

**PENGARUH *COATING* MENGGUNAKAN EKSTRAK
KULIT JERUK MANIS SELAMA PENYIMPANAN
TERHADAP VIABILITAS DAN VIGOR
BENIH KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

SKRIPSI

Oleh :

**SUCI SALSABILLA
NIM. 2210241003**

**Dosen Pembimbing:
Wulan Kumala Sari, S.P., M.P., Ph.D
Dewi Rezki, S.P., M.P**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
DHARMASRAYA
2026**

**PENGARUH *COATING* MENGGUNAKAN EKSTRAK
KULIT JERUK MANIS SELAMA PENYIMPANAN
TERHADAP VIABILITAS DAN VIGOR
BENIH KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
DHARMASRAYA
2026**

PERNYATAAN ORISINILITAS SKRIPSI

Dengan ini dinyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh *Coating* Menggunakan Ekstrak Kulit Jeruk Manis Selama Penyimpanan Terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Kakao (*Theobroma cacao* L.)” adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi.

Dharmasraya, Juli 2026

Suci Salsabilla
NIM. 2210241003



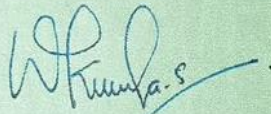
**PENGARUH COATING MENGGUNAKAN EKSTRAK
KULIT JERUK MANIS SELAMA PENYIMPANAN
TERHADAP VIABILITAS DAN VIGOR
BENIH KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

Oleh

SUCI SALSABILLA
NIM. 2210241003

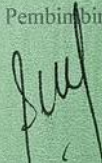
MENYETUJUI:

Dosen Pembimbing I



Wulan Kumala Sari, S.P., M.P., Ph.D
NIP. 198802072015042003

Dosen Pembimbing II



Dewi Rezki, S.P., M.P
NIP. 198501202010012022

Dekan Fakultas Pertanian Universitas
Andalas



Prof. Dr. Ir. Indra Dwipa, M.S
NIP. 196502201989031003

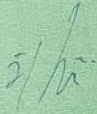
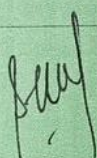
Koordinator Program Studi
Agroteknologi



Dede Suhendra, S.P., M.P
NIP. 199203302019031010

Tanggal disahkan: 22 Juli 2026

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan sidang panitia ujian sarjana
Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Pada tanggal 22 Juli 2026

NO	NAMA	TANDA TANGAN	JABATAN
1.	Dede Suhendra, S.P., M.P		Ketua
2.	Nike Karjunita, S.P., M.Si		Sekretaris
3.	Desfal Triarti, S.P., M.P		Anggota
4.	Dewi Rezki, S.P., M.P		Anggota

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil'alamin...

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan kemudahan yang senantiasa diberikan kepada penulis. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW sebagai teladan bagi seluruh umat.

Sebuah karya sederhana ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta yaitu Bapak Kiki Suhendry dan Ibu April Yanti. Terima kasih atas segala kasih sayang, doa, dan pengorbanan yang tiada pernah berhenti. Terimakasih telah menjadi sumber kekuatan terbesar dalam hidup penulis, yang terus mendorong untuk tidak menyerah, bahkan disaat segalanya terasa berat. Tanpa kehadiran dan cinta tulus kalian, mungkin langkah ini tak akan pernah sampai sejauh ini.

Terima kasih kepada nenek dan uncu saya, yaitu Ibu Asmaniar dan Bapak Budi Kurniawan atas doa, semangat dan dukungan yang selalu diberikan selama penulis menempuh pendidikan.

Terima kasih kepada kedua adik tercinta yaitu Muhammad Habil dan Muhammad Afgan yang menjadi motivasi bagi penulis untuk terus belajar, berkembang, dan berusaha menjadi kakak yang dapat dibanggakan.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing saya yaitu Ibu Wulan Kumala Sari, S.P., M.P., Ph.D. dan Ibu Dewi Rezki, S.P., M.P yang selalu memberikan arahan, motivasi dan selalu sabar dalam membimbing saya untuk menyelesaikan sebuah karya sederhana ini. Saya bersyukur atas semua kemudahan dan kesulitan yang telah dilalui dan menjadi motivasi untuk saya lebih baik kedepannya.

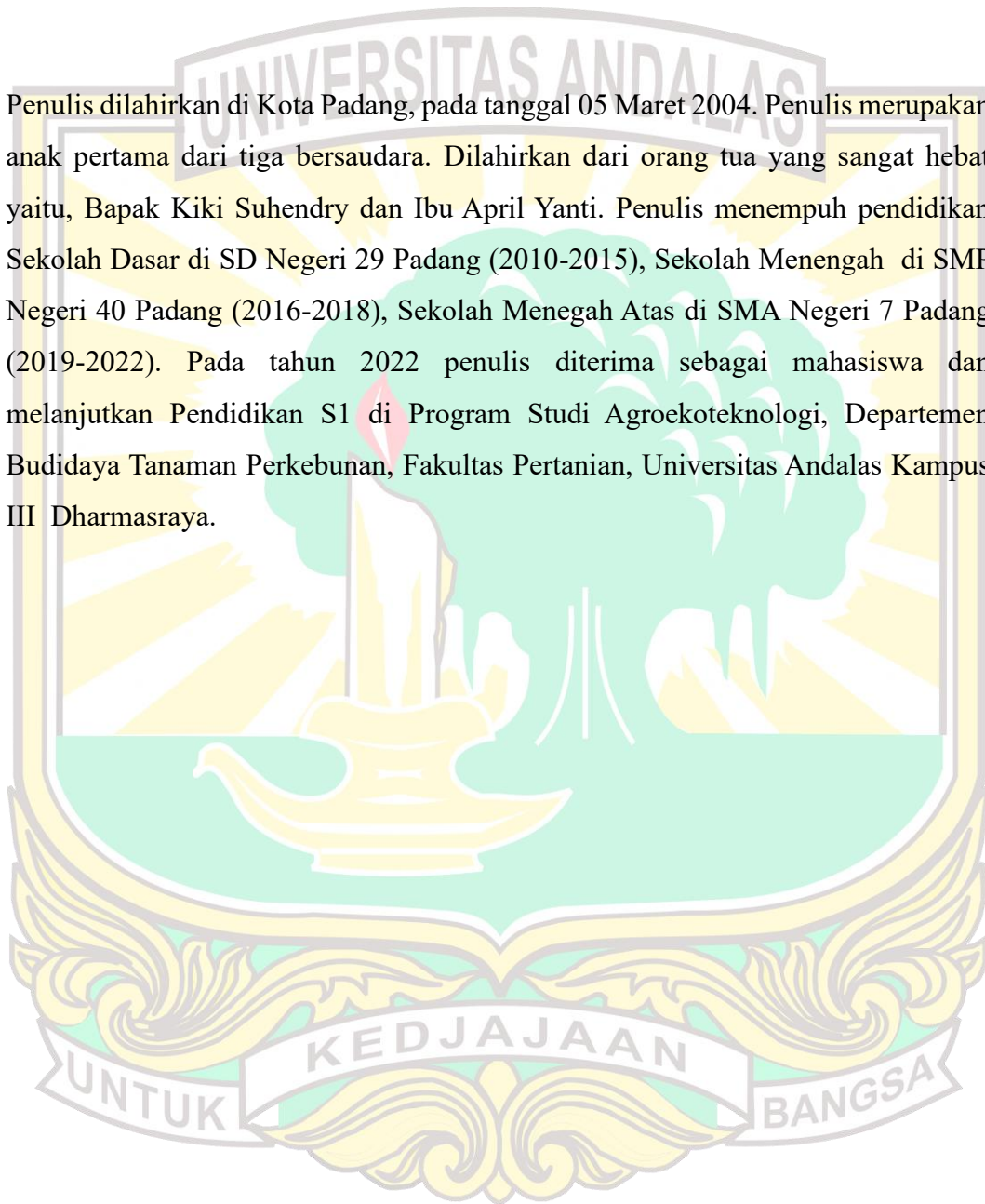
Terima kasih kepada rekan seperjuangan saya, yaitu Rani, Ifthih, Andana, Putri, Aysyah, dan Ami, yang telah memberikan dukungan, membantu penulis selama proses penelitian, serta menjadi tempat berbagi cerita dan keluh kesah.

Last but not least, terima kasih untuk diri sendiri yaitu Suci salsabilla. Terima kasih karna selalu mau belajar, dan berusaha memberikan yang terbaik

disetiap langkah serta tetap terbuka untuk hal yang sebelumnya mungkin terasa asing dan tidak mudah.

BIODATA

Penulis dilahirkan di Kota Padang, pada tanggal 05 Maret 2004. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Dilahirkan dari orang tua yang sangat hebat yaitu, Bapak Kiki Suhendry dan Ibu April Yanti. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 29 Padang (2010-2015), Sekolah Menengah di SMP Negeri 40 Padang (2016-2018), Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 7 Padang (2019-2022). Pada tahun 2022 penulis diterima sebagai mahasiswa dan melanjutkan Pendidikan S1 di Program Studi Agroekoteknologi, Departemen Budidaya Tanaman Perkebunan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas Kampus III Dharmasraya.



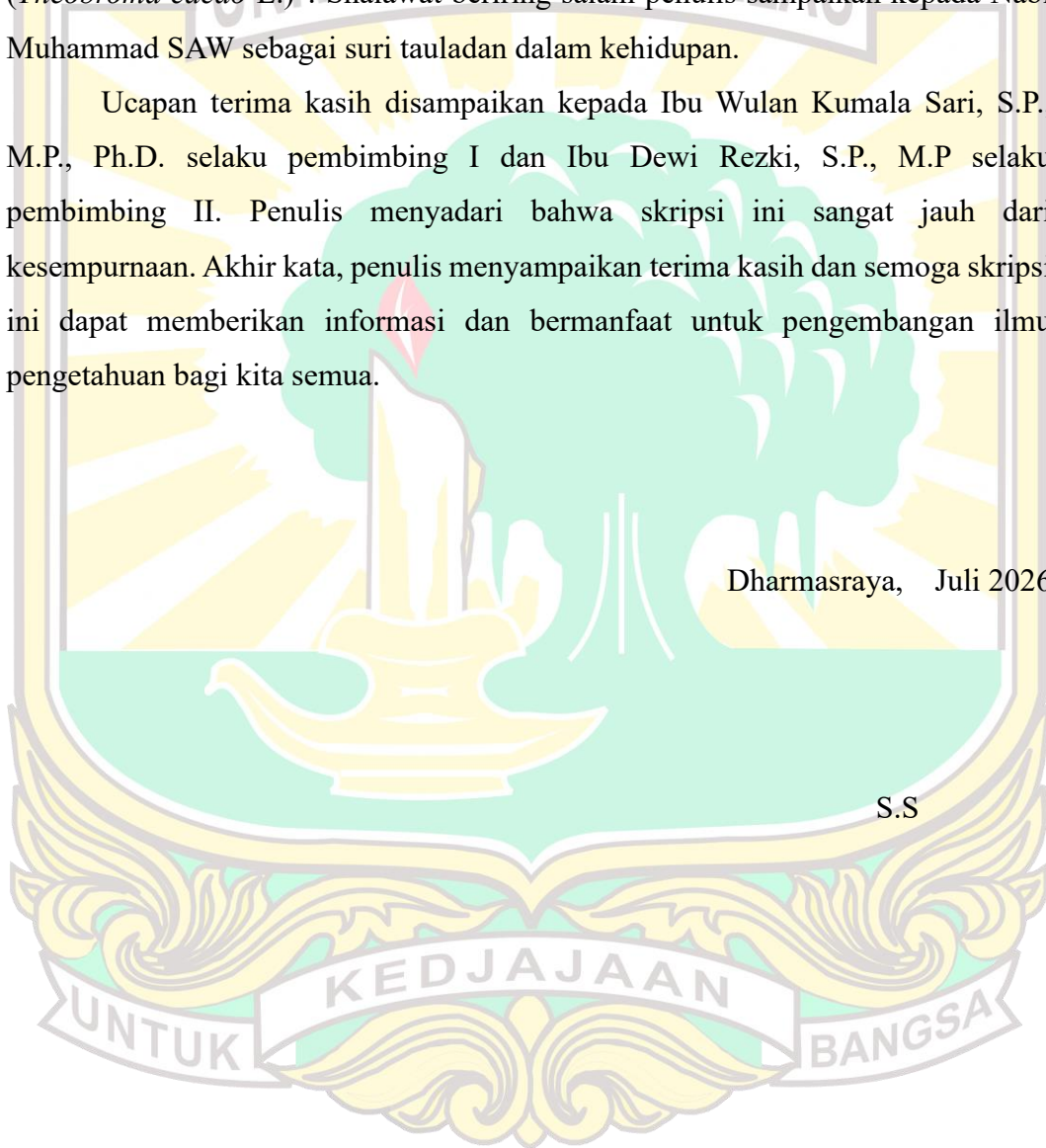
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Pengaruh *Coating* Menggunakan Ekstrak Kulit Jeruk Manis selama Penyimpanan terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Kakao (*Theobroma cacao* L.)”. Shalawat beriring salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan dalam kehidupan.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ibu Wulan Kumala Sari, S.P., M.P., Ph.D. selaku pembimbing I dan Ibu Dewi Rezki, S.P., M.P selaku pembimbing II. Penulis menyadari bahwa skripsi ini sangat jauh dari kesempurnaan. Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan bagi kita semua.

Dharmasraya, Juli 2026

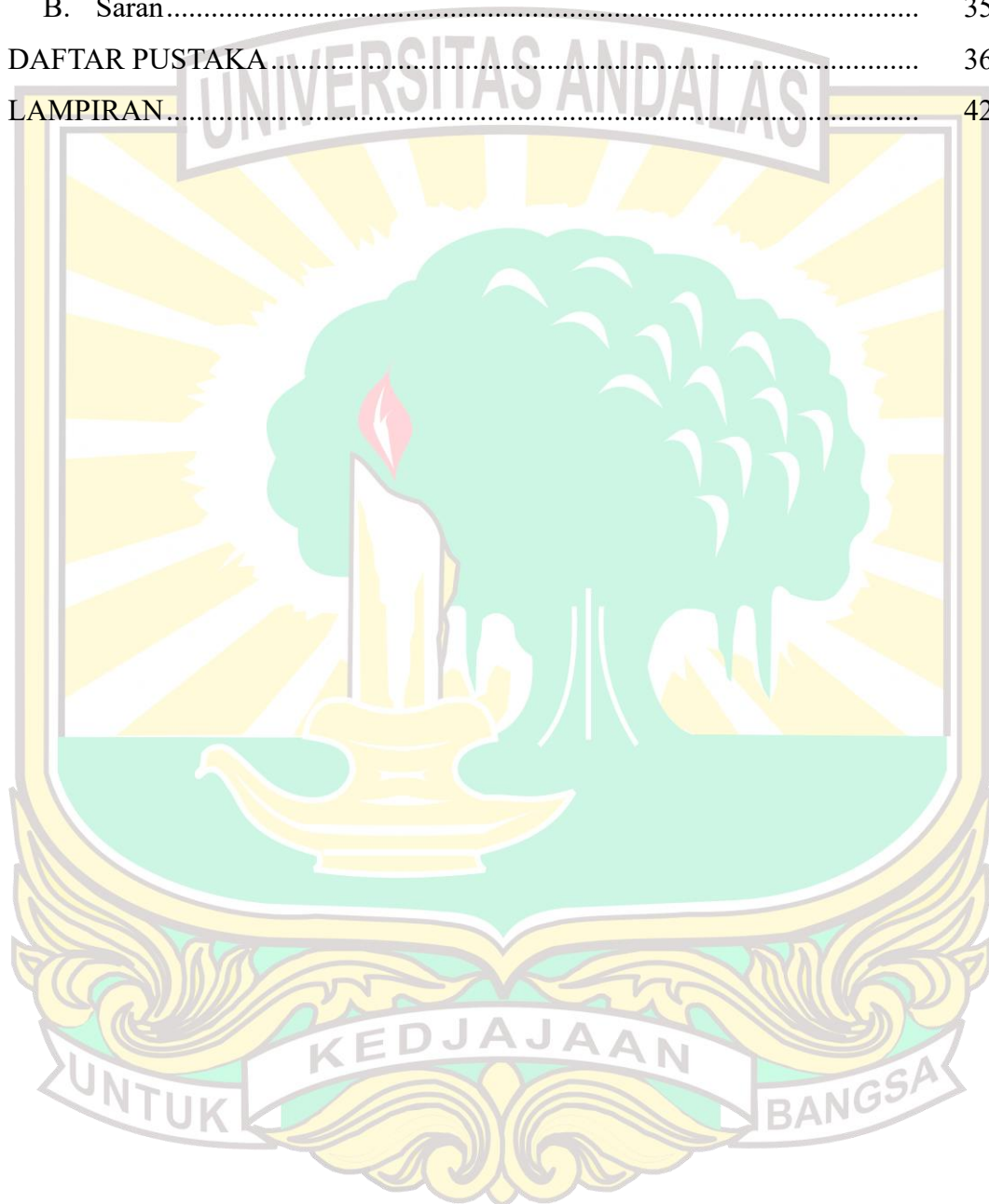
S.S



DAFTAR ISI

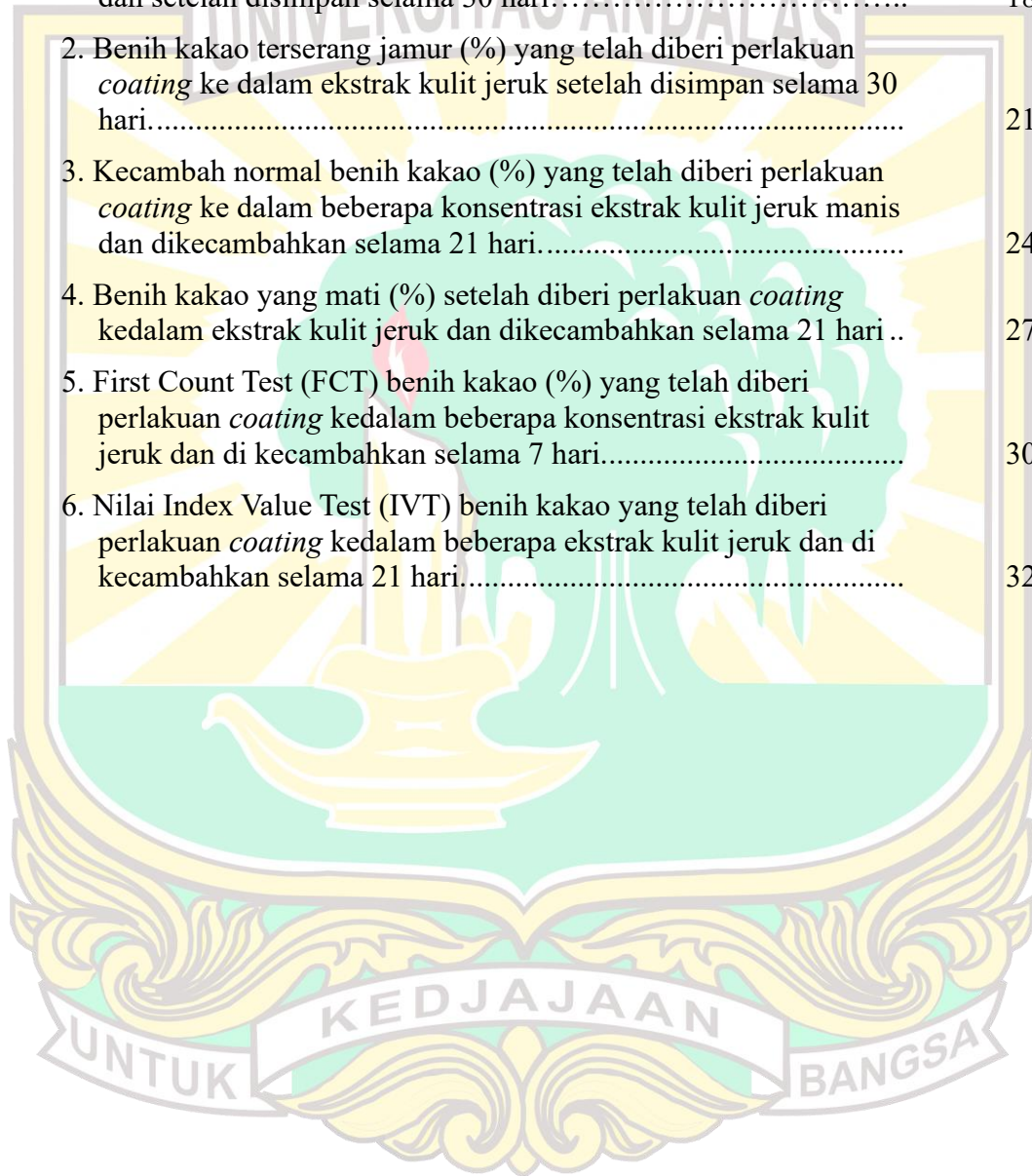
	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Tanaman Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	5
B. Benih Kakao.....	5
C. Viabilitas dan Vigor.....	7
D. Penyimpanan Benih Kakao.....	8
E. Pelapisan (<i>Coating</i>) dengan Pektin dari Kulit Jeruk Manis pada Benih Kakao.....	10
BAB III. METODE PENELITIAN.....	12
A. Tempat dan Waktu.....	12
B. Bahan Penelitian.....	12
C. Peralatan Penelitian.....	12
D. Rancangan Penelitian.....	12
E. Prosedur Penelitian.....	13
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
A. Kadar Air Benih Sebelum dan Setelah Penyimpanan.....	18
B. Benih Berjamur Selama Penyimpanan.....	21
C. Kecambah Normal Setelah Penyimpanan.....	24
D. Benih Mati Setelah Penyimpanan.....	27

E. First Count Test (FCT) Setelah Penyimpanan.....	30
F. Indeks Value Test (IVT) Setelah Penyimpanan.....	32
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
A. Kesimpulan.....	35
B. Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN.....	42



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kadar air benih kakao (%) yang telah diberi perlakuan <i>coating</i> dengan beberapa konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis sebelum dan setelah disimpan selama 30 hari.....	18
2. Benih kakao terserang jamur (%) yang telah diberi perlakuan <i>coating</i> ke dalam ekstrak kulit jeruk setelah disimpan selama 30 hari.....	21
3. Kecambah normal benih kakao (%) yang telah diberi perlakuan <i>coating</i> ke dalam beberapa konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis dan dikecambahkan selama 21 hari.....	24
4. Benih kakao yang mati (%) setelah diberi perlakuan <i>coating</i> kedalam ekstrak kulit jeruk dan dikecambahkan selama 21 hari ..	27
5. First Count Test (FCT) benih kakao (%) yang telah diberi perlakuan <i>coating</i> kedalam beberapa konsentrasi ekstrak kulit jeruk dan di kecambahkan selama 7 hari.....	30
6. Nilai Index Value Test (IVT) benih kakao yang telah diberi perlakuan <i>coating</i> kedalam beberapa ekstrak kulit jeruk dan di kecambahkan selama 21 hari.....	32



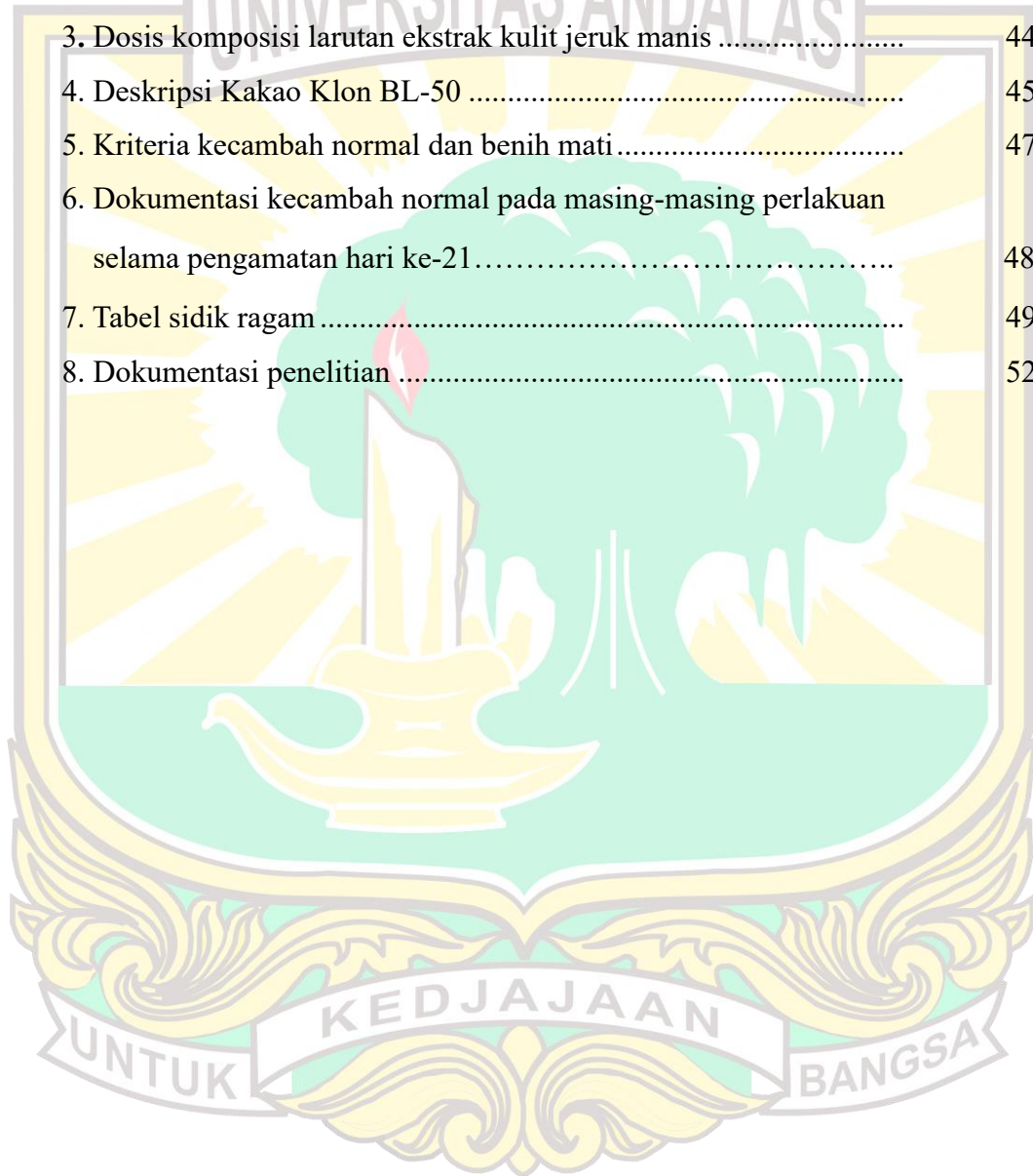
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kecambah normal benih kakao pada hari ke-21 pengamatan, (a) konsentrasi 0%, (b) konsentrasi 1%, (c) konsentrasi 1,5%, (d) konsentrasi 2%, (e) konsentrasi 2,5% ekstrak kulit jeruk manis.	27
2. Kondisi benih kakao yang mati pada hari ke- 21 pengamatan, a) benih lunak dan b) benih berjamur.	29



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Jadwal kegiatan penelitian	42
2. Denah penempatan plot percobaan berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL)	43
3. Dosis komposisi larutan ekstrak kulit jeruk manis	44
4. Deskripsi Kakao Klon BL-50	45
5. Kriteria kecambah normal dan benih mati	47
6. Dokumentasi kecambah normal pada masing-masing perlakuan selama pengamatan hari ke-21	48
7. Tabel sidik ragam	49
8. Dokumentasi penelitian	52



**PENGARUH *COATING* MENGGUNAKAN EKSTRAK
KULIT JERUK MANIS SELAMA PENYIMPANAN
TERHADAP VIABILITAS DAN VIGOR
BENIH KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

ABSTRAK

Benih kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan benih rekalsitran yang memiliki viabilitas dan vigor rendah setelah disimpan karena kadar airnya sulit dipertahankan selama penyimpanan. Kondisi tersebut menjadi kendala dalam penyediaan benih bermutu sehingga diperlukan upaya untuk mempertahankan mutu fisiologis benih. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah *coating* menggunakan ekstrak kulit jeruk manis yang mengandung pektin serta senyawa bioaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *coating* berbahan ekstrak kulit jeruk manis terhadap viabilitas dan vigor benih kakao selama penyimpanan serta menentukan konsentrasi ekstrak yang efektif. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Benih, Fakultas Pertanian Universitas Andalas Kampus III Dharmasraya pada bulan Desember 2025 sampai Maret 2026 menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima taraf konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis (0%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5%) yang diulang empat kali. Data dianalisis menggunakan uji F dan dilanjutkan dengan *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *coating* berbahan ekstrak kulit jeruk manis mampu mempertahankan kadar air benih sebelum penyimpanan, menurunkan persentase benih berjamur dan benih mati, serta meningkatkan persentase kecambah normal, nilai *First Count Test* (FCT), dan *Index Value Test* (IVT). Konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis 2% merupakan konsentrasi yang efektif untuk mempertahankan mutu fisiologis benih kakao selama penyimpanan.

Kata kunci: Benih kakao, *coating* benih, ekstrak kulit jeruk manis, mutu fisiologis, penyimpanan benih

EFFECT OF COATING USING SWEET ORANGE PEEL EXTRACT DURING STORAGE ON THE VIABILITY AND VIGOR OF CACAO (*Theobroma cacao* L.) SEEDS

ABSTRACT

Cacao (*Theobroma cacao* L.) seed is classified as recalcitrant seeds, which exhibit low viability and vigor after storage due to the difficulty of maintaining their moisture content during the storage period. This condition poses a significant challenge in the provision of high-quality seeds, thereby necessitating efforts to preserve their physiological quality. One potential approach is seed coating using sweet orange peel extract, which contains pectin and various bioactive compounds. The objectives of this study were to evaluate the effect of seed coating with sweet orange peel extract on the viability and vigor of cacao seeds during storage and to determine the most effective extract concentration. The research was conducted at the Seed Technology Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Andalas, the 3rd Campus in Dharmasraya, from December 2025 until March 2026. A Completely Randomized Design (CRD) was employed, consisting of five concentrations levels of sweet orange peel extract (0%, 1%, 1,5%, 2%, and 2,5%) which is repeated four times. Data were analyzed using analysis of variance (F-test), followed by *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) at the 5% significance level. The results indicated that seed coating with sweet orange peel extract was effective in maintaining seed moisture content prior to storage, reducing the percentage of mold-infected and dead seeds, and increasing the percentage of normal seedlings, First Count Test (FCT) values, and Index Value Test (IVT) scores. Among the tested concentrations, 2% sweet orange peel extract was found to be the most effective in preserving the physiological quality of cacao seeds during storage.

Keywords: Cacao seeds, physiological quality, seed coating, seed storage, sweet orange peel extract

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi penting di Indonesia. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2024), produksi kakao di Provinsi Sumatera Barat mengalami penurunan sekitar 15,6% dalam kurun waktu 2020 - 2024. Salah satu faktor yang memengaruhi kondisi tersebut adalah penggunaan benih yang belum bermutu (Kementan, 2024). Oleh karena itu, ketersediaan benih bermutu menjadi salah satu aspek penting dalam mendukung keberhasilan budidaya kakao.

Keberhasilan budidaya kakao sangat dipengaruhi oleh mutu benih yang digunakan. Namun, sifat rekalsitran benih kakao menyebabkan daya kecambahnya cepat menurun selama penyimpanan. Kondisi tersebut menjadi salah satu penyebab rendahnya produktivitas kakao, khususnya di Sumatera Barat. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang mampu mempertahankan mutu fisiologis benih selama penyimpanan sehingga viabilitas dan vigor benih tetap terjaga hingga waktu tanam.

Salah satu faktor yang menyebabkan mutu benih kakao sulit dipertahankan selama penyimpanan adalah sifat fisiologis benih yang tergolong rekalsitran. Karakteristik ini menyebabkan benih tidak mengalami masa dormansi dan mudah berkecambah selama penyimpanan. Akibatnya, viabilitas benih kakao hanya dapat dipertahankan selama 1-2 minggu setelah dikeluarkan dari buah kakao (Padi & Owusu, 2019). Penyimpanan benih kakao dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan kemunduran mutu fisiologis, yang ditandai dengan penurunan daya kecambah dan vigor benih (Nugroho *et al.*, 2018). Kemampuan benih untuk mempertahankan viabilitas selama penyimpanan berkaitan erat dengan kadar air yang dimilikinya. Menurut Musa *et al.* (2020), penurunan kadar air benih hingga dibawah ambang kritis (20-30%) dapat mempercepat kemunduran fisiologis dan menyebabkan kematian benih. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa benih kakao memerlukan perlakuan khusus selama penyimpanan agar penurunan mutu fisiologis dapat diperlambat.

Berbagai teknologi telah dikembangkan untuk mempertahankan mutu fisiologis benih selama penyimpanan, salah satunya melalui teknologi pelapisan

benih (*seed coating*) yaitu teknik pemberian lapisan berbahan tertentu pada permukaan benih. Perlakuan ini bertujuan mengurangi pengaruh kondisi lingkungan, mempertahankan kadar air benih, serta membantu menjaga daya simpan benih (Anisa *et al.*, 2017). Agustiansyah *et al.* (2016) menyatakan bahwa pelapisan benih dapat dilakukan dengan memanfaatkan berbagai jenis bahan, seperti kitosan, arabic gum, dan *carboxymethyl cellulose* (CMC) dan pektin.

Pektin berfungsi melindungi bahan dari degradasi yang disebabkan oleh panas, zat kimia, dan faktor biologis. Selain itu, pektin juga diketahui mampu mengikat air serta membentuk struktur gel (Dhaneswari *et al.*, 2015). Kulit berbagai buah, seperti lemon, anggur, dan jeruk, merupakan sumber alami pektin. Di antara jenis buah tersebut, kulit jeruk diketahui memiliki kandungan pektin yang relatif lebih tinggi (Roy *et al.*, 2023). Pektin yang diperoleh dari kulit jeruk manis berpotensi digunakan sebagai bahan pelapis benih karena sifatnya yang mampu membentuk gel dan mengikat air. Karakteristik tersebut membantu mempertahankan kelembapan benih selama penyimpanan sehingga risiko kehilangan air dapat dikurangi (Yapo, 2009). Selain meningkatkan nilai tambah limbah pertanian, pemanfaatan kulit jeruk manis sebagai sumber pektin juga berkontribusi terhadap pemanfaatan sumber daya yang lebih berkelanjutan (Kumoro *et al.*, 2018). Dengan melihat potensi tersebut, penting untuk menguji efektivitas pektin dari kulit jeruk manis sebagai bahan pelapis dalam memperpanjang daya simpan serta mempertahankan viabilitas dan vigor benih kakao (Mulyono & Pratiwi, 2020).

Menurut Tambunan *et al.* (2022) limbah kulit jeruk manis dapat diolah melalui proses ekstraksi untuk menghasilkan pektin dengan rendemen pektin kering yang diperoleh berkisar antara 17,08% hingga 31,81% dan kandungan metoksil sebesar 7,29-10,39%. Selanjutnya, Tinambunan & Amborowati (2024) mendapatkan kandungan pektin dari kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) sebesar 11,11% dan kadar metoksil sebesar 9-11%. Rahmanda *et al.* (2021) melaporkan bahwa ekstraksi kulit jeruk manis menghasilkan rendemen pektin sebesar 24,20% dengan kandungan metoksil yang termasuk dalam golongan tinggi, yaitu 12,47%. Kandungan pektin dan metoksil tersebut menunjukkan potensi kulit jeruk manis untuk dimanfaatkan sebagai bahan pelapis benih. Penelitian Anisa *et al.* (2017)

menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak kulit jeruk pada konsentrasi 1,5% mampu mempertahankan kadar air sekaligus menjaga daya berkecambah benih melon selama penyimpanan hingga minggu keempat.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa ekstrak kulit jeruk maupun pektin dapat dimanfaatkan sebagai bahan pelapis untuk mempertahankan mutu benih, seperti pada benih melon (Anisa *et al.*, 2017). Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada benih ortodoks yang memiliki karakter fisiologis berbeda dengan benih kakao. Hingga saat ini masih sangat terbatas informasi mengenai penggunaan ekstrak kulit jeruk manis sebagai bahan *coating* untuk mempertahankan viabilitas dan vigor benih kakao yang bersifat rekalsitran selama penyimpanan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan informasi tersebut.

Berdasarkan permasalahan menurunnya mutu fisiologis benih kakao selama penyimpanan, potensi ekstrak kulit jeruk manis sebagai sumber pektin alami, serta masih terbatasnya penelitian mengenai penggunaannya sebagai bahan *coating* pada benih kakao yang bersifat rekalsitran, maka dilakukan penelitian berjudul **"Pengaruh *Coating* Menggunakan Ekstrak Kulit Jeruk Manis selama Penyimpanan terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Kakao (*Theobroma cacao* L.)."** Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai efektivitas berbagai konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis dalam mempertahankan viabilitas dan vigor benih kakao selama penyimpanan.

B. Rumusan Masalah

1. Apakah berbagai konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis sebagai bahan *coating* memberikan pengaruh terhadap viabilitas dan vigor benih kakao (*Theobroma cacao* L.) selama penyimpanan?
2. Berapakah konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis yang paling efektif sebagai bahan *coating* dalam mempertahankan viabilitas dan vigor benih kakao (*Theobroma cacao* L.) selama penyimpanan?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh berbagai konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis sebagai bahan *coating* terhadap viabilitas dan vigor benih kakao (*Theobroma cacao* L.) selama penyimpanan.

2. Mengetahui konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis sebagai bahan *coating* yang paling efektif dalam mempertahankan viabilitas dan vigor benih kakao (*Theobroma cacao* L.) selama penyimpanan.

D. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi ilmiah mengenai pemanfaatan ekstrak kulit jeruk manis sebagai bahan *coating* dalam mempertahankan viabilitas dan vigor benih kakao selama penyimpanan, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang teknologi benih.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif teknologi *coating* benih berbahan alami yang mudah diperoleh, ramah lingkungan, dan berpotensi mempertahankan mutu fisiologis benih kakao selama penyimpanan, sekaligus meningkatkan nilai tambah limbah kulit jeruk manis.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan tropis yang berasal dari Amerika Tengah dan Amerika Selatan serta menjadi bahan baku utama industri cokelat (Wahyudi *et al.*, 2008). Di Indonesia, kakao memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan banyak dibudidayakan di berbagai daerah. Secara taksonomi, tanaman kakao termasuk divisi *Spermatophyta*, kelas *Dicotyledoneae*, ordo *Malvales*, famili *Sterculiaceae*, genus *Theobroma*, dan spesies *Theobroma cacao* L. (Samudra, 2005).

Berdasarkan karakteristiknya, kakao dibedakan menjadi tiga kelompok utama, yaitu criollo, forastero, dan trinitario (Ali, 2019). Kakao criollo dikenal menghasilkan biji berkualitas tinggi, sedangkan forastero memiliki produktivitas dan daya adaptasi yang baik (Aaboud *et al.*, 2019). Trinitario merupakan hasil persilangan antara criollo dan forastero sehingga memiliki karakter gabungan dari kedua tetuanya (Aris *et al.*, 2020).

Secara morfologi, tanaman kakao memiliki sistem perakaran tunggang yang berkembang dengan banyak akar lateral (Lukito, 2010). Batangnya berkayu dengan dua tipe pertumbuhan tunas, yaitu ortotrop dan plagiotrop (Pamungkas, 2016). Daunnya berbentuk lonjong dengan pertulangan menyirip, sedangkan bunganya bersifat kauliflori atau tumbuh pada batang dan cabang utama (Dermawan, 2013). Buah kakao berbentuk bulat hingga lonjong dan berisi sekitar 20–50 biji yang tersusun dalam lima baris (Karmawati *et al.*, 2010).

Tanaman kakao tumbuh optimal pada daerah tropis dengan curah hujan sekitar 1.100–3.000 mm per tahun, suhu 18–32°C, kelembapan udara 80–90%, serta pH tanah 6,0–7,5 (Siregar *et al.*, 2014). Selain kondisi lingkungan, pertumbuhan dan produktivitas tanaman juga dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara makro dan mikro (Marschner, 2012).

B. Benih Kakao

Benih merupakan bahan tanam yang berasal dari bagian generatif maupun vegetatif tanaman. Benih yang berasal dari bagian generatif berupa biji, yaitu ovul yang telah mengalami pembuahan dan berkembang menjadi biji matang yang

mengandung embrio serta endosperma yang dilindungi oleh kulit benih (Sudrajat *et al.*, 2017). Benih kakao (*Theobroma cacao* L.) termasuk benih rekalsitran, yaitu benih yang memiliki kadar air awal relatif tinggi, tidak mengalami masa dormansi, peka terhadap pengeringan hingga di bawah kadar air kritis (20–50%), serta tidak dapat disimpan dalam jangka waktu lama (Anjarwati *et al.*, 2020).

Benih rekalsitran tetap mempertahankan aktivitas fisiologis setelah dipanen, yang ditandai dengan metabolisme dan laju respirasi yang masih tinggi serta proses diferensiasi intraseluler yang masih berlangsung. Kondisi tersebut menyebabkan benih mudah berkecambah apabila kadar air tetap dipertahankan dalam keadaan tinggi. Sebaliknya, apabila mengalami pengeringan hingga melampaui batas toleransinya, viabilitas benih akan menurun secara cepat. Oleh karena itu, penyimpanan benih rekalsitran hanya dapat dilakukan dalam waktu yang relatif singkat karena daya simpannya terbatas (Syamsia, 2023). Selain itu, benih kakao juga memiliki kebutuhan khusus terhadap suhu dan kelembapan selama penyimpanan sehingga memerlukan penanganan yang tepat untuk mempertahankan viabilitasnya (Yudiawati *et al.*, 2022).

Keterbatasan daya simpan benih kakao ditunjukkan oleh hasil penelitian Rahardjo (2012), yang menyatakan bahwa benih kakao masih memiliki daya simpan hingga sekitar 20 hari apabila tetap berada di dalam buah. Namun, cara tersebut kurang efisien karena sekitar 80% bagian buah merupakan kulit buah yang membutuhkan ruang penyimpanan lebih besar serta lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit. Setelah benih dikeluarkan dari buah, benih umumnya mulai berkecambah dalam waktu 3–4 hari dan akan kehilangan viabilitas atau mati setelah 7–10 hari apabila tidak segera ditanam.

Secara morfologi, benih kakao tersusun atas kulit benih (testa), kotiledon, dan embrio. Kotiledon merupakan bagian terbesar dari benih yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan, sedangkan embrio merupakan calon individu baru yang akan berkembang menjadi akar, batang, dan daun selama proses perkecambahan. Cadangan makanan yang tersimpan di dalam kotiledon dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi embrio hingga kecambah mampu melakukan fotosintesis secara mandiri (Bewley *et al.*, 2013).

Karakteristik benih kakao sebagai benih rekalsitran menyebabkan proses metabolisme dan respirasi tetap berlangsung setelah benih dipanen. Aktivitas fisiologis yang terus berlangsung tersebut mengakibatkan cadangan makanan di dalam benih terus digunakan sehingga viabilitas dan vigor benih secara bertahap mengalami penurunan selama penyimpanan. Penurunan mutu fisiologis benih akan berlangsung lebih cepat apabila kondisi penyimpanan, seperti suhu, kelembapan, dan kadar air, tidak berada pada kondisi yang sesuai (Bewley *et al.*, 2013). Oleh karena itu, penanganan dan penyimpanan benih kakao perlu dilakukan secara tepat untuk memperlambat kemunduran fisiologis serta mempertahankan mutu benih hingga waktu tanam (Rahardjo & Hartatri, 2010). Keberhasilan penyimpanan benih sangat dipengaruhi oleh kemampuan benih dalam mempertahankan mutu fisiologisnya, yang tercermin dari viabilitas dan vigor benih.

C. Viabilitas dan Vigor

Menurut Widajati *et al.* (2013) kapasitas suatu benih untuk dapat berkecambah, tumbuh, dan berkembang secara wajar di lingkungan yang mendukung hingga menghasilkan tanaman berkualitas dikenal sebagai viabilitas benih. Untuk mengevaluasi potensi viabilitas benih, pengujian dapat diterapkan pada beberapa indikator, seperti bobot kering kecambah, potensi tumbuh maksimum, serta daya berkecambah. Mutu viabilitas ini sendiri ditentukan oleh kombinasi antara aspek internal dan eksternal. Diantara aspek internal yang paling memengaruhi adalah sifat genetik dari benih itu sendiri, kondisi kulit benih, serta kadar air benih. Sementara itu, faktor eksternal mencakup kondisi lingkungan selama proses produksi, pemanenan, pengolahan, penyimpanan, hingga pengujian benih. Beberapa kondisi yang turut memengaruhi viabilitas benih antara lain jenis kemasan, suhu penyimpanan, komposisi gas, dan kelembapan ruang simpan.

Sutopo (2014) menjelaskan bahwa vigor benih merepresentasikan kapasitas benih untuk tetap berkecambah dan berkembang secara wajar di bawah tekanan lingkungan yang sub-optimal. Kualitas vigor yang prima ditandai oleh daya simpan yang panjang, resistensi terhadap organisme pengganggu tanaman (OPT), keseragaman tumbuh, serta efisiensi dalam menghasilkan tanaman produktif di lahan marginal. Sebaliknya, benih bermutu rendah (vigor rendah) dicirikan oleh kemerosotan kualitas yang akseleratif selama disimpan. Fenomena ini diikuti

dengan melambatnya fase perkecambahan, tingginya kerentanan terhadap patogen, meningkatnya persentase kecambah abnormal, serta rendahnya produktivitas akhir (Leisolo *et al.*, 2013).

Nilai mutu suatu benih bertumpu pada dua indikator esensial, yakni viabilitas dan vigor, karena kedua aspek tersebut merefleksikan daya kecambah sekaligus kapasitas tumbuh secara optimal. Bahan tanam yang prima dan produktif biasanya diperoleh dari benih yang memiliki kualifikasi viabilitas serta vigor yang tinggi, sementara penurunan viabilitas dan vigor benih akibat penanganan yang kurang tepat, atau kondisi lingkungan yang tidak mendukung dan penyimpanan terlalu lama akan menurunkan mutu benih secara keseluruhan (Umroh *et al.*, 2022).

D. Penyimpanan Benih Kakao

Penyimpanan benih adalah proses menjaga mutu benih agar tetap baik hingga saat penanaman kembali (Bewley *et al.*, 2013). Menurut Dewi (2015) penyimpanan benih dilakukan agar viabilitas serta kemurnian fisik dan genetik benih tetap terjaga selama periode simpan. Yuniarti dan Djaman (2015) menambahkan bahwa penyimpanan bertujuan menyediakan benih dengan daya hidup tinggi untuk digunakan pada waktu tertentu, termasuk untuk musim tanam berikutnya atau pelestarian tanaman. Daya simpan benih dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan, serta kondisi fisik dan fisiologis benih tersebut.

Selama penyimpanan, mutu benih dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal meliputi kadar air benih, sifat genetik, viabilitas awal, serta tingkat kemasakan fisiologis benih. Sementara itu, faktor eksternal meliputi suhu ruang simpan, kelembapan, wadah penyimpanan, ketersediaan oksigen, mikroorganisme, serta penanganan selama penyimpanan (Widajati *et al.*, 2012). Benih yang dipanen pada saat mencapai masak fisiologis umumnya memiliki cadangan makanan yang telah berkembang secara optimal sehingga memiliki viabilitas awal yang tinggi dan daya simpan yang lebih baik (Sutopo, 2012).

Selama penyimpanan, benih akan mengalami deteriorasi atau kemunduran mutu yang ditandai dengan menurunnya kualitas benih, viabilitas, dan vigor sehingga kemampuan benih untuk tumbuh normal semakin berkurang (Taini *et al.*, 2019). Pada benih kakao, proses kemunduran berlangsung lebih cepat karena benih

tetap melakukan aktivitas metabolisme dan respirasi setelah dipanen sebagai konsekuensi dari sifat rekalsitrannya (Bewley *et al.*, 2013).

Upaya penyimpanan benih kakao bertujuan menjaga kualitas fisiologisnya dengan menekan laju kemunduran selama berada di ruang simpan. Sebagai komoditas rekalsitran, benih kakao dicirikan oleh kadar air yang relatif tinggi, sensitif terhadap suhu tinggi, serta rentan terhadap dehidrasi akibat pengeringan jangka panjang. Karakteristik tersebut menyebabkan benih kakao sangat peka terhadap kondisi lingkungan dengan kelembapan relatif yang rendah. Ketidadaan fase dormansi membuat benih kakao mudah berkecambah di dalam penyimpanan, khususnya saat kelembapan internalnya meningkat. Kadar air benih yang relatif tinggi menyebabkan aktivitas respirasi tetap berlangsung selama penyimpanan sehingga cadangan makanan di dalam benih terus digunakan. Kondisi tersebut mengakibatkan viabilitas, vigor, dan daya kecambah benih semakin menurun (Umroh *et al.*, 2022).

Rahardjo (2010) menyatakan bahwa kadar air yang direkomendasikan untuk penyimpanan benih kakao berada pada kisaran 32–42%. Selama proses penyimpanan, kandungan air benih bersifat dinamis karena dipengaruhi oleh kelembapan udara di sekitarnya. Menurut Asni (2010) benih mempunyai sifat higroskopis sehingga selalu berusaha mencapai keseimbangan kadar air dengan lingkungan. Kelembapan relatif lingkungan yang tinggi menyebabkan benih menyerap uap air dari udara hingga mencapai keseimbangan kadar air dengan kondisi lingkungan penyimpanan. Sebaliknya, jika kandungan air dalam benih lebih tinggi daripada kelembapan lingkungan, maka benih akan melepaskan air hingga mencapai kondisi kadar air yang seimbang dengan lingkungannya.

Karakteristik benih kakao yang bersifat rekalsitran menyebabkan pengelolaan kadar air selama penyimpanan menjadi salah satu faktor utama dalam mempertahankan mutu fisiologis benih. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi yang mampu membantu menjaga keseimbangan kadar air, mengurangi pengaruh kondisi lingkungan, serta memperlambat laju kemunduran benih selama penyimpanan. Salah satu teknologi yang banyak dikembangkan untuk tujuan tersebut adalah pelapisan benih (*seed coating*) (Copeland & McDonald, 2001).

E. Pelapisan (*Coating*) dengan Pektin dari Kulit Jeruk Manis pada Benih

Kakao

Sebagai salah satu upaya mempertahankan mutu fisiologis benih kakao selama penyimpanan, teknologi pelapisan benih (*seed coating*) mulai banyak dikembangkan. Teknologi ini berpotensi membantu memperlambat kemunduran mutu benih selama masa penyimpanan. Melalui pembentukan lapisan pelindung pada permukaan benih, teknik ini mampu mengurangi pengaruh faktor lingkungan selama penyimpanan maupun perkecambahan. Penerapan pelapisan juga berperan dalam menjaga keseimbangan kadar air benih sehingga viabilitas tetap terpelihara dan umur simpan dapat diperpanjang (Natasi, 2021). Pada benih kakao yang bersifat rekalsitran, teknologi pelapisan menjadi salah satu alternatif yang berpotensi mempertahankan kadar air benih selama penyimpanan sehingga laju kemunduran fisiologis dapat diperlambat (Rahardjo & Hartatri, 2010).

Karakteristik bahan pelapis menjadi salah satu faktor yang menentukan keberhasilan proses pelapisan benih. Oleh sebab itu, bahan pelapis harus memiliki sifat yang tidak menghambat viabilitas maupun vigor benih selama penyimpanan. Bahan pelapis diharapkan mampu mempertahankan keseimbangan kadar air, memperlambat aktivitas respirasi, aman bagi benih, serta mudah terurai ketika berinteraksi dengan air. Selain itu, bahan pelapis harus memiliki pori-pori yang mendukung pertukaran gas, bersifat higroskopis, tidak bereaksi dengan bahan perlakuan lain, serta memiliki kemampuan menghantarkan panas yang rendah (Kuswanto, 2003). Copeland dan McDonald (2001) menjelaskan bahwa bahan pelapis harus sesuai (*compatible*) dengan karakteristik benih agar tidak menghambat proses perkecambahan dan tetap mampu mempertahankan mutu fisiologis benih. Berbagai jenis bahan perekat yang telah digunakan dalam teknologi pelapisan benih antara lain arabic gum, *carboxymethyl cellulose* (CMC), kitosan, dan pektin (Agustiansyah *et al.*, 2016).

Salah satu bahan alami yang berpotensi digunakan sebagai bahan pelapis benih kakao adalah pektin yang diekstraksi dari kulit jeruk manis. Pektin merupakan polisakarida alami yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan pembentuk gel karena memiliki kemampuan mengikat air dan membentuk lapisan pelindung (Kundari *et al.*, 2018). Pektin dapat diekstraksi dari berbagai sumber

nabati, seperti buah, kulit buah, biji, bunga, maupun pomace (Usmiati *et al.*, 2016). Pada buah jeruk, kandungan pektin lebih banyak terdapat pada bagian kulit dan albedo dibandingkan jaringan parenkim sehingga kulit jeruk berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber pektin (Winarno, 2002). Kemampuan pektin dalam membentuk gel dan mengikat air menjadikannya berpotensi digunakan sebagai bahan pelapis benih kakao untuk membantu mempertahankan kadar air selama penyimpanan sehingga viabilitas dan vigor benih tetap terjaga (Kundari *et al.*, 2018).

Karakteristik tersebut menjadikan pektin kulit jeruk manis berpotensi digunakan sebagai bahan pelapis benih kakao, terutama untuk membantu mempertahankan kadar air selama penyimpanan. Dengan demikian, penggunaan pektin sebagai bahan *coating* diharapkan dapat memperlambat kemunduran fisiologis sehingga viabilitas dan vigor benih kakao tetap terjaga selama penyimpanan. Menurut Gennadios (2002), pektin yang berasal dari kulit jeruk memiliki sifat cenderung keras dan mudah rapuh sehingga diperlukan penambahan bahan pemlastis (*plasticizer*) yang bersifat hidrofilik agar lapisan yang terbentuk menjadi lebih fleksibel, mampu menekan kehilangan air, serta meningkatkan kemampuan pengikatan air. Dalam formulasi pelapis berbasis pektin, bahan tambahan seperti gliserol dan *carboxymethyl cellulose* (CMC) sering digunakan untuk meningkatkan fleksibilitas dan kestabilan lapisan yang terbentuk (Rahmasari *et al.*, 2022). Pada proses ekstraksi pektin, HCl banyak digunakan sebagai pelarut karena mampu menghasilkan rendemen pektin yang lebih tinggi dibandingkan H_2SO_4 (Tuhuloula *et al.*, 2013).

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Benih Departemen Budidaya Tanaman Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Kampus III Dharmasraya. Waktu pelaksanaannya selama 4 bulan dimulai pada bulan Desember 2025 sampai Maret 2026 (Lampiran 1).

B. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih kakao klon BL-50 yang diperoleh dari perkebunan kakao milik petani di Payakumbuh, ekstrak kulit jeruk manis, serbuk gergaji, gliserol, air suling (aquades), kertas label, kertas saring, plastik kaca, abu gosok, larutan HCl 0,1 N, *Carboxy Methyl Cellulosa* (CMC), asam sitrat ($C_6H_8O_7$), kalsium klorida ($CaCl_2$) 73%, alkohol 96%, dan media untuk perkecambahan berupa pasir.

C. Peralatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa alat yaitu, timbangan analitik, *autoclave*, rak penyimpanan, bak perkecambahan, blender, saringan, *oven*, *hotplate*, spatula, gelas piala volume 500 dan 1000 ml, pipet tetes, desikator, pinset, pisau, *handsprayer*, kamera hp 12 megapiksel, dan alat tulis.

D. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri atas 5 perlakuan dan 4 ulangan, sehingga diperoleh 20 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan menggunakan 75 benih kakao BL-50. Dari jumlah tersebut, sebanyak 66 benih digunakan untuk pengamatan viabilitas, vigor, dan persentase benih yang terserang jamur, sedangkan 9 benih digunakan untuk pengujian kadar air. Oleh karena itu, sebanyak 1.500 benih kakao digunakan sebagai bahan penelitian.

0% ekstrak kulit jeruk (P0)

1,0% ekstrak kulit jeruk (P1)

1,5% ekstrak kulit jeruk (P2)

2,0% ekstrak kulit jeruk (P3)

2,5% ekstrak kulit jeruk (P4)

E. Prosedur Penelitian

1. Persiapan media simpan

Serbuk gergaji digunakan sebagai media penyimpanan benih. Sebelum dimanfaatkan, serbuk gergaji terlebih dahulu disaring menggunakan ayakan berukuran 40 mesh, kemudian dimasukkan ke dalam plastik kaca berukuran 20 × 34 cm. Sebanyak 20 plastik digunakan sebagai wadah penyimpanan, dengan masing-masing berisi 300 g serbuk gergaji sehingga total media yang digunakan mencapai 6.000 g. Serbuk gergaji disterilisasi dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121⁰C. Selanjutnya, serbuk gergaji hasil sterilisasi dikeringanginkan pada suhu ruang sebelum diaplikasikan sebagai media penyimpanan.

2. Persiapan benih kakao

Benih kakao yang digunakan berasal dari klon BL-50 (Lampiran 4). Benih diperoleh dari buah kakao yang telah mencapai kematangan fisiologis. Menurut Wahyudi dan Misnawi (2019), buah yang telah mencapai kematangan fisiologis ditandai oleh perubahan warna kulit menjadi merah marun, bentuk buah lonjong, tangkai mulai mengering, biji berkembang sempurna, serta menghasilkan bunyi nyaring saat diketuk. Buah yang memenuhi kriteria tersebut kemudian dibelah secara memanjang untuk mengambil biji yang berada di bagian tengah. Selanjutnya, biji yang masih ada lapisan pulp dibersihkan menggunakan abu gosok, kemudian dibilas dengan air bersih dan dikeringkan sesuai dengan metode (Dachlan *et al.*, 2010). Sebanyak 1.500 benih kakao digunakan sebagai bahan penelitian.

3. Persiapan ekstrak kulit jeruk manis

Sebanyak 1.000 g kulit jeruk manis digunakan sebagai bahan untuk ekstraksi pektin. Tahap awal persiapan bahan dilakukan melalui proses sortasi kulit jeruk yang berasal dari buah matang fisiologis, dengan karakteristik kulit berwarna oranye cerah dan memiliki bagian albedo yang tebal. Kulit jeruk dipotong menjadi bagian-bagian kecil dan dikeringkan didalam oven selama 48 jam dengan suhu 55⁰C (Anisa *et al.*, 2017). Setelah kering, kulit jeruk diblender hingga menjadi serbuk. Kemudian serbuk kulit jeruk ditimbang sebanyak 30 g dan dimasukkan ke dalam masing-masing lima gelas piala. Kedalam setiap gelas piala ditambahkan 1,25 ml larutan HCl 0,1 N yang telah diencerkan dengan 150 ml akuades. Proses ekstraksi dilakukan selama 2 jam pada suhu 80⁰C sambil diaduk. Setelah ekstraksi

selesai, larutan didinginkan, kemudian ditambahkan 150 ml alkohol 96%. Setelah proses tersebut, larutan didiamkan selama 24 jam untuk memungkinkan terbentuknya endapan. Endapan hasil pemisahan kemudian disaring menggunakan kertas saring hingga diperoleh bagian yang diinginkan, lalu dicuci dengan alkohol 96%. Selanjutnya, endapan pektin dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu 40°C selama 8 jam, lalu diblender hingga diperoleh tepung pektin.

4. Pemberian label

Label diberikan berdasarkan jenis perlakuan dan tanggal penyimpanan dengan menggunakan kertas label yang ditempelkan pada plastik media penyimpanan.

5. Pemberian perlakuan

Larutan ekstrak kulit jeruk manis konsentrasi 1,0% disiapkan dengan cara melarutkan sebanyak 1,0 g ekstrak ke dalam 100 mL akuades menggunakan gelas piala. Proses pencampuran dilakukan hingga larutan mencapai kondisi homogen. Selanjutnya, ditambahkan 1 ml gliserol dan 1 g *carboxymethyl cellulose* (CMC), kemudian campuran dipanaskan pada suhu 40°C selama 15 menit sambil terus diaduk hingga terbentuk larutan pektin. Setelah larutan didinginkan, ditambahkan 0,5 g asam sitrat ($C_6H_8O_7$) dan 0,5 g kalsium klorida ($CaCl_2$), kemudian diaduk hingga terbentuk gel pektin. Gel pektin tersebut selanjutnya digunakan untuk melapisi benih kakao. Komposisi larutan untuk masing-masing konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis, yaitu 0%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5%, disajikan pada Lampiran 3.

Proses *coating* dilakukan berdasarkan taraf perlakuan yang telah ditentukan dengan empat kali pengulangan pada setiap perlakuan. Setelah pelapisan selesai, benih ditiriskan pada rak susun yang telah dilapisi plastik, kemudian didiamkan hingga lapisan gel mengering.

6. Penyimpanan benih kakao

Benih kakao yang sudah dikeringkan kemudian dimasukkan kedalam plastik kaca yang berisi serbuk gergaji yang telah disaring dan disterilkan menggunakan *autoklaf*. Setiap plastik berisi 66 benih, dan sebanyak 20 plastik digunakan, sehingga total benih kakao yang disimpan adalah 1320 biji. Benih tersebut disimpan pada rak penyimpanan di ruang laboratorium selama 30 hari. Hasil pengukuran suhu ruang laboratorium menunjukkan suhu sebesar 26,4°C.

7. Persiapan media berkecambah

Selama benih disimpan, persiapan media perkecambahan dilakukan agar benih dapat segera ditanam setelah masa penyimpanan selesai. Media yang digunakan adalah pasir, yang terlebih dahulu disaring menggunakan ayakan berukuran 2 mm. Setelah itu, pasir dicuci hingga air bilasan menjadi bening. Pasir kemudian ditiriskan dengan bantuan karung goni, lalu disangrai di atas kompor sambil terus diaduk hingga benar-benar kering. Pasir yang sudah disterilkan ini dimasukkan ke dalam bak perkecambahan dan dibiarkan selama satu hari sebelum digunakan.

8. Perkecambahan

Benih kakao yang telah disimpan selama 30 hari kemudian ditanam di dalam bak kecambah menggunakan media pasir, dengan posisi bagian benih yang lebih besar menghadap ke bawah. Benih ditekan hingga sekitar tiga perempat bagiannya tertanam dalam pasir. Penanaman dilakukan secara rapi dengan jarak tanam 4x5 cm untuk mempermudah proses pengamatan. Selanjutnya, label ditempelkan pada bak kecambah sebagai penanda.

9. Pemeliharaan

Penyiraman dilakukan secara rutin dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore. Air disemprotkan menggunakan sprayer, sambil memperhatikan kelembaban media persemaian; jika media masih cukup lembab, penyiraman tidak dilakukan.

10. Pengamatan

a. Kadar air benih sebelum dan setelah penyimpanan (%)

Penetapan kadar air bertujuan untuk menentukan kandungan air dalam benih yang dinyatakan dalam persen. Pengukuran kadar air dilakukan pada tiga tahap, yaitu sebelum perlakuan, setelah perlakuan, dan setelah penyimpanan. Setiap ulangan menggunakan tiga benih, sehingga jumlah benih yang digunakan untuk pengujian kadar air sebanyak 180 benih. Berat segar (BS) diperoleh dari hasil penimbangan benih sebelum proses pengeringan, sedangkan berat kering (BK) diperoleh setelah benih dikeringkan di dalam oven. Pengeringan dilakukan pada suhu 103°C selama 17 jam sesuai metode (ISTA, 2005 cit. Rahayu *et al.*, 2014). Setelah pengeringan, benih didinginkan di dalam desikator selama 15 menit,

kemudian ditimbang untuk memperoleh berat kering. Nilai kadar air dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ Kadar Air Benih} = \frac{\text{berat segar} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100 \%$$

b. Benih berjamur selama penyimpanan (%)

Serangan jamur pada benih kakao diamati selama masa penyimpanan. Selanjutnya, persentase benih yang terserang jamur dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ Benih Berjamur} = \frac{\text{jumlah benih yang berjamur}}{\text{jumlah benih yang disimpan}} \times 100\%$$

c. Daya berkecambah setelah penyimpanan (%)

Pengamatan daya berkecambah dilakukan untuk mengetahui viabilitas potensial benih kakao setelah penyimpanan. Nilai daya berkecambah diperoleh berdasarkan persentase benih yang menghasilkan kecambah normal terhadap jumlah benih yang dikecambahkan. Pengamatan dimulai pada hari pertama setelah benih ditanam hingga hari ke-21 sebagai akhir periode pengamatan. Persentase daya berkecambah dihitung menggunakan rumus berikut:

i. Kecambah normal (%)

$$\% \text{ Kecambah Normal} = \frac{\text{jumlah kecambah normal}}{\text{jumlah benih dikecambahkan}} \times 100\%$$

ii. Benih mati (%)

$$\% \text{ Benih Mati} = \frac{\text{jumlah benih mati}}{\text{jumlah benih dikecambahkan}} \times 100\%$$

Kriteria kecambah normal dan benih mati dapat dilihat pada Lampiran 5.

d. *First Count Test* (FCT) atau hitung pertama setelah penyimpanan (%)

First Count Test (FCT) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kecepatan awal perkecambahan sebagai salah satu indikator vigor benih. Pengamatan menggunakan benih yang sama dengan pengujian daya berkecambah. Penilaian dilakukan pada hari ke-7 setelah benih dikecambahkan dengan menghitung jumlah kecambah normal yang

terbentuk pada saat pengamatan pertama. Persentase FCT dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ FCT} = \frac{\text{jumlah kecambah normal}}{\text{jumlah benih dikecambahkan}} \times 100\%$$

e. Uji Nilai Indeks (*Index Value Test*) setelah penyimpanan

Uji nilai indeks (*Index Value Test/IVT*) digunakan untuk menggambarkan tingkat vigor benih melalui kecepatan dan kemampuan benih dalam berkecambah. Pengamatan terhadap parameter penelitian dilakukan setiap hari selama 21 hari, dimulai sejak benih mulai dikecambahkan. Nilai indeks dihitung berdasarkan jumlah kecambah normal yang muncul setiap hari dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{IVT} = \sum \frac{\text{jumlah benih berkecambah normal}}{\text{hari berkecambah}}$$

f. Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis ragam (uji F) pada taraf nyata 5%. Apabila hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh nyata antarperlakuan, pengujian dilanjutkan dengan uji *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf nyata 5%. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS *Statistics for Windows versi 21.0*, sedangkan data disajikan dalam bentuk tabel.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Air Benih Sebelum dan Setelah Penyimpanan

Pengaruh berbagai konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis sebagai bahan *coating* terhadap kadar air benih kakao dianalisis menggunakan sidik ragam. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian *coating* ekstrak kulit jeruk manis memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air benih sebelum penyimpanan, namun tidak memberikan pengaruh nyata setelah penyimpanan selama 30 hari (Tabel 1). Perbedaan kadar air sebelum penyimpanan menunjukkan bahwa lapisan *coating* yang diberikan mampu meningkatkan kadar air awal benih, sedangkan selama penyimpanan seluruh perlakuan mengalami kehilangan air dengan tingkat penurunan yang relatif sama.

Tabel 1. Kadar air benih kakao (%) yang telah diberi perlakuan *coating* dengan beberapa konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis sebelum dan setelah disimpan selama 30 hari.

Konsentrasi Ekstrak Kulit Jeruk Manis (%)	Kadar Air (%)		Pengurangan Kadar Air (%)
	Sebelum Disimpan	Setelah Disimpan	
0	32,11 c	20,63	11,48
1	33,25 bc	22,47	10,78
1,5	34,04 ab	22,87	11,17
2	35,14 ab	23,88	11,26
2,5	36,38 a	24,14	12,24
	KK=5,50%	KK=7,49%	

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

Kadar awal benih kakao sebelum perlakuan sebesar 32,11% masih berada pada kisaran kadar air yang sesuai untuk mempertahankan viabilitas benih kakao. Rahardjo dan Hartatri (2010) menyatakan bahwa benih kakao dengan kadar air 32–42% masih mampu dipertahankan dalam penyimpanan jangka pendek. Tingginya kadar air awal tersebut berkaitan dengan sifat benih kakao sebagai benih rekalsitran yang memiliki kandungan air relatif tinggi dan tidak toleran terhadap pengeringan.

Berdasarkan Tabel 1, hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian *coating* ekstrak kulit jeruk manis berpengaruh nyata terhadap kadar air benih sebelum penyimpanan. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa

perlakuan konsentrasi 2,5% tidak berbeda nyata dengan perlakuan konsentrasi 1,5% dan 2%, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan 0% dan 1%. Sementara itu, perlakuan *coating* dengan konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis 0% menghasilkan kadar air terendah yaitu 32,11% dan berbeda nyata dengan perlakuan 1,5%, 2%, dan 2,5%. Rata-rata persentase kadar air sebelum disimpan berkisar 32,11-36,38%.

Peningkatan kadar air tersebut diduga berkaitan dengan kandungan pektin dalam ekstrak kulit jeruk manis yang memiliki sifat hidrofilik sehingga mampu mengikat molekul air pada permukaan benih. Gugus hidrofilik pada pektin memungkinkan terbentuknya ikatan dengan air dan membentuk lapisan gel yang mampu mempertahankan kelembapan di sekitar permukaan benih (Kundari *et al.*, 2018). Dengan demikian, *coating* membantu menjaga kondisi fisiologis benih pada awal penyimpanan. Kemampuan *coating* dalam mempertahankan kadar air tersebut diduga turut berkontribusi terhadap mutu fisiologis benih selama penyimpanan, yang selanjutnya tercermin pada parameter viabilitas dan vigor yang diamati dalam penelitian ini.

Kadar air awal yang sesuai berperan penting dalam mempertahankan kondisi fisiologis benih selama penyimpanan. Air dalam jumlah yang cukup diperlukan untuk menjaga integritas membran sel serta mendukung aktivitas metabolisme benih. Pada benih rekalsitran, kehilangan air yang berlebihan dapat menyebabkan gangguan struktur sel sehingga mempercepat terjadinya kemunduran fisiologis. Kemunduran fisiologis tersebut selanjutnya dapat menurunkan viabilitas dan vigor benih, yang tercermin pada persentase kecambah normal, kecepatan tumbuh, indeks vigor, serta meningkatnya persentase benih mati selama penyimpanan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Anisa *et al.* (2017) yang melaporkan bahwa *coating* menggunakan ekstrak kulit jeruk mampu mempertahankan kadar air benih selama penyimpanan. Kemampuan tersebut berkaitan dengan kandungan pektin yang bersifat hidrofilik sehingga dapat mengikat air dan membantu mempertahankan kelembapan benih. Namun, perbedaan respons antarjenis benih dapat terjadi karena adanya perbedaan karakter fisiologis. Benih kakao merupakan benih rekalsitran dengan kadar air tinggi dan tidak toleran terhadap pengeringan, sedangkan benih melon yang digunakan pada penelitian Anisa *et al.* (2017) memiliki karakteristik penyimpanan yang berbeda.

Setelah penyimpanan selama 30 hari, seluruh perlakuan mengalami penurunan kadar air dan secara statistik tidak menunjukkan perbedaan nyata antarperlakuan. Hal ini mengindikasikan bahwa seluruh perlakuan mengalami kehilangan air selama penyimpanan dengan laju yang relatif serupa, sehingga pengaruh *coating* terhadap kadar air akhir belum cukup besar untuk menghasilkan perbedaan yang signifikan. Penurunan kadar air tersebut diduga terjadi akibat proses kehilangan air melalui transpirasi dan pertukaran uap air antara benih dengan lingkungan penyimpanan. Selain itu, aktivitas respirasi yang tetap berlangsung selama penyimpanan menyebabkan terjadinya perubahan fisiologis pada benih. Bewley *et al.* (2013) menjelaskan bahwa aktivitas metabolisme selama penyimpanan berhubungan dengan terjadinya kemunduran mutu fisiologis benih.

Secara numerik, persentase penurunan kadar air terendah diperoleh pada perlakuan konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis 1% yaitu sebesar 10,78%. Namun, hasil uji DNMRT menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak nyata, sehingga kemampuan *coating* dalam mempertahankan kadar air selama penyimpanan relatif sama antarperlakuan. *Coating* berbasis pektin diduga memiliki sifat semi-permeabel yang dapat memperlambat perpindahan air dari dalam benih menuju lingkungan. Meskipun demikian, kemampuan mempertahankan kadar air tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi ekstrak, tetapi juga oleh keseimbangan antara sifat hidrofilik pektin, kondisi penyimpanan, serta karakter fisiologis benih kakao.

Perubahan kadar air selama penyimpanan berkaitan dengan terjadinya kemunduran fisiologis benih. Pada benih kakao yang bersifat rekalsitran, kehilangan air dapat menyebabkan gangguan terhadap integritas membran sel dan aktivitas metabolisme sehingga berpotensi menurunkan kemampuan benih dalam mempertahankan viabilitas dan vigor. Taini *et al.* (2019) menyatakan bahwa kemunduran benih merupakan proses penurunan mutu fisiologis yang berlangsung secara progresif akibat perubahan metabolisme, kerusakan membran sel, serta berkurangnya kemampuan benih untuk tumbuh. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perubahan kadar air selama penyimpanan berpotensi memengaruhi mutu fisiologis benih, yang selanjutnya tercermin pada parameter viabilitas dan vigor, seperti persentase kecambah normal, kecepatan tumbuh, indeks vigor, dan persentase benih mati yang diamati dalam penelitian ini

B. Benih Berjamur Selama Penyimpanan

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian ekstrak kulit jeruk manis pada berbagai konsentrasi sebagai bahan *coating* memberikan pengaruh nyata terhadap persentase benih kakao yang terserang jamur. Persentase benih kakao yang terserang jamur selama penyimpanan dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Benih kakao terserang jamur (%) yang telah diberi perlakuan *coating* ke dalam ekstrak kulit jeruk setelah disimpan selama 30 hari.

Konsentrasi Ekstrak Kulit Jeruk Manis (%)	Benih Berjamur (%)
0	33,71 ab
1	32,58 ab
1,5	35,61a
2	29,17 bc
2,5	27,27 c
KK= 9,04%	

Ket: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 2, pemberian *coating* benih menggunakan ekstrak kulit jeruk manis memberikan pengaruh yang berbeda terhadap persentase benih berjamur setelah penyimpanan selama 30 hari. Rata-rata persentase benih berjamur berkisar antara 27,27–35,61%. Hasil uji DNMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi 2,5% menghasilkan persentase benih berjamur terendah yaitu 27,27% dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan 2%, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan 0%, 1%, dan 1,5%. Sebaliknya, konsentrasi 1,5% menghasilkan persentase benih berjamur tertinggi yaitu 35,61% dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan 0% maupun 1%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis tidak selalu diikuti oleh penurunan persentase benih berjamur pada setiap tingkat konsentrasi.

Rendahnya persentase benih berjamur pada konsentrasi 2,5% diduga berkaitan dengan kandungan senyawa bioaktif pada ekstrak kulit jeruk manis, seperti flavonoid, fenolik, dan minyak atsiri yang berpotensi sebagai antimikroba (Fransisca, 2016). Senyawa flavonoid dapat meningkatkan permeabilitas membran sel mikroorganisme sehingga menyebabkan kebocoran komponen sel, sedangkan senyawa fenolik dan minyak atsiri dapat mengganggu aktivitas enzim serta merusak integritas membran sel cendawan sehingga pertumbuhan miselium menjadi

terhambat (Rahayu, 2013). Dengan demikian, peningkatan konsentrasi ekstrak hingga 2,5% diduga meningkatkan efektivitas *coating* dalam menekan perkembangan cendawan selama penyimpanan.

Meskipun secara numerik konsentrasi 1,5% menghasilkan persentase benih berjamur tertinggi, hasil uji DNMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan 0% maupun konsentrasi 1%. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut *coating* belum mampu memberikan perlindungan yang optimal terhadap perkembangan cendawan selama penyimpanan. Kondisi ini diduga berkaitan dengan keseimbangan antara kemampuan *coating* dalam mempertahankan kelembapan dan kemampuan senyawa aktif dalam menghambat mikroorganisme. *Coating* yang mengandung pektin memiliki sifat hidrofilik sehingga mampu mengikat air dan mempertahankan kelembapan di sekitar benih. Kondisi lembap tersebut menyebabkan spora cendawan lebih mudah berkecambah dan membentuk miselium pada permukaan benih. Miselium kemudian berkembang memanfaatkan nutrisi yang terdapat pada permukaan maupun di dalam jaringan benih sehingga infeksi cendawan menjadi lebih cepat berkembang apabila kondisi lingkungan tetap mendukung (Harahap *et al.*, 2015). Namun, apabila kondisi tersebut tidak diimbangi dengan aktivitas antimikroba yang cukup, kelembapan yang lebih tinggi dapat menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan cendawan.

Hal tersebut berkaitan dengan hasil pengamatan kadar air sebelum penyimpanan (Tabel 1), dimana perlakuan *coating* dengan penambahan ekstrak kulit jeruk manis meningkatkan kadar air awal benih dibandingkan perlakuan 0%. Kandungan air yang cukup diperlukan untuk mempertahankan viabilitas benih kakao yang bersifat rekalsitran, tetapi kondisi kelembapan yang tinggi juga dapat meningkatkan risiko perkembangan mikroorganisme selama penyimpanan. Menurut Sutopo (2012), cendawan penyimpanan dapat berkembang pada benih yang memiliki kadar air tinggi karena kondisi tersebut mendukung aktivitas metabolisme mikroorganisme. Perkembangan cendawan selama penyimpanan tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan senyawa antimikroba pada *coating*, tetapi juga oleh kondisi fisiologis benih dan lingkungan penyimpanan. Benih kakao merupakan benih rekalsitran yang memiliki kadar air tinggi sehingga aktivitas

metabolisme tetap berlangsung selama penyimpanan (Sumampow, 2010). Aktivitas respirasi menghasilkan panas dan uap air yang meningkatkan kelembapan di sekitar benih sehingga kondisi tersebut dapat mendukung pertumbuhan cendawan penyimpanan apabila tidak dikendalikan (Sutopo, 2012).

Kondisi lingkungan penyimpanan yang lembap tidak hanya memengaruhi tingkat perkembangan cendawan, tetapi juga menentukan jenis cendawan yang berpotensi menginfeksi benih selama penyimpanan. Menurut Sutopo (2012), cendawan yang menyerang benih dapat dibedakan menjadi cendawan lapang (*field fungi*) dan cendawan penyimpanan (*storage fungi*). Cendawan lapang dapat menginfeksi benih sejak sebelum panen dan terbawa hingga proses penyimpanan, sedangkan cendawan penyimpanan berkembang ketika kondisi lingkungan mendukung selama masa simpan. Syahriani *et al.* (2021) menyatakan bahwa keberadaan cendawan pada benih selama penyimpanan dapat menyebabkan penurunan mutu benih karena mikroorganisme tersebut memanfaatkan cadangan makanan yang terdapat dalam benih.

Baharudin *et al.* (2010) melaporkan bahwa benih kakao yang disimpan selama dua minggu dapat mengalami kontaminasi patogen sebesar 46% dan meningkat hingga 100% setelah penyimpanan empat minggu. Walaupun keberadaan patogen belum selalu menyebabkan kerusakan langsung pada jaringan benih, perkembangan cendawan dalam jangka panjang dapat mengganggu kondisi fisiologis benih dan berpotensi menurunkan kemampuan berkecambah.

Berdasarkan hasil pengamatan, benih yang terserang jamur menunjukkan perubahan warna menjadi coklat kehitaman dan mengalami perubahan tekstur menjadi lunak. Aruan *et al.* (2018) menyatakan bahwa benih yang mengalami kemunduran dapat ditandai dengan perubahan warna, pertumbuhan cendawan, serta tekstur benih yang lunak. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perkembangan cendawan selama penyimpanan berperan dalam mempercepat kemunduran fisiologis benih. Oleh karena itu, kemampuan *coating* dalam menekan pertumbuhan cendawan menjadi salah satu faktor penting untuk mempertahankan mutu benih kakao selama penyimpanan.

C. Kecambah Normal Setelah Penyimpanan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak kulit jeruk manis dengan beberapa konsentrasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase kecambah normal benih kakao selama periode penyimpanan.. Persentase benih kakao yang berkecambah normal disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kecambah normal benih kakao (%) yang telah diberi perlakuan *coating* ke dalam beberapa konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis dan dikecambahkan selama 21 hari.

Konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis (%)	Kecambah Normal (%)
0	48,66 b
1	48,94 b
1,5	50,64 b
2	49,79 b
2,5	62,38 a
KK=10,51%	

Ket: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

Hasil pada Tabel 3 mengindikasikan bahwa pemberian *coating* dengan ekstrak kulit jeruk manis memengaruhi persentase kecambah normal benih kakao. Persentase kecambah normal berkisar antara 48,66–62,38%. Hasil uji DNMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi 2,5% menghasilkan persentase kecambah normal tertinggi yaitu 62,38% dan berbeda nyata dengan perlakuan 0%, 1%, 1,5%, dan 2%, sedangkan keempat perlakuan tersebut tidak berbeda nyata satu sama lain. Hal tersebut menunjukkan bahwa *coating* dengan penambahan ekstrak kulit jeruk manis pada konsentrasi 2,5% lebih efektif dalam mempertahankan viabilitas benih selama penyimpanan dibandingkan perlakuan lainnya.

Tingginya persentase kecambah normal pada perlakuan 2,5% diduga merupakan hasil dari kemampuan *coating* dalam mempertahankan kondisi fisiologis benih selama penyimpanan. Hal tersebut didukung oleh hasil pengamatan kadar air (Tabel 1) yang menunjukkan bahwa perlakuan tersebut mampu mempertahankan kadar air benih selama penyimpanan lebih baik dibandingkan perlakuan tanpa ekstrak. Selain itu, perlakuan yang sama juga menghasilkan

persentase benih berjamur terendah (Tabel 2), sehingga kerusakan jaringan benih selama penyimpanan diduga lebih rendah.

Rendahnya perkembangan cendawan diduga turut mendukung tingginya persentase kecambah normal karena kerusakan jaringan benih selama penyimpanan menjadi lebih kecil. Cendawan memanfaatkan cadangan makanan yang terdapat di dalam benih sebagai sumber nutrisi sehingga dapat mengurangi ketersediaan energi yang dibutuhkan embrio untuk berkecambah (Syahriani *et al.*, 2021). Dengan berkurangnya serangan cendawan pada perlakuan 2,5%, cadangan makanan dalam benih diduga lebih banyak dipertahankan sehingga embrio mampu berkembang menjadi kecambah normal dengan lebih baik.

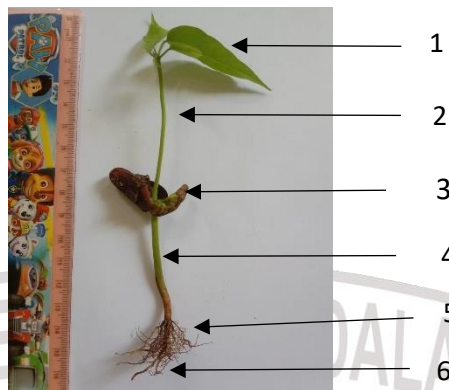
Meskipun demikian, persentase kecambah normal tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 62,38%, sehingga belum memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI, 2024) yang menetapkan daya kecambah minimum benih kakao sebagai bahan perbanyakan sebesar 80%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian *coating* ekstrak kulit jeruk manis mampu memperlambat penurunan viabilitas benih, tetapi belum mampu mempertahankannya pada tingkat yang optimal selama penyimpanan. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh sifat benih kakao yang rekalsitran, di mana aktivitas respirasi tetap berlangsung selama penyimpanan. Menurut Nurhayati *et al.* (2015), respirasi menyebabkan cadangan makanan digunakan sebagai sumber energi untuk mempertahankan metabolisme benih. Irawati *et al.* (2019) menambahkan bahwa proses respirasi menguraikan karbohidrat, lemak, dan protein yang merupakan sumber energi utama bagi embrio, sehingga apabila berlangsung terus-menerus selama penyimpanan, kemampuan benih untuk berkecambah akan menurun. Dengan demikian, meskipun *coating* konsentrasi 2,5% mampu mempertahankan viabilitas benih lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya, perlakuan tersebut belum mampu mempertahankan daya berkecambah sesuai standar mutu benih kakao.

Perlakuan tanpa penambahan ekstrak kulit jeruk manis (0%) menghasilkan persentase kecambah normal terendah, yaitu 48,66%, meskipun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan 1%, 1,5%, dan 2%. Rendahnya persentase kecambah normal pada perlakuan tersebut diduga berkaitan dengan tidak adanya tambahan senyawa bioaktif yang berfungsi menghambat perkembangan cendawan

selama penyimpanan. Kondisi ini terlihat pada Tabel 2, di mana perlakuan tanpa ekstrak memiliki persentase benih berjamur yang relatif tinggi. Tanpa penambahan ekstrak kulit jeruk manis, lapisan *coating* tidak memperoleh tambahan senyawa bioaktif yang berpotensi menghambat perkembangan cendawan. Akibatnya, perlindungan terhadap benih selama penyimpanan diduga kurang efektif dibandingkan perlakuan yang mengandung ekstrak. Kondisi tersebut diduga mempercepat terjadinya kemunduran fisiologis benih sehingga persentase kecambah normal yang dihasilkan menjadi lebih rendah.

Menurut Baharudin *et al.* (2010), benih kakao yang baru dipanen memiliki daya kecambah sekitar 96%, namun viabilitasnya menurun dengan cepat selama penyimpanan. Penurunan tersebut berkaitan dengan karakteristik benih kakao sebagai benih rekalsitran yang tetap melakukan aktivitas metabolisme sehingga mengalami kemunduran fisiologis lebih cepat (Sudrajat *et al.*, 2017). Hasil penelitian ini juga lebih rendah dibandingkan penelitian Anisa *et al.* (2017), yang melaporkan bahwa *coating* ekstrak kulit jeruk pada konsentrasi 1,5% mampu mempertahankan daya berkecambah benih melon sebesar 93,33% setelah penyimpanan empat minggu. Perbedaan hasil tersebut diduga disebabkan oleh perbedaan karakteristik benih yang digunakan. Benih melon termasuk benih ortodoks yang lebih toleran terhadap pengeringan dan memiliki umur simpan lebih panjang, sedangkan benih kakao merupakan benih rekalsitran dengan kadar air tinggi dan aktivitas respirasi yang tetap berlangsung selama penyimpanan. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan benih kakao lebih cepat mengalami kemunduran fisiologis sehingga persentase kecambah normal yang dihasilkan lebih rendah.

Kecambah normal pada penelitian ini ditunjukkan oleh terbentuknya akar primer, hipokotil, plumula, dan kotiledon yang berkembang sempurna sesuai karakteristik perkecambahan benih kakao (Gambar 1), sedangkan dokumentasi kecambah normal pada masing-masing perlakuan selama pengamatan hari ke-21 disajikan pada Lampiran 6.



Gambar 1. Benih kakao yang berkecambah normal, (1) daun pertama, (2) epikotil, (3) daun kotiledon, (4) hipokotil, (5) akar sekunder, (6) akar primer

Menurut ISTA (2018) menjelaskan bahwa benih kakao yang termasuk dalam kategori kecambah normal memiliki ciri-ciri sistem perakaran yang berkembang baik yang diawali oleh akar primer dan dapat diikuti akar sekunder, hipokotil tumbuh normal, plumula berkembang sempurna, serta dua kotiledon yang utuh. Hal ini menunjukkan bahwa kecambah benih kakao dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria sebagai kecambah normal. Selama pengamatan tidak ditemukan kecambah yang tergolong abnormal, sehingga seluruh data yang diperoleh berasal dari kecambah normal.

D. Benih Mati Setelah Penyimpanan

Berdasarkan hasil analisis, mengindikasikan bahwa perlakuan ekstrak kulit jeruk manis dengan beberapa konsentrasi memberikan pengaruh nyata terhadap persentase benih mati. Persentase benih mati dikecambahkan setelah dilakukan penyimpanan dapat disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Benih kakao yang mati (%) setelah diberi perlakuan *coating* kedalam ekstrak kulit jeruk dan dikecambahkan selama 21 hari.

Konsentrasi Ekstrak Kulit Jeruk Manis (%)	Benih Mati (%)
0	51,35 a
1	51,06 a
1,5	49,36 a
2	50,21 a
2,5	37,62 b

KK= 11,42%

Ket: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pemberian *coating* ekstrak kulit jeruk manis memberikan pengaruh terhadap persentase benih mati setelah penyimpanan selama 30 hari. Persentase benih mati berkisar antara 37,62–51,35%. Hasil uji DN MRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi 2,5% menghasilkan persentase benih mati terendah yaitu 37,62% dan berbeda nyata dengan perlakuan 0%, 1%, 1,5%, dan 2%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian ekstrak kulit jeruk manis pada konsentrasi 2,5% lebih mampu mempertahankan viabilitas benih selama penyimpanan sehingga jumlah benih yang kehilangan kemampuan berkecambah menjadi lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya.

Rendahnya persentase benih mati pada perlakuan konsentrasi 2,5% diduga berkaitan dengan kemampuan *coating* dalam mempertahankan kondisi fisiologis benih selama penyimpanan. Hal tersebut didukung oleh hasil pengamatan kadar air (Tabel 1) yang menunjukkan bahwa perlakuan tersebut memiliki kadar air awal lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa ekstrak. Kondisi tersebut diduga membantu mempertahankan kondisi fisiologis benih selama penyimpanan. Selain itu, perlakuan yang sama juga menghasilkan persentase benih berjamur terendah (Tabel 2). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa benih mampu mempertahankan keseimbangan kadar air dengan tingkat serangan cendawan yang lebih rendah sehingga kerusakan jaringan selama penyimpanan dapat diminimalkan. Akibatnya, lebih banyak benih yang tetap hidup dan mampu berkecambah setelah penyimpanan.

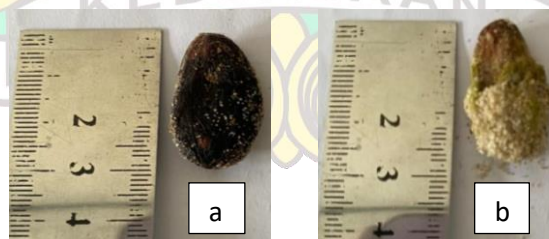
Rendahnya persentase benih mati tersebut juga diduga berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder pada ekstrak kulit jeruk manis, seperti flavonoid, fenolik, dan minyak atsiri yang berpotensi sebagai antimikroba (Fransisca, 2016). Senyawa-senyawa tersebut diduga mampu menghambat perkembangan cendawan selama penyimpanan sehingga kerusakan jaringan benih dapat diminimalkan. Dengan berkurangnya infeksi cendawan, cadangan makanan di dalam benih lebih banyak dipertahankan sehingga embrio tetap memiliki energi yang cukup untuk proses perkecambahan.

Sebaliknya, perlakuan tanpa penambahan ekstrak kulit jeruk manis (0%) menghasilkan persentase benih mati tertinggi yaitu 51,35%, meskipun secara

statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan 1%, 1,5%, dan 2%. Tingginya persentase benih mati pada perlakuan tersebut diduga berkaitan dengan tidak adanya tambahan senyawa bioaktif yang mampu menghambat perkembangan cendawan selama penyimpanan. Hal tersebut sejalan dengan hasil pengamatan pada Tabel 2 yang menunjukkan bahwa perlakuan tanpa ekstrak memiliki persentase benih berjamur yang relatif tinggi. Meskipun benih berjamur telah dipisahkan sebelum pengujian perkecambahan, infeksi yang terjadi selama penyimpanan diduga telah menyebabkan kerusakan fisiologis pada sebagian benih yang masih layak dikecambahkan sehingga kehilangan kemampuan untuk berkecambah secara normal.

Menurut Putri (2020), meningkatnya jumlah benih mati selama penyimpanan berkaitan dengan proses kemunduran fisiologis benih. Pertumbuhan cendawan dapat meningkatkan suhu mikro di sekitar benih sehingga laju respirasi meningkat. Respirasi yang berlangsung terus-menerus menyebabkan cadangan makanan lebih cepat terurai dan energi yang tersedia untuk proses perkecambahan menjadi berkurang. Kondisi tersebut menyebabkan viabilitas dan vigor benih menurun sehingga lebih banyak benih kehilangan kemampuan untuk berkecambah dan dikategorikan sebagai benih mati.

Benih mati pada penelitian ini ditandai oleh kerusakan jaringan embrio, tekstur benih yang menjadi lunak, serta pada beberapa benih ditemukan pertumbuhan cendawan akibat proses kemunduran selama penyimpanan. Benih dengan kondisi tersebut tidak menunjukkan perkembangan kecambah normal pada saat pengujian sehingga dikategorikan sebagai benih mati (Aruan *et al.*, 2018). Kondisi benih kakao yang mengalami kematian selama proses perkecambahan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi benih kakao yang mati pada hari ke- 21 pengamatan, a) benih lunak dan b) benih berjamur.

Berdasarkan hasil pengamatan, benih yang mengalami pelunakan menunjukkan keluarnya cairan ketika ditekan, yang mengindikasikan bahwa jaringan endosperm telah mengalami degradasi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pembusukan telah berlangsung sehingga embrio kehilangan kemampuan untuk berkembang menjadi kecambah normal. Media perkecambahan yang terlalu lembap juga dapat meningkatkan risiko perkembangan patogen, khususnya cendawan, selama proses perkecambahan (Sivana *et al.*, 2025). Selain itu, kelembapan yang berlebihan dapat menyebabkan proses imbibisi berlangsung secara berlebihan sehingga benih lebih mudah mengalami pembusukan (Rompah, 2013).

E. *First Count Test* (FCT) Setelah Penyimpanan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian ekstrak kulit jeruk manis pada berbagai konsentrasi berpengaruh nyata terhadap nilai hitung pertama. Vigor benih dapat diindikasikan melalui nilai FCT (*First Count Test*). Benih yang menghasilkan persentase kecambah normal lebih tinggi pada hitungan pertama umumnya memiliki tingkat vigor yang lebih baik. Tabel 5 menyajikan hasil pengujian *First Count Test* (FCT) benih kakao setelah penyimpanan.

Tabel 5. *First Count Test* (FCT) benih kakao (%) yang telah diberi perlakuan *coating* kedalam beberapa konsentrasi ekstrak kulit jeruk dan di kecambahkan selama 7 hari.

Konsentrasi Ekstrak Kulit Jeruk Manis (%)	FCT (%)
0	18,81 c
1	21,75 bc
1,5	23,24 bc
2	27,63 ab
2,5	30,80 a
KK= 17,25%	

Ket: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan data pada Tabel 5, pemberian *coating* ekstrak kulit jeruk manis menunjukkan pengaruh nyata terhadap nilai *First Count Test* (FCT) benih kakao setelah penyimpanan. Nilai FCT berkisar antara 18,81–30,80%. Hasil uji DNMRT taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi 2,5% menghasilkan nilai FCT tertinggi sebesar 30,80% dan tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 2%, tetapi

berbeda nyata dengan perlakuan 0%, 1%, dan 1,5%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *coating* ekstrak kulit jeruk manis pada konsentrasi 2,5% lebih mampu mempertahankan vigor benih sehingga lebih banyak benih berkecambah pada hitungan pertama.

Tingginya nilai FCT pada perlakuan 2,5% diduga berkaitan dengan sifat hidrofilik pektin yang terdapat pada ekstrak kulit jeruk manis sehingga *coating* mampu mempertahankan kadar air benih selama penyimpanan. Hal tersebut didukung oleh hasil pengamatan kadar air (Tabel 1), yang menunjukkan bahwa perlakuan *coating* mampu mempertahankan kadar air benih lebih baik dibandingkan perlakuan tanpa ekstrak. Benih kakao merupakan benih rekalsitran yang memerlukan kadar air relatif tinggi agar aktivitas metabolisme tetap berlangsung secara normal. Kadar air yang memadai membantu mempertahankan integritas membran sel sehingga proses imbibisi berlangsung lebih baik pada awal perkecambahan. Selanjutnya, enzim-enzim hidrolitik diaktifkan untuk menguraikan cadangan makanan menjadi senyawa yang lebih sederhana sebagai substrat respirasi. Respirasi menghasilkan energi (ATP) yang digunakan untuk pembelahan dan pemanjangan sel embrio sehingga kecambah mampu muncul lebih cepat pada hitungan pertama (Bewley *et al.*, 2013). Oleh karena itu, benih yang mampu mempertahankan kadar air selama penyimpanan cenderung memiliki nilai FCT yang lebih tinggi.

Sebaliknya, rendahnya nilai FCT pada perlakuan tanpa ekstrak kulit jeruk manis diduga berkaitan dengan penurunan kadar air selama penyimpanan yang mempercepat kemunduran fisiologis benih. Penurunan kadar air menyebabkan integritas membran sel terganggu sehingga aktivasi enzim dan proses respirasi pada saat perkecambahan menjadi kurang optimal. Akibatnya, mobilisasi cadangan makanan menjadi lebih lambat sehingga pasokan energi untuk pertumbuhan embrio berkurang dan proses munculnya kecambah normal pada hitungan pertama menjadi tertunda (Bewley *et al.*, 2013). Octaviana *et al.* (2026) menyatakan bahwa kemunduran fisiologis benih ditandai oleh meningkatnya respirasi selama penyimpanan serta menurunnya cadangan makanan yang tersedia untuk mendukung pertumbuhan embrio. Kondisi tersebut menyebabkan vigor benih menurun yang tercermin dari rendahnya nilai FCT.

Hasil tersebut juga sejalan dengan persentase kecambah normal (Tabel 3), di mana perlakuan 2,5% menghasilkan nilai tertinggi, serta persentase benih mati (Tabel 4) dan benih berjamur (Tabel 2) yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Hubungan antarparameter tersebut menunjukkan bahwa kemampuan *coating* dalam mempertahankan kadar air sekaligus menekan perkembangan cendawan selama penyimpanan diduga berkontribusi terhadap terpeliharanya mutu fisiologis benih. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa *coating* mampu memperlambat terjadinya kemunduran fisiologis benih selama penyimpanan. Menurut Jasmi (2017), kemunduran fisiologis merupakan proses deteriorasi benih setelah masak fisiologis yang menyebabkan penurunan viabilitas dan vigor. Dengan demikian, meningkatnya nilai FCT pada penelitian ini mengindikasikan bahwa *coating* ekstrak kulit jeruk manis mampu mempertahankan vigor benih melalui perlambatan proses kemunduran fisiologis selama penyimpanan.

F. Index Value Test (IVT) Setelah Penyimpanan

Berdasarkan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian *coating* ekstrak kulit jeruk dengan beberapa konsentrasi memberikan pengaruh nyata terhadap *Index Value Test* (IVT) atau nilai *indeks*. Hasil pengujian *indeks vigor* benih kakao setelah penyimpanan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai *Index Value Test* (IVT) benih kakao yang telah diberi perlakuan *coating* kedalam beberapa ekstrak kulit jeruk dan di kecambahkan selama 21 hari.

Konsentrasi Eksrak Kulit Jeruk Manis (%)	IVT
0	2,46 bc
1	2,38 bc
1,5	2,27 c
2	2,94 ab
2,5	3,47 a

KK= 16,10%

Ket: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 6, perlakuan *coating* ekstrak kulit jeruk manis konsentrasi 2,5% menghasilkan nilai *Index Value Test* (IVT) tertinggi yaitu 3,47, dan berbeda nyata dengan perlakuan 0%, 1%, dan 1,5%, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 2%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *coating* ekstrak

kulit jeruk manis pada konsentrasi 2,5% mampu mempertahankan vigor benih sehingga proses perkecambahan berlangsung lebih cepat dan lebih serempak dibandingkan perlakuan lainnya.

Tingginya nilai IVT pada perlakuan 2,5% diduga berkaitan dengan kemampuan *coating* dalam mempertahankan kadar air benih selama penyimpanan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Kadar air yang tetap terjaga memungkinkan proses imbibisi berlangsung secara optimal sehingga aktivasi enzim, mobilisasi cadangan makanan, dan respirasi dapat berlangsung lebih efisien. Energi yang dihasilkan dari proses tersebut digunakan untuk mendukung pertumbuhan embrio sejak awal perkecambahan sehingga benih mampu berkecambah lebih cepat dan serempak. Menurut Bewley *et al.* (2013), keberhasilan perkecambahan sangat dipengaruhi oleh berlangsungnya proses metabolisme benih setelah imbibisi, terutama aktivasi enzim dan respirasi yang menyediakan energi bagi pertumbuhan embrio.

Hasil tersebut juga sejalan dengan parameter lain pada penelitian ini. Perlakuan konsentrasi 2,5% menghasilkan persentase kecambah normal tertinggi (Tabel 3), nilai FCT tertinggi (Tabel 5), serta persentase benih mati (Tabel 4) dan benih berjamur (Tabel 2) yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Hubungan antarparameter tersebut menunjukkan bahwa kemampuan *coating* dalam mempertahankan kadar air benih sekaligus menekan perkembangan cendawan selama penyimpanan berkontribusi terhadap terpeliharanya mutu fisiologis benih. Kondisi tersebut memungkinkan proses perkecambahan berlangsung lebih cepat dan lebih serempak sehingga menghasilkan nilai IVT yang lebih tinggi.

Sebaliknya, perlakuan konsentrasi 1,5% menghasilkan nilai IVT terendah yaitu 2,27. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan tingginya persentase benih berjamur pada perlakuan yang sama (Tabel 2). Perkembangan cendawan selama penyimpanan dapat mengganggu kondisi fisiologis benih karena memanfaatkan cadangan makanan sebagai sumber nutrisi. Akibatnya, energi yang tersedia untuk mendukung pertumbuhan embrio berkurang sehingga perkecambahan berlangsung lebih lambat dan nilai IVT menjadi lebih rendah (Syahrani *et al.*, 2021).

Nilai IVT yang tinggi menunjukkan bahwa benih memiliki vigor yang baik sehingga mampu berkecambah lebih cepat dan lebih serempak. Menurut Saputra *et al.* (2024), benih dengan vigor tinggi dicirikan oleh kemampuan berkecambah secara cepat dan serempak serta lebih mampu beradaptasi pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Rahayu *et al.* (2014) juga menyatakan bahwa kecepatan tumbuh benih berkaitan erat dengan daya berkecambah, sehingga benih yang memiliki viabilitas tinggi umumnya juga menunjukkan vigor yang lebih baik. Dengan demikian, pemberian *coating* ekstrak kulit jeruk manis konsentrasi 2,5% mampu mempertahankan vigor benih kakao selama penyimpanan yang ditunjukkan oleh meningkatnya nilai IVT.



BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian *coating* berbahan ekstrak kulit jeruk manis memberikan pengaruh nyata terhadap persentase kadar air sebelum penyimpanan, kecambah normal, nilai *First Count Test* (FCT), *Indeks Value Test* (IVT), persentase benih mati, dan persentase benih yang terserang jamur selama penyimpanan. Namun, setelah penyimpanan tidak ditemukan perbedaan kadar air benih yang nyata antarperlakuan.
2. Konsentrasi ekstrak kulit jeruk manis 2% dipilih sebagai konsentrasi *coating* yang lebih efisien untuk mempertahankan mutu fisiologis benih kakao selama penyimpanan. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak dari 2% menjadi 2,5% belum memberikan peningkatan hasil yang sebanding dengan penambahan konsentrasi ekstrak, sehingga penggunaan konsentrasi 2% dinilai lebih efisien karena mampu mempertahankan mutu fisiologis benih dengan penggunaan ekstrak yang lebih sedikit.

B. Saran

Ekstrak kulit jeruk manis pada konsentrasi 2% dapat dipertimbangkan sebagai bahan *coating* untuk membantu mempertahankan mutu fisiologis benih kakao selama penyimpanan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji penggunaan konsentrasi tersebut pada berbagai lama penyimpanan serta mengombinasikannya dengan teknik penyimpanan, seperti pengendalian suhu dan kelembapan, yang berguna untuk mengevaluasi konsistensi kemampuannya dalam mempertahankan mutu fisiologis benih kakao pada berbagai kondisi penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aaboud, Morad, Aad, Georges, Abbott, Brad, Abbott, Dale C., Abeloos, B., Abhayasinghe, D. K., Abidi, S. H., AbouZeid, O. S., Abraham, N. L., & Abramowicz, H. (2019). Study of the rare decays of $B \rightarrow 0$ and B^0 mesons into muon pairs using data collected during 2015 and 2016 with the ATLAS detector. *Journal of High Energy Physics*, 2019(4), 1–47.
- Agustiansyah, Paul, Timotiwu, & Rosalia, D. (2016). Pengaruh Pelapisan Benih terhadap Perkecambahan Benih Padi (*Oryza sativa* L.) pada Kondisi Media Kertas Keracunan Aluminium. *Agrovigor*, 9(1), 24–32.
- Ajuru, M. G. and B. E.Okoli. (2013). The Morphological characterization of the melon species in the family cucurbitaceae juss., and their utilization in Nigeria. *Journal of Modern Botany*. 3(2) : 15-19.
- Anisa, N., Kusmiyati, F., & Karno. (2017). Pelapisan benih melon (*Cucumis melo* L.) dengan ekstrak kulit jeruk untuk mempertahankan mutu fisiologis benih selama penyimpanan. *Journal of Agro Complex*, 1(1), 1–16.
- Aris, S. E., Jumiono, A., Akil, S., Teknologi, M., & Bogor, U. D. (2020). Identifikasi titik kritis kehalalan gelatin 1. *Jurnal Pangan Halal*, 2, 17–22.
- Aruan, R. B., Nyana, I. D. N., Siadi, I. K., & Raka, I. G. N. (2018). Toleransi penundaan prosesing terhadap mutu fisik dan mutu fisiologis benih kedelai (*Glycine max* L. Merrill). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 7(2), 264–274.
- Aryanti, A.N. (2019). Pengaruh Pencelupan Benih Kakao dalam Gel Lidah Buaya (*Aloe vera*) sebagai Coating terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Kakao (*Theobroma cacao* L.). UNAND (Andalas University).
- Asni. (2010). *Kadar Air yang Aman untuk Penyimpanan Benih Tanaman Pangan (Jagung, Kedelai, dan Kacang Tanah)*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). 61 hal.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Produksi kakao menurut provinsi (ton)*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2024). Rancangan Standar Nasional Indonesia 3 Benih Kakao (*Theobroma cacao* L.) dalam Bentuk Biji.
- Baharudin, D., Ilyas, S., Suhartanto, M. R., & Purwantara, A. (2010). Pengaruh lama penyimpanan dan perlakuan benih terhadap peningkatan vigor benih kakao hibrida. *Jurnal Agronomi Indonesia*.
- Balai Besar Pengembangan Pengujian Mutu Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Direktorat Jenderal Tanaman Pangan [BBPPMBTPH]. (2018). *Pengujian Daya Berkecambah*. 48 hal.

- Bewley, J. D., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy* (3rd ed.). Springer.
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2001). *Principles of seed science and technology* (4th ed.). Kluwer Academic Publishers.
- Dachlan, A., Syam'un, E., & Singkeru, A. (2010). *Buku Pintar Budidaya Kakao*. AgroMedia Pustaka.
- Dermawan, R. (2013). *Budidaya dan Pengolahan Kakao*. Pustaka Baru Press.
- Dewi, T. K. (2015). Pengaruh Kombinasi Kadar Air Benih dan Lama Penyimpanan terhadap Viabilitas dan Sifat Benih Padi Sawah Kultivar Ciherang. *Jurnal Agrotek, 2*(1). 53-61.
- Dhaneswari, D., Lestari, S. D., & Wulandari, R. (2015). Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Jeruk Manis sebagai Bahan Penstabil. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, 26*(2), 123–130.
- Esrita. (2009). Studi Anatomi Embrio Benih Kakao pada Beberapa Kadar Air Benih dan Tingkat Pengeringan. *Jurnal Agronomi, 13*(1), 1-5.
- Fajrina, H. N., & Kuswanto. (2019). Uji viabilitas benih melon (*Cucumis melo* L.) pada berbagai taraf waktu penyimpanan buah dan pengeringan biji. *Plantropica. Journal of Agricultural Science, 4*(1), 19–29.
- Fransisca, N. B. (2016). *Pemanfaatan Ekstrak Pektin Kulit Jeruk Manis (Citrus aurantium) Untuk Pembuatan Mie Basah sebagai Pangan Fungsional Guna Menurunkan Hiperkolesterolemia pada Mencit Jantan (Mus musculus)*. Akademi Analis Farmasi dan Makanan Putra Indonesia Malang.
- Gennadios, A. (2002). *Protein-based films and coatings*. CRC Press.
- Harahap, Sulthan A., Yuliani T.S., & Widodo W. 2015. Detection & identification of Brassicaceae seedborne fungi. *Jurnal Fitopatologi Indonesia 11* (3): 97–103.
- Hayati, E., Setiawan, A., & Azrai, M. (2011). Pengelolaan Benih Bermutu untuk Peningkatan Produktivitas Kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar, 2*(1), 33–41.
- International Seed Testing Association (ISTA). (2005). *International Rules for Seed Testing*. ISTA.
- Irawati, I., Samudin, S., & Adelina, E. (2019). Analisis kemunduran benih cengkeh (*Eugenia aromaticum* L.) berdasarkan lama pengeringan. *e-J. Agrotekbis, 7*(6), 728–735.
- Jasmi. (2017). Viabilitas dan vigor benih akibat deteriorasi. *Jurnal Agrotek Lestari, 3*(1).

- Karmawati, E., Z. Mahmud., M. Syakir., S.J. Munarso., K. Ardana dan Rubiyo. (2010). *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Kementrian Pertanian, (2024). *Statistik Perkebunan Kakao Indonesia 2022-2024*. Jakarta.
- Kumoro, A. C., Roesyadi, A., & Budiati, C. S. (2018). Pemanfaatan limbah kulit jeruk sebagai sumber pektin alami. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 19(2): 95–102.
- Kundari, N. A., Primadana, P., & Putra, S. (2018). Pengaruh iradiasi gamma, coating, dan lama penyimpanan terhadap mutu kerupuk basah. *Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir*, 15–27.
- Kuswanto, H. (2003). *Teknologi Pemprosesan, Pengemasan dan Penyimpanan Benih*. Kanisius.
- Leisolo, M. K., Riry, J. dan Matatula, E. A. (2013). Pengujian Viabilitas dan Vigor Benih Beberapa Jenis Tanaman yang Beredar di Pasaran Kota Ambon. *Jurnal Agrologia*, 2(1), 1-9.
- Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd ed. Academic Press.
- Mira, D. (2021). *Pengaruh Pelapisan Lilin pada Benih Karet (Hevea brasiliensis Muell. Arg) dalam Beberapa Konsentrasi dan Lama Penyimpanan terhadap Viabilitas dan Vigor*. UNAND (Andalas University).
- Mubayin, A. (2016). *Sukses Membudidayakan Tanaman Coklat*. Forest Publishing. PT. Palapa.
- Mulyono, E. & Pratiwi, D. (2020). Aplikasi pektin sebagai bahan pelapis alami pada benih hortikultura. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 9(1): 45–52.
- Musa, A. A., Adebisi, M. A. & Bello, E. A. (2020). Effect of moisture content on the viability and seedling vigour of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seeds during short-term storage. *Journal of Agricultural Science and Practice*, 5(3): 112–118.
- Natasi, Y.T. (2021). Pengaruh perlakuan seed coating dan periode simpan terhadap benih jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering* 6(2):23- 25.
- Nugroho, W. K., Rahardjo, P., Widiarti, W., & Pancaningtyas, S. (2018). *Mempertahankan Sifat Fisik dan Fisiologis Benih Kakao (Theobroma cacao L.) Selama Penyimpanan Melalui Penambahan Asam Organik*. Universitas Muhamadiyah Jember.
- Nurhayati, N., Basuki, N., & Ainurrasjid, A. (2015). *Pengaruh Lama Dan Media Penyimpanan Benih Terhadap Perkecambahan Karet (Hevea Brasiliensis Muell Arg) Klon Pb 260* (Doctoral dissertation, Brawijaya University).

- Octaviana, R. N. A., Khoiriyah, A., & Megawati, S. (2026). Pengaruh durasi Accelerated Aging Test (AAT) dan suhu penyimpanan terhadap mutu fisiologis serta pendugaan daya simpan benih tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROKOMPLEK*, 5(2), 249–255.
- Padi, F. K. & Owusu, G. K. (2019). Seed storage and germination behaviour of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in different media and temperature conditions. *African Crop Science Journal*, 27(3): 349–360.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. (2010). *Kakao: Budidaya, panen, dan pengolahan*. Puslitbangbun.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. (2017). *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Puslitbang Bogor.
- Putri, H. R. (2020). Pengaruh Polyethylene Glycol (PEG) dan Lama Penyimpanan terhadap Mutu Benih Kakao (*Theobroma cacao* L.) Klon BL-50. UNAND (Andalas University).
- Rahardjo, P. & Hartatri, D.F.S. (2010). Penggunaan Acrylic Acid Sodium Acrylate Polymer dalam Upaya Mempertahankan Viabilitas Benih Kakao (*Theobroma Cacao* L.). *Pelita Perkebunan* 26(2): 83-93.
- Rahayu, A., Hardiyanti T., & Hidayat, P. (2014). Pengaruh Polyethylene Glycol 6000 dan Lama Penyimpanan terhadap Mutu Benih Kakao. *Pelita Perkebunan*, 30(1), 15-24.
- Rahmanda, F., Sari, D. R., & Andayani, R. (2021). Ekstraksi dan karakterisasi pektin dari kulit jeruk sebagai bahan pangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 32(2), 115–124.
- Rahmasari, E., M. Zamhari, dan I. Silviyati. (2022). Plastik Biodegradable Berbasis Carboxymethyl Cellulose dari Ampas Tebu. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia* 2(9): 385-391.
- Rompah, Y.M. (2013). *Pengaruh Penyadapan dan Posisi Tandan terhadap Mutu Benih serta Teknik Konservasi Kecambah terhadap Pertumbuhan Bibit Aren (Arenga pinnata (Wurb) Merr)*. IPB (Bogor Agricultural University).
- Roy, S., Priyadarshi, R., Łopusiewicz, L., Biswas, D., Chandel, V., dan Rhim, J. W. (2023). Recent progress in pectin extraction, characterization, and pectinbased films for active food packaging applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 239.
- Sadjad, S. (1994). *Dari Benih Kepada Benih*. PT Gramedia Widia Sarana Indonesia. 196 hal.
- Samudra, U. (2005). *Bertanam Coklat*. PT Musa Perkasa Utama.
- Saputra, D. I., Widiastuti, M. L., Azizah, E., & Samaullah, M. Y. (2024). Uji viabilitas dan vigor benih pada beberapa varietas sorgum (*Sorghum bicolor* L.) dengan umur simpan yang berbeda. *Jurnal Agroplasma*, 11(1), 119–127.

- Sari, V. P., W. P. Lestari, A. R. Murtadho, dan R. D. Lestari. (2023). *Analisis Pengujian Mutu Benih Secara Fisiologis pada Tanaman Pangan*. Dalam: Prosiding Seminar Nasional & Call for Paper Hubisintek 2023. Universitas Duta Bangsa Surakarta, Surakarta.
- Siregar, H., Susanto, S., & Wibawa, G. (2014). *Teknik Budidaya dan Pascapanen Kakao*. Penebar Swadaya.
- Sivana, N. E., Aisy, N. R., Mawaddah, N., Tribuana, R. G., Ilham, R., & Fitriyyah, I. (2025). Uji viabilitas dan pertumbuhan kecambah kacang hijau (*Vigna radiata*) selama 11 hari. *Tumbuhan: Publikasi Ilmu Sosiologi Pertanian dan Ilmu Kehutanan*, 2(1).
- Sudrajat, D. J., Yuniarti, N., Nurhasybi, Syamsuwida, D., Danu, Pramono, A. A., & Putri, K. P. (2017). *Bunga rampai: Karakteristik dan prinsip penanganan benih tanaman hutan berwatak intermediet dan rekalsitran*. Bogor: IPB Press.
- Sukarman & Rusmin, D. (2000). Penanganan Benih Rekalsitran. *Buletin Plasma Nutfah*, 6(1), 7–15.
- Suldahna, Hasanuddin, dan E. Nurahmi. (2018). Pengaruh bahan pengekstrak dan tingkat kadar air terhadap viabilitas dan vigor benih kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agrotek Lestari* 5(1).
- Sumampow, D. M. (2010). Viabilitas benih kakao (*Theobroma cacao* L.) pada media simpan serbuk gergaji. *Soil Environment*.
- Sumarna, Y. (2011). *Budidaya Tanaman Kakao*. Penebar Swadaya.
- Suryana, A., & Wibowo, A. (2015). *Budidaya Kakao: Teknik dan Teknologi Produksi*. Penebar Swadaya.
- Sutopo, L. (2012). *Teknologi Benih Edisi Revisi*. Rajawali.
- Sutopo, L. (2014). *Teknologi Benih (Edisi Revisi Fakultas Pertanian UNIBRAW)*, PT Raja Grafindo Persada.
- Syahriani, I., Evelyn, C., Istiqomah, D., Noviyanti, E., Adila, H., & Rahayu, R. P. (2021). Identifikasi Penyakit pada Batang Tanaman Jagung (*Zea Mays*) di Kecamatan Panyabungan Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, No. 2, pp. 325-332).
- Tambunan, R. R., Simanjuntak, P., & Silaban, R. (2022). Pemanfaatan limbah kulit jeruk manis sebagai pektin dengan metode ekstraksi. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 17(2), 45–54.
- Tatipata, A., Yudono, P., Purwantoro, A., dan Mangoendidjojo, W. (2004). Kajian aspek fisiologi dan biokimia deteriorasi benih kedelai dalam penyimpanan. *Jurnal Ilmu Pertanian* 11(2): 76–87.

- Tuhuloula, A., Budiarti, L., Fitriana, N, E. (2013). *Karakterisasi Pektin dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Umroh., Rosmalinda., Jatsiyah, V., Nurhayati., Hermanto, R, S. (2022). Pemanfaatan Berbagai Dosis Serbuk Gergaji untuk Meningkatkan Umur Simpan Benih Kakao (*Theobroma cacao* L.). *JAP: Journal of Agro Plantation* Vol. 01, No. 01 e-ISSN. 2830-7097.
- Usmiati, S., Mangunwidjaja, D., Noor, E., Richana, N., Prangdimurti, E., (2016). Produksi Pektin Bermetoksil Rendah dari Kulit Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) secara Spontan Menggunakan Pelarut Amonium Oksalat dan Asam, *J. Penelitian Pascapanen Pertanian*, 13(3), 125-135.
- Wahyudi, T., & Misnawi. (2019). *Teknologi budidaya dan pascapanen kakao*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Wahyudi, T., Panggabean, N., & Pujiyanto, A. (2008). *Panduan budidaya kakao berkelanjutan*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao.
- Widajati, E., E. Murniati, E.R. Palupi, T. Kartika, M. R. Suhartanto, A. Qadir. (2013). *Dasar Ilmu dan Teknologi Benih*. Penerbit IPB Press.
- Winarno, F. G. (2002). *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yapo, B. M. (2009). Pectin quantity, composition and physicochemical behaviour as influenced by the purification process. *Food Research International*, 42(8): 1197–1202.
- Yuniarti, N., dan Dharmawati Djaman. (2015). Teknik Pengemasan Yang Tepat Untuk Mempertahankan Viabilitas Benih Bakau (*Rhizophora Apiculata*) Selama Penyimpanan. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 1(6): 1438–41.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal kegiatan penelitian

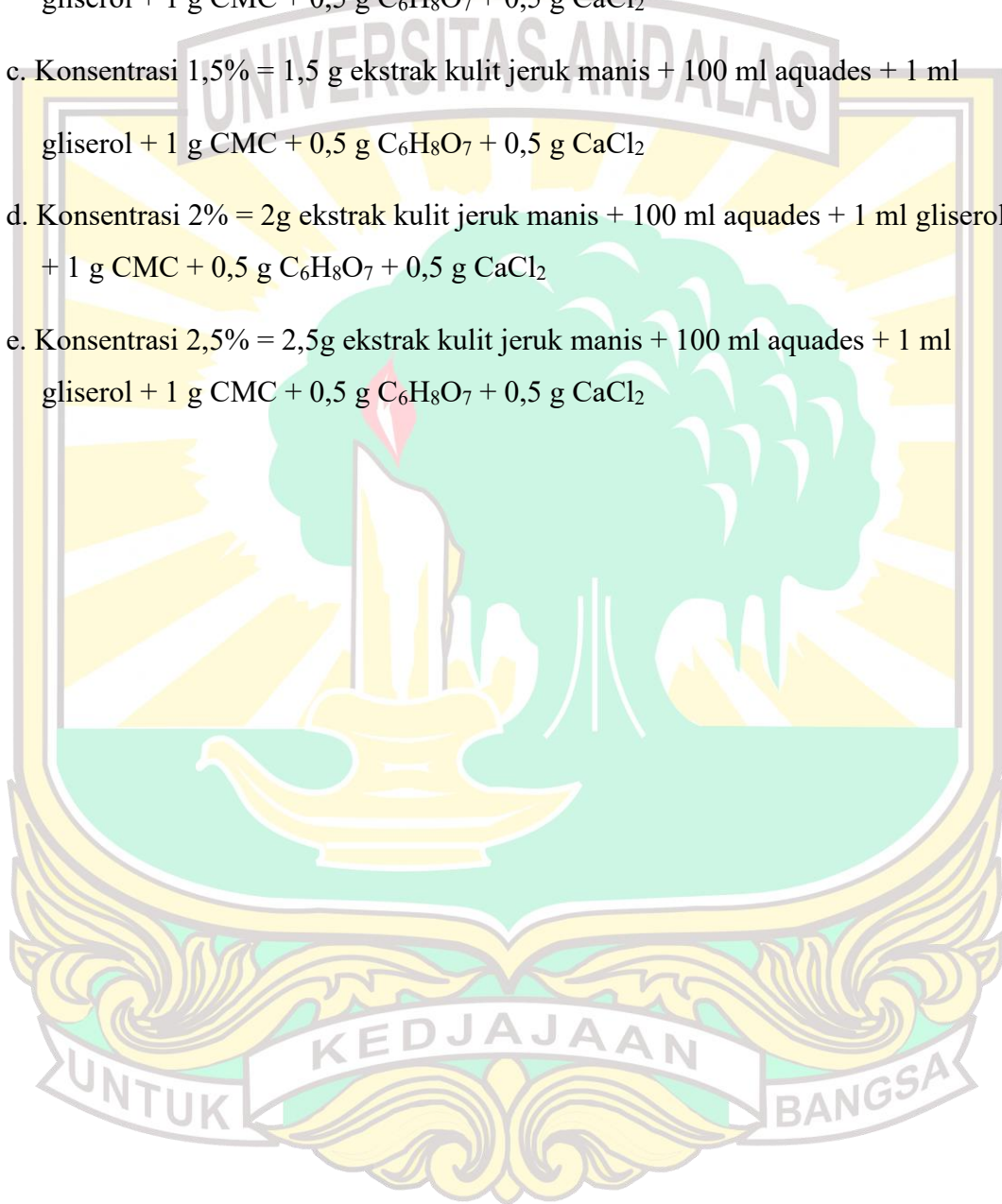
[illegible]

Lampiran 2. Denah penempatan plot percobaan berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL)



Lampiran 3. Dosis komposisi larutan ekstrak kulit jeruk manis

- a. Konsentrasi 0% = 0 g ekstrak kulit jeruk manis + 100 ml aquades + 1 ml gliserol + 1 g CMC + 0,5 g $C_6H_8O_7$ + 0,5 g $CaCl_2$
- b. Konsentrasi 1,0% = 1 g ekstrak kulit jeruk manis + 100 ml aquades + 1 ml gliserol + 1 g CMC + 0,5 g $C_6H_8O_7$ + 0,5 g $CaCl_2$
- c. Konsentrasi 1,5% = 1,5 g ekstrak kulit jeruk manis + 100 ml aquades + 1 ml gliserol + 1 g CMC + 0,5 g $C_6H_8O_7$ + 0,5 g $CaCl_2$
- d. Konsentrasi 2% = 2g ekstrak kulit jeruk manis + 100 ml aquades + 1 ml gliserol + 1 g CMC + 0,5 g $C_6H_8O_7$ + 0,5 g $CaCl_2$
- e. Konsentrasi 2,5% = 2,5g ekstrak kulit jeruk manis + 100 ml aquades + 1 ml gliserol + 1 g CMC + 0,5 g $C_6H_8O_7$ + 0,5 g $CaCl_2$



Lampiran 4. Deskripsi Kakao Klon BL-50

Asal usul	Hasil seleksi individu dalam populasi asal biji yang kemudian dikembangkan secara klonal
Buah	
Bentuk buah	: Lonjong besar
Warna buah	: Merah maron
Warna daging buah	: Beralur krem
Tekstur permukaan kulit buah	: Licin mengkilat
Ujung buah	: Runcing
Pangkal buah	: Membulat
Jumlah buah per pohon	: 50-90 buah/tahun
Biji	
Bentuk biji	: Lonjong
Warna biji	: Ungu
Jumlah biji per buah	: 49,58
Panjang biji	: 34,40 mm
Lebar biji	: 13,43 mm
Tebal biji	: 13,90 mm
Bobot biji kering per butir (g)	: 1,33
Bunga	
Bentuk bunga	: Bintang
Waktu berbunga	: Sepanjang bulan
Warna kelopak	: Krem kemerahan
Warna mahkota	: Putih bergaris merah
Warna benang sari	: Violet
Warna kepala putik	: Krem
Warna tangkai bunga	: Merah
Daun	
Bentuk daun	: Jorong
Warna daun muda	: Hijau

Warna daun tua	: Hijau tua mengkilat
Tekstur permukaan daun	: Kasar agak bergelombang
Panjang daun	: 1,8 cm
Lebar daun	: 1,4 cm
Ujung daun	: Runcing
Pangkal daun	: Membulat
Tepi daun	: Rata
Pertulangan daun	: Menyirip
Panjang tangkai daun	: 0,4 cm

Cabang

Bentuk percabangan	: Agak tegak horizontal
Laju percabangan	: Cepat
Permukaan kulit cabang	: Halus
Warna kulit cabang	: Cokelat

Sifat-sifat lainnya

Ketahanan terhadap hama	: Tahan Penggerek Buah Kakao (PBK)
Ketahanan terhadap penyakit	: Tahan Vascular Streak Dieback (VSD)
Kadar kulit ari	: 18,43%
Kadar lemak	: 44%
Potensi produksi	: 4,18 kg/pohon/tahun : 4,59 ton/ha/tahun pada populasi 1100 pohon/ha
Kesesuaian wilayah pengembangan	: Tipe iklim B (Schmidt Ferguson) : Tipe tanah lempung berpasir : Ketinggian tempat 4900 mdpl
Rekomendasi teknik budidaya	: Monoklonal dan poliklonal
Sistem perbanyakan pemulia	: Sambung pucuk dan sambung samping
Pemulia	: Laba Udarno, Edi Syafianto, Bayu Setyawan, Indah Anita Sari, Rudi Setiyono, Budi Martono, Dani dan Syafaruddin.

Sumber: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2017.

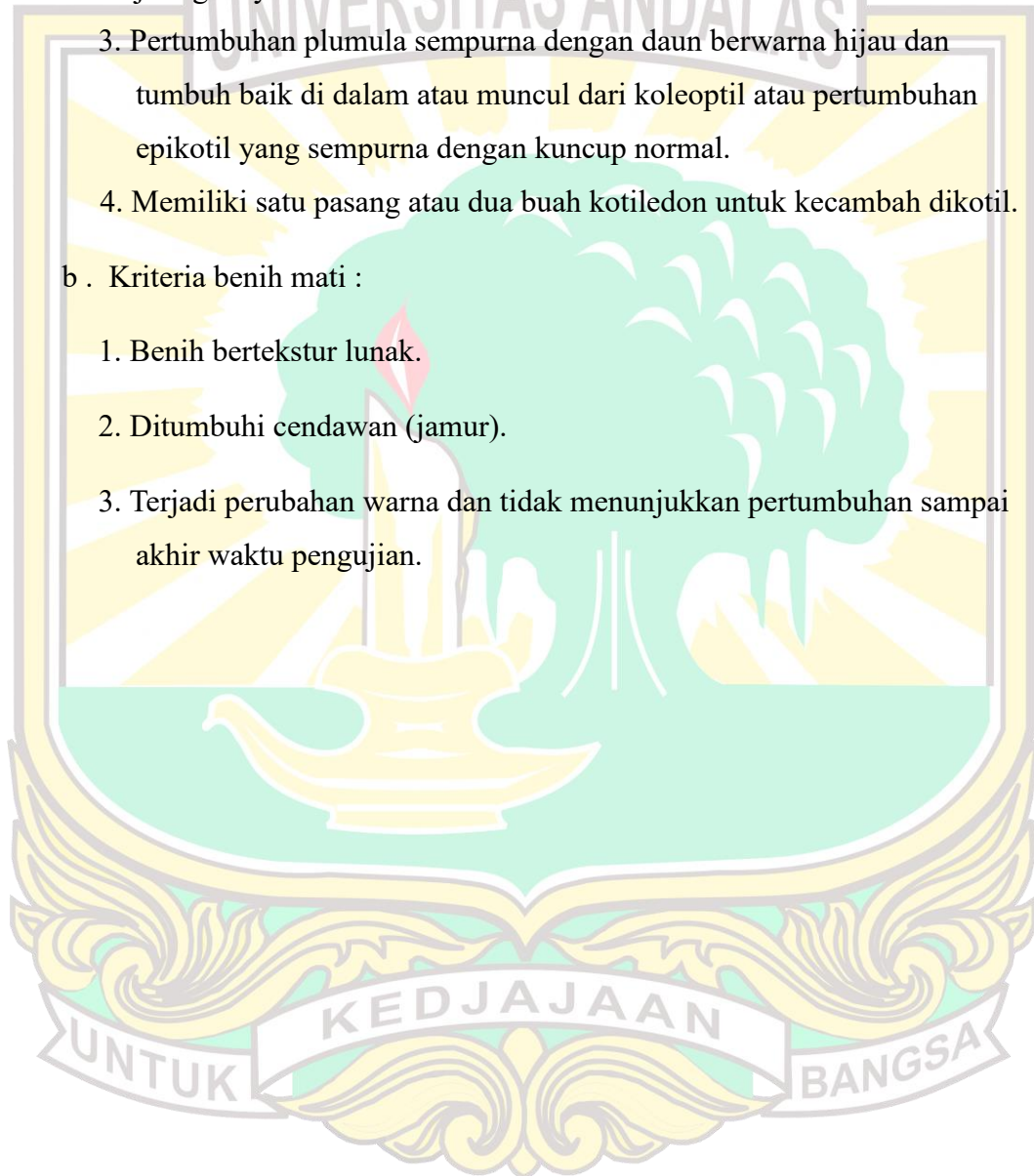
Lampiran 5. Kriteria kecambah normal dan benih mati

a. Kriteria kecambah normal :

1. Kecambah memiliki sistem perakaran yang baik terutama pada akar primer.
2. Perkembangan hipokotil baik dan sempurna tanpa kerusakan pada jaringannya.
3. Pertumbuhan plumula sempurna dengan daun berwarna hijau dan tumbuh baik di dalam atau muncul dari koleoptil atau pertumbuhan epikotil yang sempurna dengan kuncup normal.
4. Memiliki satu pasang atau dua buah kotiledon untuk kecambah dikotil.

b . Kriteria benih mati :

1. Benih bertekstur lunak.
2. Ditumbuhi cendawan (jamur).
3. Terjadi perubahan warna dan tidak menunjukkan pertumbuhan sampai akhir waktu pengujian.



Lampiran 6. Dokumentasi kecambah normal pada masing-masing perlakuan selama pengamatan hari ke-21.

a. Konsentrasi 0% ekstrak kulit jeruk manis	
b. Konsentrasi 1% ekstrak kulit jeruk manis	
c. Konsentrasi 1,5% ekstrak kulit jeruk manis	
d. Konsentrasi 2% ekstrak kulit jeruk manis	
e. Konsentrasi 2,5% ekstrak kulit jeruk manis	

Lampiran 7. Tabel sidik ragam

a. Kadar air benih setelah diberi perlakuan dan sebelum disimpan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%
Perlakuan	4	43,85	10,96	3,10 *	3,06
Galat	15	53,07	3,54		
Total	19				
KK= 5,50%					

- tn : Tidak berpengaruh nyata

- * : Berpengaruh nyata

b. Kadar air benih setelah diberi perlakuan dan setelah disimpan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%
Perlakuan	4	31,22	7,80	2,68 <i>tn</i>	3,06
Galat	15	43,73	2,92		
Total	19				
KK= 7,49%					

- tn : Tidak berpengaruh nyata

- * : Berpengaruh nyata

c. Benih berjamur dipenyimpanan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%
Perlakuan	4	184,39	46,10	5,63 *	3,06
Galat	15	122,82	8,19		
Total	19				
KK= 9,04%					

- tn : Tidak berpengaruh nyata

- * : Berpengaruh nyata

d. Kecambah normal

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%
Perlakuan	4	540,16	135,04	4,51 *	3,06
Galat	15	449,23	29,95		
Total	19				

KK= 10,51%

- tn : Tidak berpengaruh nyata

- * : Berpengaruh nyata

e. Benih mati

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%
Perlakuan	4	540,16	135,04	4,51 *	3,06
Galat	15	449,23	29,95		
Total	19				

KK= 11,42%

- tn : Tidak berpengaruh nyata

- * : Berpengaruh nyata

f. First Count Test (FCT)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%
Perlakuan	4	363,69	90,92	5,11 *	3,06
Galat	15	266,80	17,79		
Total	19				

KK= 17,25%

- tn : Tidak berpengaruh nyata

- * : Berpengaruh nyata

g. *Indeks Value Test (IVT)*

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel 5%
Perlakuan	4	4,02	1,01	5,31 *	3,06
Galat	15	2,84	0,19		
Total	19				
KK= 16,10%					

- tn : Tidak berpengaruh nyata

- * : Berpengaruh nyata



Lampiran 8. Dokumentasi penelitian



Buah yang digunakan
Buah yang masak
fisiologis



Persiapan media
kecambah, pasir diayak
di ayakan 2 mm



Penimbangan kulit jeruk
sebanyak 1000 gram



Pengovenan kulit jeruk
manis dengan suhu 55°C
selama 48 jam



Menghaluskan kulit
jeruk manis yang telah
dioven



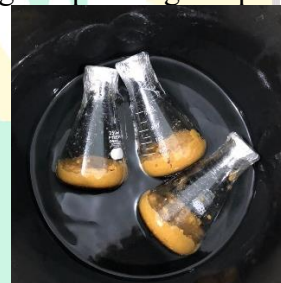
Serbuk kulit jeruk manis
ditimbang sebanyak 30
gram pada 5 gelas piala



Penambahan HCL 0,1 N
yang telah dilarutkan
kedalam 150 ml aquades



Melakukan ekstraksi
dengan dipanaskan pada
suhu 80°C selama 2 jam



Pendinginan setelah
dilakukan ekstraksi



Penambahan alcohol
98% sebanyak 150 ml
pada hasil ekstraksi



Melakukan pengendapan
selama 24 jam



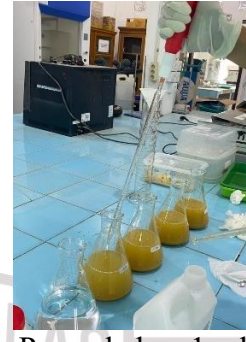
Endapan kemudian
disaring dengan kertas
saring dan dicuci dengan
alcohol 98%



Endapan pektin kemudian dioven dengan suhu 40°C selama 8 jam



Menambahkan 100 ml aquades pada serbuk kulit jeruk manis konsentrasi 1, 1,5, 2, 2,5 gram



Penambahan 1 ml gliserol



Pemberian 1 gram CMC dan dipanaskan dengan suhu 40°C selama 15 menit



Penambahan C₆H₈O₇ sebanyak 0,5 gram



Pemberian CaCl₂ sebanyak 0,5 gram dan diaduk



Melakukan *coating* dengan konsentrasi 0, 1, 1,5, 2, 2,5 gram



Pengovenan benih kakao untuk pengujian kadar air benih pada suhu 105°C selama 17 jam.



Benih direndam 10 menit dalam air sebelum dikecambahkan.