

**PEMBERIAN *AERATED COMPOST TEA* YANG DIINDUKSI
INOKULUM *Aspergillus* sp. PADA MEDIA *SOILLESS CULTURE*
SYSTEM (SCS) TERHADAP PERTUMBUHAN AWAL DAN
FISIOLOGIS BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

Tesis

Oleh

**MARDIYAH INDAH
2327021003**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PEMBERIAN *AERATED COMPOST TEA* YANG DIINDUKSI INOKULUM *Aspergillus* sp. PADA MEDIA *SOILLESS CULTURE SYSTEM* (SCS) TERHADAP PERTUMBUHAN AWAL DAN FISIOLOGIS BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)

Oleh

MARDIYAH INDAH

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan komoditas tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan berperan sebagai sumber devisa negara. Kendala utama dalam budidaya kakao berkelanjutan di Indonesia adalah tingginya tingkat kematian bibit pada tahap pembibitan. Strategi peningkatan kualitas bibit dapat dilakukan melalui media tanam dan pemberian pupuk organik yang mengandung mikroorganisme bermanfaat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas kimia dan pengaruh pemberian *Aerated Compost Tea* (ACT) yang diinokulasi dengan *Aspergillus* sp. pada media *Soilless Culture System* (SCS) terhadap karakter pertumbuhan awal dan fisiologi kakao. Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Juni 2025 di Laboratorium Botani, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan enam kali ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap karakter pertumbuhan dan fisiologi bibit kakao berumur 30 hari. Data dianalisis varians ANOVA pada α 5%, dilanjutkan dengan uji Tukey untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Hasil analisis kimia ACT yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. menunjukkan kandungan C-Organik (0,20%), N-total (0,01%), P-Total (0,12%) K-Total (0,23%) dan Rasio C/N (20% termasuk kategori ideal). Hasil pemberian ACT berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan awal dan fisiologis bibit kakao dengan konsentrasi terbaik pada perlakuan P2 (100 mL).

Kata Kunci: *aerated compost tea*, *Aspergillus* sp., kakao, media *soilless culture system*.

ABSTRACT

THE APPLICATION OF AERATED COMPOST TEA INDUCED BY *ASPERGILLUS* sp. INOCULUM IN SOILLESS CULTURE SYSTEM (SCS) MEDIA ON THE EARLY AND PHYSIOLOGICAL GROWTH OF CACAO SEEDLINGS (*Theobroma cacao* L.)

By

MARDIYAH INDAH

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a plantation crop commodity with high economic value and serves as a source of foreign exchange. The main obstacle in sustainable cocoa cultivation in Indonesia is the high mortality rate of seedlings at the nursery stage. Strategies to improve seedling quality can be done through planting media and the provision of organic fertilizers containing beneficial microorganisms. This study aims to determine the chemical quality and the effect of the administration of Aerated Compost Tea (ACT) inoculated with *Aspergillus* sp. in Soilless Culture System (SCS) media on the initial growth and physiological characteristics of cocoa. The study was conducted from April to June 2025 at the Botany Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Lampung. The study used a Completely Randomized Design (CRD) with four treatments and six replications. Observations were made on the growth and physiological characteristics of 30-day-old cocoa seedlings. Data were analyzed using ANOVA variance at 5% α , followed by Tukey's test to determine differences between treatments. The results of the chemical analysis of ACT induced by *Aspergillus* sp. inoculum. shows the content of C-Organic (0.20%), N-total (0.01%), P-Total (0.12%) K-Total (0.23%) and C/N Ratio (20% is included in the ideal category). The results of ACT administration have a significant effect on the initial growth and physiology of cocoa seedlings with the best concentration in the P2 treatment (100 mL).

Keywords: aerated compost tea, *Aspergillus* sp., cocoa, soilless culture system media.

**PEMBERIAN *AERATED COMPOST TEA* YANG DIINDUKSI INOKULUM
Aspergillus sp. PADA MEDIA *SOILLESS CULTURE SYSTEM* (SCS)
TERHADAP PERTUMBUHAN AWAL DAN FISIOLOGIS BIBIT KAKAO
(*Theobroma cacao* L.)**

Oleh

MARDIYAH INDAH

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS**

Pada

**Program Studi Magister Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Penelitian : PEMBERIAN *AERATED COMPOST TEA*
YANG DIINDUKSI INOKULUM
Aspergillus sp. PADA MEDIA *SOILLESS*
CULTURE SYSTEM (SCS) TERHADAP
PERTUMBUHAN AWAL DAN
FISIOLOGIS BIBIT KAKAO (*Theobroma*
cacao L.)

Nama Mahasiswa : Mardiyah Indah
Nomor Pokok Mahasiswa : 2327021003
Jurusan/Program Studi : Biologi/Magister Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.
NIP 196503031992031006

Pembimbing II

Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc.
NIP 19810909201404001

2. Ketua Program Studi Magister

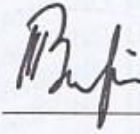
Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.
NIP 196603051991032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

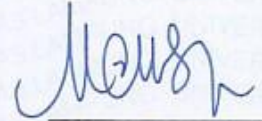
Ketua

: Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.



Sekretaris

: Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc.



Penguji

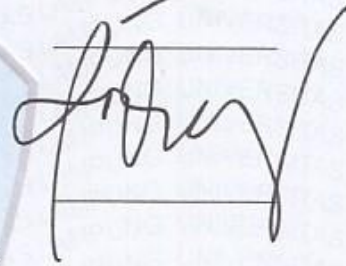
Bukan Pembimbing I

: Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si.



Bukan Pembimbing II

: Rochmah Agustrina, Ph.D



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M. Si
NIP. 197110012005011002

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Muhandi, M.Si.
NIP. 1964003261989021001

Tanggal Lulus Ujian: 9 Desember 2025

**LEMBAR PERNYATAAN
KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mardiyah Indah
NPM : 2327021003
Prodi : Magister Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa tesis saya yang berjudul:
“Pemberian *Aerated Compost Tea* Yang Diinduksi Inokulum *Aspergillus* sp. Pada Media *Soilless Culture System* Terhadap Pertumbuhan Awal dan Fisiologis Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.)”

Dengan ini menyatakan bahwa baik gagasan, tulisan, data maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 9 Desember 2025

Yang menyatakan,



Mardiyah Indah
NPM. 2327021003

RIWAYAT HIDUP



Mardiyah Indah, atau akrab disapa Indah, lahir di Lampung Timur Desa Batu Badak, pada tanggal 18 April 1999. Penulis merupakan anak dari pasangan Bapak Ibrahim dan Ibu Soleha. Penulis beralamat di Jalan Nangka II Korpri Jaya, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung, Lampung.

Penulis mengawali jenjang pendidikan dimulai dari Taman Kanak-Kanak (TK) Pertiwi Batu Badak, Marga Sekampung Lampung Timur pada tahun 2004-2005, selanjutnya melanjutkan Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Batu Badak, Marga Sekampung Lampung Timur, pada tahun 2005-2011. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Marga Sekampung Lampung Timur, pada tahun 2011-2014, selanjutnya melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Gajah Mada Bandar Lampung.

Pada tahun 2018 penulis tercatat sebagai salah satu mahasiswa Jurusan/Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung serta meraih gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) ditahun 2022. Pada tahun 2023, penulis melanjutkan pendidikan pascasarjana pada Program Studi Magister Biologi FMIPA di Universitas Lampung, dan dinyatakan lulus sebagai Magister Sains (M.Si) pada tahun 2025.

PERSEMBAHAN



Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah Swt. yang telah memberikan rahmat, nikmat, hidayah, dan ridho-Nya sehingga saya dapat menjalani kehidupan ini dengan baik dan penuh berkah.

Shalawat beriring salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad saw. yang dinantikan syafaatnya di yaumul akhir.

Kupersembahkan karya sederhana ini untuk:

Orang tua yang paling berharga dalam hidup saya Abah Ibrahim dan Umi Soleha yang selalu memberikan doa, cinta, kasih sayang, semangat, yang tiada hentinya dalam setiap perjalanan hidup yang saya lalui.

Kelurga tercinta-kakak dan adek tercinta serta kakak ipar terkasih yang selalu memberikan dukungan, semangat dan motivasi dalam menempuh pendidikan ini.

Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu serta pengalaman dengan penuh keikhlasan dan kesabaran yang insya Allah akan menjadi amal jariyah;

Sahabat seperjuangan yang membersamai dan selalu ada untuk saling mengingatkan dan menguatkan dari awal saat ini dan seterusnya dalam perjalanan hidup saya;

Serta

Almamater tercinta yang menjadi kebanggaan saya dimanapun saya berada,
Universitas Lampung.

MOTTO

“Takutlah kepada Allah dimana saja kamu berada”

(HR. Tirmidzi).

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka”.

(QS. Al-Ra’d: 11)

“Jalan akan terasa mulus jika disertai dengan niat yang tulus”

(Dr. Fahrudin Faiz).

“Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, niscaya Allah memudahkannya jalan menuju surga” (Hr. Turmudzi)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.” (QS Al-Insyirah: 5-6)

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan”

(QS. Ar-Rahman: 13)

"You can't connect the dots looking forward, you can only connect them looking backward. So you have to trust that the dots will somehow connect in your future. You have to trust in something, your gut, destiny, life, karma, whatever. This approach has never let me down, and it has made all the difference in my life"

(Steve Jobs)

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'Aalamin puji dan syukur kepada Allah Subwatalla atas limpahan rahmat hidayah dan inayah-Nya yang telah memberikan kemampuan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis berjudul "**Pemberian *Aerated Compos Tea* yang Diinduksi Inokulum *Aspergillus* sp. pada Media Tanam *Soilles Culture System* Terhadap Pertumbuhan Awal dan Fisiologis Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.)**" yang dibuat sebagai bentuk penanggunganjawaban penulis selama menempuh pendidikan S2 dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains (M.Si) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Penulisan tesisi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, kritik, saran, dan dukungan serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani. D.E.A., IPM., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
3. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung;
4. Bapak Dr. Jani Master, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung;
5. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung;

6. Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc. selaku Pembimbing utama yang dengan sabar memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, arahan, motivasi, nasihat, serta semangat selama proses penelitian hingga penulisan tesis.
7. Bapak Dr. Mahfut, M.Sc. selaku Pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, saran, dukungan dan motivasi dalam penyusunan tesis.
8. Ibu Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si. selaku Pembahas pertama yang telah memberikan ilmu pengetahuan, kritik, saran, dan masukan yang sangat membantu penulis dalam kesempurnaan tesis.
9. Ibu Rochmah Agustrina, Ph.D. selaku pembahas kedua yang telah dengan sabar memberikan ilmu pengetahuan, kritik, nasihat, arahan, saran dan masukan yang sangat membantu penulis dalam kesempurnaan tesis.
10. Bapak Prof. Dr. Sumardi, M.Si. selaku Kepala Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
11. Ibu Oni Mastuti, S.Si. selaku Laboran Mikrobiologi dan Ibu Dhiny Santtya Putri, S.P. M.Si. selaku laboran Botani sekaligus penanggung jawab *greenhouse* yang telah membantu, memberikan semangat, serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian.
12. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen dan Staff Akademik Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, terima kasih atas ilmu yang selalu diberikan kepada penulis dalam menempuh pendidikan di Program Studi Magister Biologi.
13. Keluarga tercinta kakak-kakak ipar dan adek, keponaan tersayang, yang selalu memberikan dukungan, semangat dan selalu membantu dalam menempuh pendidikan ini.
14. Teman Tercinta Lulu Anbiya dan Khoirunisa yang turut terlibat membantu, selalu ada dalam suka duka, dan memberikan doa serta semangat untuk penulis, terimakasih sudah kebersamaan setiap hal.

15. Teman seperjuangan Suci Susanti, Metari Arsitalia, Aziza Nabila Putri, David dan Iqbal yang memberikan dukungan dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan pendidikan ini dengan baik.
16. Sahabat Tercinta Bilqis Fitri Amanda, Ayu Indah Lestari, Adelia Agrivina, Intan Juwita dan Anika Ria Ningsih yang selalu memberikan semangat, doa dan dukungan terima kasih sudah kebersamai.
17. Adek tingkat terbaik Adelia, Bagas, Fathiyah, Hana, Husnul yang sudah membantu proses penelitian, dan memberikan semangat dan doa.
Semoga Allah subhanawatala memberikan keberkahan dan membalas kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu penulis. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyajian tesis ini, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak. Penulis juga perharap tesis ini dapat memberikan informasi ilmu yang bermanfaat.

Bandar Lampung, 9 Desember 2025

Penulis,

MARDIYAH INDAH

DAFTAR ISI

SAMPUL DEPAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT.....	iii
SAMPUL DALAM.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
LEMBAR PERTANYAAN KEASLIAN TESIS.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Kerangka Pikir	5
1.4 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	7
2.1.1 Morfologi	8
2.1.2 Syarat Tumbuh Kakao.....	10
2.1.3 Pembibitan Kakao	11

2.1.4	Pertumbuhan Bibit Kakao	14
2.2	Pengomposan	18
2.2.1	Bahan Kompos	19
2.2.2	<i>Compost tea</i>	20
2.3	<i>Aspergillus</i> sp.	22
2.3.1	Inokulum	25
2.4	Media <i>Soilless Culture System</i>	26
2.4.1	Sekam Padi Mentah.....	26
2.4.2	<i>Cocopeat</i>	27
2.4.4	Kompos	28
2.4.4	Vermikompos	28
III.	METODE PENELITIAN	30
3.1	Waktu dan Tempat	30
3.2	Alat dan Bahan	30
3.3	Rancangan Penelitian	31
3.4	Diagram Alir Penelitian	32
3.5	Prosedur Penelitian	33
3.5.1	Peremajaan <i>Aspergillus</i> sp (BIO GGP 3)	33
3.5.2	Pembuatan Inokulum <i>Aspergillus</i> sp.	33
3.5.3	Pengomposan Serasah Kering.....	34
3.5.4	Pembuatan <i>Aerated Compost Tea</i> (ACT).....	35
3.5.5	Analisis Kimia <i>Aerated Compost Tea</i> (ACT)	35
3.5.6	Persiapan Media SCS	37
3.5.7	Pemberian Perlakuan ACT	37
3.5.8	Perkecambahan dan Penanaman Bibit Kakao	38
3.5.9	Perlakuan Penyiraman ACT	38
3.5.10	Perawatan Bibit Kakao	39
3.5.11	Pengamatan Pertumbuhan Awal	39
3.5.12	Pengamatan Fisiologis Bibit Kakao	40
3.6	Analisis Data	41
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1	Analisis Kimia (C, N, P, K, dan Rasio C/N) ACT.....	42
4.2	Pengamatan Pertumbuhan Awal Kakao	47
4.2.1	Tinggi Bibit	48
4.2.2	Diameter Batang	50
4.2.3	Jumlah dan Luas Daun	51
4.2.4	Berat Basah dan Kering	53
4.2.5	Rasio Akar Pucuk	54
4.3	Pengamatan Fisiologis Bibit Kakao.....	56
4.3.1	Kadar Klorofil (A, B dan Total)	57
4.3.2	Kadar Karbohidrat	58

5. KESIMPULAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Analisis Kimia ACT	42
2. Perbandingan Standar SNI Acuan Sertifikasi	42
3. Hasil Pengamatan Fisiologis Kakao	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi kakao	10
2. Biji Kakao	12
3. Bibit Kakao	12
4. Kompos serasah	20
5. <i>Aerated Compost Tea</i>	22
6. Isolat <i>Aspergillus</i> sp.....	24
7. Mikroskopis Fungi <i>Aspergillus</i> sp	24
8. Inokulum <i>Aspergillus</i> sp. pada botol.....	25
9. Inokulum <i>Aspergillus</i> sp. menggunakan plastik	25
10. Sekam padi mentah	27
11. <i>Cocopeat</i>	27
12. Kompos Kohen	28
13. Vermikompos	29
14. Diagram Alir Penelitian	32
15. Hasil Pertumbuhan Pada Tinggi Bibit	48
16. Hasil Pertumbuhan Pada Diameter Batang	50
17. Hasil Pertumbuhan Pada Jumlah Daun	51
18. Hasil Pertumbuhan Pada Luas Daun	52
19. Hasil Pertumbuhan Pada Berat Basah dan Kering	53
20. Hasil Pertumbuhan Pada Rasio Akar Pucuk	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao* L.) menjadi salah satu tanaman yang memiliki nilai budidaya yang tinggi di bidang sektor perkebunan, tak heran jika budidaya kakao banyak dikembangkan dan diminati oleh masyarakat sebab kakao memiliki umur ekonomis yang panjang, nilai pasar yang cukup stabil, dan harga relatif mahal, sehingga sangat berpotensi dan menjanjikan untuk menunjang perekonomian masyarakat petani. Menurut Anthonio *et al.* (2018) kakao menjadi tanaman komersial dan komoditas yang dimodelkan secara Internasional. Permasalahan utama yang menjadi kendala budidaya kakao berkelanjutan di Indonesia ialah tingginya tingkat kematian bibit (Mintah *et al.*, 2022). Menurut Mubaroq *et al.* (2023) faktor perubahan iklim, hama, dan penyakit memengaruhi tingkat kematian bibit kakao. Lebih lanjut Wahyuni and Ndewes (2023) melaporkan bahwa kegagalan dalam produksi kakao berkelanjutan disebabkan oleh penggunaan bahan tanaman yang kurang baik, serta teknologi budidaya yang kurang optimal.

Teknik pembibitan yang baik menjadi aspek penting dalam budidaya kakao untuk menghasilkan benih siap tanam yang berkualitas sehingga dapat menghasilkan produksi kakao yang maksimal. Kualitas bibit menentukan pertumbuhan dan produktivitas kakao (Essah *et al.*, 2022) dan Barisiy *et al.* (2023) mengatakan bahwa untuk mendapatkan bibit berkualitas harus memperhatikan manajemen pembibitan dan teknik budidaya. Teknik budidaya dan strategi peningkatan kualitas bibit kakao dapat dilakukan dengan cara memperbaiki media tanam dan pemberian pupuk organik yang mengandung mikroorganisme tanah yang bermanfaat bagi tanaman (Mulyani *et al.*, 2018).

Media tanam memegang peranan penting untuk pertumbuhan tanaman yang sehat karena kondisi media mempengaruhi proses penyerapan unsur hara oleh akar tanaman. Penelitian terkini di bidang agronomi terhadap penggunaan media tanam tanpa tanah yang berbasis organik, sudah mulai banyak karena lebih murah dan cocok untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Innaya *et al.* (2023) ketersediaan unsur hara air dan oksigen yang cukup pada media tanam dapat disediakan oleh bahan organik. Media tanam dari bahan organik juga dapat meningkatkan kapasitas menahan air, kandungan bahan organik tanah, dan nutrisi mineral (Boutasknit *et al.*, 2020). Media *Soilles Culture System* (SCS) merupakan media tanam alternatif tanpa tanah bersubsrat organik yang berasal dari tanaman memiliki kelebihan mampu mengurangi penggunaan air sebesar 59%-90% (Gianquinto *et al.*, 2020). Menurut Putra and Yulindo (2015) media SCS mampu menyediakan unsur hara alami yang cukup bagi tanaman sehingga mampu menunjang pertumbuhan tanaman dan kehidupan mikroorganisme dekomposer. Menurut Quayle *et al.* (2019) media tanam yang dikombinasikan dengan kompos dapat meningkatkan jumlah daun, diameter batang, dan tinggi bibit kakao.

Media tanam berbahan organik dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Bahan organik berasal dari dari sisa-sisa pembusukan atau

pengomposan limbah tumbuhan maupun hewan (Santosa dan Asnur., 2021). Jenis bahan organik yang berasal dari tumbuhan salah satunya ialah serasah kering. Limbah serasah dapat dimanfaatkan sebagai bahan organik kompos, namun proses pengomposannya memerlukan waktu yang cukup lama sehingga diperlukan adanya interferensi hasil inovasi yang ramah lingkungan untuk mengoptimalkan penggunaan bahan organik pada media antara lain dengan memanfaatkan mikroorganisme. *Aspergillus* sp. merupakan bioaktivator yang penting dalam proses pengomposan karena memiliki aktivitas enzim selulase yang relatif tinggi (Irawan *et al.*, 2014) sehingga dapat mempercepat penguraian selulosa dari serasah dan proses pengomposan dapat berlangsung lebih cepat (Irawan *et al.*, 2017).

Peran inokulum *Aspergillus* sp. pada bahan organik selain membantu mempercepat proses pengomposan juga dapat mempercepat pertumbuhan tanaman. Menurut Irawan *et al.* (2019) kompos serasah yang diberi inokulum fungi *Aspergillus* sp. mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman cabai merah besar. Daigham *et.al* (2023) melaporkan bahwa *Aspergillus* sp. berpotensi sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) yaitu agen pengendali hayati dalam pertanian. Salah satu jenis kompos ialah *compost tea* yaitu rendaman kompos matang yang didiamkan dalam kurun waktu tertentu untuk mensuplai bahan organik, mikroba bermanfaat, dan nutrisi yang larut ke dalam larutan (Eudoxie and Martin, 2019)

Manfaat *compost tea* bagi tanaman optimal apabila pada proses pembuatannya dilakukan aerasi. Aerasi berfungsi menjaga menjaga ketersediaan oksigen terlarut yang cukup sehingga mikroorganisme menguntungkan tetap hidup dan aktif (Kim *et al.*, 2015). Kondisi aerob ini mempercepat pelepasan nutrient dari kompos ke larutan, memudahkan penyerapan oleh tanaman, serta mencegah terbentuknya kondisi anaerob yang berpotensi menumbuhkan mikroba patogen (Bako *et al.*, 2025). Pernyataan tersebut didukung oleh Hernandez *et.al* (2022)

yang menyatakan bahwa *compost tea* menyediakan nutrisi, bahan organik serta mikroorganisme yang mendukung peningkatan kualitas tanah dan kualitas pertumbuhan, serta pengendalian penyakit *Rhizoctonia solani* pada tanaman kentang. Lebih lanjut Kim *et al.* (2015) menyatakan bahwa *compost tea* dapat meningkatkan ketahanan tanaman serta penyerapan nutrisi tanaman sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan.

Compost tea dapat digunakan sebagai pupuk organik yang disemprotkan ke daun atau disiramkan pada tanaman. Kombinasi *compost tea* diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao apabila dosis yang diberikan mencukupi kebutuhan tanaman. Oleh karena itu dosis pemberian *Aerated Compost Tea* pada bibit kakao yang tepat perlu diketahui. Berdasarkan uraian dalam latar belakang penelitian ini dilakukan kajian mengenai pemberian *Aerated Composts Tea* yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. pada media *Soilles Culture System* (SCS), terhadap karakter pertumbuhan awal dan fisiologi bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui kualitas kimia (C, N, P, K dan rasio C/N) *Aerated Compost Tea* (ACT) yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (BIOGGP 3).
2. Mengetahui pengaruh pemberian *Aerated Compost Tea* (ACT) yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. pada media *Soilless Culture System* (SCS) terhadap pertumbuhan awal dan fisiologis bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).
3. Mengetahui pemberian konsentrasi *Aerated Compost Tea* (ACT) terbaik pada media *Soilless Culture System* (SCS) terhadap pertumbuhan awal dan fisiologis bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).

1.3 Kerangka Pikir

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman perkebunan bernilai ekonomi tinggi, berperan sebagai komoditas strategis penghasil devisa negara. Pengembangan produksi kakao di Indonesia masih terkendala oleh tingginya tingkat kematian bibit. Permasalahan ini umumnya disebabkan oleh penggunaan benih yang kurang berkualitas serta penerapan teknologi budidaya yang belum optimal. Teknik pembibitan yang baik sangat penting untuk menghasilkan bibit kakao yang sehat dan produktif. Salah satu upaya pada perbaikan teknik pembibitan adalah melalui perbaikan media tanam dan pemberian pupuk organik seperti kompos. Kompos dapat meningkatkan kualitas media tanam karena berperan dalam menyediakan nutrisi penting, memperbaiki struktur tanah sehingga pertumbuhan dan perkembangan bibit kakao optimal.

Salah satu inovasi dalam teknik pembibitan adalah penggunaan media tanam alternatif dengan media penanaman *Soilless Culture System* (SCS). Media SCS adalah sistem tanam tanpa tanah tetapi menggunakan substrat organik sebagai media tanam. Media SCS mampu menghemat penggunaan air secara signifikan. Bahan organik serasah kering dimanfaatkan sebagai bahan kompos. Namun pada proses pengomposannya ditambahkan mikroba seperti *Aspergillus sp.*, yang memiliki kemampuan mengurai selulosa sehingga mempercepat proses pengomposan dan pembuatan *compost tea*.

Compost tea yaitu larutan hasil fermentasi kompos yang mengandung nutrisi terlarut. Proses pembuatan *compost tea* secara diaerasi diperlukan untuk mempertahankan ketersediaan oksigen, mendukung aktivitas mikroorganisme menguntungkan, serta mencegah terbentuknya kondisi anaerob yang berpotensi menumbuhkan mikroba patogen. *Aerated compost tea* (ACT) berfungsi sebagai pupuk hayati cair yang mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara,

merangsang produksi hormon pertumbuhan, serta memperkuat ketahanan bibit terhadap penyakit, sehingga berkontribusi terhadap pertumbuhan optimal tanaman kakao.

1.4 Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kualitas kimia (C, N, P, K dan Rasio C/N) ACT yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (BIOGGP 3) memenuhi standar untuk pupuk organik cair.
2. *Aerated Compost Tea* (ACT) yang diinduksi *Aspergillus* sp. pada media *Soilless Culture System* (SCS) dapat meningkatkan kualitas bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).
3. Terdapat konsentrasi efektif *Aerated Compost Tea* (ACT) yang diinokulasi inokulum *Aspergillus* sp. pada media *Soilless Culture System* (SCS) untuk pertumbuhan awal dan fisiologi kakao (*Theobroma cacao* L.).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman perkebunan yang umumnya tumbuh tersebar di daerah tropis termasuk Indonesia (Wahyudi, 2008). Menurut Cronquist (1981) klasifikasi kakao dalam taksonomi tumbuhan adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnolipsida
Bangsa	: Malvales
Suku	: <i>Sterculiaceae</i>
Marga	: <i>Theobroma</i>
Jenis	: <i>Theobroma cacao</i> L.

Kakao berasal dari Amerika Tengah dan Amerika Selatan (Rahman *et al.*, 2022). Kakao dapat diperbanyak secara generatif maupun vegetatif (Siregar dkk., 2021). Tanaman kakao yang berasal dari biji (generatif) memiliki akar tunggang yang tumbuh lurus ke bawah. Pertumbuhan awal akar lateral (akar cabang ke samping) keluar di bawah leher batang, sedikit di bawah permukaan tanah. Pada tanaman dewasa akan muncul akar sekunder menyebar 12-20 cm di bawah permukaan tanah. Perkembangan akar dipengaruhi oleh struktur tanah, terutama berkaitan dengan air dan udara dalam tanah (Susanto, 1995).

2.1.1 Morfologi

1. Akar

Sistem perakaran tanaman kakao yang diperbanyak secara vegetatif pada awal pertumbuhannya tidak membentuk akar tunggang, melainkan akar-akar serabut yang banyak jumlahnya.

Tanaman kakao yang telah dewasa akan membentuk akar yang menyerupai akar tunggang (Sumarna., 2011). Pada kecambah yang telah berumur 1-2 minggu terdapat akar-akar cabang yang merupakan tempat tumbuhnya akar-akar rambut dengan jumlah yang cukup banyak (Hidayat *et al.*, 2017). Pada bagian ujung akar ini terdapat bulu akar yang berfungsi menyerap larutan dan garam-garam tanah. Diameter bulu akar hanya 10 mikron dan panjang maksimum hanya 1 mm (Karmawati dkk., 2010).

2. Batang

Kakao memiliki batang berkayu, tinggi tanaman di kebun pada umur 3 tahun berkisar 1,8-3 m dan pada umur 12 tahun mencapai 4,5-7 m (Hidayat *et al.*, 2017). Tinggi tanaman kakao jika dibudidayakan di kebun, pada umur 3 tahun dapat mencapai 1,8-3 m dan pada umur 12 tahun dapat mencapai 4,5-7 meter. (Sukanto, 2014). Batang pada tanaman merupakan jenis pohon tahunan (perennial). Pada awal pertumbuhan, tanaman kakao ini diperbanyak dengan cara generatif (dengan biji) dan akan membentuk batang utama sebelum tumbuh cabang-cabang primer. Cabang-cabang primer ini disebut dengan jorket (*joquette*). Letak pertumbuhan cabang-cabang primer disebut *joquette*, dengan ketinggian yang ideal 1,2-1,5 m dari permukaan tanah dan *joquette* ini tidak terdapat pada kakao yang diperbanyak secara vegetatif (Siregar dkk., 2009).

Ditinjau dari segi pertumbuhannya cabang-cabang pada tanaman kakao tumbuh ke arah atas dan samping. Cabang yang tumbuh ke arah atas disebut cabang *orthotrop* dan cabang yang tumbuh ke arah samping disebut dengan *plagiotrop*. Batang dan kedua jenis cabang tersebut sering ditumbuhi tunas-tunas air (*churpon*) yang banyak menyerap energi, sehingga bila dibiarkan tumbuh akan mengurangi pembungaan dan pembuahan (Siregar dkk., 2009).

3. Daun

Kakao mempunyai daun sederhana yang tumbuh secara berkala, ketika masih muda daun-daun tersebut peka terhadap intensitas cahaya matahari yang kuat, sehingga perlu diberi naungan, sedangkan pada saat daun kakao sudah tua bibit kakao sudah memerlukan intensitas cahaya yang lebih tinggi sehingga naungan bisa dikurangi (Sastrahidayat, 2001). Daun kakao bersifat dimorfisme, pada tunas ortotrop, tangkai daunnya panjang, yaitu 7,5-10 cm sedangkan pada tunas plagiotrop panjang tangkai daunnya hanya sekitar 2,5 cm. Tangkai daun bentuknya silinder dan bersisik halus, bergantung pada tipenya (Karmawati dkk, 2010).

Bentuk helai daun bulat memanjang (*oblongus*), ujung daun meruncing (*acuminatus*) dan pangkal daun runcing (*acutus*). Susunan daun tulang menyirip dan tulang daun menonjol ke permukaan bawah helai daun. Tepi daun rata, daging daun tipis tetapi kuat seperti perkamen. Warna daun dewasa hijau tua bergantung pada kultivarnya. Panjang daun dewasa 30 cm dan lebar 10 cm. Permukaan daun licin dan mengkilap (Hidayat *et al.*, 2017). Secara morfologi pertumbuhan kakao (*Theobroma cacao* L.) ditampilkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Morfologi kakao (*Theobroma cacao* L.). A. Akar; B. Batang; C. Buah Biji; D. Daun (Dokumentasi pribadi)

2.1.2 Syarat Tumbuh Kakao

A. Iklim

Lingkungan hidup tanaman kakao adalah daerah hutan yang banyak ditumbuhi pohon yang tinggi sehingga memberi naungan untuk mengurangi pencahayaan penuh. Cahaya yang terlalu terang mengakibatkan tanaman memiliki batang kecil, daun sempit dan relatif berumur pendek (Asia, 2006). Lingkungan alami tanaman kakao adalah hutan tropis dengan curah hujan yang ideal 1.100 mm sampai dengan 3.000 mm pertahun (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017). Temperatur yang ideal bagi pertumbuhan kakao adalah 30⁰C sampai 32⁰C (maksimum) dan 18⁰C sampai 21⁰C (minimum) (Soenaryo dan Situmorang 1978).

B. Tanah

Tanaman kakao menghendaki tanah yang kaya akan bahan organik dan pH sekitar netral. Bahan organik bermanfaat bagi tanaman khususnya untuk memperbaiki struktur tanah, menahan lengas, dan sebagai sumber unsur hara. Faktor lingkungan tanah yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi coklat adalah sifat kimia tanah dan sifat fisika tanah.

Tanaman coklat dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki kemasaman (pH) 6-7,5 dan tidak lebih tinggi dari 8 serta tidak lebih rendah dari 4 (Asia, 2006). Tekstur tanah yang baik untuk tanaman kakao adalah lempung liat berpasir dengan komposisi 30-40% fraksi liat, 50% pasir dan 10-20 % debu (Karmawati dkk., 2010).

Ketersediaan unsur hara dalam tanah dapat ditandai dengan pH tanah. Walaupun tanaman kakao masih dapat tumbuh pada kisaran pH 10 tanah 4,0-8,0 tanaman akan tumbuh dan berproduksi optimum pada kisaran pH 6,0-7,0 (Susanto, 1995). Kadar bahan organik optimum untuk pertumbuhan coklat adalah 3% (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017). Ketersediaan bahan organik di dalam tanah berkorelasi positif dengan pertumbuhan tanaman. Produksi tanaman meningkat seiring dengan peningkatan kadar bahan organik tanah dari 3% ke 6%.

2.1.3 Pembibitan Kakao

Pembibitan merupakan tahapan yang penting karena sangat menentukan kemampuan hidup tanaman pada tahap selanjutnya. Proses pembibitan menjadi langkah awal dari serangkaian kegiatan budidaya tanaman kakao. Pembibitan yang dikelola dengan baik dapat menghasilkan bibit yang baik. Upaya untuk memperoleh bibit yang baik diperlukan pengolahan yang intensif selama tahap pembibitan (Barisiy *et al.*, 2023). Beberapa hal yang perlu diperhatikan saat pembibitan ialah pemilihan lokasi pembibitan, jenis bibit, media tanam

pembibitan, benih bibit, serta penanaman benih (Innaya *et al.*, 2023). Menurut Zaenudin (2004) penyiraman, pemupukan, pengendalian gulma, hama dan penyakit, serta seleksi bibit merupakan tindakan yang harus dilakukan selama pembibitan.

Menurut Siregar dkk (2014) pembibitan diawali dari penyiapan benih. Benih atau biji diperoleh dari buah kakao yang sudah masak dan sehat. Biji untuk benih diambil dari bagian tengah buah yang tua yakni sekitar 2/3 bagian dari untaian biji. Biji bagian pangkal dan ujung tidak di ikut sertakan sebagai bahan tanam (Siregar dkk., 2009). Biji kakao tidak mempunyai masa dormasi sehingga penyimpanan biji untuk benih dengan waktu yang agak lama tidak memungkinkan. Biji kakao diselimuti oleh lapisan yang lunak dan manis rasanya, jika telah masak lapisan tersebut *pulp* atau *micilage* dapat menghambat perkecambahan dimana jika *pulp* ini tidak dibuang maka selama penyimpanan akan terjadi proses fermentasi dan dapat merusak biji (Soehardjo *et al.*, 2009). Biji dan bibit kakao ditampilkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. A. Biji Kakao; B. Bibit kakao (Dokumentasi Pribadi).

Pembibitan tanaman kakao umumnya dilakukan dalam kantong plastik (polybag), setelah terlebih dahulu dikecambahkan dalam bedengan persemaian. Penyemaian benih dilakukan dengan meletakkan ujung biji tempat tumbuh radikula tegak di sebelah bawah. Benih akan berkecambah pada umur 4-5 hari

setelah pedederan dalam kondisi lingkungan optimal, dan dibiarkan selama 2-3 hari sebelum dilakukan seleksi kecambah dengan membuang benih yang tidak tumbuh (Siregar dkk., 2009). Kecambah yang dipindahkan ke polybag adalah kecambah yang keping bijinya belum terbuka. Jika keping bijinya telah membuka berarti akar tunggang sudah panjang serta akar lateral telah bercabang-cabang akan menyulitkan pada saat pemindahan dan sering mengakibatkan akar tunggang menjadi bengkok sehingga pertumbuhan tanaman menjadi terhambat (Soeratno, 2000).

Perkecambahan awal benih kakao ditandai dengan pertumbuhan akar tunggang yang relatif cepat, yaitu dari panjang sekitar 1 cm pada umur satu minggu menjadi 16-18 cm pada umur satu bulan, dan mencapai sekitar 25 cm pada umur tiga bulan. Namun, laju pertumbuhan bibit kakao selanjutnya menurun, di mana untuk mencapai tinggi sekitar 50 cm diperlukan waktu hingga dua tahun. Selama fase perkecambahan, hipokotil memanjang dan mengangkat kotiledon yang masih tertutup ke atas permukaan tanah. Tahapan ini dikenal sebagai fase serdadu (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2017).

Fase serdadu berakhir ketika kotiledon mulai membuka, diikuti dengan pemanjangan epikotil serta pertumbuhan empat daun pertama. Keempat daun tersebut tumbuh pada setiap ruas, namun karena jarak antar buku sangat pendek, daun tampak muncul dari satu titik yang sama. Pertumbuhan tanaman kakao berikutnya berlangsung secara periodik dengan interval waktu tertentu (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2017). Pemeliharaan dilakukan untuk mendapatkan pertumbuhan bibit yang sehat antara lain faktor pemberian pupuk dan media tanam. Jumlah pemberian pupuk yang diberikan harus memperhatikan kebutuhan unsur hara, ketersediaan unsur hara dalam tanah, serta kadar unsur hara yang terdapat dalam pupuk (Hardjowigeno, 2010).

2.1.4 Pertumbuhan Bibit Kakao

Pertumbuhan pada tanaman adalah peningkatan massa dan panjang organ yang disebabkan oleh aktivitas mitosis serta ekspansi sel yang terkoordinasi (Taiz dan Zeiger 2010). Menurut Syamsuri (2003) pertumbuhan ditandai dengan adanya penambahan ukuran, volume, dan jumlah sel serta bersifat *irreversible*. Pernyataan ini sama seperti yang dijelaskan Salisbury dan Ross (1995) menjelaskan bahwa pertumbuhan dapat dinyatakan dalam pertambahan ruang dan volume secara permanen, dan penambahan massa akibat terjadinya sintesis protoplasma. Pertumbuhan tanaman dapat dilihat dari bertambahnya volume suatu organ tanaman, sedangkan perkembangan dapat terlihat dari perubahan bentuk organ, menjadi batang, akar dan daun serta munculnya bunga (Hapsari dkk., 2018). Pertumbuhan dapat diawali dari beberapa parameter antara lain sebagai berikut

1. Tinggi Bibit

Tanaman kakao yang dibudidayakan di kebun dalam jangka waktu tiga tahun dapat menghasilkan tinggi mencapai 1,8-3 m dan pada umur 12 tahun tinggi bisa mencapai 4-7 m (Kristanto., 2016). Tinggi tanaman kakao beragam karena adanya pengaruh intensitas naungan dan faktor-faktor tumbuh yang tersedia (Karmawati dkk., 2010). Tanaman yang berasal dari biji setelah mencapai tinggi sekitar 0,9 -1,5 m akan membentuk cabang primer yang kemudian tumbuh 3-6 cabang yang mengarah ke samping dengan sudut 0 sampai 90⁰ (Susanto., 1995).

2. Diameter Batang

Pertumbuhan diameter batang kakao berkaitan dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan, serta praktik budidaya. (Hidayat dkk., 2020). Diameter batang merupakan salah satu indikator pertumbuhan tanaman yang penting karena

berhubungan dengan kekuatan dan stabilitas tanaman, serta produksi buah (Farhanandi dkk., 2022).

3. Jumlah dan Luas Daun

Pertumbuhan daun merupakan bagian dari pertumbuhan vegetative tanaman. Jumlah daun berhubungan dengan tingginya tanaman, semakin tinggi tanaman maka semakin banyak jumlah daun yang dimiliki (Hidayat dkk., 2020). Unsur hara N dapat mendorong pertumbuhan organ penting dalam proses fotosintesis dan mempercepat pertumbuhan luas daun (Haura dkk., 2021). Luas daun merupakan adaptasi morfologi tanaman dalam mengoptimalkan penangkapan cahaya yang diperlukan oleh proses fotosintesis.

Fotosintesis menghasilkan metabolit primer yang dibutuhkan tanaman dalam proses metabolismenya untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kapasitas media tanaman dalam menyimpan air sangat mempengaruhi proses pembentukan luas daun. Menurut Hidayat (2020) faktor penentuan laju fotosintesis yaitu kadar air. Unsur N berperan terhadap pertumbuhan luas daun, demikian pula dengan unsur hara posfor yang berperan dalam pembentukan jaringan meristem tanaman, sehingga mempercepat perluasan bagian tanaman yang aktif membelah seperti daun dan pucuk (Harahap *et al.*, 2012).

4. Rasio Akar Pucuk

Rasio akar pucuk merupakan indikator penting dalam pertumbuhan tanaman yang mencerminkan suatu proses penyerapan unsur hara serta metabolisme yang terjadi pada tanaman. Rasio akar pucuk berkaitan dengan pembentukan jaringan tanaman serta pertumbuhan pucuk dan akar.

Ketersediaan air dan unsur hara pada media tanam akan mengoptimalkan kinerja akar, sehingga dapat mempercepat penyerapan unsur hara dan air dalam mendukung proses pembentukan pucuk atau bagian atas tanaman. Menurut Sari (2013) Nilai rasio akar pucuk mencerminkan partisi fotosintat dalam pertumbuhan tanaman. Apabila nilai pembagian rasio akar pucuk $< 0,1$ menunjukkan bahwa pertumbuhan pucuk tanaman relative lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan akar, sebaliknya jika nilai pembagian rasio akar pucuk $> 0,1$ menunjukkan pertumbuhan tanaman relative lebih cepat ke akar (Sari., 2013).

5. Berat Basah dan Berat Kering

Bobot basah tanaman mencerminkan total akumulasi hasil fotosintesis (fotosintat) yang tersimpan dalam bentuk biomassa serta kandungan air pada jaringan tanaman. Peningkatan bobot basah yang optimal memerlukan ketersediaan energi dan unsur hara yang cukup untuk mendukung pembelahan serta pembesaran sel. Semakin tinggi pertumbuhan vegetatif seperti tinggi tanaman dan jumlah daun, maka akumulasi biomassa dan bobot basah tanaman juga akan meningkat (Salisbury and Ross, 1995)

Besar kecilnya nilai bobot kering suatu tanaman dipengaruhi oleh banyaknya unsur hara yang dapat diserap dan digunakan sebagai metabolisme dalam tubuh tanaman, untuk memproduksi bobot kering tanaman bergantung pada laju fotosintesis dan laju pertumbuhan (Nurmayulis *et al.*, 2014).

6. Klorofil a, b dan total

Klorofil merupakan pigmen fotosintesis berwarna hijau yang terdapat pada kloroplas, berfungsi dalam menangkap energi cahaya matahari, dan

memicu fiksasi CO₂ untuk menghasilkan karbohidrat dan energi yang akan diubah menjadi protein, lemak, asam nukleat, dan molekul organik lainnya (Salisbury dan Ross, 1995). Tanaman yang memiliki klorofil tinggi cenderung memiliki aktivitas fotosintesis yang lebih tinggi dan mendukung pertumbuhan vegetatif yang baik (Taiz and Zeiger, 2010). Analisis kandungan klorofil pada bibit kakao penting untuk menilai kesehatan fisiologis tanaman. Umumnya tumbuhan tingkat tinggi memiliki dua macam klorofil yaitu klorofil a dan klorofil b (Yama dkk., 2020). Unsur hara yang berperan penting dalam pembentukan pigmen klorofil tanaman yaitu unsur makro nitrogen, magnesium, dan besi (Yama dkk., 2020).

7. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa penting yang disintesis oleh tumbuhan melalui fotosintesis dan berperan sebagai sumber energi serta bahan penyusun biomassa. Hasil fotosintesis ini meliputi glukosa, sukrosa, pati (amilum), dan selulosa. Pada banyak tumbuhan dikotil maupun monokotil, pati mulai terakumulasi pada daun segera setelah proses fotosintesis berlangsung, menunjukkan peran utama daun sebagai organ penyimpanan sementara karbohidrat (Loveless, 1994).

Karbohidrat mempunyai fungsi biologis yang penting untuk pembentukan struktur sel, sumber energi biokimia untuk penopang proses kehidupan serta perkembangbiakannya. Karbohidrat (glukosa) dibentuk dari karbondioksida dan air dengan bantuan sinar matahari dan klorofil dalam daun, kemudian glukosa yang terbentuk akan dibentuk dalam amilum (Sudarmaji., dkk 1996).

2.2 Pengomposan

Pengomposan merupakan salah satu metode alternatif penanganan sampah dengan cara mengolah sampah organik menjadi pupuk kompos yang dapat digunakan sebagai substitusi ataupun pelengkap dari penggunaan pupuk kimia (Indrasti dan Elia., 2020). Menurut Indriani (2002) pengomposan merupakan proses penguraian bahan organik untuk menurunkan rasio C/N bahan organik hingga satu atau hampir sama dengan nisbah C/N tanah (<20) sehingga unsur nitrogen dapat terlepas dan langsung dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhan. Mikroba yang berperan dalam mempercepat proses penguraian bahan organik dan memperoleh energi serta senyawa karbon dari hasil penguraian atau dekomposisi bahan organik.

Kompos dapat berupa sisa bahan organik yang berasal dari tanaman, hewan dan juga limbah organik yang telah mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme. Limbah organik dapat meningkatkan kesuburan tanah atau memperbaiki struktur tanah jika telah terdekomposisi sempurna (Aprianis, 2011). Proses pembuatan kompos dapat dilakukan dengan cara aerobik maupun anaerobik. Penambahan kotoran hewan pada pembuatan kompos di maksudkan untuk meningkatkan kandungan mikroba sehingga unsur nitrogen dan karbon ideal dan proses pembusukan dapat berlangsung lebih cepat (Sulistyorini, 2005).

Fungi merupakan salah satu mikroba yang banyak digunakan sebagai indikator dalam proses pengomposan serasah seperti dedaun dan jerami karena dapat mempercepat proses penguraian dan meningkatkan mutu kompos (Gaur, 1981). Pada proses pengomposan inokulum fungi berperan penting dalam menyediakan nutrient dari organisme mati dengan merombak bahan organik kompleks menjadi senyawa-senyawa sederhana yang mudah diserap tanaman (Irawan dan Widianti., 2004). Keunggulan kompos sebagai pupuk ialah mempunyai komposisi kandungan unsur hara mikro dan makro yang

cukup lengkap dengan kandungan bahan organik yang tinggi (Indrasti dan Elia., 2020).

2.2.1 Bahan Kompos

Serasah merupakan bahan organik yang berasal dari sisa tanaman yang telah mati dan akan mengalami dekomposisi serta mineralisasi secara alami (Aprianis, 2011). Serasah tanaman meliputi organ tumbuhan seperti daun, batang, ranting, atau akar yang terlepas dari tanaman, sehingga menjadi sumber masukan bahan organik bagi tanah dalam siklus hara dan aliran energi (Chairul, 2010). Limbah serasah berperan penting terhadap kandungan hara tanah karena unsur hara yang terkandung di dalam serasah akan dikembalikan ke tanah melalui proses dekomposisi (Hanum dan Kuswytasari., 2014). Proses penguraian serasah ini dilakukan oleh mikroorganisme tanah seperti bakteri, jamur, yang berperan dalam memecah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga mudah diserap oleh tanaman (Siswadi *et al.*, 2023).

Proses dekomposisi serasah menghasilkan bahan organik yang mendukung kehidupan mikroorganisme tanah, semakin banyak serasah di tanah, semakin tinggi pula aktivitas mikroorganisme pengurai, yang berdampak pada meningkatnya ketersediaan unsur hara hasil dekomposisi. Kandungan hara tersebut dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan (Hanum dan Kuswytasari, 2014). Kompos dari serasah berperan penting dalam memperbaiki kualitas tanah karena mampu mempertahankan kelembaban, mengurangi fluktuasi suhu, meningkatkan ketersediaan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta menstimulasi aktivitas mikroorganisme tanah (Xu dan Hirata, 2005). Mikroorganisme juga berkontribusi besar dalam transformasi biokimia dan penyerapan unsur hara pada ekosistem tanah (Alguacil *et al.*, 2016).

Komposisi serasah sangat berperan dalam membentuk substrat yang baik bagi organisme pengurai (Aprianis, 2011). Bahan kompos memiliki manfaat secara fisik dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air (Lal, 2020). Secara kimia, kompos mampu menambah daya penyangga tanah terhadap perubahan pH, sedangkan secara biologis kompos menjadi sumber energi bagi mikroorganisme tanah yang berperan penting dalam proses dekomposisi dan pelepasan unsur hara ke dalam tanah (Jaja dan Barber, 2017). Menurut Siswadi *et al.* (2023), mikroorganisme tanah memiliki peran utama dalam penguraian bahan organik menjadi unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Kompos serasah daun kering ditampilkan pada **Gambar 3.**



Gambar 3. Kompos serasah kering (Dokumentasi Pribadi)

2.2.2 *Compost Tea*

Compost tea merupakan ekstrak cair yang diperoleh melalui fermentasi kompos matang dalam kondisi terkontrol, kaya akan mikroba menguntungkan dan unsur hara (Hernandez *et al.*, 2022). Pengaplikasian *compost tea* dapat meningkatkan kandungan humus, hormon pertumbuhan, enzim, serta berbagai senyawa organik dalam tanah. Selain memperbaiki kesuburan tanah, *compost tea* juga berpotensi sebagai biopestisida organik karena mikroba di dalamnya dapat bertindak sebagai

antagonis terhadap patogen, termasuk penyebab penyakit karat daun (Nadiah, 2012). Penelitian oleh Bria (2016) menunjukkan bahwa penggunaan *compost tea* memberikan efek positif terhadap pertumbuhan dan hasil produksi beberapa komoditas pertanian, termasuk bayam merah.

Kualitas *compost tea* dapat ditentukan oleh beberapa faktor antara lain: kualitas bahan baku kompos, metode ekstraksi dan pengadukan, rasio kompos air, aerasi, waktu pengadukan, penyaringan dan pengenceran, material yang ditambahkan, sumber air yang digunakan untuk ekstrak, suhu dan faktor abiotik lainnya (Ingham 2005). Keunggulan aplikasi *compost tea* dengan penyemprotan pada daun atau permukaan tanaman menurut Radvoich *et al.* (2011) yaitu:

1. Unsur hara atau hormon tumbuh yang berasal dari kompos dapat lebih mudah diserap lewat stomata daun, luas permukaan daun menjadi permukaan serapan sehingga unsur hara lebih cepat sampai ke target yang membutuhkan.
2. Mikroba yang bermanfaat pada *compost tea* dapat menduduki permukaan daun sehingga menekan serangan patogen.
3. Frekuensi dan volume *compost tea* dapat disesuaikan dengan kondisi atau kebutuhan tumbuhan.

Keunggulan metode aplikasi *compost tea* dengan penyiraman ke daerah akar tumbuhan dalam tanah atau media tanam ialah:

1. Meningkatkan populasi, diversitas dan aktivitas mikroba tanah.
2. Meningkatkan konsentrasi hara terlarut dalam tanah
3. Meningkatkan pertumbuhan akar sehingga penyerapan hara berlangsung lebih baik.
4. Memperbaiki struktur tanah, menambah kelembapan tanah, menekan patogen tanah
5. Meningkatkan interaksi antara tumbuhan dan mikroba tanah.

Kombinasi kedua aplikasi *compost tea* (*folior application* dan *soil dressing*) merupakan metode yang lebih efektif karena tumbuhan mendapatkan hara langsung dari bagian atas tumbuhan maupun bagian akar pada waktu yang bersamaan (Radvoich *et al.*, 2011). Peran penting *compost tea* dalam meningkatkan resistensi tumbuhan terhadap penyakit (*aerial* maupun *soilborn-pathogen*) melalui mekanisme mikrobiosintesis (menghambat pertumbuhan, reproduksi dan penggandaan pathogen), merangsang system ketahanan tumbuhan (aktivasi gen ketahanan *systemic acquired resistance and induced system resistance*), dan efek langsung *compost tea* terhadap perbaikan hara tumbuhan (Martin, 2015). *Aerated Compost Tea* ditampilkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. *Aerated Compost Tea* (Dokumentasi Pribadi).

2.3 *Aspergillus* sp.

Hasil penelitian Indriani (2002) membuktikan bahwa salah satu mikroba tanah yang berperan sebagai bioaktivator pengomposan adalah fungi. Wittman *et al.* (2004) menjelaskan bahwa fungi dapat mensintesis enzim nonspesifik ekstraseluler yang mengkatalis degradasi bahan organik seperti selulosa dan hemiselulosa yang sulit terurai secara alami menjadi sumber hara untuk mikroba dan tanaman sehingga penambahan inokulum fungi *Aspergillus* sp. dapat mempercepat proses pengomposan limbah bahan organik (Wittman *et al.*,

2004). *Aspergillus* sp. dapat hidup hampir pada semua bahan organik, terutama pada kelembapan tinggi, dan menghasilkan enzim selulase (Gadd *et al.*, 2007).

Menurut Irawan *et al.* (2014) *Aspergillus* sp. memiliki aktivitas enzim selulase relative tinggi dibandingkan fungi lain, karena fungi tersebut merupakan bioaktivator yang penting dalam proses pengomposan serasah. Sekitar 60% penyusun serasah adalah selulosa, hemiselulosa dan ligniselulosa. *Aspergillus* sp. telah banyak dikenal sebagai saprofit, parasite, dekomposer sehingga penting dalam kesuburan tanah, agen pengendali hayati hingga penghasil mikotoksin (De Amorim *et al.*, 2020). *Aspergillus* sp. sebagai saprofit memanfaatkan bahan organik dan organisme mati atau busuk sebagai sumber energi sehingga dapat membantu mempercepat proses dekomposisi (Gadd *et al.*, 2007). Aplikasi inokulum yang terinduksi *Aspergillus* sp. pada tanaman akan meningkatkan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

Menurut Alexopoulos *et al.* (1986) klasifikasi *Aspergillus* sp sebagai berikut:

Kerajaan: Fungi

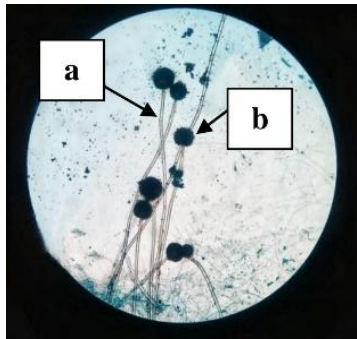
Divisi	: Ascomycota
Kelas	: Eurotiomycetes
Bangsa	: Eurotiales
Suku	: Trichocomaceae
Marga	: <i>Aspergillus</i>
Jenis	: <i>Aspergillus</i> sp.

Aspergillus sp. merupakan fungi yang tergolong dalam kelas *Ascomycetes* (Hasanah, 2017), berkembang biak dengan membentuk hifa dan menghasilkan konidiofor yang membentuk spora. *Aspergillus* sp. memiliki sifat selulolitik (Irawan *et al.*, 2017). Kelebihan fungi *Aspergillus* sp. adalah mampu menguraikan substrat seperti limbah pertanian karena mampu menghasilkan enzim pengurai seperti selulosa, amilase, dan amiloglukosidase (Mizana dkk.,

2016). Isolasi *Aspergillus* sp. pada substrat organik yang telah membusuk dan pada tanah mudah dilakukan karena proses pertumbuhan dan perkembangan spora *Aspergillus* sp. sangat cepat sehingga mudah diisolasi pada medium buatan sebagai media tumbuh (Hasna., 2013). Isolat *Aspergillus* sp. dan mikroskopis fungi ditampilkan pada **Gambar 5.** dan **Gambar 6.**



Gambar 5. Isolat *Aspergillus* sp. BIOGGP 3 (Dokumentasi Pribadi)



Gambar 6. Mikroskopis fungi *Aspergillus* sp. (a) Konidiofor, (b) Konidia (Safira, 2023)

Fungi *Aspergillus* sp. yang telah diinkubasi selama 7 hari pada media PDA ditunjukkan pada Gambar 7. Struktur makroskopis fungi *Aspergillus* sp. pada media PDA memiliki ciri-ciri yaitu permukaannya berwarna hijau terang, hijau gelap hingga hitam, struktur fungi ini seperti tepung. Pada karakteristik mikroskopis fungi *Aspergillus* sp. memiliki hifa bersepta dan hialin, berbentuk konidia yaitu bulat hingga semi bulat, dinding konidia halus, memiliki dinding konidiofor yang tebal dan memiliki vesikel serta fialid (Ristiari dkk., 2018).

2.3.1 Inokulum

Inokulum merupakan kultur mikroba yang diinokulasikan pada medium kultur (Suriawiria, 2005). Penambahan inokulum selama proses pengomposan sangat penting untuk meningkatkan kualitas dan mempercepat pembuatan kompos (Hanum dan Kuswyasari, 2014). Tujuan pembuatan inokulum agar isolat fungi yang di dapatkan lebih banyak serta mampu beradaptasi saat akan diaplikasikan pada pembuatan kompos (Irawan *et al.*, 2017). Inokulum akan mempengaruhi tumpukan bahan organik melalui inokulasi strain mikroorganisme yang efektif dalam menghancurkan bahan organik serta meningkatkan kadar nitrogen yang merupakan makanan tambahan bagi mikroorganisme tersebut (Gaur, 1983), sehingga mempengaruhi kandungan kompos yang ditambahkan inokulum mampu menghasilkan kompos yang kaya akan unsur hara yang tinggi (Kelbesa, 2021). Inokulum *Aspergillus* sp. menggunakan botol dan plastik ditampilkan pada **Gambar 7.** dan **Gambar 8.**



Gambar 7. Inokulum *Aspergillus* sp. pada media jagung (Harfiani, 2024).



Gambar 8. Inokulum *Aspergillus* sp. pada media jagung (Dokumentasi Pribadi)

2.4 Media *Soilless Culture System* (SCS)

Media tanam SCS merupakan media tanam alternatif tanpa tanah menggunakan substrat organik berasal dari tanaman. Kelebihan media SCS yaitu mampu mengurangi penggunaan air sebesar 59%- 90% (Gianquinto *et al.*, 2020). Media SCS memiliki porositas yang baik sehingga dapat mengalirkan air langsung ke akar tanaman (Ameri *et al.*, 2012), menyediakan unsur hara alami yang cukup bagi tanaman sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanaman dan kehidupan mikroorganisme decomposer dan tidak memerlukan lahan yang luas (Putra and Yulindo., 2015). Komposisi SCS yaitu sebagai berikut:

2.4.1 Sekam Padi Mentah

Sekam padi mentah merupakan sumber bahan organik yang mudah didapat serta berpotensi sebagai pupuk hayati. Sekam padi dipisahkan dari bagian dalamnya atau butir beras dapat dipisahkan dengan cara penggilingan (Sujiwo dkk., 2022). Sekam padi yang digunakan yaitu sekam dari padi yang baru digiling atau disebut dengan sekam padi mentah. Unsur yang terkandung pada sekam padi mentah yaitu 1,33% karbon, 1,54% hydrogen, 33,64% oksigen, dan 16,98% silika.

Penggunaan sekam padi mentah pada media tanam memiliki kelebihan dapat memperbaiki sistem aerasi dan drainase media tanam, mengandung unsur kalium yang dibutuhkan oleh tanaman, dan tidak menyebabkan media menggumpal sehingga akar tanaman akan tumbuh sempurna (Giannin dkk., 2021). Sekam padi mentah ditampilkan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Sekam padi mentah (Dokumentasi Pribadi).

2.4.2 *Cocopeat*

Cocopeat merupakan limbah sabut kelapa dapat digunakan sebagai campuran media tanam selain tanah pada budidaya pertanian. *Cocopeat* dapat meningkatkan pertumbuhan karena mampu mengikat air sehingga menjadi lebih tersedia untuk pertumbuhan akar (Evans *et al*, 1996). Treder (2008) juga menyebutkan bahwa lily yang ditanam pada *cocopeat* menghasilkan berat segar, berat kering, dan panjang akar yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kontrolnya. Jumlah umbi dan total panjang akanya 34% lebih tinggi pada tanaman yang ditanam pada *cocopeat* dari pada tanaman kontrol. *Cocopeat* ditampilkan pada **Gambar 10**.



Gambar 10. *Cocopeat* (Dokumentasi Pribadi).

2.4.3 Kompos

Kompos merupakan pupuk organik yang berasal dari sisa-sisa tanaman dan hewan. Kompos kotoran hewan dapat dimanfaatkan sebagai media tanam karena mampu menyediakan unsur hara makro dan mikro bagi tanaman, serta meningkatkan porositas dan aerasi tanah (Nugroho *et al.*, 2021). Kehadiran mikroorganisme pengurai bahan organik di dalam kompos kohen juga berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara dan mendukung pertumbuhan akar tanaman (Rusmana, 2017). Selain itu, kompos yang berasal dari kotoran hewan mengandung unsur hara esensial seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur mikro lainnya yang dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi media tanam (Mahmud, 2021). Kompos kohen ditampilkan pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Kompos kohen sapi (Dokumentasi Pribadi)

2.4.4 Vermikompos

Vermikompos merupakan pupuk organik dari perombakan bahan-bahan organik dengan bantuan mikroorganisme dan cacing tanah (*Eisenia foetida*) hasil dekomposisi mengandung unsur hara dan kaya akan zat pengatur tumbuh seperti giberelin, sitokinin, dan auksin yang mendukung pertumbuhan tanaman (Awadhpersad *et al.*, 2020). Vermikompos salah satu pupuk organik kualitas tinggi karena memiliki kandungan unsur hara lebih tinggi dibandingkan pupuk organik kompos konvensional

(Kusumawati, 2011). Kelebihan vermikompos menyediakan unsur hara N, P, K, Ca dan Mg yang tersedia dalam jumlah yang seimbang, meningkatkan kandungan bahan organik dan kesuburan media tanam serta mengurangi penggumpalan pada media tanam sehingga akar tanam dapat tumbuh dengan sempurna (Giannin dkk., 2021). Vermikompos ditampilkan pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Vermikompos (Dokumentasi Pribadi).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai Juni 2025 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung. Pengamatan dan perlakuan dilakukan di *Green House* Laboratorium Botani FMIPA Universitas Lampung. Analisis kimia ACT di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian yaitu timbangan digital, gelas ukur, erlenmeyer, jarum ose, spatula, bunsen, autoklaf, cawan, tabung reaksi, inkubator, oven, botol kaca, sumbat, karet, gunting, polybag 25×25, keranjang sampah, *plastic warp*, *plate stirrer*, *beaker glass*, *sentrifuge*, aerator, labu ukur, labu Kjeldahl, spektrofotometer UV-Vis 1800, *autoclave*, neraca analitik.

Bahan pembuatan *compos tea* air, seresah daun, inokulum *Aspergillus* sp. (BIO GGP 3) koleksi pribadi Prof. Dr. Bambang Irawan M.Sc.), PDA, *aluminium foil*, akuades, *chloramphenicol*, pecahan jagung, CaCO₃, CaSO₄, fenol, etanol, H₂SO₄ pekat, serta bahan media tanam sekam padi mentah, vermikompos, *cocopeat*, kompos kohen, biji kakao varietas forastero.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian pemberian *Aerated Compost Tea* yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. pada media *Soilless Culture System* (SCS) terhadap karakter pertumbuhan awal dan fisiologi kakao (*Theobroma cacao* L.) terdiri dari tiga pengujian. Pertama adalah melakukan pengujian kualitas ACT yang diaerasi selama 48 jam. Kedua pengamatan pertumbuhan awal, uji ketiga adalah pengukuran fisiologis bibit kakao.

Uji kualitas ACT dilakukan untuk menentukan kadar C, N, P, K serta rasio C/N. Uji ACT yang diinduksi *Aspergillus* sp. (BIOGGP 3) terhadap pertumbuhan awal dan fisiologis bibit kakao. Pengamatan pertumbuhan pada bibit kakao dilakukan ketika tanaman berusia 30 hari setelah tanam melalui pengukuran tinggi tanaman, diameter bibit, jumlah dan ruas daun, berat segar dan berat kering, rasio akar pucuk. Fisiologi tanaman berumur 30 hari ditentukan berdasarkan hasil pengukuran kandungan klorofil a, b, total, dan kadar kandungan karbohidrat.

Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 tahap perlakuan ACT dan 6 kali ulangan sebagai berikut:

P0: Kontrol (air 65 ml)

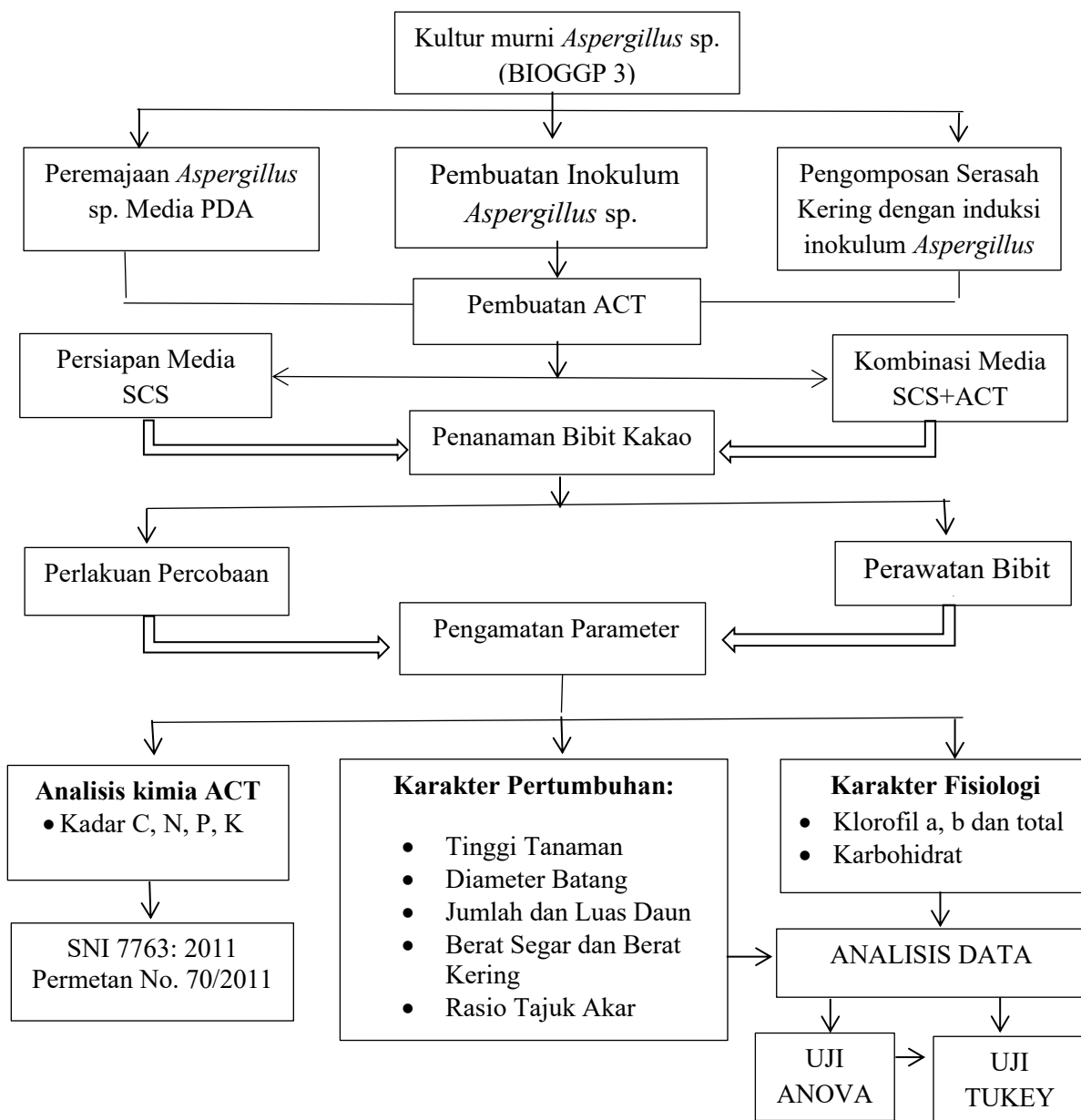
P1: 50 ml ACT

P2: 100 ml ACT

P3: 150 ml ACT

3.4 Diagram Alir Penelitian

Secara ringkas, rancangan penelitian ditampilkan pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Peremajaan *Aspergillus* sp. (BIO GGP 3)

Peremajaan *Aspergillus* sp. dilakukan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Pembuatan media agar mengikuti prosedur kerja yang digunakan Haura dkk, (2021) dan dimodifikasi. Media PDA bubuk dengan konsentrasi yaitu 39 gram/1000 ml, dibuat dengan melarutkan 9,75 g media dan 250 aquades dalam *beaker glass*, kemudian dimasak di atas *hot plate* magnetic stirrer hingga mendidih. Media dimasukan ke dalam *Erlenmeyer* dan disterilkan dalam *autoklaf* selama 20-30 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm. Setelah media steril dan suhu media turun, ditambahkan *chlorompenicol* kemudian dihomogenkan. Media PDA dituangkan ke dalam cawan petri steril sebanyak 20-25 ml per cawan petri dan dibiarkan hingga memadat. Inokulasi isolat *Aspergillus* sp. (BIOGGP 3) dilakukan menggunakan jarum ose steril. Cawan petri yang telah diinokulasikan *Aspergillus* sp. dibungkus dengan plastik warp kemudian dibungkus Kembali dengan kertas dan disimpan selama 7 hari dalam inkubator pada suhu 36°C , agar fungi dapat kembali memulai metabolisme.

3.5.2 Pembuatan Inokulum *Aspergillus* sp.

Pembuatan inokulum dilakukan dengan modifikasi metode yang dikembangkan oleh Gaind *et al.*, (2009) menggunakan media jagung sebagai substrat sebanyak 60 g jagung ditimbang dan dimasukkan ke dalam botol gepeng yang telah disterilisasi, kemudian ditambahkan larutan CaSO_4 4% (7,5 ml) dan CaCO_3 2% (7,5 ml). Metode ini merupakan metode modifikasi (Irawan *et al.*, 2017). Bahan disterilisasi dengan autoklaf, media didiamkan agar tidak panas, kemudian diinokulasi

dengan isolate fungi *Aspergillus* sp. dan ditutup kembali dengan sumbat yang dilapisi dengan plastic wrap dan diinkubasi tumbuh selama 14 hari.

3.5.3 Pengomposan Serasah Kering

Pengomposan dilakukan dengan metode Irawan *et al.*, (2014) dengan menggunakan bahan kombinasi pembuatan kompos padat serasah kering menggunakan kotoran sapi dan ditambahkan dengan inokulum *Aspergillus* sp. Serasah daun kering campuran yang didapatkan dari pekarangan halaman rumah yaitu terdiri dari daun jambu (*Psidium guajava* L.), daun mangga (*Mangifera indica* L.), daun kakao (*Theobroma cacao* L.), daun jambu air (*Syzygium aqueum* L.), daun duku (*Lansium domesticum*), daun bambu (*Bambusa vulgaris*), daun jati (*Tectona grandis* L.f.), daun alpukat (*Persea americana*), dan daun rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). Langkah utama serasah daun kering dipotong-potong hingga mencapai ukuran 2-3 cm, dengan perbandingan sebanyak 2 kg serasah per 1 kg kohen sapi dihomogenkan, kemudian ditambahkan 30 g (1%) inokulum *Aspergillus* sp. selanjutnya dimasukkan ke dalam keranjang berlubang yang tepinya dilapisi kardus. Kompos harus diaduk dan disiram air setiap perminggunya dengan kadar air kelembaban 60% dan ditutup kembali hingga proses pengomposan matang yang berlangsung selama kurang lebih 5-12. Ciri matangnya kompos dan proses dekomposisi berjalan dengan optimal yaitu dengan perubahan warna yang menjadi kehitaman, dan tidak tercium bau.

3.5.4 Pembuatan *Aerated Compost Tea* (ACT)

Pembuatan *compost tea* dengan menggunakan modifikasi metode Girshe *et al.* (2018). Kompos padat yang terinduksi fungi *Aspergillus* sp. menggunakan rasio pembuatan yaitu 1:5 (kg: L) kompos dengan air,

maka untuk membuat 1 liter *compost tea* dibutuhkan 200 gr kompos. Pembuatan *compost tea* aerasi menggunakan alat aerator *compost tea* kemudian didiamkan selama 48 jam kemudian disaring dan siap digunakan.

3.5.5 Analisis Kimia *Aerated Compost Tea* (ACT)

1. Penentuan Kadar C

Penentuan kadar C menggunakan metode Walkley and Black (1934). Sebanyak 1 ml sampel dimasukkan kedalam labu ukur 100 ml, berisi 5 ml $K_2Cr_2O_7$ 1 N dan 7,5 ml H_2SO_4 pekat, kemudian diaduk hingga homogen dan dibiarkan selama 30 menit dengan sesekali dilakukan pengocokan. Sampel kemudian diencerkan dengan aquades steril sampai volume tanda batas labu ukur 100 ml. Campuran larutan tersebut dikocok hingga homogen dan biarkan semalam, sebelum diukur absorpsi sampelnya dengan spektrofometer VIS pada λ_{max} = 610 nm.

2. Penentuan Kadar N

Sebanyak 1 ml sampel dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, kemudian ditambah 25 ml H_2SO_4 pekat dan 7,5 gr garam Kjeldahl, selanjutnya didestruksi pada suhu 300-350 °C selama $\pm$ 2 jam sampai larutan menjadi jernih. Larutan hasil destruksi didinginkan dan diencerkan menggunakan aquadest dan ditambah larutan NaOH 40%. Destilat ditampung ke dalam larutan H_3BO_3 1% yang telah ditambah dengan 4 tetes mixed indikator. Langkah selanjutnya dilakukan tahap destilasi sampai didapat destilat $\pm$ 100 ml. Destilat dititrasi menggunakan HCl 0,1 N yang telah distandarisasi sampai terjadi perubahan warna menjadi merah muda. Titrasi juga dilakukan pada larutan blanko (Widyabudiningsih dkk., 2021).

3. Penentuan Kadar P

Sebanyak 1 ml sampel ACT dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml, kemudian ditambah aquadest steril hingga tanda batas, dan dikocok hingga homogen. Masing-masing sampel ditambah 9 ml deret standar P dan pereaksi pembangkit warna, kemudian dikocok hingga homogen, selanjutnya dibiarkan 15 menit dan diukur absorbansi sampel dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 713 nm. Perhitungan menurut Eviati dan Sulaeman (2009) sebagai berikut

$$\text{Kadar P (\%)} = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak} / 1000 \text{ ml} \times 100/\text{mg}$$

$$\text{contoh} \times \text{fp} \times 31/95 \times \text{fk}$$

Keterangan:

Ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacanya setelah dikurangi blanko.

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

fp = faktor pengenceran

100 = faktor konversi ke %

31 = bobot atom P

95 = bobot molekul PO₄

4. Penentuan Kadar K

Sebanyak 1 ml sampel dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, ditambah 5 ml HNO₃ pa dan 0,5 ml HClO₄ pa, dikocok-kocok dan dibiarkan selama 1 malam. Selanjutnya dipanaskan dengan suhu 100° C, selanjutnya setelah uap kuning habis, suhu dinaikkan menjadi 200° C. Destruksi diakhiri bila sudah keluar uap putih dan cairan dalam labu tersisa 0,5 ml, kemudian didinginkan dan diencerkan dengan H₂O dan volume ditepatkan menjadi 50 ml. Selanjutnya dilakukan pengocokan hingga homogen dan dibiarkan selama 1 malam. Larutan sampel kemudian disaring dengan kertas saring W-41 agar didapat ekstrak jernih. Satu ml larutan ekstrak ACT diambil dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml

serta ditambah aquadest hingga tanda batas, kemudian dikocok hingga homogen. Pengukuran K dilakukan dengan menggunakan SSA dengan deret standar sebagai pembanding.

Penghitungan menurut Eviati dan Sulaeman (2009) sebagai berikut.

$$\text{Kadar K (\%)} = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak} / 1000 \text{ ml} \times 100/\text{mg}$$

contoh x fk

Keterangan:

Ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100\% \text{ kadar air})$

100 = faktor konversi ke %

5. Rasio C/N

Pengukuran rasio C/N dilakukan dengan menghitung perbandingan nilai Total C-organik dan Nitrogen yang diperoleh dari data hasil analisis (Hidayati, 2013). Perhitungan: Rasio C/N= Nilai C organik/Nilai N total.

3.5.6 Persiapan Media SCS

Pembuatan media tanam SCS menggunakan modifikasi Qolbi dkk (2024).

Komposisi media tanam SCS terdiri dari sekam padi mentah:

vermikompos: kompos: kulit kelapa: kompos padat serasah daun kering terinduksi *Aspergillus* sp. dengan rasio 2:1:1:2:4. Media SCS yang telah dihomogenkan dimasukkan ke dalam polybag berukuran 25×25 cm sebanyak 500 gram per polyback.

3.5.7 Pemberian Perlakuan ACT

Pembuatan *compost tea* menggunakan metode Marin *et al.* (2013) yaitu melarutkan 100 gr kompos serasah ke dalam 500 ml air. Larutan *compost*

tea kemudian diaerasi dengan aerator selama 48 jam (Islam *et al.*, 2016).

Perlakuan kombinasi media SCS dengan ACT yaitu:

P0: Media 2:1:1:2:4 + 65 ml Air (Kontrol)

P1: Media 2:1:1:2:4 + 50 ml ACT

P2: Media 2:1:1:2:4 + 100 ml ACT

P3: Media 2:1:1:2:4 + 150 ml ACT

U1-U6: Ulangan 1-6

3.5.8 Perkecambahan dan Penanaman Bibit Kakao

Proses pembibitan kakao dilakukan melalui metode perkecambahan benih. Sebelum proses perkecambahan, benih kakao dibersihkan dari sisa daging buah menggunakan abu gosok. Perkecambahan dilakukan dengan menggunakan karung goni atau kain yang menyerap air dan ditempatkan di dalam ruangan dengan kelembapan terkontrol. Selama proses perkecambahan, penyiraman dilakukan sebanyak tiga kali sehari. Pemindahan bibit dari media perkecambahan dilakukan setelah kecambah berumur 3-5 hari. Bibit ditanam pada lubang yang telah dibuat ke dalam *polybag* berukuran 25×25 cm kemudian di tutup dengan cara menekan perlahan.

3.5.9 Perlakuan Penyiraman ACT

Aerated compost tea (ACT) disiramkan sekali dalam seminggu pagi dan sore pada salah satu waktu penyiraman masing-masing sesuai perlakuan, dan mulai dilakukan pada bibit berumur 2 minggu setelah berkecambah dengan volume ACT: 50 ml, 100 ml, dan 150 ml. (Anthonio *et al.*, 2018). Penyiraman rutin bibit kakao dilakukan dengan menggunakan air pada pagi dan sore secukupnya sampai bibit berumur 30 hari.

3.5.10 Perawatan Bibit Kakao

Selama pembibitan tanaman dalam *polybag* ditaruh ditempat yang ternaungi. Perawatan tanaman bibit kakao dilakukan dengan dengan penyiangan gulma yang tumbuh di dalam *polybag*.

3.5.11 Pengamatan Pertumbuhan Awal Bibit Kakao

Pengamatan dilakukan untuk mengukur pertumbuhan tanaman uji pada pertumbuhan awal bibit kakao. Pengamatan parameter pertumbuhan bibit kakao dilakukan pada tanaman umur 30 hari hst dengan metode Kogoya (2018), yang dimodifikasi. Parameter pengamatan bibit kakao yaitu:

1. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman berumur 30 hari diukur dari permukaan tanah yaitu dari pangkal batang sampai ujung pucuk tanaman menggunakan penggaris atau meteran dan dinyatakan dalam sentimeter (cm) (Ngawit dan Santoso, 2024).

2. Diameter Batang

Pengukuran diameter batang berumur 30 hari diukur menggunakan jangka sorong. Diameter batang di ukur pada ketinggian 2 cm di atas leher akar dan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm) (Akbar dkk., 2022).

3. Jumlah dan Luas Daun

Pengamatan jumlah dan luas daun berumur 30 hari dilakukan dengan menghitung total keseluruhan daun yang helaian daunnya telah

membuka sempurna. Pengukuran luas daun dilakukan dengan mengukur panjang dan lebar helaian daun yang terluas atau membuka sempurna. Luas daun dihitung menggunakan rumus LD: Panjang×Lebar×Konstanta (0,68), dan dinyatakan dalam satuan cm^2 (Susilo, 2015).

4. Berat Segar dan Berat Kering

Berat segar dan berat kering bibit berumur 30 hari diukur dengan menimbang seluruh bagian tubuh tanaman yang telah dibersihkan sebelumnya dari tanah yang menempel menggunakan neraca analitik dan dinyatakan dalam gram (g). Berat kering diukur setelah tanaman dioven pada temperature 50°C selama 2-12 jam untuk menghilangkan kadar air pada seluruh bagian bibit. Setelah kering tanaman ditimbang menggunakan neraca digital dan dinyatakan dalam gram (g) (Qureshi *et al.*, 2021)

5. Rasio Akar Pucuk

Pengukuran rasio akar pucuk tanaman berumur 30 hari yang diukur dengan membandingkan berat basah bagian akar dan berat basah bagian pucuk menggunakan rumus A/P, kemudian ditimbang berat kering akar dan berat kering pucuk bibit kakao yang telah dioven selama 2×24 jam pada suhu 70°C dan dihitung menggunakan rumus A/P (Rajagukguk dkk, 2014).

3.5.12 Pengamatan Fisiologis Bibit Kakao

1. Analisis Kandungan Klorofil a, b dan total

Analisis kandungan klorofil dilakukan pada hari terakhir pengamatan saat berumur 30 hari. Sebanyak 0,1 gr daun tanaman digerus dengan

mortar dan ditambahkan 10 ml alkohol 96%. Larutan sampel disaring dengan kertas whatman dan dimasukkan ke dalam flakon lalu ditutup rapat. Larutan sampel dan larutan standar alkohol 96% sebanyak 1 ml dimasukkan ke dalam kuvet. Setelah itu dilakukan pembacaan serapan dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang (λ) 648 nm dan 664 nm, dengan tiga kali ulangan setiap sampel. Kadar klorofil dihitung dengan menggunakan rumus Miazek (2002) yaitu sebagai berikut.

Klorofil Total $5,24 \lambda_{664} + 22,24 \lambda_{648}$ mg/l

Klorofil a = $13,36 \lambda_{664} - 5,19 \lambda_{648}$ mg/l

Klorofil b = $27,43 \lambda_{648} - 8,12 \lambda_{664}$ mg/l

2. Analisis Kandungan Karbohidrat

Analisis kandungan karbohidrat saat bibit berumur 30 hari yang dilakukan menggunakan metode Apriantono dkk (1989). Sebanyak 0,1 gr daun dihaluskan dengan mortar. Larutan sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 10 ml aquadest steril, lalu disaring dengan menggunakan kertas saring. Sebanyak 1 ml ekstrak daun yang telah disaring ditambahkan 2 ml aquadest, 2 ml H₂SO₄ pekat dan 1 ml fenol 5%, kemudian dikocok dan didiamkan selama beberapa menit. Pengukuran kandungan karbohidrat dari ekstrak daun kakao dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis 1800 pada panjang gelombang 490 nm.

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis varians (ANOVA) pada taraf nyata α 5%.

Kemudian untuk melihat perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji

Beda Nyata menggunakan uji Tukey pada taraf nyata α 5%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pemberian *Aerated Compost Tea* (ACT) yang diinduksin *Aspergillus* sp. pada media *Soilless Culture System* (SCS) terhadap karakter pertumbuhan dan karakter fisiologi kakao (*Theobroma cacao* L.) dapat disimpulkan bahwa:

1. *Aerated Compost Tea* (ACT) yang diinokulasi *Aspergillus* sp. memiliki kadar C (0,20%), N (0,01%), P (0,12%), K (0,23%) dan nilai Rasio C/N (20%) tergolong ideal yang menunjukkan bahwa kompos telah matang dan stabil secara kimia untuk digunakan sebagai biofertilizer.
2. Pemberian ACT secara signifikan meningkatkan karakter pertumbuhan awal dan karakter fisiologis kakao terhadap tinggi bibit, diameter batang, jumlah dan luas daun, berat segar dan berat kering, rasio akar pucuk, kandungan klorofil (a, b, total), serta akumulasi karbohidrat dibandingkan kontrol.
3. Konsentrasi terbaik pemberian ACT terdapat pada perlakuan P2 (100 mL), sementara komposisi lebih tinggi P3 (150 mL) tidak memberikan peningkatan tambahan dan justru menurunkan efektivitas, menunjukkan pentingnya efesiensi dosis pemberian compost tea terhadap pertumbuhan awal dan fisiologis kakao (*Theobroma cacao* L.).

5.2 Saran

Penggunaan *Aerated Compost Tea* (ACT) yang dikombinasikan dengan media *Soilles Culture System* (SCS) menunjukkan potensi tinggi sebagai biofertilizer berkelanjutan dalam budidaya kakao, khususnya di lahan suboptimal. Pengujian lanjutan di fase generatif, eksplorasi kombinasi mikroba, serta penyesuaian konsentrasi dan karakteristik media tanam diperlukan untuk mengoptimalkan efektivitasnya, mengingat kandungan nitrogen ACT yang rendah, disarankan penambahan bahan kaya nitrogen agar perannya sebagai pupuk organik pendukung menjadi lebih optimal dalam sistem pertanian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubaker, S., Qrunfleh, I. M., Shatnawi, M., Ammari, T. G., Hasan, H., and Tawaha, A. R. M. (2024). The effect of compost tea on some growth and yield parameters and soil chemical properties of greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Plant Production*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/380315675>
- Ahmad, R., Khalid, A., Arshad, M., & Zahir, Z. A. 2019. Effect of Compost Enriched with Nitrogen Fixing and Phosphate Solubilizing Bacteria on Nutrient Availability and Plant Growth. *Bioresource Technology*, 98(17): 345-352
- Akbar, T., Suryani., Jafrizal., Hayati, R., Fitriani, D., dan Fodesta F. 2022. Respon Pertumbuhan dan Hasil Melon (*Cucumis melo* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Organic Cair dan Pemangkasan Buah. *Jurnal Agriculture*, 17(1): 78-85
- Alexopoulos, C. J., Mims, C.W., and Blackwell, M. 1986. *Introductory Mycology*. Third Edition. Jhon Wiley and Sons. New York.
- Alguacil, M., Caravaca, F., Diaz-Vivancos, P., Hernández, J. A., Roldan, A. 2016. Effect of Arbuscular Mycorrhizae and Induced Drought Stress on Antioxidant Enzyme and Nitrate Reductase Activities in *Juniperus oxycedrus* L. Grown in a Composted Sewage Sludge-Amended Semi-Arid Soil. *Plant Soil* 27: 209-218.
- Amalyani, R., Umami, N., Fitriyanto, N. G. Hanim, C., and Suwignyo, B. 2022. Effect of Compost Tea and Harvest Age on Productivity, Nutrient Content, and Invitro Digestibility *Cichorium intybus*. *Buletin Peternakan*, 46 (3): 140-147
- Ameri, A., Tehranifar, A., Shoor, M., and Devarynejad, H. G., 2012. Effect of Substrate and Cultivar on Growth Characteristic of Strawberry in Soilless Culture System. *African Journal of Bioteknology*, 11(56): 11960-11966.

- Anthonio, M.M., Boampong, E.Y., Coleman, F.N., and Anthonio, F.A. 2018. The Impact of Different Growth Media on Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Seedling. *Journal of Energy and Natural Resource Management*, 5(1): 56-61.
- Aprianis, Y. 2011. Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah *Acacia crassicarpa* A. Cunn. Di PT. Arara Abadi Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat. 4 (1) hal 41-47.
- Apriantono, A.D., Fardiaz, N. L., Pustpitasari, Sedarnawati, S., dan Budiyanto. 1989. Analisis Pangan: Petunjuk Laboratorium. PAU Pangan dan Gizi IPB. Bogor.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Bierman, P. 2006. Influences of Vermicomposts on Field Strawberries: Effects on Growth and Yields. *Bioresource Technology*, 97(6): 831-840.
- Asia. 2006. *Pedoman Teknis Pembangunan Kebun Induk Kakao*.
- Awadhpersad, V.R., L. Ori., and A. Ansari. 2020. Production and Effect of Vermiwash and Vermicompost on Plant Growth Parameters of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) In Suriname. *Internasional Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 10(4): 397-413.
- Bako, T., Gani, T.A., and Flayin, M.J. 2025. Factors Affecting the Quality and Efficacy of Compost Tea in Organic Agriculture. *Journal of American Science*, 21(1): 10-23. <https://doi.org/10.7537/marsjas210125.03>.
- Barisiy, V., Icyer, N.C., Akyil, S., Toker, O. S., Flanjak, I., and Ackar, D. 2023. Cocoa Based Beverages Composition, Nutritional Value, Processing, Quality Problems and New Perspectives. *Trends in Food Science and Technology*, 132: 65-75. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.12.011>.
- Benedetti, P., Colla, G., Roupheal, Y., Bernal, C. 2023. Influence Of Compost Tea from Various Plant Residues on Nutrient Profile and Microbial Quality. *Journal of Environmental Management*, 341, 117395.

- Boutasknit, A., Anli, M., Anli, A., Tahiri, A., Raklami, A., Ait-El-Mokhtar, M., Ben-Laouane, R., Ait Rahou, Y., Boutaj, H., Oufdou, K., Wahbi, S., El Modafar, C., Meddich, A. 2020. Potential Effect of Horse Manure-Green Waste and Olive Pomace-Green Waste Composts on Physiology and Yield of Garlic (*Allium sativum* L.) and Soil Fertility. *Gesunde Pflanzen*, 72: 285-295.
- Brady, N. C., and Weil, R. R. 2017. *The Nature and Properties of Soils*. Pearson.
- Bria, D. 2016. Pengaruh Jenis Dan Konservasi the Kompos Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bayam Merah (*Alternanthera Amoena Voss*). *Journal Savanna Cendana*, 1(3): 108-111.
- Bria, R. N. 2016. Pengaruh Kompos Teh dan POC terhadap Pertumbuhan Cabai. *Jurnal Agroteknologi*, 7(1): 45-52.
- Carmo, S. E., Scales, J. C., Madgwick, P. J., and Parry, M. A. J. 2015. Optimizing Rubisco and its Regulation for Greater Resource Use Efficiency. *Plant, Cell & Environment*, 38(9): 1817-1832 <https://doi.org/10.1111/pce.12425>.
- Chairul. 2010. Laju dekomposisi serasah daun beberapa jenis pohon pionir di plot permanen Hutan Penelitian dan Pendidikan Biologi (HPPB) Universitas Andalas Padang. Prosiding seminar dan rapat tahunan BKS- PTN Wilayah 2,10-11 Mei 2010.
- Cronquist, A., 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. New York: Columbia University Press.
- Daigham, E.G., Mahfouz, Y.A., Abdelaziz, M.A., Nofel, M.M., Attia, S.M. 2023. Protective Role of Plant Growth-Promoting Fungi *Aspergillus chevalieri* OP593083 and *Aspergillus egyptiacus* OP593080 as Biocontrol Approach Against Alternaria Leaf Spot Disease of Vicia Faba Plant. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04510-4>
- De Amorim, M.R., Wijeratne, E.M.K., Zhou, S., Arnold, A.E., Batista, A.N.L., Batista, J.M., dos Santos, L.C., Gunatilaka, A.A.L. 2020. An Epigenetic Modifier Induces Production Of 3-(4-Oxopyrano)-Chromen-2-Ones in

Aspergillus sp. AST0006, An Endophytic Fungus of *Astragalus Lentiginosus*. *Tetrahedron* 76, 131525 <https://doi.org/10.1016/j.tet.2020.131525>.

Dell’Olmo, E., Semenzato, G., Raio, A., Zaccardelli, M., Serratore, G., Cuccurullo, A., and Sigillo, L. 2025. Microbial Metabolic Profile of Two Compost Teas and Their Biostimulant and Bioprotectant Effects on Chickpea and Pea Plants. *Agronomy*, 15(6): 1378.

Direktorat Jenderal Perkebunan. 2017. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kakao 2015-2017. Jakarta: Kementerian Pertanian.

Essah, R., Anand, D., and Singh, S. 2022. An Intelligent Cocoa Quality Testing Framework Based on Deep Learning Techniques. *Measurement Sensors*: 24:100466. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100466>.

Eudoxie, G., and Martin, M. 2019. Compost Tea Quality and Fertility. In Laramendy, M., and Soloneski, S (Ed) *Organic Fertilizaer*. Intechopen.

Evans, M.R., Konduru, S. and Stamps, R.H. 1996. Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. *Hort. Science*. 31(6): 965-967

Eviati dan Sulaeman. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. Bogor.

Farhanandi, W.B., Novita, K., Indah. N., 2022. Karakteristik Morfologi Dan Anatomi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Tumbuh Pada Ketinggian Berbeda. *Lentera Bio*. 11(2): 310-325.

Firda, S.M. Irawan, B., Ekowati, C. N., dan Agustrina, R. 2024. Pertumbuhan *Ipomoea reptans* Poir dengan Aplikasi Kompos the Bromelain Terinduksi *Tricorderma* sp. dan *Aspergillus* sp. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(2): 169-172.

Flexas, J., Barbour, M. M., Brendel, O., Cabrera, H. M., Carriquí, M., Díaz-Espejo, A., Douthe, C., Dreyer, E., Ferrio, J. P., Gago, J., Gallé, A., Galmés, J., Kodama, N., Medrano, H., Niinemets, Ü., Peguero-Pina, J. J., Pou, A., Ribas-

- Carbó, M., Tomás, M., and Warren, C. R. 2012. Mesophyll Diffusion Conductance to CO₂: an Unappreciated Central Player in Photosynthesis. *Plant Science*, 193(194): 70-84. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2012.05.009>.
- Gadd, G.M., Walkinson, S.C. dan Dyer, P. 2007. Fungi in the Enviroment Cambridge University Press. New York.
- Gaind, S., Nain, L., and Patel, V.B. 2009. Quality Evaluation of Co-Composted Wheat Straw, Poultry Droppings and Oil Seed Caked. *Biodegradation*. 20:307-317
- Gaur, A. C. 1983. A Manual of Rural Composting. *Project Field Document*. Rome.
- Giannin, K, T., Utomo, D.S., Edy, A., dan Yelli, F. 2021. Pengaruh Komposisi Media Tanam terhadap Pertumbuhan Stek Empat Klon Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz). *Jurnal Agrotektropika*, 9(2): 271-277.
- Gianquinto, G., Myint, O.N., Batista, P.L., Gruda, S., Olio, G., P ennisi, G., Michelon, N., and Orsini, F. 2020. Strategis For Improved Yield and Water Use Efficiency of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) through Simplified Soilless Cultivation under Semi-Arid Climate. *Article Agronomy*, 10(13): 13-79.
- Girshe., Legesu., Mengistu, H., and Tadesse, T. 2018. The Effects of Rate and Method of Aerated Compost Tea Application of Yield and Yield Component of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) at Burusa, South Western Ethiopia. Mettu University, Mettu, Ethiopia. *Int. Journal of Multidisciplinary and Current research*. 6: 52-58.
- Hanum, M.A., dan Kuswytasari, D.N. 2014. Laju Dekomposisi Serasah Daun Trembesi (*Samanea saman*) dengan Penambahan Inokulum Kapang. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 3 (1): 17-21.
- Hapsari, T.A., Darmanti, S., dan Hastuti, D.E. 2018. Pertumbuhan Batang, Akar dan Daun Gulma Katumpangan (*Pilea microphylla* L.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 3(1): 79-84

- Harahap, M, A., Harahap, F., and Gultom, T. 2020. *The Effector AB Mix Nutrient on Growth and Yield of Pak Choi (Brassica chinensis L.) Plants Under Hydroponic Wick System Condition. In Journal Pf Physics: Conference Series*, 1485(1): 1-8.
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hardjowigeno, S. 2010. *Ilmu Tanah*. PT Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Harfiani, N. 2024. Aplikasi *Soilles Culture System* (SCS) dengan Penambahan Kompos Padat Bromelain Terinduksi *Aspergillus* sp. (Bioggp 3) Terhadap Pertumbuhan Pakcoy (*Brassica Rapa L.*). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hargreaves, J.C., Adl, M.S., & Warman, P.R. 2009. Aerobic Compost Teas: A Review of the Microbiology and The Effects on Plant Pathogens. *Compost Science and Utilization*, 17(4): 187-196.
- Haris, A., Ibrahim, B., Akbar, A., dan Rismayanti. 2024. Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Terong pada Berbagai Media Tanam dan Pemberian PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). *Jurnal Galung Tropika*, 13(1): 59-69. <https://doi.org/10.31850/jgt.v13i1.1215>
- Hasanah, U. 2017. Mengenal Aspergillosis, Infeksi Jamur Genus *Aspergillus*. *Jurnal Keluarga Sehat Sejahtera*, 15(2): 76-86.
- Hasna. 2013. Identifikasi Jamur *Aspergillus* sp pada Roti Tawar yang Beredar di Supermarket Tamalanrea. KTI tidak Diterbitkan. Makassar. Program D III Analisis Kesehatan. Stikes Mega Rezky Makassar.
- Haura, J., Irawan, B., Farisi, S., dan Yulianty. 2021. Application of Bromelain Litter Solid Compost Induced by Lignolitik *Trichoderma* sp. Fungus Towards Number of Leaves and Chlorophyl Content Chill Plants (*Capcisum annum L.*). *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati*, 8(1): 54-60.

- Herman, A., dan Gunawan, S. 2016. Respon Tanaman terhadap Dosis Pupuk Hayati. *Jurnal Pertanian Tropik*, 3(1): 12-19.
- Hernandez, G.I.A., Sanchez, P.R., Plaza, J., Corts, M.R. 2022. *Compost Tea* as a Sustainable Alternative to Promote Plant Growth and Resistance Against *Rhizoctonia Solani* in Potato Plants. *Journal Scientia Horticulturae*. 300111090: 1-9.
- Hidayati, E. 2013 Kandungan Fosfor, C/N dan pH Pupuk Cair Hasil Fermentasi Kotoran Berbagai Ternak dengan Starter Stardec. *Skripsi*. Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Pendidikan Biologi IKIP PGRI Semarang.
- Hidayat, M., Pratama, H.Y., dan Martono, E. 2017. Utilization of Cacao Pod Husk Silage as Cattle Ration Mixture at Taluditi, Pohnuatu Regency, Gorontalo Province. *Conference Series: Earth and Environmental Science*. 119: 1-9.
- Hidayat, V, Y., Apriyanto, E., dan Sudjarmiko, S. 2020. Persepsi Masyarakat Terhadap Program Percepatan Sawah Baru Di Desa Air Kering Kecamatan Pang Guci Hilir Kabupaten Kaur dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Penelitian Pengolahan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 9(1): 41-54.
- Indrasti, S.N., dan Elia, R.R. 2020. Pengembangan Media Tumbuh Angrek Dengan Menggunakan Kompos. *Jurnal Teknologi Industri*, 14(2): 40-50.
- Indriani, Y.H. 2002. *Membuat Kompos Secara Kilat*. PT. Penebar Swadaya. Jakarta
- Ingham, E.R. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual*. Soil Foodweb Inc. Oregon, USA
- Innaya, R.L., Setiyono., Arum, P.A., and Rosyady, G.M. 2023. Response of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Seedling Growth on Various Growing Media and Organic Plant Supplements. *Pelita Perkebunan*. 39(1): 21-31.

- Irawan, B., Kasiamdari R, S., Sunarminto, B.H., Sutariningsih, E. 2014. Preparation Off fungal inoculum for leaf litter composting from selected fungi. *Journal of agricultural and biological sceince*. 9(3): 89-94.
- Irawan, B., Kasimdari, S.R., Sunarminto, H.B., Sutariningsih, E., and Hadi, S. 2017. Effeck of Fungal Inoculum Application on Chages in Organic Matter of Leaf Litter Composting. *Polish Journal of Soil Science*, 52(1): 143-152.
- Irawan, B., Saputra, A., Farisi, S., Yulianty, Wahyuningsih, S., Noviany, Yandri, and Hadi, S., 2023. The Use of Collulolytic *Aspergillus* sp. Inoculum to Improve the Quality of Pineapple Compost. *Aims Microbiology*. 9(1): 41-54.
- Irawan, B., Setitasari, A.W., Zulkifli., Tundjung T.H., Damsir., and Sutopo H. 2019. Effect of Induced Compost by Cellulolytic (*Aspergillus fumigatus*) and Ligninolytic (*Geotrichum* sp.) Fungi Inoculum Application on Vegetative Growth of Red Chili (*Capsicum annum* L.) *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 13(2): 815-821
- Irawan, B., dan R Widiанти. 2004. Pengujian Daya Dekomposisi Beberapa Isolate Mikrofungi Tanah Dari Perkebunan Kelapa Sawit Natar Lampung Selatan. *Jurnal Sains Teknologi*. 10(3): 1-4
- Islam, M.K., Yaseen, T., Traversa, A., Ben Kheder, M., Brunetti, G., and Coccozza, C. 2016. Effect of The Main Extraction Parameters on Chemical and Microbial Characteristics of Compost Tea. *Waste Manage Journal*. 52: 62-68.
- Islam, R., Sultana, S., Islam, M. R., and Mondal, C. 2019. Effect of Aerated and Non-Aerated Compost Tea Against Fungal Phytopathogens. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 17(4): 560-566.
<https://doi.org/10.3329/jbau.v17i4.44648>.
- Jaja, E. T., and Barber, L. I. 2017. Organic and Inorganic Fertilizers in Food Production System in Nigeria. *Journal of Biology Agriculture and Healthcare*. 7(18): 51-55.

- Karmawati, E., Mahmud, Z., Syakir, M., Munarso, S.J., Ardana, I.K., dan Rubiyo. 2010. Budidaya dan Pasca Panen Kakao. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan*, Bogor.
- Kelbesa, W. A. 2021. Effect of Compost in Improving Soil Properties and tts Consequent Effect on Crop Production a Review. *Journal Nat Sci Res* 12(10): 145-155.
- Khoirunisa, S., Irawan, B., Agustrina, R., Nurcahyani, E., dan Wahyuningsih, S. 2021. Penggunaan Compost Tea yang Diinduksi Inokulum Fungi Lignoselulolitik Pada Media Tanam Cocopeat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kailan (*Brassica oleracea* L.). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 21(1): 78-84.
- Kim, J.M., Shim, K.C., Kim, K.Y., Hong, J.S., Park, H.J., Han, J.E., Kim, H.J., and Kim, C.S. 2015. Effect Of Aerated Compos Tea on the Growth Promotion of Letture, Soybean and Sweet Corn in Organic Cultivation. *The Plant Pathology Journal*. 31(3): 259-268.
- Kogoya, T., Dharma, I.P. dan Sutedja, I.P. 2018. Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut Putih (*Amarathus tricolor* L.). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 7(4): 575-584. Universitas Udayana.
- Kramer, P.J. 1983. *Water Relations of Plants*. Academic Press
- Kristanto, A. 2016. Paduan Budidaya Kakao. *Pustaka Baru Press*. Yogyakarta.
- Kurniawan, D., Sri, K., dan Nimas, M. S. S. 2013. Pengaruh Volume Penambahan Effective Microorganism 4 (EM4) 1% dan Lama Fermentasi Terhadap Kualitas Pupuk Bokashi dari Kotoran Kelinci dan Limbah Nangka. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 2(1): 57-66.
- Kusumawati. 2011. Evaluasi Perubahan Temperatur, pH, dan Kelembaban Media Pada Pembuatn Vermikompos dan Campuran Jerami Padi dan Kotoran Sapi Menggunakan Lumbricus Rubellus. *Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahun Teknologi dan Seni*. 15(1): 45-55.

- Kuswantoro, H., Sulastri, H., dan Setiadi, Y. 2021. Pemanfaatan Kompos Teh Sebagai Alternatif Pupuk Hayati dalam Meningkatkan Produksi Tanaman Hortikultura. *Jurnal Agroteknologi*, 15(2): 55-62.
- Lal, R. 2020. Soil Organic Matter and Water Retention. *Agronomy Journal*, 112(5): 3265-3277. <https://doi.org/10.1002/agj2.20282>.
- Liu, K., Liang, X., Wang, W., Huo, Z., and Zhao, C. 2025. The Research Progress on the Effects of Phytohormones on Nitrogen Uptake and Utilization in Plants. *Plants*, 14(14): 2193. <https://doi.org/10.3390/plants14142193>.
- Loveless., 1994. *Study Guide to Accompany Botany*. Chester Bistane Toronto, Singapore.
- Ma, Y., Chen, S., Liu, S., Guo, L., Zhang, C., Ye, X., and Tian, D. 2025. Phosphate solubilizing fungi enhance insoluble phosphate dissolution via organic acid production: mechanisms and applications. *Front Microbiol*, 16:1600231. <https://org.10.3389/frmicb.2025.1600231>.
- Mahmud, Y., Aryanti, E., dan Hidayat, A. 2021. Evaluasi Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) dan Sifat Tanah Gabut Pada Beberapa Dosis dan Cara Aplikasi Pupuk Organik Kotoran Ayam yang Berbeda. *Jurnal Agroteknologi*, 11(2): 87-96.
- Majdina, Z. I., Praharasti, S. A., Siswanti, U. D. 2024. Ekstrak Kompos Teraerasi Meningkatkan pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.). *Berkala Ilmiah Biologi*, 15(3): 135-142. <https://doi.org/10.22146/bib.v15i3.17005>.
- Marin, F., Dianez, F., Santos, M., Carretero, F., and Castaneda, C. 2013. Characters of Compost Teas from Different Sources and Their Suppressive Effect on Fungal Phytopathogens. *World J Microbiol Biotechnol*. 29: 1371-1382.
- Marlina, N., Zairani, Y.F., dan Hasani, B. 2021. Pemanfaatan Serasah Daun Kering Sebagai Pupuk Organik Di Dusun Talang Ilir Kelurahan Sukamoro Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. *Internasional Journal of Community Engagement*, 1(2): 108-112.

- Marschner, P. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd ed. Academic Press.
- Martin, S. C. C. G., Dorinvil, B., Brathwaite, R. A. A I., and Ramsubhag, A. 2012. Effects and Relationships of Compost Type, Aeration and Brewing Time on Compost Tea Properties, Efficacy Against *Pythium Ultimum*, Phytotoxicity and Potential as A Nutrient Amendment for Seedling Production. *Biological Agriculture & Horticulture*, 11(21): 93-114.
<https://doi.org/10.1080/01448765.2012.727667>.
- Martin, S.C.G. 2015. Enhancing Soil Suppressiveness Using Compost and Compost Tea. In: *Organic Amendment and Soil Suppressiveness in Plant Disease Management. Soil Biology*. Meghvansi, M.K. and Varma, A. (eds). Switzerland.
- Miazeck, M.I.K., 2002. *Chlorophyll Extraction from Harvested Plant Material*. Supervisor: Prof. dr. hab inż Stanisław Ledakowicz
- Milinković, M., Lalević, B., Jovičić-Petrović, J., Golubović-Ćurguz, V., and Kljujev, I. 2019. *Biopotential of compost and compost products derived from horticultural waste – Effect on plant growth and plant pathogens' suppression*. Process Safety and Environmental Protection.
- Mintah, O.L., Budu, O.K.G., Bonsu, O.N., Ulzen, J., Danso, L.E. 2022. Growing Media, Water Stress and Re-Watering Effects on the Growth and Dry Matter Production of Cocoa Seedlings. *Journal Agriculture and Environment*, 14: 45-61.
- Mizana, Dina., Khaira. 2016. Identifikasi Pertumbuhan Jamur *Aspergillus* sp pada Roti Tawar yang Dijual di Kota Padang Berdasarkan Suhu dan Lama Penyimpanan. Universitas Andalas.
<http://jurnal.fk.unand.ac.id/index.php/jka/article/view/521.com>. diakses pada 16 Juli 2024.
- Morales, M.R Perez S. R., and Sanchez, M.A. 2018. Effect Of Garden Waste Aerated Compost Tea on Tomato Growth and Suppressiveness Against Soilborn Patogens. *Scientia Agrola*, 75(5): 361-369.

- Mubaroq, F.Z., Sari, A.I., Hakim, A.N., Nazirman., Wibowo, A., and Setyawan, B. 2023. Growth of Two Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Planting Materials on Three Growing Media Composition. *Pelita Perkebunan*, 39(2): 95-103.
- Mulyani, C., Saputra, I., dan Kurniawan, R. 2018. Pengaruh Media Tanam dan Limbah Organic Terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Agrosamudra*, 5(2): 1-14.
- Musnamar, E.I. 2009. *Pupuk Organik: Cair dan Padat, Pembuatan, Aplikasi*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nadiah. A. 2012. *Petunjuk Teknis Pengembangan Teknologi Compost Tea Untuk Pengendalian Opt Perkebunan*. Surabaya: Balai Besar Pembenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan.
- Ngawit, I. K. dan Santoso, B. B. 2024. Pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt.) akibat defoliasi daun pada waktu dan jumlah yang berbeda-beda. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*, 10(1): 81-94.
- Nugroho, H. C., Moeljanto, B. D., Supandji, S., and Probojati, R. T. 2021. Optimization of Planting Media Composition and Liquid Organic Fertilizer Dosage (POC) on the Initial Growth of Cocoa Seedlings (*Theobroma cacao* L.). *Caraway: National Agricultural Scientific Journal*, 1(2): 180-187. <https://doi.org/10.30737/jintan.v1i2.1827>.
- Nurmayulis., Utama, P., and Jannah, R. 2014. Growth and Yield of Lettuce Plant (*Lactuca sativa*) That Were Ginem Organic Chicken Manure Plus Some Bioaktivator. *Agrologia*, 3(1): 44-53.
- Palese, A. M., Catella, P., Villeco, D., Zaccardelli, M. and Altieri, G. 2021. Effects of Organic Additives on Chemical, Microbiological and Plant Pathogen Suppressive Properties of Aerated Municipal Waste Compost Teas. *Applied Sciences*, 11(16): 7402. <https://doi.org/10.3390/app11167402>.
- Pant, A., Radovich, T. J. K., Hue, N. V. and Arancon, N. Q. 2011. Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak-choi yield, quality, and on Soil biological properties. *Compost Science Utilization*. 19(4): 279- 292.

- Pant, A., Radovich, T. J. K., Hue, N. V. and Robert, P. 2012. Biochemical Properties of Compost tea Associated with Compost Quality and Effects on Pak Choi Growth. *Scientia Horticulture*. 148(1): 138-146.
- Peng, P., Li, R., Chen, Z.-H., and Wang, Y. 2022. Stomata at the Crossroad of Molecular Interaction Between Biotic and Abiotic Stress Responses in Plants. *Frontiers in Plant Science*, 13: 1031891. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1031891>.
- Pilla, N., Tranchida-Lombardo, V., Gabrielli, P., Aguzzi, A., Caputo, M., Lucarini, M., Durazzo, A., and Zaccardelli, M. 2023. Effect of Compost Tea in Horticulture. *Horticulturae*, 9(9): 984
- Pillajo, Q. J. Chapin, L.J., Martins, E.M., Jones, M.L. 2024. A Biostimulant Containing Humic and Fulvic Acids Promotes Growth and Health of Tomato ‘Bush Beefsteak’ Plants. *Horticulturae*, 10, 671. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10070671>
- Purnamasari, D., Handayani, R. S., dan Rahmawati, I. 2023. Optimalisasi Aerasi dalam Produksi *Compost Tea*: Dampak Terhadap Kandungan Kalium dan Kualitas Mikroba. *Jurnal Teknologi Pertanian Tropika*, 11(1): 22-31
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2017. Hibrida ICCRI H Sk Mentan No 108/kpts/KB.010/2/2017. Diunduh <https://iccri.net/product/hibrida-iccri-08-h-sk-metan-no-108-kptskb-010-2-1017/>.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. 2004. Pelaksanaan Pembibitan dan Penanaman dalam Budidaya Tanaman Kopi. *Penebar Swadaya*. Jakarta.
- Putra, A, and Yulindo, H. 2015. Soilles Culture System to Spupport Water Use Efficiency and Product Quality: a Review. *Agriculture and Agricultur Science Procedia*, 3(5): 283-288
- Qolbi, N.H., Irawan, B., Mahfut., Agustrina, R. 2024. Penggunaan *Soilles Culture System* Berisi Kompos Pada Bromelain Terinduksi *Trichoderma* sp. Terhadap Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Jaring Saint Tek*, 6(1): 17-21.

- Quaye, A., Konlan, S., Arthur, A., Pobee., and Dogbatse, J. 2019. Effect of Media Type and Compost Mixtures on Nutrient Up Take and Growth of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Seedling in the Nursery Ghana. *Journal of Horticulture*, 14(1):11-21.
- Qureshi, A. A., Ashraf, A., Noor, A., Haider M. W., and Iqbal, M., 2021. Impact of Seed Treatments on Emergence, Growth, Seed Yield and Quality of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) *Journal of Horticultural Science and Technology*, 4(3): 89-95. <https://doi.org/46653/jhst2143089>
- Radvoich, T.J.K., Plant, A., Hue, N.V.J., Sugono, and Arancon, N. 2011. Promoting Plant Growth with Compost Teas. *The Food Plover*. 3 pp.
- Rahman, A., Hasibuan, S., Wardani, K.D., Ardi, A. 2022. Effect of Media Type and Storage Duration on Viability of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Seeds. *International Journal of Engineering, Science & Information Technology (IJESTY)*. 2(3): 15-20.
- Rajagukguk, P., Siagian, B., Lahay, R. R. 2014. Respon Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Guano dan KCL. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3(1): 20-32.
- Ristiari, N.P.N., Ketut, S.M.J., Ida, A.P.S. 2018. Isolaai dan Identifikasi Jamur Mikroskopis pada Rizosfer Tanaman Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour.) Di Kecamatan Kintamani, Bali. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*. 6(1): 12-17.
- Rusmana. 2017. Rasio Tajuk Akar Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.) Pada Media Tanam dan Ketersediaan Air yang Berbeda. *Jurnal Agroetotek*. 9(2): 137-142.
- Saebo, A., and Ferrini, F. 2006. *The use of compost in urban green areas – A review for practical application*.
- Safira, A. N., Khoirunisa, R., dan Aryani, D. 2023. POC Serasah dan Fungi Fosfat Pelarut. *Jurnal Tanah Tropika*, 28(1): 32-39.

- Safira, M. F., Irawan, B., Ekowati, N.C., dan Agustrina, R. 2024. Pertumbuhan *Ipomoea reptans* Poir. dengan Aplikasi The kompos Serat Bromelain Terinduksi *Tricoderma* sp. dan *Aspergillus* sp. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(2): 169-172.
- Safira, M.F. 2023. Pengaruh *Compos Tea* (CT) Serat Bromelain Terinduksi Fungi *Trichoderma* sp. (Bioggp 2) dan *Aspergillus* sp. (Bioggp 3) Terhadap Pertumbuhan Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir.). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Safira, N., Khoirunisa, A. 2022. Efektivitas Jamur Pelarut Fosfat dalam Meningkatkan Kandungan Hara Pupuk Organik Cair. *Jurnal Teknologi Pertanian Organik*, 5(1): 21-29.
- Salisbury, F.B dan Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Bandung: ITB.
- Santosa, G.S., dan Asnur, P. 2021. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair (POC) Dari Sampah Daun Kering dengan Variasi Bahan Daun Mangga (*Mangifera indica* L.). *Jurnal Akar*, 1(2): 1-8.
- Sari. 2013. Respon Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Asal Somatic Embryogenesis Terhadap Komposisi Media Tanam yang Berbeda. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*, 5(1): 14-27.
- Sastrahidayat. 2001. Perkembangan Kakao di Indonesia.
- Scheuerell, S., and Mahaffee, W. 2002. Compost tea: Principles and prospects for plant disease control. *Compost science and utilization* 10(4): 313-338
- Siregar, T. H. S., Riyadi, S., dan Nuraeni, L. 2009. *Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Hasil Kakao*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Siregar, T. H. S., Riyadi, S., dan Nuraeni, L. 2014. *Budidaya Cokelat*. Penebar Swadaya, Jakarta.

- Siregar, T. H. S., Riyadi, S., dan Nuraeni, L. 2021. *Panduan Praktis Budidaya Kakao*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Siswadi, E., Sulistuono, N., Firgiyanto, R., Dinata, G., and Suharjono. 2023. Exploration of Bacterial Diversity from the Soil of Citrus Plantations Applied with Organic Fertilizer and Salicylic Acid Exploration of Bacterial Diversity from the Soil of Citrus Plantations Applied with Organic Fertilizer and Salicylic Acid. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*: 1168. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1168/1/012019>
- Siswanti, D.U. 2024. The Aerated Compost Extract Increases Growth and Productivity of Red Spinach Plants (*Amiratus tricolor* L.) *Berkala Ilmiah Biologi*, 15(3): 135-142
- Soehardjo., 2009. *Perencanaan Pangan dan Gizi*. Bumi Aksara: Jakarta
- Soenaryo dan Situmorang. 1978. *Budidaya Coklat Dan Pengelolaannya*. Balai Penelitian Perkebunan Bogor.
- Soeratno. 2000. Pembibitan Coklat. Kumpulan Makalah Konferensi Coklat I: Medan.
- Sucipta, N. K. S. P., Kartini, N. L., dan Soniari N. N. 2015. Pengaruh Populasi Cacing Tanah dan Jenis Media terhadap Kualitas Pupuk Organik. *E jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 4(3): 213-223
- Sudarmaji., Slamet, A., 1996. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta.
- Sujiwo, C.A.D., Handayani, L., dan Yun, Q. 2022. Pelatihan Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Media Tanam Bernilai Jual Tinggi. *Jurnal Abdimastek*, 1(2): 65-70
- Sukamto. 2014. *Budidaya Tanaman Kakao Yang Baik Untuk Hasil Yang Terbaik*. Yogyakarta.

- Sulistiyorini, L. 2005. Pengelolaan Sampah dengan Cara Menjadikannya Kompos. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(1): 77-84.
- Sumarna, Y. 2011. Budidaya Kakao. *Penebar Swadaya*. Jakarta.
- Sunada, I. W. 2020. Aplikasi Teknologi Inovasi Pupuk Organik Cair Bio-Inokulum Plus Guna Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman. *Jurnal Bali Membangun Bali*, 1(1): 47-61. <http://ejournal.baliprov.go.id/index.php/jbmb>
- Suriawiria, U. 2005. Mikrobiologi Dasar. Jakarta Papas Sinar Sinanti.
- Susanto, F.X. 1995. *Tanaman Kakao Budidaya dan Pengolahan Hasil*. Kanisius. Yogyakarta.
- Susilo, D. E. H. 2015. Identifikasi Nilai Konstanta Bentuk Daun untuk Pengukuran Luas Daun Metode Panjang Kali Lebar pada Tanaman Hortikultura di Tanah Gambut. *Anterior Jurnal*, 14(2):139-146. <https://doi.org/10.33084/anterior.v14i2.178>
- Syamsuri, I. 2003. Biologi. Erlangga, Jakarta.
- Taiz, L., and Zeiger, E. 2010. *Plant Physiology* (5th ed.). Sinauer Associates
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., and Murphy, A. 2015. *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Treder, J. 2008. The Effects of Cocopeat and Fertilization on the Growth and Flowering of oriental Lily 'Star Gazer". Research Institute of Pomology and Floriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 16: 361-370
- Vimal, S. R., Singh, J. S., Arora, N. K., and Singh, S. 2017. Soil-Plant-Microbe Interactions: an Innovative Approach Towards Improving Soil Health and Plant Growth. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8): 869-889.

- Wahyudi, T., dan Raharjo. 2008. *Kakao Manajemen Agribisnis Dari Hulu Hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Wahyuni, S., and Ndewes, M. E. 2023. Increasing Farmers' Capacity to Produce Premium Cocoa Beans Through Good Agriculture Practice Technology. *JMM (Independent Community Journal)*, 7(1): 306-312.
<https://doi.org/10.31764/jmm.v7i1.12064>.
- Widiyaningrum, P. 2016. Penggunaan EM4 dan MOL Limbah Tomat Sebagai Bioaktivator Pada Pembuatan Kompos. *Life Science*. 5(1): 18-24.
- Widyabudiningsih, D., Troskialina, L., Fauziah, S., Shalihatunnisa, Riniati, Djenar, M.S., Hulupi, M., Indrawati, L., Fauzan, A., dan Abdillah, F. 2021. Pembuatan dan Pengujian Pupuk Organik Cair dari Limbah Kulit Buah-buahan dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Variasi Waktu Fermentasi. *Journal of Chemical Analysis*. 4(1): 30-39.
- Wittmann, C., Kahkonen, M.A., Illevesniemi, H., Kurola, J., and Salkinoja Salonen, M.S. 2004. Areal Activities and Stratification of Hydrolytic Enzyme Involved in The Biochemiel Cycle Of carbon, Nitrogen, Sulphur and Phosphorus in Podsolized Boreal Forest Soils. *Soil Boil. Biochem*. 36:425-433.
- Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method”, *Journal Soil Science*, Vol. 37(1): 29-38.
- Xia, J., Wang, R., Ma, X., Shi, X., Tian, G., and Fang, J. 2024. Nitrogen Deposition Reduces the Rate of Leaf Litter Decomposition: A Global Study. *Forests*, 15(9):1492. <https://doi.org/10.3390/f15091492>
- Xu, X., and Hirata. E. 2005. Decomposition Patterns of Leaf Litter of Seveb Common Canopy Species in a Subtropical Forest: N and P Dynamis, *Plant and Soil* 273: 279-289.

- Yadav, A. N., Verma, P., Kumar, V., Sangwan, P., Mishra, S., Panjiar, N., and Saxena, A. K. 2020. *Aspergillus* Species: Potential Biofertilizers for Sustainable Agriculture. *Environmental Sustainability*, 3(4): 375-387.
<https://doi.org/10.1007/s42398-020-00124-4>.
- Yama, I. D., dan Kartiko, H. 2020. Pertumbuhan dan Kandungan Klorofil Pakcoy (*Bassica rappa* L.) Pada Beberapa Konsentrasi AB Mix dengan Sistem Wick. *Jurnal Teknologi*. 12(1): 21-30
- Zaenudin, D.R. 2004. *Budidaya Kakao*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember.
- Zhang, P., Yu, T., Shan, D., Yan, R., Zhang, L., Wang, J., and Wuren, Q. 2024. Article Investigation into the Effects of Different Restoration Techniques on the Soil Nutrient Status in Degraded *Stipa grandis* Grassland. *Agronomy*, 14, 57.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14010057>
- Zhao, L., Huang, Y., Ran, X., Xu, Y., Chen, Y., Wu, C., and Tang, J. 2025. Nitrogen Transformation Mechanisms and Compost Quality Assessment in Sustainable Mesophilic Aerobic Composting of Agricultural Waste. *Sustainability*, 17(2): 575. <https://doi.org/10.3390/su17020575>