasi Pesawaran pada media PSA. a. Biji kakao fermentasi Pesawaran non sterilisasi kloroks; b. Biji kakao fermentasi Pesawaran sterilisasi kloroks; c. Biji kakao non fermentasi Pesawaran non sterilisasi kloroks; d. Biji kakao non fermentasi Pesawaran sterilisasi kloroks.....	73
32. Isolasi biji kakao fermentasi dan non fermentasi rumah kaca pada media PSA. a. Biji kakao fermentasi rumah kaca sterilisasi kloroks; b. Biji kakao fermentasi rumah kaca non sterilisasi kloroks; c. Biji kakao non fermentasi rumah kaca sterilisasi kloroks; d. Biji kakao non fermentasi rumah kaca non sterilisasi kloroks.....	74

33. Proses pembuatan biji kakao fermentasi dan non fermentasi rumah kaca. a. Pemecahan buah kakao; b. Penjemuran biji kakao non fermentasi; c. Kotak fermentasi biji kakao; d-e. Proses fermentasi biji kakao; f. Pembalikan biji kakao selama proses fermentasi; g. Pengecekan suhu biji kakao selama proses fermentasi; h. Pencucian biji kakao hasil fermentasi; i. Rumah kaca tempat penjemuran biji kakao; j. Penjemuran biji kakao fermentasi; k. Proses pembalikan biji kakao selama penjemuran.....	75
34. Uji belah pada sampel biji kakao fermentasi Lampung Timur.....	76
35. Uji belah pada sampel biji kakao fermentasi Pesawaran.....	76
36. Uji belah pada sampel biji kakao fermentasi rumah kaca.....	77
37. Pengujian kadar air biji kakao. a. Proses pengovenan biji kakao; b. Proses penimbangan bobot biji kakao dengan timbangan analitik....	77
38. Pembuatan media PSA. a. Proses perebusan kentang sebagai bahan media PSA; b. Proses sterilisasi media di dalam autoklaf.....	78
39. Pembuatan media PSA. a. Proses penuangan media PSA ke dalam cawan; b. Proses sterilisasi permukaan biji kakao dengan kloroks 0,4%	78
40. Isolasi biji kakao pada media PSA. a. Isolasi biji kakao yang disterilisasi kloroks; b. Isolasi biji kakao non sterilisasi kloroks.....	78

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peran penting dalam perekonomian Indonesia, yaitu sebagai komoditas andalan ekspor. Kakao termasuk salah satu komoditas sektor perkebunan yang memberikan devisa sangat besar bagi Indonesia, setelah kelapa sawit, karet, dan kopi (Ithriah, 2016). Tahun 2021 Indonesia berada di peringkat ke-6 negara produsen kakao terbesar di dunia setelah Cote d'Ivoire, Ghana, Ekuador, Kamerun, dan Nigeria. Pada tahun tersebut, dari 1.460.396 ha areal kakao Indonesia, sekitar 1.451.504 ha atau 99,39% adalah kakao yang diusahakan oleh perkebunan rakyat (Badan Pusat Statistik, 2022). Hal ini mengindikasikan peran penting kakao baik sebagai sumber lapangan kerja maupun pendapatan bagi petani (Rubiyo dan Siswanto, 2012).

Tanaman kakao adalah salah satu komoditas perkebunan unggulan Provinsi Lampung. Tahun 2021 Provinsi Lampung menjadi salah satu provinsi dengan produksi kakao tertinggi. Dari total 688.210 ton produksi kakao di Indonesia, Provinsi Lampung berada di urutan ke-5 penghasil kakao tertinggi setelah Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Barat. Provinsi Lampung menyumbangkan sekitar 8% yakni 56,6 ribu ton biji kakao dari luas areal lahan 78,87 ribu ha. Tanaman kakao tersebar hampir di seluruh Kabupaten di Provinsi Lampung. Provinsi Lampung memiliki perkebunan kakao yang didominasi oleh perkebunan rakyat dengan luas areal 78.711 ha (Badan Pusat Statistik, 2022). Salah satu daerah di Provinsi Lampung yang menjadikan kakao sebagai komoditas perkebunan andalan adalah Kabupaten Pesawaran, Kecamatan Padang Cermin. Besarnya luas areal perkebunan kakao yang ada di

Kecamatan Padang Cermin, mengindikasikan bahwa sebagian besar masyarakat di kecamatan tersebut mengusahakan tanaman kakao sebagai mata pencaharian utama mereka (Gusti dkk., 2013).

Amerika Serikat dan negara-negara Eropa Barat dikenal sebagai produsen makanan yang menggunakan kakao sebagai komponen utamanya, sehingga permintaan akan biji kakao di negara tersebut terus meningkat. Hal ini merupakan peluang yang harus dimanfaatkan Indonesia sebagai salah satu produsen biji kakao untuk meningkatkan devisa negara dengan meningkatkan ekspor biji kakao (Rubiyo dan Siswanto, 2012). Oleh karena itu, untuk memenuhi peningkatan permintaan tersebut maka perlu dilakukan upaya peningkatan produksi maupun mutu biji kakao.

Mutu biji kakao sangat menentukan tingkat harga di pasar internasional. Mutu biji kakao Indonesia sampai saat ini masih belum memenuhi persyaratan yang dianjurkan SNI. Hal ini terutama disebabkan oleh penanganan pascapanen yang belum dilakukan dengan baik dan benar yang mengacu kepada *good handling practices* (GHP) dan *good manufacturing practices* (GMP). Selain itu, infestasi dan infeksi serangga maupun jamur merupakan salah satu penyebab utama menurunnya mutu biji kakao (Amaria dkk., 2014).

Kerusakan biji kakao diantaranya disebabkan oleh jamur yang berpotensi menghasilkan mikotoksin yang mengganggu kesehatan manusia dan hewan. Jamur-jamur ini mudah tumbuh dan berkembang pada setiap tahapan panen dan pascapanen serta pada jalur distribusi atau rantai perdagangan. Jenis jamur pascapanen yang banyak ditemukan antara lain dari marga *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus*, dan *Mucor*. Di tingkat petani, pedagang pengumpul, dan eksportir ditemukan puluhan jenis jamur pascapanen yang bersifat kosmopolit (terdapat dimana-mana) dan berpotensi menghasilkan toksin (Amaria dkk., 2014).

Fermentasi biji kakao diperlukan untuk memicu terjadinya perubahan biokimia untuk pembentukan aroma pada kakao. Kurangnya proses fermentasi menyebabkan biji kakao memiliki cita rasa yang lemah. Penelitian yang

dilakukan oleh Misnawi dkk. (2002) menunjukkan bahwa pada biji kakao yang tidak difermentasi tidak berbentuk aroma coklat ketika proses penyangraian bahkan menghasilkan rasa kelat dan pahit. Kualitas biji kakao yang telah difermentasi menghasilkan biji kakao yang memiliki citarasa dan aroma yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa fermentasi. Hal ini dikarenakan dalam proses fermentasi timbul rasa dan aroma pada biji kakao sebagai akibat dari berbagai reaksi kimia dan biokimia selama fermentasi tersebut (Gonibala dkk., 2019). Proses fermentasi juga memengaruhi kontaminasi jamur maupun produksi toksin. Pada kadar air yang sama, biji kakao yang difermentasi kurang bersifat higroskopis dibanding biji kakao yang tidak difermentasi. Sifat inilah yang menyebabkan biji kakao yang difermentasi sedikit mengalami cemaran serangga, jamur, maupun toksin (Munarso, 2016).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi jamur-jamur yang terbawa biji kakao hasil fermentasi dan non fermentasi;
2. Mengetahui pengaruh fermentasi biji terhadap kekayaan jenis jamur yang tumbuh pada bagian luar dan dalam biji kakao;
3. Mengetahui persentase biji kakao hasil fermentasi dan non fermentasi yang terinfeksi jamur;
4. Mengetahui frekuensi kemunculan jenis jamur pada biji kakao hasil fermentasi dan non fermentasi.

1.3 Kerangka Pemikiran

Kakao mempunyai peran penting sebagai salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi diantara tanaman perkebunan yang lainnya (Ithriah, 2016). Akan tetapi rendahnya kualitas kakao di Indonesia mengakibatkan sulit bersaing di pasar internasional. Faktor yang menyebabkan rendahnya kualitas biji kakao tersebut adalah penanganan pascapanen yang belum

dilakukan dengan baik dan benar serta kontaminasi jamur (Amaria dkk., 2014). Oleh karena itu, perlu upaya peningkatan kualitas biji kakao. Salah satu upaya peningkatan kualitas biji kakao, yaitu penanganan pascapanen yang baik, yakni dengan melakukan fermentasi pada biji kakao.

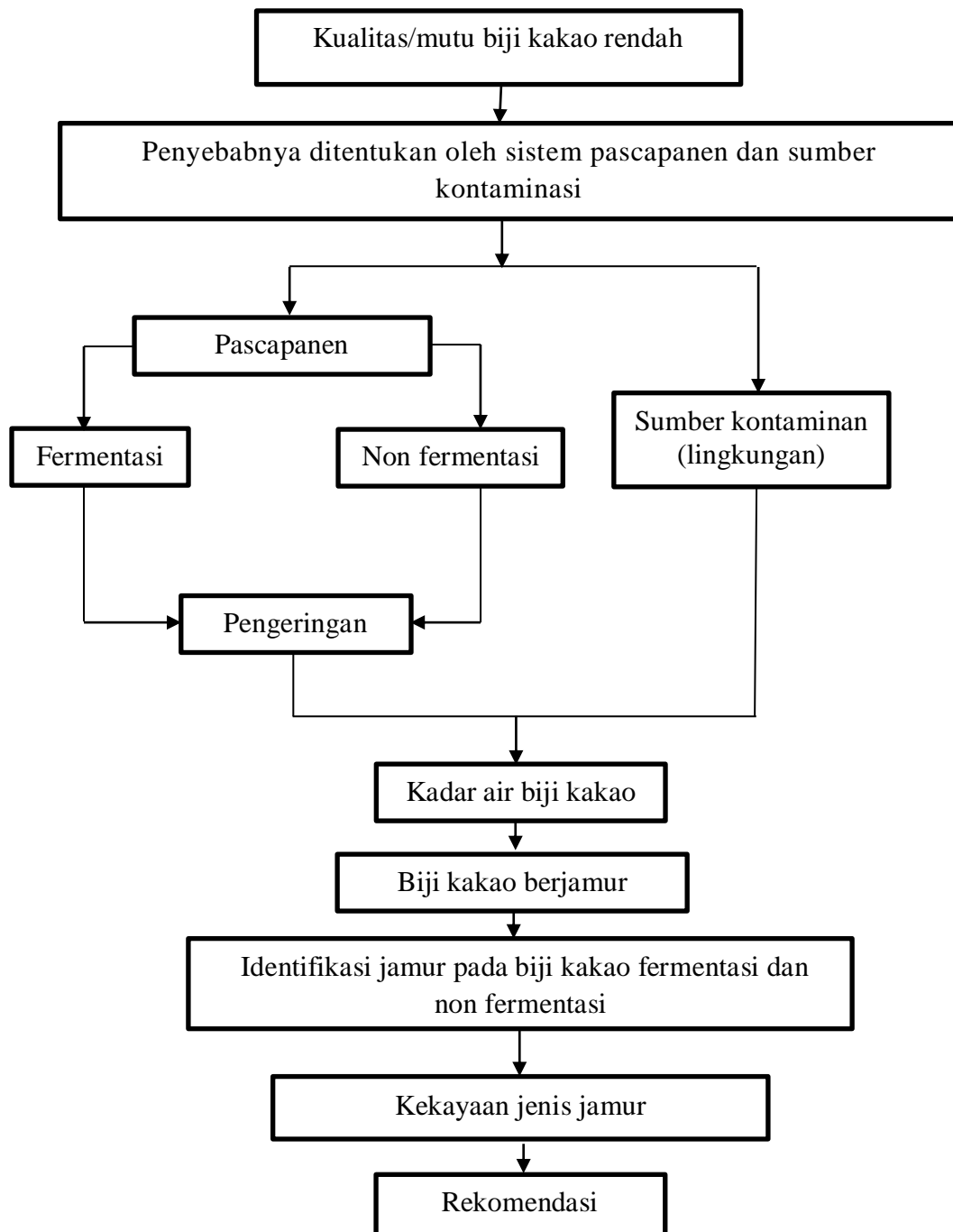
Penanganan pascapanen yang kurang baik merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perkembangan jamur. Peralatan ataupun wadah yang kurang bersih menjadi sumber kontaminasi jamur (Amaria dkk., 2014). Proses fermentasi yang tidak dilakukan secara higienis juga menjadi faktor penyebab kontaminasi jamur. Wangge dkk. (2012), melaporkan bahwa sampel kakao fermentasi yang diteliti memiliki populasi jamur lebih tinggi dari sampel lainnya. Tingginya populasi jamur pada sampel biji kakao fermentasi ini disebabkan proses fermentasi yang dilakukan oleh petani asal Manggarai Barat masih menggunakan alat yang kurang higienis. Wadah yang digunakan untuk proses fermentasi oleh para petani adalah karung-karung bekas mengisi pupuk atau hasil pertanian lainnya yang memungkinkan adanya kontaminasi mikroba yang tidak diinginkan.

Fermentasi biji kakao dilakukan untuk memperoleh biji kakao kering yang bermutu baik dan memiliki aroma serta cita rasa khas coklat (Juniawan dkk., 2017). Tujuan fermentasi adalah untuk mematikan lembaga biji agar tidak tumbuh sehingga perubahan-perubahan di dalam biji akan mudah terjadi, seperti warna keping biji, peningkatan aroma dan rasa, perbaikan konsistensi keping biji dan untuk melepaskan selaput lendir (Pradnyawathi dkk., 2018). Proses fermentasi juga akan mempermudah pengeringan dan menghancurkan lapisan *pulp* yang melekat pada biji (Botutihe dkk., 2020). Menurut Ariyanti (2017), adanya biji kakao berjamur kemungkinan disebabkan karena proses pengeringan yang dilakukan tidak sempurna. Kadar air biji kakao tergantung pada metode pengeringan dan penyimpanan biji setelah proses fermentasi. Semakin tinggi kadar air biji kakao maka kemungkinan akan terjadinya penurunan mutu biji kakao karena munculnya jamur.

Sumber kontaminan yang lain yang mempengaruhi pertumbuhan jamur adalah lingkungan. Suhu dan kelembapan merupakan faktor yang mempengaruhi perkembangan jamur. Suhu dan kelembapan yang tinggi baik wadah penyimpanan biji maupun gudang penyimpanan, sangat sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan jamur. Jamur akan tumbuh selama penyimpanan biji karena iklim yang lembab dan suhu hangat (Amaria dkk., 2014). Menurut Syatrawati dan Inderiati (2018), pada suhu 27–31 °C dengan kelembapan 69-80%, sangat mendukung untuk pertumbuhan jamur pada biji kakao.

Pada kadar air yang sama, biji kakao yang difermentasi kurang bersifat higroskopis dibanding biji kakao yang tidak difermentasi. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian Marwati (2017), *Lactobacillus plantarum*, sebagai salah satu bakteri yang berperan dalam proses fermentasi biji kakao diketahui memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan jamur mikotoksin. Sifat inilah yang menyebabkan biji kakao yang difermentasi sedikit mengalami cemaran serangga, jamur, maupun toksin (Munarso, 2016).

Identifikasi jamur perlu dilakukan untuk mengetahui kekayaan jenis jamur pada biji kakao fermentasi dan non fermentasi. Menurut Amaria dkk. (2014), jamur-jamur yang sering ditemukn pada proses pascapanen biji kakao adalah jamur kontaminan. Jamur tersebut diantaranya *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Fusarium*, dan *Trichoderma*. Jamur-jamur tersebut umumnya menghasilkan mikotoksin yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Dengan teridentifikasinya jamur-jamur tersebut, diharapkan dapat menjadi sumber informasi terkait pentingnya melakukan pascapanen yang baik sebagai upaya untuk menghindari cemaran jamur. Hasil penelitian ini, diharapkan dapat menjadi rekomendasi perbaikan penanganan pascapanen biji kakao dengan cara fermentasi, apabila dari hasil penelitian ditemukan biji kakao hasil fermentasi memiliki kekayaan jenis jamur yang lebih rendah daripada biji kakao yang tidak difermentasi. Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disajikan pada (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran keragaman jenis jamur yang terbawa biji kakao (*Theobroma cacao* L.) hasil fermentasi dan non fermentasi.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Jamur yang teridentifikasi pada biji kakao hasil fermentasi dan non fermentasi merupakan jamur kontamian seperti *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, dan *Fusarium*;
2. Fermentasi mempengaruhi kekayaan jenis jamur yang tumbuh pada biji kakao;
3. Terdapat perbedaan persentase biji yang terinfeksi jamur pada biji kakao hasil fermentasi dengan yang non fermentasi;
4. Terdapat perbedaan frekuensi kemunculan jenis jamur pada biji kakao fermentasi dengan non fermentasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kakao

Kakao merupakan tanaman perkebunan, secara umum tanaman kakao dikelompokkan menjadi tiga varietas yaitu *forastero*, *criollo*, dan *trinitario*. Varietas *trinitario* merupakan hasil persilangan antara *forastero* dengan *criollo*. Varietas ini disebut juga kakao hibrida yang memiliki kemampuan produksi lebih tinggi daripada varietas *criollo* dan *forastero* (Surti, 2012). Dalam buku Samudra (2005), klasifikasi tanaman kakao adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Class : Dicotyledoneae
Ordo : Malvales
Family : Sterculiaceae
Genus : Theobroma
Spesies : *Theobroma cacao* L.

Biji kakao tersusun dalam 5 baris mengelilingi poros 2 jumlahnya beragam yaitu 20 sampai 50 butir perbuah. Jika dipotong melintang tampak bahwa biji disusun oleh dua kotiledon yang saling melipat dan bagian pangkalnya menempel pada poros lembaga atau *embryo axis*. Warna kotiledon putih untuk variatas *criollo* dan ungu untuk tipe *forastero*. Biji Kakao dibungkus oleh daging buah atau pulpa yang berwarna putih. Rasanya asam manis dan diduga mengandung zat yang dapat menghambat perkecambahan biji. Kakao tidak memiliki masa dorman meskipun daging buahnya mengandung zat penghambat perkecambahan tetapi

kadang-kadang biji berkecambah di dalam buah yang terlambat dipanen karena daging buahnya telah mengering (Pusat Penelitian kopi dan kakao Indonesia, 2008).

2.2 Panen Buah Kakao

Buah kakao harus dipanen pada waktu, cara, dan sarana yang tepat. Buah kakao memerlukan waktu sekitar 5-6 bulan untuk siap dipetik. Buah kakao yang siap dipetik adalah buah yang sudah matang. Buah yang sudah matang ditandai dengan adanya perubahan warna pada dua pertiga kulit buahnya. Buah yang ketika mentah berwarna hijau atau merah akan berubah menjadi kuning atau jingga ketika sudah matang. Pemetikan buah dilakukan dengan cara memotong tepat di atas bantalan buah menggunakan gunting, sabit, atau alat tajam lainnya. Proses pemetikan harus hati-hati agar tidak merusak bantalan buah. Hal tersebut dikarenakan bantalan buah merupakan tempat tumbuhnya bunga untuk periode selanjutnya (Ardhayanti, 2020).

Buah kakao yang dipanen terlalu muda atau lewat matang akan menurunkan mutu biji kakao kering. Buah yang dipanen terlalu muda akan menghasilkan biji kakao yang kurang bercitarasa khas coklat, rendemen yang rendah, persentase biji pipih (*flat bean*) tinggi dan kadar kulit bijinya juga cenderung tinggi. Panen buah yang terlalu tua akan menurunkan rendemen lemak dan menambah persentase biji cacat (biji berkecambah). Sedangkan apabila buah yang dipanen tepat masak mempunyai kondisi fisiologis yang optimal dalam hal pembentukan senyawa penyusun lemak di dalam biji (Ardhayanti, 2020).

2.3 Pascapanen Kakao

Pascapanen kakao terdiri dari tahapan sortasi buah, pemeraman buah, pemecahan buah, fermentasi, pencucian biji, dan pengeringan biji kakao. Tahapan-tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut.

2.3.1 Sortasi Buah

Sortasi buah bertujuan untuk memisahkan buah sehat dari buah yang sakit karena penyakit untuk menghindari tercemarnya buah sehat oleh buah sakit. Sortasi buah juga merupakan hal sangat penting terutama jika buah hasil panen harus ditimbun terlebih dahulu selama beberapa hari sebelum dikupas kulitnya. Buah yang terserang hama penyakit ditimbun di tempat terpisah dan segera dikupas kulitnya. Setelah diambil bijinya, kulit buah segera ditimbun dalam tanah untuk mencegah penyebaran hama penyakit ke seluruh kebun (Samudra, 2005).

2.3.2 Pemeraman Buah

Pemeraman buah bertujuan untuk memperoleh cita rasa yang lebih baik, memperoleh keseragaman kematangan buah, mengurangi kandungan pulpa (sampai batas tertentu) yang melapisi biji kakao basah, serta memudahkan pengeluaran biji dari buah kakao. Buah kakao muda mengandung kadar air tinggi sehingga dapat memengaruhi hasil akhir fermentasi, terutama cita rasa dan penampakkannya. Pemeraman juga diperlukan untuk mengurangi *pulp* dan memudahkan pemecahan buah. Pemeraman buah sebaiknya dilakukan ketika panen buah kakao rendah sambil menunggu buah hasil panen terkumpul sebanyak 400-500 buah atau setara 35-40 kg biji kakao basah, agar jumlah minimal untuk fermentasi dapat dipenuhi. Pemeraman buah dilakukan dengan menimbun buah kakao hasil panen di kebun selama 5-12 hari tergantung kondisi setempat dan tingkat kemasakan buah (Ardhayanti, 2020).

2.3.3 Pemecahan Buah

Pemecahan buah bertujuan untuk mengeluarkan dan memisahkan biji kakao dari kulit buah dan plasenta. Proses ini dianjurkan menggunakan pemukul kayu atau memukulkan buah satu dengan buah lainnya. Selama proses pemecahan buah, harus dijaga agar tidak terjadi kontak langsung biji kakao dengan benda-benda yang terbuat dari logam karena dapat menyebabkan warna biji kakao menjadi kelabu. Setelah buah kakao pecah, biji kakao diambil dari belahan buah dan ikatan empulur (plasenta) dengan menggunakan tangan. Kebersihan tangan perlu

diperhatikan agar tidak terjadi kontaminasi yang dapat menghambat proses fermentasi (Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2019).

2.3.4 Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses produksi suatu produk dengan mikroba sebagai organisme pemroses. Fermentasi biji kakao merupakan fermentasi tradisional yang melibatkan mikroorganisme indigen dan aktivitas enzim endogen. Fermentasi biji kakao tidak memerlukan penambahan kultur starter (biang), karena *pulp* kakao mengandung banyak glukosa, fruktosa, sukrosa, dan asam sitrat yang dapat mengundang pertumbuhan mikroorganisme sehingga terjadi fermentasi. Tujuan fermentasi adalah untuk mematikan lembaga biji agar tidak tumbuh sehingga perubahan-perubahan di dalam biji akan mudah terjadi, seperti warna keping biji, peningkatan aroma dan rasa, perbaikan konsistensi keping biji, dan untuk melepaskan *pulp* (Pradnyawathi dkk., 2018).

Fermentasi biji kakao dilakukan untuk memperoleh biji kakao kering yang bermutu baik serta memiliki aroma dan cita rasa khas coklat. Ciri khas coklat ditentukan oleh fermentasi dan penyangraian. Biji yang tidak terfermentasi ditandai dengan warna ungu/abu-abu, bertekstur pejal, rasanya pahit dan sepat, sedangkan yang berlebihan fermentasi akan mudah pecah, berwarna coklat kehitaman, cita rasa coklat kurang, dan berbau apek (Juniawan dkk., 2017).

Fermentasi dapat dilakukan dalam kotak, dalam tumpukan maupun dalam keranjang. Kotak dibuat dari kayu dengan lubang didasarnya untuk membuang cairan fermentasi atau keluar masuknya udara. Biji ditutup dengan daun pisang atau karung goni untuk mempertahankan panas. Selanjutnya biji diaduk setiap hari atau dua hari sekali selama waktu 6 hari. Fermentasi tidak boleh lebih dari 7 hari. Setelah difermentasi biji kakao segera dikeringkan (Pradnyawathi dkk., 2018).

Mekanisme terjadinya proses fermentasi dimulai pengubahan *pulp* biji kakao yang kaya akan glukosa menjadi etanol yang dilakukan oleh khamir. Jenis khamir yang berperan dalam proses tersebut biasanya berasal dari genus *Saccharomyces* seperti

Saccharomyces cerevisiae, *Saccharomyces theobromae*, *Saccharomyces apicalatus*, *Saccharomyces animalus*, dan *Saccharomyces ellipsoides*. Selanjutnya Etanol diubah menjadi asam laktat dan asam asetat oleh bakteri asam asetat dan bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat yang umumnya dijumpai adalah *Beta bacterium*, *Coli aerogenes*, *Bacillus undulatus*, *Bacillus megatherium*, *Lactobacillus fermentii*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Streptococcus lactis*, dan *Lactobacillus plantarum*. Bakteri asam laktat ini akan menghasilkan antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba lain. Bakteri asam asetat yang umumnya dijumpai dalam fermentasi kakao adalah *Acetobacter xylinum*, *Acetobacter ascendense*, *Bacillus xylinium*, *Bacillus xylinoides*, *Bacillus ornealense* dan *Bacillus ascendense* (Haryadi dan Supriyanto, 1991).

Etanol dan asam ini mendifusi kulit biji dan menyebabkan kematian biji. Aktivitas mikroba ini menghasilkan panas yang juga menyebabkan kematian biji. Setelah kematian biji, enzim bereaksi dengan substrat dan membentuk gula serta asam yang merupakan prekursor rasa. Enzim berperan aktif dalam mengurangi rasa sepat, menghilangkan pigmen ungu, membentuk warna coklat serta membentuk prekursor aroma dan rasa khas coklat (Nurhayati dkk., 2019).

Tahapan fermentasi biji kakao berhubungan kuat dengan pemanenan buah kakao, perendaman atau pencucian biji kakao setelah difermentasi, dan proses pengeringan biji kakao. Proses pemanenan buah kakao perlu memperhatikan tingkat kematangan buah. Menurut Iflah dan Towaha (2015), kematangan buah akan mempengaruhi aktivitas mikroorganisme. Buah yang matang sempurna memiliki kandungan gula yang lebih tinggi, sehingga aktivitas mikroorganisme tinggi. Selanjutnya, pada proses perendaman atau pencucian biji kakao dapat menghentikan proses fermentasi. Pencucian bertujuan untuk menghentikan proses fermentasi, dan mempercepat proses pengeringan. Hubungan yang terjadi antara proses fermentasi dan pengeringan terdapat pada kemudahan pada saat proses pengeringan. Proses fermentasi akan mempermudah pengeringan dan menghancurkan lapisan *pulp* yang melekat pada biji (Botutihe dkk., 2020).

2.3.5 Pencucian Biji

Pencucian biji bukan merupakan cara yang baku, akan tetapi disesuaikan dengan permintaan pasar. Tujuan pencucian adalah untuk memperbaiki penampakan biji. Biji yang dicuci mempunyai penampakan biji yang lebih bagus, namun agak rapuh. Pencucian yang berlebihan menyebabkan kehilangan bobot pada biji yang kering, biji mudah pecah, dan peningkatan biaya produksi (Juniawan dkk., 2017). Menurut Amran dkk. (2018), pencucian dan atau perendaman biji kakao yang telah mendapatkan perlakuan fermentasi bertujuan untuk menghentikan proses fermentasi dan mempermudah proses pengeringan yang disebabkan oleh menipisnya lapisan luar biji kakao.

2.3.6 Pengeringan Biji

Pengeringan biji bertujuan untuk menurunkan kadar air biji kakao menjadi $\leq 7,5\%$ supaya aman untuk disimpan dan aman selama pengangkutan. Pengeringan biji dapat dilakukan dengan cara penjemuran atau pengeringan mekanis. Penjemuran biji kakao ditempatkan di lantai penjemuran yang dialasi terpal di bawah matahari langsung. Setiap 2 jam sekali dilakukan pembalikan. Alat penjemur sebaiknya dilengkapi dengan penutup plastik untuk melindungi biji kakao dari hujan. Pada saat cuaca cerah dan terik dengan lama penyinaran 7-8 jam per hari, diperlukan 6-10 hari untuk mencapai kadar air 7,5%. Pengeringan mekanis dapat dilakukan jika cuaca tidak memungkinkan dilakukan penjemuran. Pengeringan dilakukan dengan menggunakan mesin pengering, namun sebaiknya dilakukan secara berkelompok karena membutuhkan peralatan dan investasi cukup besar serta operator terlatih. Pengaturan suhu 45-60 °C diperlukan 48 jam untuk mencapai kadar air maksimal biji kakao 7% (Juniawan dkk., 2017).

2.4 Kadar Air Biji Kakao

Kadar air biji kakao maksimal syarat SNI (2323-2008) adalah 7,5% (Badan Standarisasi Nasional, 2008). Proses fermentasi, pengeringan, pengemasan, dan penyimpanan merupakan faktor yang mempengaruhi kadar air biji kakao kering. Jumlah kadar air yang terdapat pada biji kakao dapat diturunkan melalui proses

fermentasi. Menurut Ariyanti (2017), lamanya waktu fermentasi mempengaruhi tinggi rendahnya kadar air biji, yakni semakin lama waktu fermentasi, maka kadar air biji kakao yang dihasilkan semakin rendah. Menurut Nasution dkk. (1985), penurunan kadar air ini terjadi karena semakin lama proses fermentasi menyebabkan aktifitas mikroba makin meningkat dan aktifitas enzim lebih aktif. Reaksi ini menghasilkan panas selama proses fermentasi sehingga pulp menjadi encer dan menyebabkan jaringan kompleks dalam biji kakao terdegradasi dalam bentuk senyawa organik yang lebih sederhana.

Proses pengeringan yang tidak sempurna akan menyebabkan tingginya kadar air biji. Hal ini dapat mempengaruhi kadar biji kakao berjamur, yakni semakin tinggi kadar air biji kakao maka kemungkinan akan terjadi penurunan mutu biji kakao karena munculnya jamur. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kadar biji kakao berjamur memiliki hubungan berbanding lurus. Selain itu, pengeringan biji kakao setelah proses fermentasi, dengan menggunakan suhu yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan pengeringan yang tidak merata yaitu bagian luar kering, sedangkan bagian dalam masih banyak mengandung air. Pengemasan yang baik untuk biji kakao kering menggunakan karung. Kemasan yang digunakan harus bersih, bukan bekas pestisida atau pupuk serta memiliki pori-pori, begitu pula dengan penyimpanannya, harus memiliki sirkulasi udara untuk keluar masuk udara untuk mencegah kelembapan yang tinggi (Botutihe dkk., 2020).

2.5 Biji Kakao Berjamur

Proses pemeraman atau penyimpanan buah kakao, fermentasi, pengeringan, sortasi biji kakao kering, pengemasan, dan penyimpanan merupakan faktor yang berhubungan erat dengan kadar biji kakao berjamur. Tumbuhnya jamur diakibatkan oleh proses pemeraman yang tidak sempurna. Hal ini dapat mencemari biji kakao pada berbagai tahapan pengolahan berikutnya (Botutihe dkk., 2020).

Proses fermentasi dapat mempermudah dan mempercepat pengeringan serta menghancurkan lapisan pulp yang melekat pada biji. Hancurnya pulp dari biji

menyebabkan pori-pori biji terbuka dan hal ini mempermudah pengeluaran air sehingga mempermudah dalam proses pengeringan. Selain itu selama proses fermentasi akan terjadi kematian biji yang akan mengakibatkan sifat semipermeabilitas dinding sel menjadi rusak, sehingga dapat memudahkan keluarnya air selama proses pengeringan. Proses pengeringan yang cepat dapat menurunkan kadar air lebih cepat, sehingga kontaminasi jamur pada saat pengeringan dapat teratasi (Permana dkk., 1997).

Proses pengeringan juga berhubungan erat dengan kadar biji kakao berjamur. Hal ini karena titik kritis pengendalian jamur dan produksi toksin berada pada proses pengeringan setelah tahap fermentasi. Timbulnya jamur pada biji kakao berhubungan erat dengan kadar air di dalamnya. Menurut Ariyanti (2017), adanya kadar biji kakao berjamur kemungkinan disebabkan karena proses pengeringan yang dilakukan tidak sempurna. Kadar air biji kakao tergantung pada metode pengeringan dan penyimpanan biji setelah proses fermentasi. Semakin tinggi kadar air biji kakao maka kemungkinan akan terjadinya penurunan mutu biji kakao karena munculnya jamur.

Biji kakao yang sudah kering dari proses penjemuran harus disortasi untuk memisahkan antara biji baik/sehat dari biji yang rusak. Sortasi dilakukan setelah 1–2 hari dikeringkan agar kadar air seimbang, sehingga biji tidak terlalu rapuh dan tidak mudah rusak. Sortasi dapat dilakukan dengan menggunakan ayakan yang dapat memisahkan biji kakao dengan kotoran-kotoran (Asrul, 2009). Menurut Maryam (2006), sortasi dengan cara tersebut dapat menurunkan konsentrasi aflatoxin pada produk pertanian. Sementara kegiatan sortasi ini sangat jarang dilakukan oleh petani kakao ketika biji akan disimpan untuk dijual. Hal ini memudahkan terjadinya kontaminasi jamur pada biji kakao sehat di tempat penyimpanan.

Kemasan yang digunakan untuk biji kakao diusahakan memiliki sirkulasi udara yang baik dan disimpan pada tempat atau ruangan yang memiliki sirkulasi udara yang baik pula. Faktor penting dalam penyimpanan adalah kadar air bahan dan kelembapan udara tempat penyimpanan. Hal tersebut karena proses kerusakan

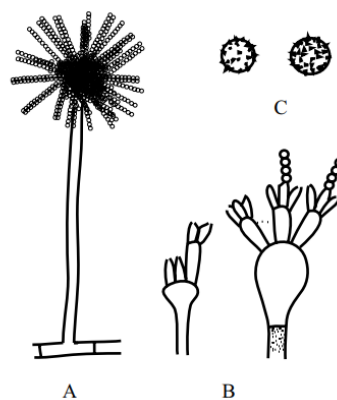
bahan secara biologis, fisiologis, dan kimiawi selama penyimpanan membutuhkan air sebagai media (Botutihe dkk., 2020).

2.6 Jamur Kontaminan Pada Biji Kakao

Jamur-jamur kontaminan yang biasanya ditemukan pada biji kakao diantaranya *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Fusarium*, dan *Trichoderma*.

2.6.1 *Aspergillus*

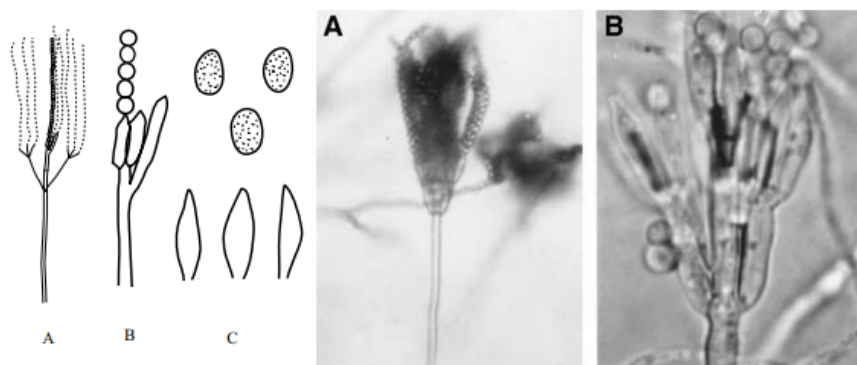
Jamur *Aspergillus* dikenal sebagai salah satu jamur yang mudah tumbuh di berbagai substrat, lebih mudah dideteksi keberadaannya, dan jenisnya sangat beragam. *Aspergillus* merupakan jamur multiseluler yang mempunyai ciri-ciri, hifa bersekat dan tidak bersekat, koloni berwarna putih, kuning, kuning kecoklatan, coklat kehitaman, konidiofor tidak bercabang, konidium pada ujung stipe, memiliki sterigma primer dan sekunder. Jamur ini tumbuh membentuk koloni *mold* bersabut, *smooth*, cembung serta koloni yang kompak berwarna hijau kelabu, hijau coklat, hitam putih, warna koloni dipengaruhi oleh warna spora misalnya spora berwarna hijau, maka koloni berwarna hijau (Srikandi, 1992). Struktur mikroskopis jamur *Aspergillus* dapat dilihat pada (Gambar 2).



Gambar 2. Karakter morfologi *Aspergillus* sp. A. Konidiofor dan massa spora; B. Vesikel dan fialid; C. Konidia (Watanabe, 1987).

2.6.2 *Penicillium*

Jamur *Penicillium* dikenal cukup beragam. Seperti halnya *Aspergillus*, jamur ini juga mudah tumbuh di berbagai substrat. Koloni *Penicillium* tumbuh dengan cepat, berwarna kehijauan, kadang-kadang putih, koloni ditemukan dengan agak tebal, ada juga yang tipis, permukaan seperti tepung, dan mudah menyebar tidak teratur ke segala arah. Konidia membentuk rantai panjang dan berpangkal pada phialid yang diproduksi secara tunggal, dalam kelompok atau dari percabangan metulae, berbentuk seperti kuas atau sapu. Jenis dari *Penicillium* yang mengkontaminasi biji dan berpotensi sebagai mikotoksin antara lain: *P. citrinum*, *P. exansum*, dan *P. virdicatum* (Amaria dkk., 2014). Kapang *Penicillium* sp. mempunyai hifa bersepta, miselium bercabang, konidiospora yang muncul di atas permukaan, spora dengan sterigma yang berkelompok, dan konidia membentuk rantai (Fardiaz, 1989). *Penicillium* sp. pada beberapa spesies, miselium berkembang menjadi sklerotium (Pelczar dan Chan, 2005). Struktur mikroskopis jamur *Penicillium* dapat dilihat pada (Gambar 3).

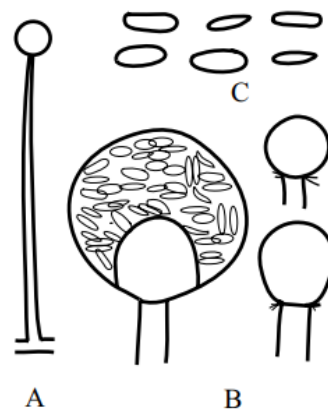


Gambar 3. Karakter morfologi jamur *Penicillium* sp. A. Konidiofor dan konidia; B. Fialid dan konidia; C. Konidia (Watanabe, 1987).

2.6.3 *Mucor*

Morfologi marga *Mucor* secara sekilas hampir sama dengan *Absidia* dan *Rhizopus*, namun sebenarnya kedua jenis jamur ini dapat dibedakan dari keberadaan stolons dan rhizoids dimana *Mucor* tidak mempunyai stolons dan

rhizoid (Amaria dkk., 2014). Koloninya mula-mula berwarna putih kemudian menjadi abu-abu gelap. Hifanya tidak bersepta dan berdiameter besar, hypha yang masih muda mempunyai diameter yang masih kecil. *Sporangiophore* tegak lurus, ada yang mempunyai cabang dan ada yang tidak bercabang, pada ujung cabang *sporangiophore* terdapat sporanya yang penuh dengan spora dan bentuknya bulat-bulat. Pada *sporangiophore* tidak terdapat stolon-stolon dan rhizoid yang berasal dari miselium (Suryani dkk., 2020). Struktur mikroskopis jamur *Mucor* dapat dilihat pada (Gambar 4).

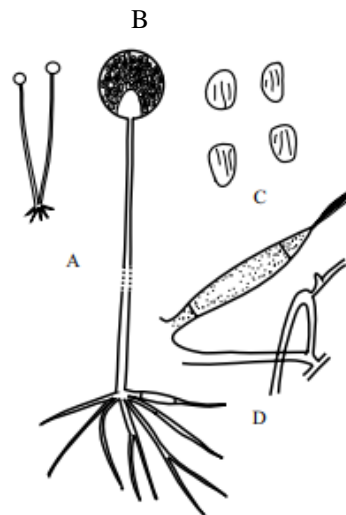


Gambar 4. Karakter morfologi jamur *Mucor* sp. A. *Sporangiophores* dan *sporangia*; B. Kolumela; C. *Sporangiospores* (Watanabe, 1987).

2.6.4. *Rhizopus*

Jamur *Rhizopus* mempunyai stolons dan rhizoids, sporangiofor tunggal atau berkelompok di atas rhizoids, multi-spora, dan sporangia berbentuk bulat. Sporangiospora berbentuk bulat sampai bulat telur, bersel satu, hialin sampai coklat (Amaria dkk., 2014). Warna koloninya abu-abu gelap. Micseliumnya merupakan hifa yang tidak bersepta. Sporangiumnya tidak bercabang dan terdapat hifa berbentuk seperti akar disebut rhizoid. Pada ujung sporangiophore terdapat sporangia yang dipenuhi spora-spora berwarna hitam. Genus *rhizopus* ini dapat dibedakan dengan *Mucor*, karena pada *Rhizopus* terdapat stolon dan rhizoid

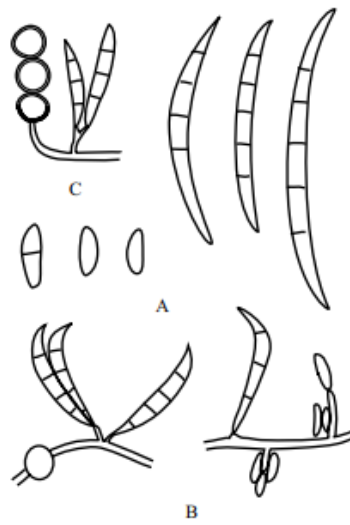
sedangkan pada *Mucor* tidak terdapat (Suryani dkk., 2020). Struktur mikroskopis jamur *Rhizopus* dapat dilihat pada (Gambar 5).



Gambar 5. Karakter morfologi jamur *Rhizopus* sp. A. Sporangiofor dengan columella dan rhizoid; B. Columella; C. Sporangiosfor; D. Klamidiofor (Watanabe, 1987).

2.6.5 *Fusarium*

Koloni *Fusarium* tumbuh dengan cepat, seperti kapas berwarna pucat atau cerah. Warna talus bervariasi dari keputihan hingga kuning, kecoklatan, merah muda, kemerahan atau ungu. *Fusarium* menghasilkan makrokonidia dan mikrokonidia dari phialid yang ramping, selain itu kadang-kadang juga ditemukan klamidokonidia. Makrokonidia hialin dan berbentuk sabit, sedangkan mikrokonidia bersel 1 dan 2, hialin, bulat sampai bulat telur, lurus atau melengkung. Beberapa jenis *Fusarium* yang menginfeksi biji dapat menghasilkan toksin yang berbahaya bagi manusia (Amaria dkk., 2014). Struktur mikroskopis jamur *Fusarium* dapat dilihat pada (Gambar 6).



Gambar 6. Karakter morfologi jamur *Fusarium* sp. A. Makrokonidia dan mikrokonidia; B. Konidiofor dan konidia; C. Klamidiospora (Watanabe, 1987).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari-Juni 2023 di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu, kompor gas, panci, pisau, bunsen, gelas ukur, autoklaf, kaca preparat, *cover glass*, jarum pentul, jarum ose, pipet tetes, mikropipet, plastik tahan panas, plastik *wrapping*, *aluminium foil*, oven, mikroskop, labu erlenmeyer, timbangan analitik, cawan petri, pinset, nampan plastik, *Laminar Air Flow* (LAF), termometer, *tissue*, label, balok kayu, kotak fermentasi, wadah saringan, dan tampah plastik.

Bahan yang digunakan adalah biji kakao fermentasi dan non fermentasi, akuades, kloroks 0,4%, kentang, sukrosa, asam laktat, agar batang, daun pisang, dan alkohol 70%.

3.3 Metode Penelitian

Percobaan pengaruh perlakuan fermentasi terhadap variabel kekayaan jenis jamur biji kakao non sterilisasi permukaan dan variabel kekayaan jenis jamur biji kakao sterilisasi permukaan dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri atas enam perlakuan, yaitu: Biji kakao non fermentasi Lampung Timur (NT), Biji kakao fermentasi Lampung Timur (FT), Biji kakao non fermentasi Pesawaran (NP), Biji kakao fermentasi Pesawaran (FP), Biji kakao non fermentasi rumah kaca (NR), dan Biji kakao fermentasi rumah kaca (FR). Setiap

perlakukan diulang sebanyak lima kali, sehingga diperoleh 30 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri dari dua cawan dan setiap cawan terdiri dari dua biji kakao yang diisolasi, sehingga total keseluruhan terdapat 60 cawan dan 120 biji kakao.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahap berikut.

3.4.1 Survei Wawancara

Survei wawancara dilakukan untuk mengumpulkan informasi terkait penanganan pascapanen biji kakao pada sentra produksi kakao fermentasi di Kabupaten Pesawaran dan Lampung Timur.

3.4.2 Pengambilan Sampel Biji Kakao Olahan Petani

Pengambilan sampel diperoleh dari Kabupaten Pesawaran dan Lampung Timur. Sampel terdiri dari empat jenis, yaitu biji kakao fermentasi dan non fermentasi yang berasal dari kabupaten Pesawaran serta biji kakao fermentasi dan non fermentasi yang berasal dari Kabupaten Lampung Timur. Masing-masing sampel diambil sebanyak 500 g yang dimasukkan ke dalam plastik bersih dan diberi label.

3.4.3 Pengolahan Biji Kakao Fermentasi dan Non Fermentasi di Rumah Kaca

Sampel yang digunakan pada penelitian ini tidak hanya berasal dari petani, akan tetapi terdapat dua sampel yang diolah peneliti sebagai pembanding, yakni sampel kakao fermentasi dan non fermentasi rumah kaca. Jadi, dalam penelitian ini terdapat enam sampel yang akan diteliti. Pembuatan sampel kakao fermentasi dan non fermentasi terdiri dari tahapan berikut.

a. Pengambilan Sampel Buah Kakao Segar dari Petani

Pengambilan sampel buah kakao segar diperoleh dari petani kakao Kecamatan Air Nanning, Kabupaten Tanggamus. Sampel yang dibutuhkan sebanyak 4 kg biji

kakao segar yang nantinya akan dilakukan fermentasi sebanyak 3 kg biji kakao segar dan 1 kg biji kakao segar tidak difermentasi.

b. Pemecahan Buah Kakao

Pemecahan buah dimaksudkan untuk mengeluarkan dan memisahkan biji kakao dari kulit buah dan plasentanya. Pemecahan buah dilakukan dengan menggunakan pemukul kayu atau memukulkan buah satu dengan buah lainnya.

c. Fermentasi Biji Kakao

Fermentasi dilakukan dalam kotak berukuran (10×10×24) cm dengan kapasitas 3 kg biji kakao segar. Kotak dibuat dari kayu dengan lubang didasarnya untuk membuang cairan fermentasi atau keluar masuknya udara. Buah kakao yang sudah dipecah kemudian dipisahkan biji dari kulitnya, lalu biji kakao tersebut dimasukkan ke dalam kotak fermentasi. Biji ditutup dengan daun pisang untuk mempertahankan panas. Proses fermentasi dilakukan selama 7 hari, dan setiap dua hari sekali dilakukan pengecekan suhu dan pengadukan pada biji kakao yang sedang difermentasi.

d. Pencucian Biji Kakao

Pencucian atau perendaman biji kakao yang telah mendapatkan perlakuan fermentasi bertujuan untuk menghentikan proses fermentasi dan mempermudah proses pengeringan yang disebabkan oleh menipisnya lapisan luar biji kakao. Biji kakao dikeluarkan dari kotak fermentasi lalu ditempatkan dalam wadah. Selanjutnya biji dicuci dengan cara mengaduk biji kakao secara perlahan dalam air mengalir, kemudian biji ditiriskan di atas wadah saringan.

e. Penjemuran Biji Kakao

Tahap pembuatan sampel biji kakao non fermentasi setelah pemecahan buah langsung dilakukan penjemuran, sedangkan biji kakao fermentasi dilakukan penjemuran setelah tahap pencucian biji. Biji kakao disebar di atas tampah plastik dan dijemur di dalam rumah kaca. Setiap 2 jam sekali dilakukan pembalikan. Penjemuran dilakukan selama 6-10 hari.

3.4.4 Pembuatan Media *Potato Sucrose Agar* (PSA)

Cara membuat media padat *potato sucrose agar* (PSA) adalah sebagai berikut, 200 g kentang yang telah dikupas kulitnya dan dipotong-potong menjadi sebesar potongan dadu direbus ke dalam 1000 mL akuades sampai kentang lunak. Ekstrak kentang tersebut disaring dan ditambahkan akuades hingga volumenya 1000 mL ke dalam tabung erlenmeyer, kemudian ditambahkan 20 g agar batang dan 20 g sukrosa, lalu diaduk sampai homogen. Setelah itu, tabung erlenmeyer ditutup rapat menggunakan kertas *aluminium foil*, dan dimasukkan ke dalam plastik tahan panas. Media kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C, tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah media steril, saat suhu media ± 50 °C ditambahkan asam laktat sebanyak 1,4 mL dan dihomogenkan. Selanjutnya, media dituang ke dalam cawan petri di dalam LAF dan ditunggu hingga media padat.

3.4.5 Isolasi

Isolasi dilakukan pada seluruh perlakuan fermentasi biji kakao tanpa sterilisasi permukaan dan seluruh perlakuan fermentasi biji kakao yang disterilisasi permukaan. Sampel biji kakao yang digunakan untuk isolasi jamur sebanyak 20 biji untuk masing-masing perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali, sehingga dalam satu ulangan terdapat 4 biji kakao dan setiap satu cawan diisi 2 biji kakao. Jadi, dalam setiap perlakuan dibutuhkan 10 cawan petri dan secara keseluruhan dibutuhkan 120 cawan petri.

Biji kakao yang disterilisasi permukaan dilakukan dengan merendam biji kakao dalam 30-40 mL 0,4% kloroks selama 2 menit. Setelah direndam, larutan dibuang dan biji-biji kakao dibilas dengan air destilasi steril selama 2 menit lalu ditiriskan di atas kertas tisu (Rahmadi dan Fleet, 2008). Setelah kering, sampel biji kakao dibelah mejadi dua bagian menggunakan pisau steril. Kemudian belahan biji kakao tersebut ditumbuhkan pada media PSA dan inkubasi pada suhu 25 °C selama 3-7 hari. Pada biji kakao tanpa sterilisasi permukaan, biji kakao langsung ditumbuhkan pada media PSA dan inkubasi pada suhu 25 °C selama 3-7 hari.

3.4.6 Pemurnian

Pemurnian jamur dilakukan setelah jamur hasil isolasi tumbuh. Jamur yang tumbuh pada media PSA kemudian dimurnikan ke dalam media PSA yang baru dengan cara menginokulasikan sedikit hifa dengan ose steril dari setiap koloni jamur yang berbeda. Kultur jamur diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang. Pemurnian dilakukan berdasarkan perbedaan secara makroskopis yaitu warna dan bentuk koloni jamur. Pemurnian bertujuan untuk memperoleh biakan murni tanpa adanya pertumbuhan mikroba lain (Suhartina dkk., 2018).

3.5 Variabel Pengamatan

3.5.1 Identifikasi Jamur (Makroskopis dan Mikroskopis)

Identifikasi jamur dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dilakukan secara langsung dengan mengamati isolat jamur yang murni berdasarkan warna dan bentuk koloninya. Pengamatan mikroskopis dilakukan menggunakan mikroskop dengan membedakan jamur yang tumbuh berdasarkan struktur tubuh jamur. Hasil pengamatan isolat murni pada hari ke tujuh kemudian diidentifikasi berdasarkan pustaka acuan dari buku *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* oleh Barnett (1962) dan buku *Training Cours 2019 for the Identification of Aspergillus and Fusarium* oleh Samson (2019).

3.5.2 Persentase Biji Terinfeksi Jamur

Perhitungan persentase biji terinfeksi jamur dilakukan pada masa inkubasi 5 hari. Setiap perlakuan dihitung persen infeksi, sehingga terdapat 20 biji kakao yang diamati pada setiap perlakuan. Perhitungan dilakukan dengan mengamati berapa biji kakao yang ditumbuhi jamur dan yang tidak ditumbuhi jamur dari 20 biji kakao yang diisolasi pada media PSA. Selanjutnya, persen infeksi dihitung dengan rumus:

$$\text{Persen biji yang terinfeksi (\%)} = \frac{\text{Jumlah biji berjamur}}{\text{Jumlah biji yang diamati}} \times 100\%$$

3.5.3 Kekayaan Jenis Jamur

Kekayaan jenis adalah jumlah jenis (spesies) dalam suatu komunitas. Dalam hal ini, kekayaan jenis yang dimaksud adalah jumlah jenis (spesies) jamur yang ditemukan pada biji kakao yang diisolasi dalam cawan yang berisi media PSA. Variabel pengamatan yang diamati adalah kekayaan jenis jamur pada biji kakao non sterilisasi kloroks dan kekayaan jenis jamur pada biji kakao yang disterilisasi kloroks. Perhitungan kekayaan jenis jamur yang tumbuh dilakukan dengan menghitung jumlah spesies jamur yang dibedakan atas warna dan bentuk koloninya. Hasil Perhitungan ini akan dikaji ulang berdasarkan hasil identifikasi jamur. Hal ini dilakukan agar terjadi sinkronisasi antara jenis jamur yang sudah teridentifikasi dengan data kekayaan jenis jamurnya.

3.5.4 Persentase Frekuensi Kemunculan Jenis Jamur

Frekuensi kemunculan jenis jamur adalah jumlah kemunculan dari setiap spesies jamur yang dijumpai dari seluruh cawan yang diamati. Perhitungan persentase frekuensi kemunculan jenis jamur dilakukan dengan rumus berikut.

$$\% \text{ FM kemunculan jenis jamur } x = \frac{\sum \text{Cawan yang ditumbuhi jenis jamur } x}{\text{seluruh cawan yang diamati}} \times 100\%.$$

$$\% \text{ FN kemunculan jenis jamur } x = \frac{\% \text{ FM kemunculan jenis jamur } x}{\sum \% \text{ FM Seluruh jenis jamur}} \times 100\%.$$

Keterangan:

FM: Frekuensi Mutlak

FN: Frekuensi Nisbi

3.5.5 Persentase Biji Terfermentasi

Persentase biji terfermentasi dilakukan dengan menggunakan uji belah. Uji ini dilakukan pada sampel biji kakao yang difermentasi dengan cara membelah sebanyak 50 biji kakao. Selanjutnya, diamati satu per satu warna dari keping biji kakao kemudian dicocokkan berdasarkan klasifikasinya, yaitu warna slaty dimasukkan ke dalam kelas biji tidak terfermentasi (*unfermented*), warna ungu dominan terhadap coklat dimasukkan ke dalam biji setengah terfermentasi (*underfermented*), dan coklat dominan dimasukkan ke dalam kelas biji terfermentasi sempurna (*fermented*) (Aryani dkk., 2018). Selanjutnya data yang diperoleh dihitung persentasenya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Biji tidak terfermentasi} = \frac{\Sigma \text{ belahan biji berwarna slaty}}{\text{belahan total biji kakao}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Biji setengah terfermentasi} = \frac{\Sigma \text{ belahan biji berwarna ungu}}{\text{belahan total biji kakao}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Biji terfermentasi sempurna} = \frac{\Sigma \text{ belahan biji berwarna coklat}}{\text{belahan total biji kakao}} \times 100\%.$$

3.5.6 Kadar Air Biji Kakao

Kadar air sampel biji kakao yang diuji sebanyak 3 biji pada masing-masing perlakuan. Kadar air biji kakao dihitung dengan cara ditimbang menggunakan timbangan analitik untuk menghitung bobot awal (B0). Selanjutnya, biji kakao dikeringkan dalam oven, lalu diukur bobotnya untuk mengetahui bobot akhir (B1). Setelah itu, dihitung selisih bobot awal dan bobot akhir untuk memperoleh

$$\text{kadar air biji kakao dengan rumus: } KA = \frac{B0-B1}{B0} \times 100\%.$$

3.6 Analisis Data

Hasil identifikasi jamur disajikan dalam bentuk deskriptif, sedangkan data hasil pengamatan persentase biji terinfeksi jamur, persentase frekuensi kemunculan jenis jamur, kadar air biji kakao, dan persentase biji terfermentasi disajikan dalam bentuk kuantitatif. Data kekayaan jenis jamur diuji homogenitas ragamnya dengan menggunakan uji Bartlett dan additivitas data dengan menggunakan uji Tukey. Jika kedua hasil memenuhi asumsi, maka data dianalisis dengan sidik ragam dan untuk menguji pemisah nilai tengah menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Data kekayaan jenis jamur juga diuji t pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan kekayaan jenis jamur antara biji kakao non sterilisasi kloroks dengan biji kakao sterilisasi kloroks.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Jenis jamur yang ditemukan pada biji kakao fermentasi sebanyak 9 jenis, yaitu *Geotrichum* sp., *Rizoctonia* sp., *Phytophthora* sp., *Cladosporium* sp., *Mucor* sp., *A. tamarii*, *A. niger*, *P. digitatum*, dan *A. flavus*, sedangkan pada biji kakao non fermentasi ditemukan jamur sebanyak 11 jenis, yaitu *Geotrichum* sp., *Rizoctonia* sp., *Phytophthora* sp., *A. niger*, *P. digitatum*, *P. chrysogenum*, *Cladosporium* sp., *Mucor* sp., *A. tamarii*, *Fusarium* sp. dan *A. fumigatus*.
2. Fermentasi berpengaruh nyata terhadap kekayaan jenis jamur yang tumbuh pada biji kakao tanpa sterilisasi kloroks maupun biji kakao yang disterilisasi kloroks. Kekayaan jenis jamur pada biji kakao fermentasi rumah kaca berbeda nyata lebih tinggi daripada biji kakao fermentasi Pesawaran tanpa sterilisasi kloroks maupun yang disterilisasi kloroks, fermentasi Lampung Timur dan non fermentasi Pesawaran yang disterilisasi kloroks, akan tetapi tidak berbeda nyata dengan fermentasi biji kakao lainnya.
3. Persentase biji kakao yang terinfeksi jamur paling rendah terdapat pada fermentasi Lampung Timur baik yang diberi perlakuan kloroks maupun tanpa kloroks, sebaliknya persentase biji kakao yang terinfeksi jamur paling tinggi pada biji kakao tanpa perlakuan kloroks adalah fermentasi rumah kaca, non fermentasi Pesawaran, dan non fermentasi rumah kaca, serta biji kakao fermentasi rumah kaca yang diberi perlakuan kloroks.

4. Persentase frekuensi kemunculan jenis jamur paling tinggi pada biji kakao yang diberi perlakuan kloroks maupun tanpa kloroks adalah Jamur *Rhizoctonia* sp. sebaliknya, persentase frekuensi kemunculan jenis jamur paling rendah pada biji kakao yang diberi perlakuan kloroks adalah *A. fumigatus* dan *P. digitatum* pada perlakuan tanpa kloroks.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan, saran untuk penelitian berikutnya diperlukan peralatan dan bahan yang memadai agar hasil yang diperoleh lebih maksimal. Selain itu, perlu dilakukan identifikasi jamur secara molekuler dan pengujian kadar mikotoksin yang dihasilkan setiap jenis jamur yang tumbuh agar dapat diketahui identitas jamur secara akurat dan potensinya dalam menghasilkan senyawa mikotoksin.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaria, W., Iflah, T., dan Harni, R. 2014. *Dampak Kerusakan oleh Jamur Kontaminan pada Biji Kakao serta Teknologi Pengendaliannya*. Bunga Rampai Inovasi Teknologi Bioindustri Kakao. IAARD Press. Jakarta.
- Amin, S. 2005. *Teknologi Pascapanen Kakao Untuk Masyarakat Perakaoan Indonesia*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Amin, S. 2006. *Biji Kakao Dijemur atau Dikeringkan*. Direktorat Teknologi Proses Industri-BPP Teknologi. Jember.
- Amran, Rahim, I., dan Darmawan. 2018. Penanganan pascapanen kakao (*Theobroma cocoa* l.) pada tingkat petani di Desa Kalukku, Kecamatan Kalukku, Kabupaten Mamuju. *Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Tanggal 9-10 April 2018*. Makasar. pp. 185-190
- Ardhayanti, R. 2020. *Modul Panen dan Pasca Panen Kakao*. Balai Besar Pelatihan Pertanian (BBPP). Batangkaluku.
- Arfani, M.I., Yulianty, dan Lande, M.L. 2013. Inventarisasi jenis-jenis jamur pada tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) di Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Ilmiah: Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayat*. 1(2): 96-102.
- Ariyanti, M. 2017. Karakteristik mutu biji kakao (*Theobroma cacao* L) dengan perlakuanwaktu fermentasi berdasar SNI 2323-2008. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. 12(1): 34-42.
- Aryani, N.L.P.N.A., Yulianti, N.L., dan Arda, G. 2018. Karakteristik biji kakao hasil fermentasi kapasitas kecil dengan jenis wadah dan lama fermentasi yang berbeda. *Jurnal Beta*. 6(1): 17-24.
- Asrul. 2009. Populasi jamur mikotoksigenik dan kandungan aflatoksin pada beberapa contoh biji kakao (*Theobroma cacao* L.) asal Sulawesi Tengah. *Jurnal Agroland*. 16 (3) : 258-267.

- Barnett, H. L. 1962. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi (Second Edition)*. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. 225 p.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Statistik Kakao Indonesia 2021*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standarisasi Biji Kakao SNI 2323-2008*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Botutihe, F., Kusumaningrum, M.Y., dan Jambang, N. 2020. Strategi pemenuhan syarat mutu Standar Nasional Indonesia (SNI) biji kakao fermentasi. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 21(3): 191-202.
- Fardiaz, S. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. Departemen Pendidikan dan kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gusti, I.A., Haryono, D., dan Prasmatiwi, F.E. 2013. Pendapatan rumah tangga petani kakao di Desa Pesawaran Indah Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Ilmu Ilmu Agribisnis*. 1(4): 278-283.
- Gonibala, M., Rawung, H., dan Ludong, M.M. 2019. Kajian fermentasi biji kakao (*Theobroma Cacao* L.) menggunakan fermentor tipe kotak dinding ganda dengan aerasi. *Cocos*. 1(1): 1-10.
- Hakiki, I. 2016. Jenis Kapang Pada Substrat Serasah Daun Tumbuhan di Hutan Kota Jantho sebagai Referensi Matakuliah Mikolog. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam. Banda Aceh.
- Hamzah, P., Subandiyah, S., Wibowo, A., dan Farhanah, A. 2021. Variabilitas morfologi *Rhizoctonia solani* penyebab penyakit hawar pelepah padi di Sulawesi Selatan. *Jurnal Agrisistem*. 17(1): 40-45.
- Handajani, N.S. dan Setyaningsih, R. 2006. Identifikasi jamur dan deteksi aflatoksin b1 terhadap petis udang komersial. *Biodiversitas*. 7 (3): 212-215.
- Haryadi, M. dan Supriyanto. 1991. *Pengolahan Kakao Menjadi Bahan Makanan*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi UGM. Yogyakarta.
- Helena, P. 2022. Identifikasi Jamur Mikroskopis Pembusuk Buah-Buahan dalam Bentuk Preparat sebagai Bahan Ajar Mikologi. *Skripsi*. Universitas Jambi. Jambi.
- Heo, S., Park, J., Lee, K.G., Lee, J.H., and Jeong, D.W. 2023. Quality characteristics of soybean fermented by *Mucor*, *Rhizopus*, and *Aspergillus* from meju. *Heliyon*. 9(3): 1-9.

- Iflah, T. dan Towaha, J. 2015. Perbedaan tingkat kematangan buah dan lama fermentasi terhadap kualitas biji kakao. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*. 21(3): 14-17.
- Istikorini, Y. dan Sari, O.Y. 2020. Survey dan identifikasi penyebab penyakit *damping-off* pada sengon (*Paraserianthes falcataria*) di Persemaian Permanen IPB. *Jurnal Sylva Lestari*. 8(1): 32-41.
- Ithriah, S.A. 2016. Analisis Produksi Perkebunan Kakao untuk Meningkatkan Produktivitas Dengan Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamik. *Tesis*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Surabaya.
- Jayshree, T. and Seema, J. 2018. Morphological and molecular study of *Aspergillus tamarii* Kita. *Bulletin of Pure and Applied Sciences*. 37(2): 124-129.
- Juniawan, Mulyono, S., Murdani, Pukesmawati, E.S., dan Ardhayanti, R. 2017. *Pelatihan Budidaya Berkelanjutan (Good Agriculture Practices-GAP) dan Pasca Panen (Post-Harvest) Kakao*. Badan Penyuluh dan Pengembangan SDM Pertanian Republik Indonesia. Jakarta.
- Khairurrahman, M.S. 2023. Uji Antagonis Jamur *Mucor* sp. dan *Trichoderma harzianum* terhadap Jamur *Penicillium digitatum* Penyebab Penyakit *Green Mold* pada Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) Secara *in vitro*. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Kurinasari, N., Hidayati, N.A., dan Wahyuni, T. 2019. Identifikasi cendawan yang berpotensi menyebabkan penyakit busuk kuning pada batang tanaman buah naga. *Ekotonia: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*. 4(1): 1-6.
- Marwati, T. 2017. Penghambatan pertumbuhan mikotoksin memproduksi jamur oleh bakteri asam laktat yang diisolasi dari biji kakao fermentasi (*Theobroma cocoa* L.) di Indonesia. *Prosiding Konferensi ASEAN Ke 15 Tentang Ilmu dan Teknologi Pangan Tanggal 14-17 November 2017*. Ho Chi Minh.
- Maryam, R. 2006. Pengendalian terpadu kontaminasi mikotoksin. *Wartazoa*. 16 (1): 21-30.
- Melsilawati, W., Khotimah, S., dan Rizalinda. 2012. Jamur yang terdapat pada tubuh Lalat Rumah (*Musca domestica* L., 1758). *Jurnal Protobiont*. 1(1): 12-19.
- Misnawi, Suharyanto, E., Mulato, S., dan Widoyotomo. 2002. *Pengolahan Coklat*. Fatemta IPB. Bogor.

- Motulo, H.F.J., Sinaga, M.S., Hartana, A., Suastika, G., dan Aswidinnoor, H. 2007. Karakter morfologi dan molekuler isolat *Phytophthora palmivora* asal kelapa dan kakao. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 13(3): 111-118.
- Munarso, S.J. 2016. Penanganan pascapanen untuk peningkatan mutu dan daya saing komoditas kakao. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 35(3): 111-120.
- Nasution, M.Z., Tjiptadi, W., dan Laksmi, B.S. 1985. *Pengolahan Cokelat*. Agroindustri Press. Bogor.
- Nurhayati, Utami, R.R., dan Yusdianto. 2019. Teknologi digital sensor warna untuk mengukur tingkat fermentasi kakao. 14(2): 16-23.
- Pelczar, M.J. dan Chan, E.C.S. 2005. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. UI-Press. Jakarta.
- Permana, I.D.G.M., Sudjatha, W., dan Martini, Y. 1997. Pengaruh lama penyimpanan buah dan lama fermentasi terhadap mutu biji kakao kering. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 3(1): 31-36.
- Pradnyawathi, N.L.M., Wijaya, I.K.A., Sutedja, I.N., dan Astiningsih, A.A.M. 2018. Kajian beberapa cara fermentasi yang dilakukan oleh petani terhadap mutu biji kakao (*Theobroma cacao* L.). *Agrotrop*. 8 (2): 189-196.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2008. *Budidaya Kakao*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian. 2019. *Hulu Hilir Kakao*. Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian. Bogor.
- Putri, M.C., Erina., Abrar, M., dan Daud, M. 2021. Isolasi dan identifikasi *Aspergillus* sp. pada kantung hawa puyuh (*Cortunix Japonica*). *Acta Veterinaria Indonesiana*. 9 (2): 134-142.
- Rahmadi, A. dan Fleet, G.H. 2008. The occurrence of mycotoxigenic moulds in cocoa beans from Indonesia and Queensland. *Proceeding: International Seminar on Food Science, 31 July and 1 August 2008*. Semarang.
- Rohimin, I. dan Hamawi, M. 2021. Lubang kotak fermentasi meningkatkan kualitas biji kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan kotak *styrofoam*. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-11 Tanggal 27 Oktober 2021*. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. Hlm 56-61.
- Rubiyo dan Siswanto. 2012. Peningkatan produksi dan pengembangan kakao (*Theobroma cacao* L.) di Indonesia. *Buletin Ristri*. 3 (1): 33-48.

- Samson, R. A. 2019. *Training Cours 2019 for the Identification of Aspergillus and Fusarium*. Fungal Biodiversity Institute. Netherlands.
- Samudra, U. 2005. *Bertanam Coklat*. Musa Perkasa Utama. Jakarta.
- Schwan, R.F. and Wheals, A.E., 2004. The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 44: 1-17.
- Serf, A.F. and Macnab, A.A. 1986. *Vegetable Disease and Their Control, 2nd ed.* John Wiley & Sons. New York.
- Srikandi, F. 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Suhartina, Kandou, F.E.F., dan Singkoh, M.F.O. 2018. Isolasi dan identifikasi jamur endofit pada tumbuhan paku *Asplenium nidus*. *Jurnal Mipa Unsrat Online*. 7(2): 24-28.
- Sumartini. 2012. Penyakit tular tanah (*Sclerotium rolfsii* dan *Rhizoctonia solani*) pada tanaman kacang kacangan dan umbi-umbian serta cara pengendaliannya. *Jurnal Litbang Pertanian*. 31(1): 27-34.
- Surti, K. 2012. Pemanfaatan marka molekuler untuk mendukung perakitan kultivar unggul kakao (*Theobroma cacao* L.) *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suryani, Y., Taupiqurrahman, O., dan Kulsum, Y. 2020. *Mikologi*. PT Frelina Cipta Granesia. Padang.
- Syatrawati dan Inderiati, S. 2018. Identifikasi cendawan pada biji kakao kering ditingkat petani. *Jurnal Agroplantae*. 7(2): 8-13.
- Tambunan, L. R., Proborini, M., dan Astit, P.A. 2018. Eksplorasi spatial dan identifikasi cendawan endofit pada tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) di Bali. *Jurnal Simbiosis*. 6(1): 1-6.
- Turda, C. 2013. *Geotrichum* infection, clinical significance. Univesitatii din Oradea. Romania. *Artikel Ilmiah*. XII/B: 391-396.
- Umayah, A. dan Purwantara, A. 2006. Identifikasi isolat *Phytophthora* asal kakao. *Menara Perkebunan*. 74(2): 76-85.
- Wangge, E.S.A., Suprpta, D.N., dan Wirya, G.N.A.S. 2012. Isolasi dan identifikasi jamur penghasil mikotoksin pada biji kakao kering yang dihasilkan di Flores. *Journal of Agricultural Science and Biotechnology*. 1(1): 39-47.

- Watanabe, T. 1987. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured 58 Fungi and Key to Species*. Ed ke-2. CRC Press LLC. Florida (US).
- Yuan, X., Meng, K., Shi, S., Wu, Y., Chen, X., OuYang, Q., dan Tao, N. 2023. Trans-2-hexenal inhibits the growth of imazalil-resistant *Penicillium digitatum* Pdw03 and delays green mold in postharvest citrus. *Postharvest Biology and Technology*. 199: 112304.
- Yusuf, E.S., Nuryani, W., dan Hanudin. 2016. Isolasi dan identifikasi mikoparasit utama pada karat krisan. *Jurnal Hortikultura*. 26 (2): 217-222.
- Zakaria, L., Yan, C.Y., Mohd, M.H., Kamaruddin, N.A., dan Azuddin, N.F. 2021. Characterisation and pathogenicity of *Aspergillus tamaris* causing banana fruit rot. *Tropical Life Sciences Research*. 32(3): 179-187.