

**EKSTRAK DAUN KELOR DAN RUMPUT LAUT SEBAGAI
BIOSTIMULAN DALAM MENINGKATKAN KEBERHASILAN
DAN PERTUMBUHAN SAMBUNG PUCUK KAKAO
(*Theobroma cacao* L.)**

(Skripsi)

Oleh

**MUHAMMAD RIZKI RAMDANI
2114121018**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**EKSTRAK DAUN KELOR DAN RUMPUT LAUT SEBAGAI
BIOSTIMULAN DALAM MENINGKATKAN KEBERHASILAN
DAN PERTUMBUHAN SAMBUNG PUCUK KAKAO
(*Theobroma cacao* L.)**

Oleh

MUHAMMAD RIZKI RAMDANI

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

EKSTRAK DAUN KELOR DAN RUMPUT LAUT SEBAGAI BIOSTIMULAN DALAM MENINGKATKAN KEBERHASILAN DAN PERTUMBUHAN SAMBUNG PUCUK KAKAO (*Theobroma cacao* L.)

Oleh

MUHAMMAD RIZKI RAMDANI

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman perkebunan yang berkontribusi terhadap perekonomian Indonesia melalui nilai ekspor dan menjadi sumber pendapatan utama bagi petani di daerah sentra produksi. Teknologi sambung pucuk banyak digunakan dalam meningkatkan produktivitas. Namun, keberhasilannya masih rendah. Penggunaan biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut menjadi alternatif solusi untuk meningkatkan keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk kakao. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi biostimulan dalam meningkatkan keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk kakao. Penelitian ini dilaksanakan mulai Desember 2024-Februari 2025, di Labuhan Dalam, Kecamatan Tanjung Senang, Kota Bandar Lampung. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) nonfaktorial dengan 7 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan terdiri dari kontrol 0 ml/l, ekstrak daun kelor 150 ml/l, 300 ml/l, dan 450 ml/l, serta ekstrak rumput laut 150 ml/l, 300 ml/l, dan 450 ml/l. Data dianalisis menggunakan Anova dan diuji dengan BNJ pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi biostimulan berpengaruh nyata terhadap waktu muncul tunas, jumlah tunas, panjang tunas, diameter tunas, dan kehijauan daun. Namun, perlakuan tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, jumlah *flush*, bobot segar tunas, dan bobot kering tunas. Semua perlakuan aplikasi biostimulan menghasilkan persentase keberhasilan sambungan 100%. Konsentrasi terbaik biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut adalah 300 ml/l.

Kata kunci: Biostimulan, daun kelor, rumput laut, sambung pucuk.

ABSTRACT

EXTRACT OF MORINGA LEAF AND SEAWEED EXTRACT AS BIOSTIMULANT FOR INCREASING SUCCESS AND THE GROWTH OF COCOA SHOOTS (*Theobroma cacao* L.)

By

MUHAMMAD RIZKI RAMDANI

*Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a plantation crop that contributes to Indonesia's economy through export value and is the main source of income for farmers in production center areas. National cocoa productivity is still low due to the use of native seeds. Apical grafting technology is widely used to improve productivity. However, its success rate remains relatively low. The use of biostimulants of moringa leaf extract and seaweed is an alternative solution to improve the success and growth of cocoa grafting. The purpose of this research is to determine the influence of the type and concentration of biostimulants to improve the success and growth of cocoa grafting. This research was carried out from December 2024 to February 2025, in Labuhan Dalam, Tanjung Senang District, Bandar Lampung City. The design used was a non-factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) with 7 treatments and 3 replications. The treatment consisted of control of 0 ml/l, moringa leaf extract 150 ml/l, 300 ml/l, and 450 ml/l, and seaweed extract 150 ml/l, 300 ml/l, and 450 ml/l. Data were analyzed using Anova, and tested with BNJ at a real level of 5%. The results showed that the application of biostimulants had a real effect on the time of bud emergence, the number of shoots, the length of shoots, the diameter of the shoots, and the greenness of the leaves. However, the treatment had no significant effect on the number of leaves, the number of flushes, the fresh weight of the shoots, and the dry weight of the shoots. All biostimulant application treatments result in a 100% connection success rate. The best concentration of moringa leaf and seaweed extract biostimulants is 300 ml/l.*

Keywords: Biostimulants, moringa leaves, seaweed, shoot grafting

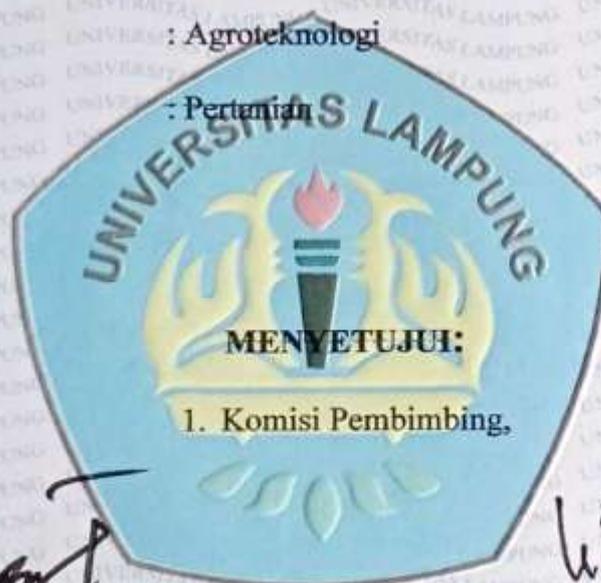
Judul Skripsi : **EKSTRAK DAUN KELOR DAN RUMPUT LAUT SEBAGAI BIOSTIMULAN DALAM MENINGKATKAN KEBERHASILAN DAN PERTUMBUHAN SAMBUNG PUCUK KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

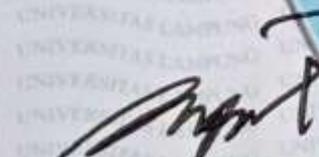
Nama Mahasiswa : **Muhammad Rizki Ramdani**

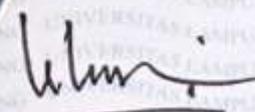
Nomor Pokok Mahasiswa : 2114121018

Jurusan : Agroteknologi

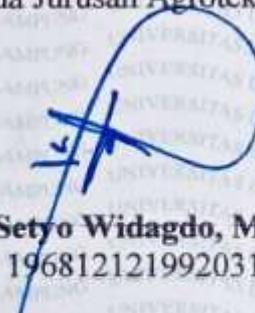
Fakultas : Pertanian




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


Ir. Lestari Wibowo, M.P
NIP 196208141986102001

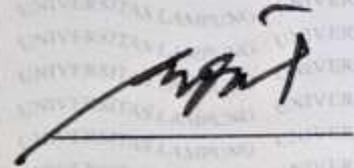
2. Ketua Jurusan Agroteknologi,


Ir. Setyo Widagdo, M.Si.
NIP 196812121992031004

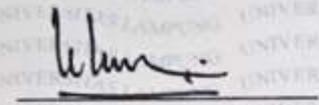
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji,

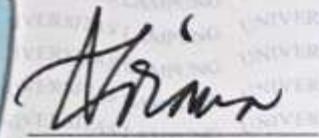
Ketua : **Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.**



Sekretaris : **Ir. Lestari Wilowo, M.P.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Sri Ramadiana, S.P., M.Si**



2. Dekan Fakultas Pertanian,



Dr. Fu Kuswana Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 03 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Ekstrak Daun Kelor dan Rumpun Laut sebagai Biostimulan dalam Meningkatkan Keberhasilan dan Pertumbuhan Sambung Pucuk Kakao (*Theobroma cacao* L.)” merupakan hasil karya saya sendiri, bukan karya orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu pada skripsi ini, saya kutip dari karya orang lain dan telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan kaidah, norma, dan etika penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terdapat temuan bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung 17 Juni 2025
Penulis,



Muhammad Rizki Ramdani
NPM 2114121018

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Pancawati, Kecamatan Caringin, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat pada 2 Februari 2001. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Rohmah dan Ibu Mamas. Pada 2014, penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 01 Pancawati Bogor, dan menyelesaikan pendidikan menengah pertama di MTs Sirojul Wildan Bogor pada 2017. Pada 2020, penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Caringin Bogor dan melanjutkan studi pendidikan Strata 1 di Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) serta mendapatkan beasiswa Kartu Indonesia Pintar Kuliah (KIPK) pada 2021.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai kegiatan di kampus maupun di luar kampus. Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Kelurahan Menggala Selatan, Kecamatan Menggala, Kabupaten Tulang Bawang pada 2024. Penulis juga telah melaksanakan kegiatan Magang dan Studi Independen Bersertifikat (MSIB) Batch 5 dalam program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di Yayasan Edufarmers International Sulawesi Tengah dengan posisi *Farmers Development Associate* (FDA) periode Agustus-Desember 2023. Penulis aktif dalam organisasi Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (PERMA AGT) Fakultas Pertanian Universitas Lampung, periode 2023 sebagai Staf Ahli Dana dan Usaha (DANUS), dan Anggota Lembaga Studi Mahasiswa Pertanian (LS-MATA) Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Tebu dan Karet 2024, serta mata kuliah Agroteknologi Perkebunan 2025.

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT, dengan segala rasa syukur dan kerendahan hati
kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua orang tua: Bapak Rohman dan Ibu Mamas yang selalu menjadi sumber
semangat, doa, nasihat, dan kasih sayang. Terima kasih atas segala pengorbanan
dan cinta yang menjadi kekuatan terbesarku untuk bertahan dan terus melangkah.

Seluruh keluarga besar, Kak Tia, Kak Sri Utami, Fikri Farhan, Rahbar Hashemi
Rafsanjani, sahabat, serta teman-teman
yang senantiasa memberikan semangat, doa, dan motivasi.

Keluarga besar Agroteknologi 2021 dan
Almamater tercinta, Universitas Lampung.

“Sesungguhnya beserta kesulitan terdapat
kemudahan”
(Q.S Al-insyirah : 5-6)

“Cukuplah Allah (menjadi penolong) bagi kami dan
Dia sebaik-baik pelindung”
(Q.S Ali’ Imran : 173)

“Ketika bahagia ingatlah sedih dan ketika sedih ingatlah bahagia,
semua itu akan berakhir”
(Muhammad Rizki Ramdani)

“Berdoalah untuk apa yang akan kita lakukan dan
lakukanlah atas apa yang telah kita doakan,
soal hasil adalah ranah Tuhan”
(Muhammad Rizki Ramdani)

SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam, sebagai rahmat bagi seluruh alam. Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penulis menjalani studi hingga terselesaikannya skripsi ini, yaitu kepada:

1. Kedua orang tua (Ibu Mamas) dan (Bapak Rohman) yang selalu memberikan doa, dukungan, pengorbanan, dan cinta yang menjadi kekuatan terbesar penulis untuk bertahan dan terus melangkah;
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Ir. Setyo Widagdo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
4. Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S., selaku Ketua Bidang Teknologi Produksi Perkebunan Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sekaligus Dosen Pembimbing Utama yang senantiasa memberikan arahan, dukungan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
5. Ir. Lestari Wibowo, M.P. selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Pembantu yang senantiasa memberikan bimbingan, nasihat, masukan, dan motivasi kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan sarjana;

6. Dr. Sri Ramadiana, S.P., M.Si., selaku Dosen Penguji yang senantiasa memberikan masukan dan saran-saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
7. Ir. Sugiyatno, M.S., selaku Dosen Teknologi Produksi Perkebunan yang telah menyediakan tempat dan fasilitas selama penulis melakukan penelitian;
8. Seluruh Dosen dan staf akademik Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, tempat penulis menempuh pendidikan sarjana. Semoga Allah SWT membalas amal kebaikan mereka dengan sebaik-baiknya balasan.
9. Kak Aristiana Syafitri, Kak Sri Utami, Fikri Farhan, dan Rahbar Hasheimi Rafsanjani, selaku kakak dan adik penulis yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat kepada penulis;
10. Rekan penelitian yaitu Sabila Infatriani Mukhlis, Rafael Pandiangan dan Komang Dina Puspita Sari yang telah membantu dalam penelitian dan memberikan dukungan kepada penulis;
11. Keluarga Besar Agroteknologi Angkatan 2021 atas kebersamaan dalam melewati suka-duka selama perkuliahan serta motivasi dan dukungannya.
12. Bapak Andi Amirullah, S.P., selaku *Field Manager*, Kak Andana Ghading Kurniawan, S.Hut., selaku *Field Facilitator*, seluruh petani dampingan penulis, serta pemuda Desa Sintuwu yang telah berbagi ilmu tentang budidaya kakao pada saat penulis menjalani program Magang dan Studi Independen Bersertifikat (MSIB);
13. Rekan-rekan *Farmers Development Associate (FDA) Cluster* Sintuwu yaitu I Nyoman Teguh Yudha Kusuma (Universitas Udayana), Beni Irawan (Universitas Musi Rawas), Jelianus Nduru (IPB University), Hilma Biiznih (Universitas Bengkulu), Ani Acfiatul Fardila (Universitas Jember), Asmilawati (Universitas Muslim Indonesia), Yohana Dibita Sitorus (Universitas Singaperbangsa Karawang), Wihartaty Dwi Sdani (Universitas Malikussaleh), Syahrina (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa), Galuh Ayu Wandira (UPN Veteran Jawa Timur), serta seluruh keluarga Bertani “Bertani Untuk Negeri 7” komoditi kakao yang telah menjadi *partner* penulis selama program magang dalam mempelajari proses budidaya kakao. Atas pengalaman

tersebut, penulis memutuskan untuk mengangkat topik sambung pucuk dalam skripsi ini;

14. Rabul Masriki dan Muhamad Rizki Ramdani selaku sahabat penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis.

Semoga segala ilmu, bantuan, dan dukungan yang diberikan kepada penulis menjadi amal jariyah yang diridhai Allah Swt, dan dibalas dengan sebaik-baiknya balasan. Semoga skripsi ini dapat menjadi manfaat baik bagi penulis ataupun pembaca Aamiin ya Rabbal 'alamin.

Bandar Lampung 17 Juni 2025
Penulis,



Muhammad Rizki Ramdani
NPM 2114121018

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Kerangka Pemikiran.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Hipotesis	9
II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Tanaman Kakao	10
2.2 Teknik Sambung Pucuk pada Kakao	12
2.3 Fungsi Zat Pengatur Tumbuh pada <i>Grafting</i>	13
2.4 Biostimulan Alami	14
III METODE PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.3 Metode Penelitian	17
3.4 Persiapan Penelitian	18
3.4.1 Penyediaan Batang Bawah.....	19
3.4.2 Penyediaan Batang Atas	19
3.4.3 Penyediaan Biostimulan.....	19

3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	20
3.5.1 Aplikasi Biostimulan	20
3.5.2 Proses Penyambungan	20
3.5.3 Pemeliharaan.....	20
3.6 Parameter Pengamatan.....	21
3.6.1 Persentase Keberhasilan Sambungan.....	21
3.6.2 Waktu Kemunculan Tunas.....	21
3.6.3 Jumlah Tunas	21
3.6.4 Panjang Tunas.....	22
3.6.5 Diameter Tunas.....	22
3.6.6 Jumlah Daun	22
3.6.7 Kehijauan Daun	22
3.6.8 Bobot Segar Tunas.....	23
3.6.9 Bobot Kering Tunas.....	23
3.6.10 Jumlah <i>Flush</i>	23
3.7 Analisis Data.....	23
IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Hasil	24
4.1.1 Keberhasilan Sambungan.....	26
4.1.2 Waktu Muncul Tunas.....	27
4.1.3 Jumlah Tunas	27
4.1.4 Panjang Tunas.....	28
4.1.5 Diameter Tunas.....	29
4.1.6 Jumlah Daun	30
4.1.7 Kehijauan Daun	31
4.1.8 Bobot Segar Tunas.....	31
4.1.9 Bobot Kering Tunas.....	32
4.1.10 Jumlah <i>Flush</i>	33
4.2 Pembahasan.....	34
V SIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Simpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rekapitulasi Pengaruh Perendaman Entres dan Penyemprotan Biostimulan terhadap Keberhasilan dan Pertumbuhan Sambung Pucuk Tanaman Kakao	24
2. Pengaruh Biostimulan Ekstrak Daun Kelor dan Rumput Laut terhadap Waktu Muncul Tunas.....	27
3. Pengaruh Biostimula Ekstrak Daun Kelor dan Rumput Laut terhadap Jumlah Tunas	28
4. Pengaruh Biostimulan Ekstraak Daun Kelor dan Rumput Laut terhadap Panjang Tunas	29
5. Pengaruh Biostimulan Ekstrak Daun Kelor dan Rumput Laut terhadap Diameter Tunas.....	29
6. Pengaruh Biostimulan Ekstrak Daun Kelor dan Rumput Laut terhadap Kehijauan Daun	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran.	8
2. Tata Letak Penelitian.	18
3. Bibit kakao hasil sambung pucuk kakao.	25
4. Pengaruh biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut terhadap persentase keberhasilan sambungan sampai 70 hss.	26
5. Pengaruh biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut terhadap jumlah daun.	30
6. Pengaruh biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut terhadap bobot segar tunas.	32
7. Pengaruh biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut terhadap bobot kering tunas.	33
8. Pengaruh biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut terhadap jumlah <i>flush</i>	34
9. Penampakan sambungan.	36
10. Penampakan muncul tunas	37
11. Pengaruh biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut terhadap jumlah tunas periode pengamatan 28 sampai 70 hss.	38
12. Pengaruh biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut terhadap panjang tunas periode pengamatan 28 sampai 70 hss.	40
13. Pengaruh biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut terhadap jumlah daun periode pengamatan 28 sampai 70 hss.	42

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman perkebunan yang memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia. Kakao menjadi salah satu sumber devisa negara melalui nilai ekspor. Pada 2022, kakao menempati peringkat ke 3 ekspor terbesar setelah kelapa sawit dan karet (Rohmah, 2022). Di beberapa wilayah, kakao menjadi sumber pendapatan utama bagi petani (Evizal dan Prasmatiwi, 2023) khususnya di daerah sentra produksi kakao seperti Sulawesi dan Sumatra, termasuk Provinsi Lampung (Septiana *et al.*, 2020 dan Sugiatno *et al.*, 2022). Luas perkebunan kakao di Indonesia pada 2021 menurut BPS (2023) yaitu perkebunan rakyat sebesar 1,42 juta hektar (99,63%), perkebunan besar swasta 4.995 hektar (0,35%), dan perkebunan besar negara 264 hektar (0,02%).

Kakao klon MCC 02 menjadi salah satu klon rekomendasi untuk dibudidayakan karena memiliki berbagai keunggulan dari segi kualitas, kuantitas, serta ketahanan terhadap hama dan penyakit. Sabahannur *et al.* (2023) melaporkan bahwa klon MCC 02 memiliki mutu fisik dan kimia yang baik dengan rerata jumlah biji per 100 gram sebanyak 53,50 (mutu AA), kadar lemak mencapai 52,99%, kadar air 6,68%, pH 5,43, serta total asam titrasi sebesar 7,93%. Kriteria tersebut sesuai dengan kebutuhan industri kakao nasional dan ekspor. Terkait dengan produktivitas serta ketahanan hama dan penyakit, Balitri (2021) melaporkan bahwa klon MCC 02 mampu menghasilkan rata-rata 2,82 kg biji kering per pohon atau sekitar 3.132 kg per hektar per tahun, dengan berat biji kering mencapai 1,6 g per biji, tahan terhadap penyakit VSD (*vascular streak dieback*) dan BBK (busuk buah kakao), serta moderat tahan hama PBK

(penggerek buah kakao). Berdasarkan hal ini, klon MCC02 lebih adaptif dan menguntungkan untuk dibudidayakan di berbagai kondisi lahan.

Komoditas kakao memiliki potensi besar untuk dijadikan usaha agribisnis yang menguntungkan, terlebih tanaman kakao hampir bisa ditanam di seluruh wilayah Indonesia. Pengembangan agribisnis kakao didukung oleh pemerintah yang menetapkan industri pengolahan kakao sebagai salah satu sektor prioritas dalam rencana induk pembangunan industri nasional (RIPIN) 2015-2035. Selain itu, permintaan global terhadap produk kakao terus meningkat. Menurut Setiawati (2024), terhitung sejak awal tahun hingga akhir Maret 2024, kenaikan harga mencapai 140,23%, di level US\$10.080 per ton atau sekitar Rp159.667.200 per ton. Hal ini menunjukkan bahwa komoditas kakao selain berperan terhadap perekonomian nasional, kakao juga berpotensi meningkatkan kesejahteraan para petani kakao di Indonesia.

Proses budidaya kakao secara umum masih terdapat berbagai kekurangan yang menyebabkan rendahnya produktivitas kakao di Indonesia. Menurut Millaty (2017), rendahnya produktivitas kakao disebabkan oleh kondisi tanaman tua, rusak, tidak produktif, serta tingginya serangan hama dan penyakit. Salah satu penyebab terjadinya hal tersebut adalah tidak menggunakan bahan tanam unggul. Penyebab lain adalah perkebunan kakao masih didominasi oleh perkebunan rakyat yang belum maksimal dalam proses budidaya. Menurut Ibnu (2022), petani masih banyak menggunakan benih asalan dan keterbatasan profesionalisme seperti pengetahuan dan keterampilan dalam produksi, pemrosesan, dan pemasaran.

Keterbatasan sumber bahan tanaman, lokasi sumber benih yang jauh dari pusat produksi kakao, serta lamanya proses hibridisasi di laboratorium sebelum dapat dilepas menjadi salah satu penyebab petani menggunakan benih asalan. Hal ini menjadi penyebab rendahnya produktivitas kakao di Indonesia. Hasil produksi aktual rata-rata kakao di Indonesia saat ini sekitar 500 kg/ha/tahun, sedangkan hasil potensialnya bisa mencapai 1.500-2000 kg/ha/tahun (Nurul, 2016; Susilo dan Sari, 2016; Rahmawati dan Hartulistiyoso, 2020). Berdasarkan hal ini, perlu

adanya upaya untuk meningkatkan produktivitas kakao di Indonesia, salah satunya dengan penggunaan bibit unggul hasil sambung pucuk.

Teknologi sambung pucuk banyak digunakan oleh petani untuk meningkatkan produktivitas kakao. Menurut Limbongan dan Fadjry (2013), prinsip utama teknik ini adalah menggabungkan dua klon tanaman berbeda menjadi satu kesatuan dan tumbuh menjadi tanaman baru. Tujuannya untuk menghasilkan bibit unggul dengan mengombinasikan sifat terbaik dari masing-masing klon. Teknologi sambung pucuk menjadi solusi bagi petani yang masih menggunakan benih asalan, yang cenderung memiliki produktivitas rendah dan rentan terhadap serangan hama serta penyakit. Dengan demikian, teknik ini dapat menunjang peningkatan produktivitas kakao di Indonesia. Namun, menurut Arlianzky *et al.* (2022), salah satu tantangan utama dalam sambung pucuk kakao adalah keberhasilannya yang rendah.

Kandungan fitohormon pada tanaman merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan sambung pucuk. Pasca proses penyambungan, tanaman mengalami stres akibat luka bagian sambungan, dan tidak sempurnanya pertautan antara batang bawah dengan batang atas dapat menghambat penyaluran nutrisi dan air, sehingga menjadi penyebab kegagalan proses sambung pucuk. Menurut Mashamaite *et al.* (2022), biostimulan terdiri dari berbagai hormon dan senyawa bioaktif yang dapat meningkatkan proses fisiologis tertentu yang mendorong pertumbuhan dan perkembangan tanaman, termasuk biostimulan dari ekstrak daun kelor dan rumput laut dapat digunakan sebagai pengganti ZPT sintetis. Menurut Asra *et al.* (2020), secara umum zat pengatur tumbuh digolongkan pada lima jenis, yaitu auksin, sitokinin, giberelin, asam absisat, dan etilen.

ZPT sintetis efektif meningkatkan keberhasilan sambung pucuk, namun seringkali mahal dan sulit diperoleh, sehingga jarang digunakan oleh petani. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, daun kelor dan rumput laut dipilih sebagai biostimulan. Hal ini selaras dengan Asra *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa

setiap jenis tumbuhan menghasilkan fitohormon seperti auksin, sitokinin, dan giberelin untuk merangsang pertumbuhan. Ulfa *et al.* (2013) berpendapat bahwa besarnya keragaman tumbuhan di Indonesia memperbesar peluang ditemukannya berbagai tumbuhan yang berpotensi sebagai sumber ZPT alami. Kandungan fitohormon dan senyawa bioaktif dalam biostimulan daun kelor dan rumput laut, jika dijadikan sumber ZPT, berpotensi menstimulasi proses regenerasi jaringan di area sambungan serta inisiasi tunas. Proses ini dapat mempercepat pertautan batang atas dan entres, sehingga penyaluran nutrisi dan air menjadi lebih efektif yang pada akhirnya meningkatkan keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk kakao.

Daun kelor dan rumput laut telah mendapat pengakuan secara luas di kalangan peneliti sebagai sumber ZPT, sehingga berpotensi digunakan sebagai biostimulan. Menurut Mashamaite *et al.* (2022) dan Bulgari *et al.* (2019), daun kelor banyak dimanfaatkan sebagai biostimulan karena mengandung banyak zat pengatur tumbuh, murah, mudah didapat, ramah lingkungan dan berkelanjutan, serta telah terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas berbagai tanaman, baik dalam kondisi stres ataupun nonstres. Rady dan Mohamed (2015) melaporkan bahwa daun kelor mengandung ZPT auksin, sitokinin, giberelin, serta senyawa bioaktif yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Terkait dengan rumput laut, Jardin (2015) melaporkan bahwa ekstrak rumput laut mengandung zat pengatur tumbuh auksin, sitokinin, dan turunannya yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman serta toleransi terhadap cekaman biotik dan abiotik.

Berdasarkan uraian tersebut, daun kelor dan rumput laut dapat dimanfaatkan sebagai biostimulan pengganti ZPT sintetis untuk meningkatkan keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk kakao. Pemanfaatan keduanya dapat mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber daya lokal yang melimpah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Bagaimana pengaruh biostimulan rumput laut dan daun kelor terhadap keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk kakao?
- (2) Berapakah konsentrasi terbaik kedua jenis biostimulan yang digunakan untuk meningkatkan keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk kakao?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Mengetahui pengaruh jenis biostimulan terhadap keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk kakao;
- (2) Mengetahui konsentrasi terbaik kedua jenis biostimulan untuk meningkatkan keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk kakao.

1.4 Kerangka Pemikiran

Perbanyakan tanaman bisa dilakukan dengan cara vegetatif menggunakan bagian tertentu tanaman dan generatif menggunakan biji atau benih. Perbanyakan vegetatif bisa dilakukan dengan beberapa metode. Menurut Limbongan dan Fadjry (2013) serta Pramudito *et al.* (2018), perbanyakan vegetatif tanaman bisa dilakukan dengan metode sambung pucuk, sambung samping, cangkok, okulasi, stek, susuan, dan *somatic embryogenesis* (SE) yang disesuaikan dengan komoditasnya. Namun, metode yang paling umum digunakan pada tanaman kakao adalah sambung pucuk karena lebih efektif dan efisien. Prinsip utama metode ini yaitu menyambungkan batang atas ke batang bawah, sehingga terjadi penyatuan kambium dari kedua bagian tanaman dan membentuk tanaman baru.

Teknologi sambung pucuk banyak digunakan karena memiliki berbagai kelebihan, seperti unggul dari segi perakaran, masa TBM singkat, ukuran tanaman relatif pendek, tingkat segregasi dan variabilitas rendah, proses lebih mudah dan

singkat, serta memiliki sifat genetik yang sama dengan induknya (Kasana *et al.*, 2024). Selain itu, hasil sambungan batang atas dan batang bawah pada sambung pucuk lebih maksimal, sehingga setelah tanaman dewasa, tidak mudah roboh ketika buah terlalu lebat atau menghadapi cuaca ekstrem seperti angin kencang, dibandingkan dengan metode sambung lainnya seperti okulasi, susuan, dan sambung samping.

Keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain kualitas entres dan batang bawah, ketajaman dan kebersihan alat, perawatan pasca sambung, serta kondisi iklim mikro. Pada proses penyambungan, keberhasilan sangat dipengaruhi oleh proses pertautan antara batang bawah dengan entres. Menurut Pramudito *et al.* (2018), penggunaan zat pengatur tumbuh (ZPT) memiliki peran penting dalam meningkatkan keberhasilan sambung pucuk dengan cara mempengaruhi proses fisiologis. Namun, zat pengatur tumbuh sintetis cukup mahal dan cenderung sulit didapat karena jarang tersedia di pasaran (Mashamaite *et al.*, 2022; Tini *et al.*, 2022), sehingga zat pengatur tumbuh jarang digunakan dalam sambung pucuk kakao di kalangan petani dan menjadi salah satu faktor rendahnya persentase keberhasilan sambung pucuk kakao di Indonesia. Pelaksanaan teknis dan nonteknis yang maksimal, serta penggunaan biostimulan daun kelor dan rumput laut sebagai alternatif zat pengatur tumbuh sintetis diharapkan dapat menstimulasi proses pertautan batang bawah dan batang atas serta meningkatkan pertumbuhan dan keberhasilan sambung pucuk kakao.

Peran biostimulan dalam meningkatkan keberhasilan sambung pucuk kakao adalah dengan cara menstimulasi proses pertautan batang bawah dengan batang atas, sehingga mempercepat proses penyembuhan luka akibat sayatan. Zat pengatur tumbuh yang terkandung dalam biostimulan seperti auksin, sitokinin, dan giberelin bekerja dengan cara mempengaruhi proses fisiologis tanaman seperti merangsang produksi fitohormon, meningkatkan pembelahan sel, dan pembentukan jaringan baru (Calvo *et al.*, 2014; Jardin, 2015). Selain itu, Bulgari *et al.* (2019) menyatakan bahwa senyawa bioaktif seperti mineral, vitamin, asam

amino, poli- dan oligosakarida, serta zat pengatur tumbuh alami yang terkandung dalam biostimulan dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, serta mengurangi dampak negatif stres biotik dan abiotik seperti kekeringan dan serangan patogen. Hal tersebut menyebabkan tanaman dapat tumbuh lebih cepat dan lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang kurang optimal.

Daun kelor dan rumput laut telah diakui para peneliti mengandung berbagai jenis ZPT dan senyawa bioaktif sebagai sumber biostimulan alami yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman. Hasil penelitian Rady dan Mohamed (2015) menemukan bahwa ekstrak daun kelor kaya akan fitohormon seperti asam indole-3-asetat (IAA), giberelin (GA), dan zeatin sebagai sitokinin. Selain itu, Mashamaite *et al.* (2022) melaporkan bahwa konsentrasi hormon zeatin yang terkandung pada daun kelor ditemukan seribu kali lipat (dari 5–200 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) lebih tinggi dibandingkan konsentrasi zeatin pada spesies tanaman lain. Terkait dengan rumput laut, Calvo *et al.* (2014), Jardin (2015), serta Rouphael dan Colla (2020) menyatakan bahwa rumput laut mengandung ZPT seperti auksin, sitokinin, dan giberelin yang dapat merangsang pembentukan kalus, menstimulasi pertautan batang bawah dengan batang atas, serta mendukung pertumbuhan jaringan baru. Lebih lanjut dijelaskan senyawa bioaktif seperti oligosakarida, polisakarida, asam fulvik, peptida, poliamina, dan betain juga terkandung dalam rumput laut.

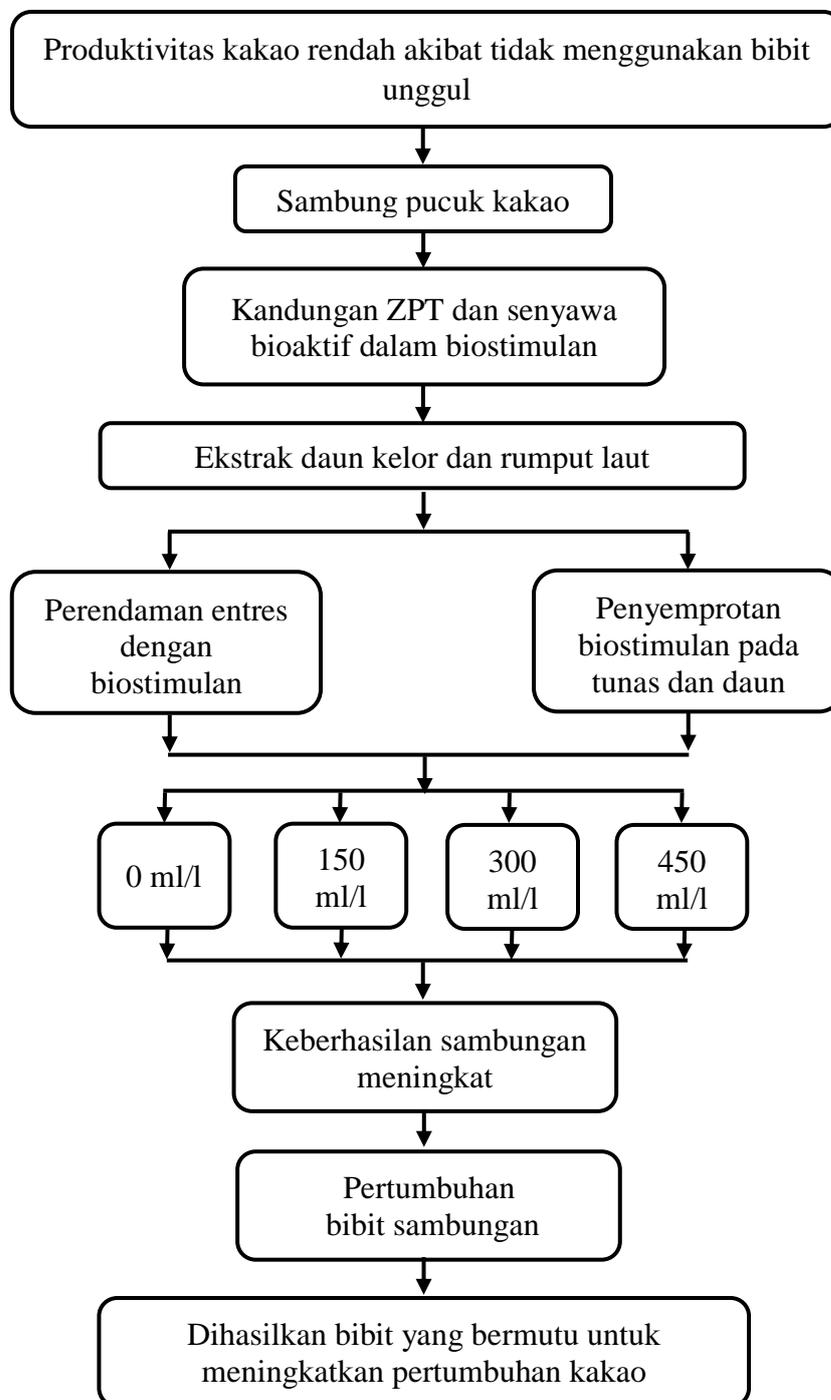
Biostimulan diduga mampu mempengaruhi proses fisiologis pada tanaman kakao dengan cara mempercepat proses pertautan batang bawah dengan batang atas, meningkatkan penyerapan nutrisi, dan ketahanan terhadap stres, sehingga berpotensi meningkatkan keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk tanaman kakao. Kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 1.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Memberikan alternatif zat pengatur tumbuh yang efektif dan ekonomis bagi petani kakao;

- (2) Menyumbangkan pengetahuan baru mengenai aplikasi biostimulan alami dalam perbanyakkan tanaman kakao;
- (3) Mendukung peningkatan produktivitas kakao melalui pengadaan bibit unggul hasil sambung pucuk.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran.

1.6 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Aplikasi biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut berpengaruh meningkatkan keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk kakao;
- (2) Terdapat konsentrasi terbaik dari kedua jenis biostimulan yang digunakan untuk meningkatkan keberhasilan dan pertumbuhan sambung pucuk kakao.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kakao

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan anggota keluarga *Malvaceae*, dan secara taksonomi diklasifikasikan ke dalam genus *Theobroma*. Menurut Kementerian Pertanian (2019), kakao berasal dari Pegunungan Andes yang menyebar ke dataran rendah Venezuela, Kolombia, dan Ekuador, serta ke arah utara seperti Amerika Tengah dan Meksiko, hingga sampai di Indonesia tepatnya di Minahasa, Sulawesi Utara pada 1560, yang dikenalkan oleh orang-orang Spanyol. Kakao yang umum dibudidayakan di Indonesia terbagi menjadi tiga jenis utama, yaitu *Criollo*, *Forastero*, dan *Trinitario*. *Criollo* sering disebut sebagai kakao mulia, *Forastero* dikenal dengan sebutan kakao lindak, sedangkan *Trinitario* adalah hasil persilangan antara *Criollo* dan *Forastero* (Hatmi *et al.*, 2018). Menurut Matatula *et al.* (2022), tanaman kakao diklasifikasikan ke dalam kerajaan Plantae, divisi Magnoliophyta, kelas Magnoliopsida, ordo Malvales, famili Malvaceae (*sterculiaceae*), genus *Theobroma* dan spesies *Theobroma cacao* L.

Morfologi tanaman kakao bervariasi tergantung pada faktor lingkungan seperti ketinggian tempat dan intensitas cahaya. Morfologi tanaman kakao mencakup beberapa karakter utama, yaitu akar, batang, cabang, daun, bunga, dan buah. Menurut Matatula *et al.* (2022), tinggi tanaman kakao dapat mencapai 8-10 meter namun dalam budidaya biasanya tidak lebih dari 5 meter. Kakao memiliki perakaran dangkal (*surface root feeder*) sekitar 0-30 cm di bawah permukaan tanah, jika diperbanyak secara generatif, kakao memiliki akar tunggang (*radix primaria*) yang bisa tumbuh hingga 8 meter secara horizontal dan 15 meter secara vertikal. Batang kakao berkayu dengan warna coklat tua hingga kehitaman.

Cabang bersifat *dimorfisme* (dua bentuk tunas), yaitu tunas *orthotrop* yang tumbuh secara vertikal dan tunas *plagiotrop* tumbuh secara horizontal.

Daun muda (*flush*) berwarna jingga atau hijau muda, sedangkan daun tua berwarna hijau gelap, permukaan licin berbentuk elips yang tersusun secara spiral dan panjangnya bisa mencapai 30 cm. Bunga kakao bersifat majemuk (tumbuh dalam kelompok atau kumpulan) dengan tangkai berwarna krem hingga merah. Buah berbentuk bulat lonjong dengan warna yang bervariasi dari hijau hingga merah saat muda, kemudian berubah menjadi kuning atau oranye saat matang (Farhanandi dan Indah, 2022; Zasari dan Sitorus, 2022). Selain itu, menurut Sitohang dan Sitanggang (2024), tanaman kakao termasuk ke dalam kelompok *caulofloris*, yaitu tanaman yang berbunga dan berbuah pada bagian batang dan cabang yang lebih tua, buah kakao matang pada umur 5-6 bulan setelah penyerbukan, serta ukuran buah 10-30 cm dan setiap buah terdiri dari 30-50 biji.

Kualitas dan kuantitas hasil kakao dipengaruhi oleh faktor pembatas dalam pertumbuhan dan produksinya. Hal ini selaras dengan pernyataan Hatmi *et al.* (2018) bahwa tingkat produksi dan mutu biji kakao dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti genotipe, lingkungan, teknik budidaya, penanganan panen dan pasca panen, elevasi lahan, suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan curah hujan. Faktor lingkungan dan teknik budidaya mempengaruhi produktivitas, sedangkan faktor iklim mempengaruhi kualitas biji (Sugiatno *et al.*, 2022; Tjahjana *et al.*, 2014). Tanaman kakao tumbuh optimal pada ketinggian 0-600 mdpl dengan suhu optimal untuk pertumbuhan 25-27°C, sedangkan suhu optimal pembungaan 23°C dengan fluktuasi suhu tidak begitu jauh, intensitas cahaya 50-70%, dan curah hujan 1.500-200 mm per tahun (Ilham *et al.*, 2018). Menurut Tjahjana *et al.* (2014), faktor pembatas lain yang perlu diperhatikan dalam budidaya kakao yaitu ke dalaman efektif tanah >1,5m, tekstur tanah lempung berliat, lempung liat berpasir atau lempung berpasir, kadar bahan organik >3.5% dengan pH tanah 5.5-6,5, kadar unsur hara (N, P, K, Ca, Mg, S) cukup sampai tinggi, kecepatan angin maksimal 4 m/detik, kemiringan lereng <8%, jika lebih dari 8-45% perlu konservasi seperti pembuatan teras.

2.2 Teknik Sambung Pucuk pada Kakao

Teknik sambung pucuk, atau *grafting* adalah metode perbanyakan vegetatif tanaman yang umum digunakan dalam budidaya kakao untuk mempertahankan sifat genetik unggulnya. Prinsip utamanya adalah menyambungkan batang atas (*scion*) ke batang bawah (*rootstock*) dari dua individu tanaman yang berbeda sehingga terjadi penyatuan kambium batang bawah dengan kambium batang atas dan membentuk tanaman baru yang memiliki sifat unggul yang diinginkan (Pratama *et al.*, 2018). Bagian tanaman yang umum digunakan dalam perbanyakan vegetatif yaitu akar, batang, cabang, dan daun. Namun, bagian yang umum digunakan dalam perbanyakan vegetatif tanaman kakao adalah cabang atau entres (Arlianzy *et al.*, 2022). Teknik sambung pucuk memiliki banyak keunggulan. Menurut Limbongan dan Fadry (2013) serta Ariani *et al.* (2018), di antara keunggulan tersebut yaitu tidak terjadi segregasi, memutus penyebaran HPT, produktivitas dan mutu hasil seragam, murah dan mudah dilakukan, masa TBM singkat, sifat bahan tanam klonal, dan cenderung diketahui dengan baik sehingga petani mudah dalam melakukan taksasi hasil produksi.

Teknik sambung pucuk pada tanaman kakao terbukti dapat meningkatkan produksi dan mutu hasil kakao. Namun, tantangan utama dalam teknik ini adalah persentase keberhasilannya yang rendah (Suryani, 2021). Proses pertautan antara batang atas dan batang bawah adalah kunci keberhasilan teknik ini. Terdapat dua faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan pertautan batang bawah dan batang atas, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi hal ini. Menurut Pratama *et al.* (2018) dan Pramudito *et al.* (2018), faktor internal tanaman yang mempengaruhi keberhasilan sambung pucuk yaitu kecocokan genetik, umur tanaman, kesehatan tanaman, cadangan makanan, dan fitohormon. Sedangkan faktor eksternal yaitu suhu, curah hujan, kelembaban, intensitas cahaya, waktu penyambungan, panjang entres, perbandingan diameter entres dengan batang bawah, teknik penyambungan, ketajaman dan kesterilan alat, serta keterampilan penyambung.

2.3 Fungsi Zat Pengatur Tumbuh pada *Grafting*

Zat pengatur tumbuh (*Plant Growth Regulator*) merupakan senyawa organik non-nutrisi pada tumbuhan yang aktif bekerja dalam merangsang, menghambat atau mengubah pertumbuhan dan perkembangan dari suatu tumbuhan pada konsentrasi yang rendah (Asra *et al.*, 2020). Cakupan definisi zat pengatur tumbuh (ZPT) lebih luas dibanding fitohormon yang hanya diproduksi di dalam tanaman (endogen). Menurut Wiraatmaja (2017), cakupan zat pengatur tumbuh meliputi hormon endogen dan eksogen atau diproduksi secara sintetis. ZPT memiliki fungsi yang spesifik, salah satu respon fisiologis dari penggunaan ZPT yaitu pengendalian pertumbuhan vegetatif (Ruchitha dan Poojashree, 2021). Menurut Asra *et al.* (2020), berdasarkan fungsi ZPT terbagi menjadi dua, pertama hormon *promotor* yang merangsang proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman meliputi auksin, sitokinin, giberelin, dan etilen. Kedua, hormon *inhibitor* hormon yang menghambat atau memperlambat proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman seperti asam absisat.

Zat pengatur tumbuh (ZPT) memiliki peran penting dalam meningkatkan keberhasilan sambung pucuk (*grafting*) pada tanaman kakao. ZPT berperan mempengaruhi proses fisiologis pertautan antara batang atas dan batang bawah yang mempercepat penyembuhan luka. Dalam proses ini, auksin dan sitokinin berperan sebagai hormon yang mengatur pembelahan dan diferensiasi sel. Auksin berperan dalam pembentukan kalus pada area sambungan dengan menstimulasi pembelahan sel serta pembentukan jaringan xilem dan floem (Ndana dan Melnyk, 2018), sementara sitokinin mendorong diferensiasi sel dan pembentukan jaringan vaskular baru (Schaller *et al.*, 2015). Menurut Roswanjaya *et al.* (2020), tahapan terjadinya penyambungan diawali dengan pembentukan lapisan nekrotik yang melindungi permukaan luka, kemudian diikuti dengan pertumbuhan dan pembelahan sel-sel parenkim yang membentuk kalus pada kedua permukaan sayatan. Selanjutnya, sel-sel kalus dari batang atas dan batang bawah akan saling bertemu dan menyatu (*koheksi*), kemudian membentuk kalus. Tahap berikutnya adalah diferensiasi sel-sel kalus menjadi jaringan vaskular baru, di mana sel-sel

kambium akan membentuk xilem dan floem yang menghubungkan sistem pembuluh batang atas dengan batang bawah. Keberhasilan proses ini sangat bergantung pada keseimbangan hormonal yang tepat, di mana ZPT eksogen dapat membantu mengoptimalkan proses pertautan dengan meningkatkan pembentukan kalus dan diferensiasi jaringan vaskular.

2.4 Biostimulan Alami

Biostimulan adalah zat atau mikroorganisme yang, ketika diaplikasikan pada tanaman dalam konsentrasi tertentu, dapat meningkatkan pertumbuhan, efisiensi nutrisi, toleransi terhadap stres dan kualitas tanaman dengan cara mempengaruhi proses fisiologis tanpa berfungsi sebagai nutrisi atau pestisida (Calvo *et al.*, 2014; Jardin, 2015; Roupheal dan Colla, 2020). Cakupan biostimulan sangat luas sehingga banyak peneliti yang mengklasifikasikannya. Menurut Shahrajabian *et al.* (2021), berdasarkan asal usulnya, biostimulan dibagi menjadi dua, yaitu biostimulan biologis yang berasal dari patogen atau tanaman, dan biostimulan non-biologis seperti bahan kimia, namun klasifikasi lainnya membedakan biostimulan menjadi mikroba, seperti jamur mikoriza dan bakteri, serta non-mikroba, seperti ekstrak mikroalga, zat humat, dan biopolimer. Senyawa fitohormon yang terkandung dalam biostimulan alami seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, memiliki peran penting dalam merangsang pertumbuhan jaringan baru, serta mengurangi stres biotik dan abiotik (El-nwehy *et al.*, 2021; Sari dan Utami, 2024). Sehingga penggunaan dapat menstimulasi pertautan antara batang atas dengan batang bawah dan meningkatkan keberhasilan sambung pucuk.

Daun kelor (*Moringa oleifera*) memiliki banyak manfaat dalam berbagai bidang hingga para peneliti menyebutnya dengan pohon ajaib. Daun kelor kaya akan fitohormon dan senyawa bioaktif yang dapat berfungsi sebagai biostimulan alami. Selaras dengan Verma *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa setiap tanaman dapat menghasilkan fitohormon untuk mengontrol pertumbuhannya yang jika diekstrak dapat dijadikan sebagai biostimulan alami. Kandungan yang paling umum ditemukan pada biostimulan yaitu mineral, vitamin, asam amino, poli- dan

oligosakarida, serta fitohormon (El-nwehy *et al.*, 2021). Menurut Tini *et al.* (2022), kandungan hormon endogen pada daun kelor meliputi IAA 662,17 ppm, kinetin 161,37 ppm, zeatin 55,5 ppm, dan GA3 417,88 ppm, dengan kandungan IAA paling tinggi di antara tanaman lain. Selain itu, Emongor (2015) melaporkan bahwa daun kelor mengandung zeatin, *dihydrozeatin*, dan *isopentyladenine* yang merupakan sitokinin endogen yang dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman.

Biostimulan alami daun kelor diduga dapat meningkatkan keberhasilan dan pertumbuhan pada sambung pucuk kakao karena mengandung berbagai zat pengatur tumbuh dan senyawa bioaktif di dalamnya yang dapat menstimulasi pertumbuhan tanaman. Berbagai penelitian mengenai biostimulan daun kelor dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman telah dilakukan. Hasil penelitian Azmi dan Hartin (2021) menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor konsentrasi 10-20%, dengan lama perendaman 10-20 menit berpengaruh baik terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat basah, dan berat kering bibit tanaman tebu. Hasil penelitian Amriyanti dan Ajiningrum (2019) menunjukkan bahwa pemberian biostimulan alami ekstrak daun kelor dengan konsentrasi 30% terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan kadar klorofil karena mengandung sitokinin yang menstimulasi sintesis protein, mengontrol siklus sel, serta merangsang pembelahan dan pembesaran sel.

Rumput laut banyak digunakan sebagai biostimulan karena terbukti mengandung senyawa bioaktif yang sangat kompleks yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan kualitas hasil tanaman. Menurut Ali *et al.* (2021), kandungan senyawa bioaktif dalam rumput laut bervariasi tergantung pada kelas, spesies, dan metode ekstraksi yang digunakan, dan senyawa bioaktif utama dalam rumput laut hijau, merah dan coklat yaitu polisakarida, zat pengatur tumbuh, betanin, sterol, karotenoid, mineral, polifenol dan florotanin, serta lipid, oksilipin, protein, peptida, dan asam amino. Selain itu, Sofiana *et al.* (2024) melaporkan bahwa rumput laut coklat *Sargassum polycystum* mengandung auksin 8,40 mg/g dan

zeatin 17,99 mg/g. Menurut Kularathne *et al.* (2021), kandungan hormon dan senyawa bioaktif yang terkandung dalam rumput laut banyak digunakan sebagai biostimulan untuk meningkatkan pertumbuhan dan kualitas berbagai tanaman.

Rumput laut adalah salah satu sumber biostimulan alami yang telah mendapat pengakuan dan digunakan secara luas dalam bidang pertanian, terutama karena telah diverifikasi banyak peneliti mengandung zat pengatur tumbuh dan senyawa bioaktif yang tinggi (Mashamaite *et al.*, 2022; Shahrajabian *et al.*, 2021).

Biostimulan rumput laut mengandung zat pengatur tumbuh sitokinin, auksin, dan giberelin, serta senyawa polisakarida, seperti laminaran dan fukoidan, yang berperan dalam mempercepat metabolisme, memperkuat ketahanan terhadap stres, serta terbukti meningkatkan hasil dan kualitas buah tomat dalam kondisi pertumbuhan tropis (Ali *et al.*, 2016). Hasil penelitian Chaudhary *et al.* (2023) menunjukkan bahwa aplikasi 5% biostimulan rumput laut dengan cara perendaman umbi dan penyemprotan daun terbukti meningkatkan pertumbuhan dan produksi umbi saffron (*Crocus sativus* L.).

III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

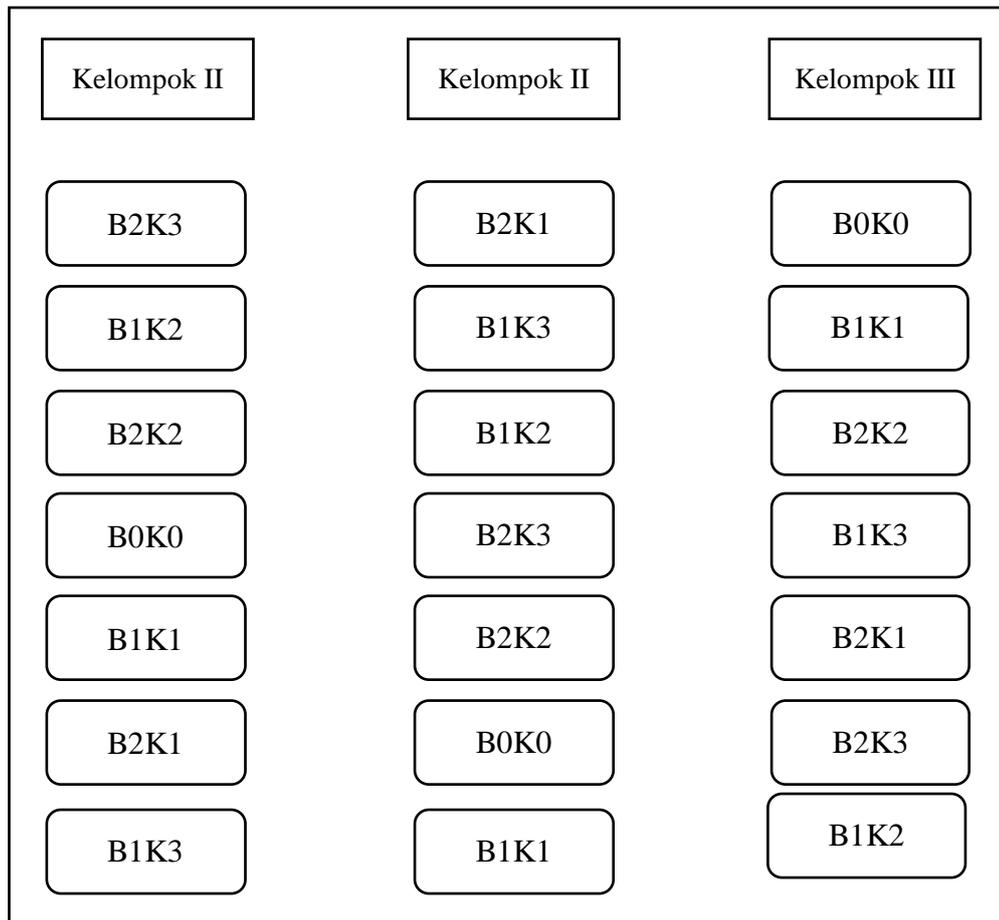
Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Labuan Dalam, Kecamatan Tanjung Senang, Kota Bandar Lampung, pada Desember 2024 sampai Februari 2025.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pisau, batu asah, gunting dahan, blender, saringan kain, *hand sprayer*, jangka sorong, gelas ukur, kamera, alat tulis, dan alat bantu lainnya. Bahan yang digunakan yaitu bibit kakao propelegitim MCC02 berusia tiga bulan sepuluh hari, entres kakao klon MCC02, daun kelor (*Moringa oleifera*), rumput laut (*Eucheuma cottonii*), air, plastik sungkup, dan tali plastik.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri atas 7 perlakuan dengan 3 ulangan. Setiap unit percobaan terdiri dari 3 tanaman, sehingga total tanaman yang digunakan adalah 63 tanaman. Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan terdiri atas aplikasi ekstrak daun kelor dan rumput laut dengan taraf konsentrasi perlakuan sebagai berikut: kontrol 0 ml/l (B0K0), ekstrak daun kelor 150 ml/l (B1K1), ekstrak daun kelor 300 ml/l (B1K2), ekstrak daun kelor 450 ml/l (B1K3), ekstrak rumput laut 150 ml/l (B2K1), ekstrak rumput laut 300 ml/l (B2K2), dan ekstrak rumput laut 450 ml/l (B2K3). Tata letak percobaan penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tata letak percobaan.

Keterangan:

B0K0 : Kontrol 0 ml/l;

B1K1 : Ekstrak daun kelor 150 ml/l;

B1K2 : Ekstrak daun kelor 300 ml/l;

B1K3 : Ekstrak daun kelor 450 ml/l;

B2K1 : Ekstrak rumput laut 150 ml/l;

B2K2 : Ekstrak rumput laut 300 ml/l;

B2K3 : Ekstrak rumput laut 450 ml/l.

3.4 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian diawali dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian dan mengkondisikan lokasi pelaksanaan penelitian.

Persiapan penelitian meliputi penyediaan batang bawah, penyediaan batang atas, dan penyediaan biostimulan.

3.4.1 Penyediaan Batang Bawah

Batang bawah yang digunakan pada penelitian ini adalah bibit kakao propelegitim klon MCC02 (Balitri, 2021; Evizal dan Prasmatiwi, 2023). Bibit batang bawah berumur 3 bulan 10 hari dibeli dari Pembibitan Ari di Natar, Lampung Selatan. Kriteria bibit batang bawah yaitu memiliki ukuran batang sekitar 7 mm, tinggi sekitar 50 cm, serta bebas hama dan penyakit. Media tanam yang digunakan pada batang bawah yaitu tanah, kompos, dan sekam padi dengan perbandingan 1:1:1.

3.4.2 Penyediaan Batang Atas

Pohon induk batang atas atau entres adalah klon MCC02 hasil perbanyakan vegetatif yang memiliki kriteria unggul dalam produksi. Entres diperoleh dari kebun petani di Desa Wiono, Kecamatan Gedong Tataan, Kota Bandar Lampung. Kriteria entres yang digunakan untuk penyambungan yaitu entres *plagiotrop* dengan arah pertumbuhan ke atas membentuk sudut sekitar 45°, diameter 5 - 8 mm, warna hijau kecoklatan, dalam kondisi dorman (tunas tidur), serta bebas hama dan penyakit. Entres diambil dengan cara dipotong menggunakan gunting dahan sekitar 50 cm dari ujung cabang.

3.4.3 Penyediaan Biostimulan

Penyediaan biostimulan diawali dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Alat yang digunakan yaitu pisau, blender, saringan kain, dan wadah untuk hasil ekstrak. Bahan yang digunakan adalah daun kelor, rumput laut segar, dan air. Daun kelor diperoleh dari kebun milik petani di sekitar lokasi penelitian, sedangkan rumput laut *Eucheuma cottonii* dibeli dari pasar sekitar lokasi penelitian dalam kondisi segar. Pembuatan biostimulan dilakukan dengan cara memblender 1 kg bahan (daun kelor dan atau rumput laut) yang dilarutkan dalam 1 liter air, kemudian disaring menggunakan kain. Setelah itu, pekatan ekstrak dilarutkan dengan air sesuai konsentrasi perlakuan. Pembuatan biostimulan dilakukan setiap kali akan dilakukan aplikasi.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian diawali dengan menyiapkan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian serta mengkondisikan lokasi pelaksanaan penelitian. Pelaksanaan penelitian meliputi aplikasi biostimulan, proses penyambungan dan pemeliharaan tanaman.

3.5.1 Aplikasi Biostimulan

Aplikasi biostimulan dilakukan sebelum proses penyambungan dengan cara merendam seluruh bagian entres (potongan entres dengan tiga mata tunas) selama 30 menit ke dalam larutan biostimulan sesuai konsentrasi perlakuan. Perlakuan kontrol direndam menggunakan air. Setelah sambungan berumur 28 hari setelah sambung, aplikasi berikutnya dilakukan dengan menyemprotkan biostimulan pada daun sebanyak empat kali, dengan interval aplikasi setiap 14 hari sampai akhir penelitian. Volume semprot ditentukan berdasarkan hasil kalibrasi.

3.5.2 Proses Penyambungan

Penyambungan dilakukan dengan cara memotong batang bawah dan menyisakan empat helai daun, batang bawah dibelah sekitar 2-4 cm. Entres yang digunakan terdiri dari tiga mata tunas, kedua bagian entres disayat sekitar 2-3 cm hingga membentuk huruf 'V'. Kemudian, entres dimasukkan ke dalam belahan batang bawah, diikat, dan disungkup menggunakan plastik sungkup. Setelah proses penyambungan selesai, bibit hasil sambung pucuk ditata di lokasi penelitian.

3.5.3 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman hasil sambung pucuk meliputi penyiraman, pemupukan, penyiangan gulma, serta pengendalian hama dan penyakit. Pupuk yang digunakan adalah pupuk NPK dengan dosis 2 g per polybag (Mumpuni, 2019). Pemupukan dilakukan setiap 30 hari sekali, penyiraman setiap 3-4 hari sekali (tergantung

kadar air tanah) pada sore hari, sedangkan penyiangan gulma serta pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara mekanik dan fisik ketika ditemukan gejala serangan.

3.6 Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan yang diamati pada penelitian ini yaitu persentase keberhasilan sambungan, waktu kemunculan tunas, jumlah tunas, panjang tunas, diameter tunas, jumlah daun, kehijauan daun, jumlah *flush*, bobot segar dan bobot kering tunas sambungan.

3.6.1 Persentase Keberhasilan Sambungan

Pengamatan persentase keberhasilan sambungan dilakukan pada saat sambungan berusia 30 hari. Indikator keberhasilan sambungan ditandai dengan sempurnanya pertautan antara batang bawah dan batang atas, serta adanya indikasi pertumbuhan tunas pada entres. Persentase keberhasilan sambungan dihitung dengan rumus:

$$\text{Keberhasilan (\%)} = \frac{\text{Sambungan yang hidup}}{\text{Total bibit yang disambung}} \times 100$$

3.6.2 Waktu Kemunculan Tunas

Waktu kemunculan tunas diamati pada saat sambungan berusia 3-30 hari setelah sambung. Pengamatan dilakukan setiap sore hari dengan cara mengamati kemunculan tunas dan mencatat tanggal saat tunas pertama tumbuh pada setiap sampel.

3.6.3 Jumlah Tunas

Jumlah tunas diamati dengan cara menghitung total tunas yang muncul pada setiap entres. Pengamatan jumlah tunas dilakukan pada saat usia sambungan 28

hss, kemudian dilanjutkan setiap 14 hari sekali sampai 70 hss dengan total pengamatan sebanyak 4 kali. Pengamatan dilakukan setiap sore hari.

3.6.4 Panjang Tunas

Pengamatan panjang tunas dilakukan dengan cara mengukur panjang setiap tunas pada entres dari pangkal hingga ujung tunas menggunakan penggaris, dan mencatat hasil pengukuran dalam satuan sentimeter. Pengamatan panjang tunas dilakukan pada saat usia sambungan 28 hss, kemudian dilanjutkan setiap 14 hari sekali sampai 70 hss dengan total pengamatan sebanyak 4 kali.

3.6.5 Diameter Tunas

Pengamatan diameter tunas dilakukan pada saat usia sambungan 70 hss dengan cara mengukur diameter setiap tunas yang tumbuh pada entres menggunakan jangka sorong. Diameter tunas diukur pada bagian pangkal tunas dan mencatat hasil pengukuran dalam satuan milimeter.

3.6.6 Jumlah Daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan cara menghitung jumlah daun yang tumbuh pada setiap tunas dan mencatat hasil penghitungan. Pengamatan jumlah daun dilakukan pada saat usia sambungan 28 hss, kemudian dilanjutkan setiap 14 hari sekali sampai 70 hss dengan total pengamatan sebanyak 4 kali.

3.6.7 Kehijauan Daun

Pengamatan kehijauan daun dilakukan pada akhir penelitian yaitu pada saat usia sambungan 70 hss. Pengukuran dilakukan pada tiga daun setiap tanaman dan dua tanaman per unit percobaan menggunakan Klorofil Meter SPAD.

3.6.8 Bobot Segar Tunas

Pengamatan bobot segar tunas dilakukan pada akhir penelitian, yaitu pada saat usia sambungan 70 hss. Pengamatan dilakukan dengan memotong tunas dari pangkalnya, kemudian tunas ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mencatat hasil pengukuran dalam satuan gram.

3.6.9 Bobot Kering Tunas

Pengamatan bobot kering tunas dilakukan pada akhir penelitian, yaitu pada saat usia sambungan 70 hss. Tunas yang sudah ditimbang bobot segarnya dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80°C selama 3 x 24 jam. Kemudian tunas ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mencatat hasil pengukuran dalam satuan gram.

3.6.10 Jumlah *Flush*

Pengamatan jumlah *flush* (pucuk muda pada tunas yang tumbuh serempak) dilakukan selama penelitian. Jumlah *flush* diamati dengan cara menghitung jumlah total *flush* yang muncul per tanaman setiap unit percobaan.

3.7 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah *Analysis of Variance*. Data diuji homogenitasnya dengan Uji Bartlett dan keaditifitasannya dengan Uji Tukey. Data yang berbeda nyata dilanjutkan dengan uji BNJ pada taraf nyata 5%.

V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh simpulan sebagai berikut:

- (1) Perendaman entres yang diikuti penyemprotan biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut berpengaruh nyata dalam meningkatkan pertumbuhan sambung pucuk kakao dibuktikan dengan lebih cepatnya muncul tunas, meningkatkan jumlah tunas, panjang tunas, diameter tunas, dan kehijauan daun. Namun, perlakuan tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, jumlah *flush*, bobot segar tunas, dan bobot kering tunas dibandingkan dengan kontrol. Pada semua perlakuan aplikasi biostimulan menghasilkan persentase keberhasilan sambungan 100%;
- (2) Konsentrasi terbaik biostimulan ekstrak daun kelor dan rumput laut adalah 300 ml/l. Ekstrak daun kelor mempercepat waktu muncul tunas (7,67 hss) dan meningkatkan kehijauan daun (42,52 nilai SPAD). Sedangkan ekstrak rumput laut meningkatkan panjang tunas (6,83 mm), diameter tunas (3,44 mm) dan kehijauan daun (40,24 nilai SPAD).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan mengenai metode ekstraksi biostimulan, misalnya dengan menggunakan pelarut organik, untuk mengetahui apakah efektivitas biostimulan dari daun kelor dan rumput laut dapat ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Juthery, H. W. A., Abbas Drebee, H., Al-Khafaji, B. M. K., dan Hadi, R. F. 2020. Plant biostimulants, seaweeds extract as a model (*Article Review*). IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 553(1):1-10.
- Ali, N., Farrell, A., Ramsubhag, A., dan Jayaraman, J. 2016. The effect of ascophyllum nodosum extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. *Journal of Applied Phycology*. 28(2): 1353–1362.
- Ali, O., Ramsubhag, A., dan Jayaraman, J. 2021. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production. *Plants*. 10(3): 1–27.
- Amelia, N. K., dan Hariyono, D. 2018. Respon pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap pemberian atonik pada beberapa tingkat naungan. *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(7): 1481–1487.
- Amriyanti, F. L., dan Ajiningrum, P. S. 2019 Aplikasi sari daun kelor sebagai zat pengatur tumbuh organik terhadap pertumbuhan dan kadar klorofil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). *Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa Surabaya*. 12(02): 82–88.
- Andri, Adelina, E., dan Adrianton. 2019. Pemberian zat pengatur tumbuh sitokinin terhadap vigor bibit kakao (*Theobroma cacao* L). *Agrotekbis: E-Jurnal Ilmu Penelitian*. 7(3): 299–305.
- Anjarsari, I. R. D. 2023. Potensi penggunaan zat pengatur tumbuh sitokinin dan giberelin pada budidaya teh (*Camellia sinensis* L.) O. Kuntze) di Indonesia. *Jurnal Agronomika*, 21(I): 20–24.
- Ariani, S. B., Sembiring, D. S. P. S., dan Sihaloho, N. K. 2018. Keberhasilan pertautan sambung pucuk pada kakao (*Theobroma cacao* L) dengan waktu penyambungan dan panjang entres berbeda. *Jurnal Agroteknosains*. 1(2): 87–99.
- Arlianzy, W. C., Netty, dan Aminah. 2022. Pengaruh konsentrasi IBA dan metode sambung pucuk terhadap keberhasilan pertumbuhan bibit tanaman kakao (*Theobroma cacao* L). *Jurnal Agrotekmas*. 3(2): 136–144.

- Asra, R., Samarlina, R. A., dan Silalahi, M. 2020. *Hormon Tumbuhan*. UKI Press. Jakarta. 172 hlm.
- Aziz, M. A., Arisdany, P., Wahyuni, S., Fadila, H., Siregar, V. M. R., Priyono, Luktyansyah, I. M., Sulastri, dan Siswanto. 2024. Biostimulant activity of *eucheuma cottonii* extract on early growth of *elaeis guineensis* jacq. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 1308(1) :1-7.
- Azmi, E. F., dan Hartin. 2021. Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman zat pengatur tumbuh (ZPT) alami ekstrak daun kelor terhadap pertumbuhan bibit tebu (*Sccharum officinarum* L) *Jurnal Ilmiah Media Agrosains*. 7(1): 8–15.
- Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. 2021. *Kompatibilitas Batang Bawah Untuk Sambung Pucuk Benih Kakao (Theobroma cacao L.)*. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Sukabumi. 20 hlm..
- Basmal, J., Kusumawati, R., dan Utomo, B. S. B. 2015. Mutu sap liquid rumput laut sargassum yang diekstrak menggunakan kalium hidroksida sebagai bahan pupuk. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*. 10(2): 143.
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., dan Prithiviraj, B. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 39–48.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Statistik Kakao Indonesia*. Badan Pusat Statistik Indonesia. Jakarta. 72 hlm.
- Bomdzele, E., dan Molua, E. L. 2023. Assessment of the impact of climate and non-climatic parameters on cocoa production: a contextual analysis for cameroon. *Frontiers in Climate*, 5.(3):1-20.
- Bulgari, R., Franzoni, G., dan Ferrante, A. 2019. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*. 9(6): 1–30.
- Calvo, P., Nelson, L., dan Kloepper, J. W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*. 383(1–2): 3–41.
- Chaudhary, N., Kothari, D., Walia, S., Ghosh, A., Vaghela, P., dan Kumar, R. 2023. Biostimulant enhances growth and corm production of saffron (*Crocus sativus* L.) In non-traditional areas of North Western Himalayas. *Frontiers in Plant Scienc*. 14(2):1–13.
- Dutta, S. K. (2024). Dataset on effect of biostimulants on growth and rooting of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) cuttings: from morphological and gene regulation approach. *Data in Brief*, 54, 110538.

- El-nwehy, S. S., Rezk, A. I., dan El-Nasharty, A. B. 2021. Role of bio-stimulants in crop production under salinity stress. *Middle East Journal of Agriculture Research*. 10(01): 188–206.
- Emongor, V. 2015. Effects of moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract on growth, yield and yield components of snap beans (*Phaseolus vulgaris*). *British Journal of Applied Science and Technology*. 6(2): 114–122.
- Evizal, R., dan Prasmatiwi, F. E. 2023. Struktur agroforestri kakao muda dan penerimaan petani di Desa Sidomulyo Kecamatan Air Naningan, Tanggamus. *Jurnal Agrotropika*, 22(2), 72-83.
- Farhanandi, B. W., dan Indah, N. K. 2022. Karakteristik morfologi dan anatomi tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) yang tumbuh pada ketinggian berbeda. *Lenterabio : Berkala Ilmiah Biologi*. 11(2): 310–325.
- Fernandes, A. L. T., Silva, R. O., Saldanha, L., Bettini, M. D. O., dan Broetto, F. 2019. Effect of seaweed extract formulation on coffee plants at different irrigation levels. *Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary*. 6 (6): 60–74.
- Fitriani, dan Ruslan. 2021. aplikasi zpt bawang merah terhadap pertumbuhan sambung pucuk tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *Journal Homepage* 01(1): 1–6.
- Habeahan, K. B., Cahyaningrum, H., dan Aji, H. B. 2021. Pengaruh komposisi media tanam dan zpt atonik terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 23(2): 106–111.
- Handayani, R. S., Poerwanto, R., Purwito, A., dan Ermayanti, T. M. 2013. Pengaruh batang bawah dan jenis tunas pada mikrografting manggis (*Garcinia mangostana*) secara In Vitro. *J. Agron. Indonesia*, 41(1), 47–53.
- Hartatie, D., dan Safira, Z. B. 2022. Efektivitas ekstrak daun kelor terhadap pertumbuhan bibit tebu (*Saccharum officinarum* L.) varietas VMC 86-550 pada metode bud set. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 22(1), 84–89.
- Hatmi, R. U., Ainuri, M., dan Sukartiko, A. C. 2018. Analisis sebaran tipe dan performa mutu fisik kakao pada tiga rentang elevasi. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*. 5(1): 11-20.
- Hönig, M., Plíhalová, L., Husičková, A., Nisler, J., dan Doležal, K. 2018. Role of cytokinins in senescence, antioxidant defence and photosynthesis. *International Journal of Molecular Sciences*. 19(12): 1–23.
- Ibnu, M. 2022. Mencapai produksi kakao berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal AgribiSains*. 8(2): 23–33.

- Ilham, I., Nuddin, A., dan Malik, A. A. 2018. Analisis sistem informasi geografis dalam perwilayahan komoditas kakao (*Theobroma cacao* l.) di Kabupaten Enrekang. *Jurnal pendidikan teknologi pertanian*. 3(2): 203-211.
- Jalaluddin, J., Sabahannur, S., dan Subaedah, S. 2023. Pengaruh konsentrasi zat pengatur tumbuh atonik dan takaran kotoran kelelawar terhadap pertumbuhan sambung pucuk bibit kakao klon 45 (*Theobromae cacao* L.). *Agrotekmas: Jurnal Ilmu Peranian*. 4(2): 192–199.
- Jardin, P. du. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196: 3–14.
- Kabera, J. N., Semana, E., Mussa, A. R., dan He, X. 2014. Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2(1): 377–392.
- Kasana, M. I., Khan, R. I., Khan, N. U., Noman, M., Ali, S., Mumtaz, S., Rasheed, S., dan Qamar-Uz-Zaman, M. 2024. Impact of grafting techniques on vegetative growth of different avocado cultivars. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 37(1): 39–47.
- Kementerian Pertanian. 2019. *Hulu Hilir Kakao*. Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian. Bogor. 104 hlm.
- Kouassi, M. K., Kahia, J., Kouame, C. N., Tahi, M. G., dan Koffi, E. K. 2017. Comparing the effect of plant growth regulators on callus and somatic embryogenesis induction in four elite *Theobroma cacao* L. genotypes. *HortScience*. 52(1): 142–145.
- Kularathne, M. A. M. N., Srikrishnah, S., dan Sutharsan, S. 2021. Effect of seaweed extracts on ornamental plants: *Current Agriculture Research Journal*. 9(3): 149–160.
- Limbongan, J., dan Fadjry, D. 2013. Pengembangan teknologi sambung pucuk sebagai alternatif pilihan perbanyakan bibit kakao (*Theobroma cocoa* l.). *Jurnal Litbang Pertanian*. 32(2): 166–172.
- Mashamaite, C. V., Ngcobo, B. L., Manyevere, A., Bertling, I., dan Fawole, O. A. 2022. Assessing the usefulness of moringa oleifera leaf extract as a biostimulant to supplement synthetic fertilizers: *Plants*. 11(17): 1–17.
- Matatula, A. J., Mahulette, A. S., dan Tanasale, V. L. 2022. *Budidaya Tanaman Kakao*. Universita Patimura. Ambon 77 hlm.
- Millaty, R. 2017. Faktor Teknik budidaya yang mempengaruhi produktivitas tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) di Kecamatan Kumpeh Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains*. 6(1): 51–66.

- Mumpuni, R. P. 2019. Aplikasi pupuk majemuk npk pada beberapa intensitas naungan terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L) *Agropross.* 2, 130–138.
- Ndana, A. K., dan Melnyk, C. W. 2018. The role of plant hormones during grafting. *Journal of Plant Research*, 131(1): 49–58.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., dan Ertani, A. 2016. Plant biostimulants: Physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola.* 73(1): 18–23.
- Nur, R. ., Ilham, dan Syafar, R. 2022. Keberhasilan sambung pucuk bibit kakao pada berbagai panjang entris dan konsentrasi zat pengatur tumbuh. *Journal Agroecotech Indonesia.* 2(02): 179–186.
- Nurul, I. 2016. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi kakao di Indonesia tahun 2014-2016. *Journal of Islamic Management and Business.* 2(2): 230–243.
- Pramudito, Karno, dan Fuskhah, E. 2018. Efektivitas penambahan hormon auksin (IBA) dan sitokinin (BAP) terhadap sambung pucuk alpukat (*Persea americana* mill.). *Jurnal. Agro Complex.* 2(3): 248–253.
- Pratama, D. A., Aditiameri, dan Susilastuti, D. 2018. Efektivitas pemberian hormon sitokinin (BAP) dan lama perendaman terhadap pertumbuhan sambung pucuk alpukat cipedak (*Persea americana* mill.). *Jurnal Agrisia,* 5(1): 253–268.
- Prawoto, A. A. 2014. Dinamika pertunasan , layu pentil, dan ketepatan taksasi produksi beberapa klon kakao. *Pelita Perkebunan.* 30(2): 100–114.
- Rady, M. M., dan Mohamed, G. F. 2015. Modulation of salt stress effects on the growth, physio-chemical attributes and yields of *Phaseolus vulgaris* L. Plants by the combined application of salicylic acid and moringa oleifera leaf extract. *Scientia Horticulturae.* 193: 105–113.
- Rahmawati, A., dan Hartulistiyoso, E. 2020. Analisis potensi dan peluang pengembangan kakao Desa Sidomulyo, Kecamatan Lebakbarang, Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat.* 2(3): 330–337.
- Rohmah, Y. 2022. *Outlook Komoditas Perkebunan Kakao.* Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian Pusat. Jakarta. 80 hlm.
- Roswanjaya, Y. P., Maretta, D., dan Prinardi, D. 2020. Penggunaan zat pengatur tumbuh dalam sambung pucuk kakao. *Journal of Applied Agricultural Sciences,* 2(2): 79–90.

- Rouphael, Y., dan Colla, G. 2020. Editorial: biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 11(40): 1–7.
- Ruchitha, T., dan Poojashree, S. 2021. Impact of plant growth regulators in propagation of fruit crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 10(1): 838–842.
- Sabahannur, S., Syam, N., dan Ervina, E. (2023). Mutu fisik dan kimia biji kakao (*Theobroma cacao* l.) pada beberapa jenis klon. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*. 7(2), 99–107.
- Sari, I. A., dan Susilo, A. W. 2013. Stabilitas karakter pembungaan, pertunasan, dan potensi jumlah buah pada 21 klon kakao harapan koleksi puslitkoka. *Pelita Perkebunan* 29(2): 82–92.
- Sari, W., dan Utami, N. 2024. Successful shoot tip grafting of cacao (*Theobroma cacao* l.) due to the application of plant growth regulators on various concentrations. *Jurnal Kultivasi*. 23(1): 35–42.
- Schaller, G. E., Bishopp, A., dan Kieber, J. J. 2015. The yin-yang of hormones: cytokinin and auxin interactions in plant development. *Plant Cell*. 27(1): 44–63.
- Sedayu, B. B., Basmal, J., dan Bagus, S. (2013). Identifikasi hormon pemacu tumbuh ekstrak cairan (SAP) *Eucheuma cottonii*. *JPB Kelautan dan Perikanan*. 8(1), 1–8.
- Septiana, S., Dirmawati, S. R., dan Evizal, R. 2020. Aplikasi kitosan untuk pengendalian penyakit busuk buah kakao (*Phytophthora megakarya* L.). *Jurnal Agrotropika*. 19(1): 22–26.
- Setiawati, S. 2024. Gila! Harga Kakao Rekor Lagi, Nyaris Rp 160 Juta per Ton. CNBC Indonesia. <https://www.cnbcIndonesia.com/research/20240327081646-128-525780/gila-harga-kakao-rekor-lagi-nyaris-rp-160-juta-per-ton>. Diakses pada 3 September 2024.
- Setiyono, R. T. 2014. Bahan tanaman unggul mendukung bioindustri kakao. *Inovasi Teknologi Bioindustri Kakao*. 2(1)3–14.
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., dan Petropoulos, S. A. 2021. Biostimulants application: a low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables. *Biomolecules*. 11(5): 1-23.
- Sitohang, N., dan Sitanggang, P. 2024. Karakteristik buah dan biji kakao (*Theobroma cacao* l.) pada berbagai altitude di Dataran Tinggi Humbahas. *Journal of Agrotechnology and Sustainability*. 2(1): 1–9.

- Sofiana, M. S. J., Mardini, D. D., Safitri, I., Warsidah, dan Nurdiansyah, S. I. 2024. kandungan nutrisi dan fitohormon rumput laut coklat dari Perairan Pulau Lemukutan Kalimantan Barat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 27(4): 327–336.
- Sugiatno, S., Hansyah, A. F., Evizal, R., dan Ramadiana, S. 2022. Pengaruh kemarau terhadap pertumbuhan dan produksi tujuh klon kakao. *Jurnal Agrotropika*. 21(1): 59-66.
- Suryani, I. 2021. The development technique of side and budwood grafting improving production of cocoa in Mamuju Regency West Sulawesi, Indonesia. *Journal of Biological Sciences*. 21(2): 199–206.
- Suriyani, Yusuf, R., dan Abd.Syakur. 2018. Waste application of Seaweed (*Eucheuma cottonii*) on plant growth and results of mustard (*Brassica Juncea* L.). *The Agricultural Sciences Journal*. 4(2): 83-88.
- Susilo, A. W., dan Sari, I. A. 2016. *Potensi kakao Indonesia yang masih terpendam*. (Warta). Pusat penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember. 6 hlm.
- Tini, E. W., Agung, T., dan Haryanto, D. 2022. Kandungan hormon endogenous pada tanaman hortikultura. *Jurnal Galung Tropika*. 11(2): 132–142.
- Tjahjana, E. B., Supriadi, H., dan Rokhmah, D. N. 2014. Pengaruh lingkungan terhadap produksi dan mutu kakao. Bunga Rampai : *Inovasi Teknologi Bioindustri Kakao*. 69–78.
- Ulfa, F., Sengin, E. L., Baharuddin, Syaiful, S. A., Sennang, N. R., Rafiuddin, Nurfaida, dan Ifayanti. 2013. Potential of plant extracts as growth exogenous regulators of potato seeds. *International Journal of Agriculture System*. 1(2): 98–103.
- Una, A. A. 2020. Respon karakter agronomi cabai rawit lokal (*Capsicum frutescens* L.) terhadap perlakuan ekstrak fitohormon sebagai upaya domestikasi dalam pemuliaan tanaman. *Savana Cendana*. 5(02): 38–40.
- Utami, E., dan Hariyono, K. 2018. Pengaruh zat pengatur tumbuh dan bio urin sapi terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Agrium*, 21(2). 173-177.
- Verma, V., Ravindran, P., dan Kumar, P. P. 2016. Plant hormone-mediated regulation of stress responses. *BMC Plant Biology*. 16(1): 1–10.
- Wiraatmaja, I. W. 2017. *Bahan Ajar Zat Pengatur Tumbuh Auksin dan Cara Penggunaannya dalam Bidang Pertanian*. Fakultas Pertanian Universitas Udayana. Denpasar. 43 hlm.

- Zaroh, N. S., dan Asmono, S. L. 2023. Respon pertumbuhan bibit tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada aplikasi biostimulan dari ekstrak bawang merah. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 23(4): 573–578.
- Zasari, M., dan Sitorus, R. 2022. Eksplorasi-karakterisasi morfologi tanaman kakao lokal di Pulau Bangka. *Agrosainstek: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, 6(1): 23–33.