

**PENGARUH BERBAGAI DOSIS BIOCHAR SEKAM PADI DAN *PLANT  
GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR) BERBAHAN  
BAKU AKAR BAMBU TERHADAP PERTUMBUHAN  
BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**TALITA NUR HUSNINA  
NPM 2014121001**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### PENGARUH BERBAGAI DOSIS BIOCHAR SEKAM PADI DAN *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR) BERBAHAN BAKU AKAR BAMBUR TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)

Oleh

TALITA NUR HUSNINA

Produktivitas kakao di Indonesia mengalami penurunan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas kakao adalah dengan meningkatkan kualitas bibit kakao yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian berbagai dosis biochar sekam padi dan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan interaksinya terhadap pertumbuhan bibit kakao. Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Labuhan Dalam, Tanjung Seneng, Bandar Lampung pada Februari hingga Mei 2024. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial 3 x 3 yang diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah dosis biochar yang terdiri atas 3 taraf, yaitu tanah *subsoil* tanpa biochar sekam padi, tanah dan biochar sekam padi (1:6 v/v), serta tanah dan biochar sekam padi (1:4 v/v). Faktor kedua adalah dosis PGPR yang terdiri atas 3 taraf, yaitu tanpa pemberian PGPR, pemberian PGPR 40 ml/*polybag*, dan pemberian PGPR 80 ml/*polybag*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan biochar dan tanah (1:6 v/v) mampu menghasilkan bobot segar tajuk terberat dari perlakuan lainnya dengan bobot segar tajuk 37,43 gram. Perlakuan tanpa PGPR pada diameter batang bibit kakao menghasilkan diameter terbesar yaitu 19,98 cm. Tajuk segar terberat dihasilkan oleh perlakuan tanpa PGPR dengan berat 38,69 gram. Perlakuan tanah dan biochar (1:4 v/v) tanpa PGPR menghasilkan panjang akar primer terpanjang yaitu 31,72 cm.

**Kata kunci:** Bibit, Biochar, Pertumbuhan, PGPR, Kakao

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF VARIOUS DOSES OF RICE HUSK BIOCHAR AND PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR) MADE FROM BAMBOO ROOTS ON GROWTH COCOA SEEDS (*Theobroma cacao* L.)**

**By**

**TALITA NUR HUSNINA**

*Cocoa productivity in Indonesia has decreased. One effort that can be made to increase cocoa productivity is to improve the quality of the cocoa seeds used. This research aims to determine the effect of administering various doses of rice husk biochar and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and their interactions on the growth of cocoa seedlings. This research was carried out in Labuhan Dalam Village, Tanjung Seneng, Bandar Lampung from February to May 2024. The research used a 3 x 3 factorial randomized block design (RAK) which was repeated 3 times. The first factor is the biochar dosage which consists of 3 levels, namely subsoil soil without rice husk biochar, soil and rice husk biochar (1:6 v/v), and soil and rice husk biochar (1:4 v/v). The second factor is the PGPR dose which consists of 3 levels, namely without giving PGPR, giving PGPR 40 ml/polybag, and giving PGPR 80 ml/polybag. The research results showed that the biochar and soil treatment (1:6 v/v) was able to produce the heaviest shoot fresh weight compared to other treatments with a shoot fresh weight of 37.43 grams. Treatment without PGPR on the stem diameter of cocoa seedlings resulted in the largest diameter, namely 19.98 cm. The heaviest fresh shoots produced by treatment without PGPR weighed 38.69 grams. Soil and biochar (1:4 v/v) treatment without PGPR resulted in the longest primary root length, namely 31.72 cm.*

*Key words: Seedlings, Biochar, Growth, PGPR, Cocoa*

**PENGARUH BERBAGAI DOSIS BIOCHAR SEKAM PADI DAN *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR) BERBAHAN BAKU AKAR BAMBU TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

Oleh

**TALITA NUR HUSNINA**

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

**Judul Skripsi : PENGARUH BERBAGAI DOSIS BIOCHAR SEKAM  
PADI DAN PLANT GROWTH PROMOTING  
RHIZOBACTERIA (PGPR) BERBAHAN  
BAKU AKAR BAMBU TERHADAP  
PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO  
(Theobroma cacao L.)**

**Nama Mahasiswa : Talita Nur Husnina**

**Jurusan : Agroteknologi**

**Fakultas : Pertanian**



**MENYETUJUI:**

**1. Komisi Pembimbing,**

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

**NIP 196108261986031001**

**Ir. Sugiarno, M.S.**

**NIP 196002261986031004**

**2. Ketua Jurusan Agroteknologi,**

**Ir. Setyo Widagdo, M.Si.**

**NIP 196812121992031004**

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua

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

Sekretaris

**Ir. Sugiarno, M.S.**

Penguji

Bukan Pembimbing

**Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.**

2. Dekan Fakultas Pertanian,

**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 15 Agustus 2024



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“PENGARUH BERBAGAI DOSIS BIOCHAR SEKAM PADI DAN *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR) BERBAHAN BAKU AKAR BAMBU TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)”** merupakan hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing (1) Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S. dan (2) Ir. Sugiatno, M.S., dengan semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah-kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap untuk menerima sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 15 Agustus 2024  
Yang membuat pernyataan,



**Talita Nur Husnina**  
2014121001

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Gunung Batin 24 Maret 2002, sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Achmad Suhadi Hartono dan Ibu Siti Muslihah. Penulis menyelesaikan Pendidikan taman kanak-kanak (TK) di TK Islam Bustanul Ulum Gunung Batin Baru pada 2008. Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD N 2 Sidodadi pada 2014. Sekolah menengah pertama diselesaikan di SMP N 1 Kalirejo pada 2017. Sekolah menengah atas di SMA N 1 Kalirejo diselesaikan pada 2020. Penulis mendaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada 2020, melalui jalur SNMPTN. Penulis memilih konsentrasi Teknologi Produksi Perkebunan sebagai minat penelitian.

Penulis melaksanakan kuliah kerja nyata (KKN) di Desa Puralaksana, Kecamatan Way Tenong, Kabupaten Lampung Barat pada 2023. Penulis melakukan Praktik Umum (PU) di Great Giant Foods (GGF) yang berada di Lampung Tengah pada 2023. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan akademik dan organisasi. Organisasi yang pernah ditekuni yaitu Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (PERMA AGT) anggota bidang Penelitian dan pengembangan keilmuan (Litbang) (2021-2022), Forum Studi Islam (Fosi) anggota bidang Kaderisasi (2020-2021) dan sekertaris bidang Ikatan Mahasiswa Muslim Pertanian Unila (IMMPERTI Unila) (2021-2022), serta bendahara Ikatan Mahasiswa Muslim Pertanian Indonesia (IMMPERTI) (2022-2023).

## **PERSEMBAHAN**

Saya persembahkan karya ini kepada:

Kedua orang tuaku tercinta Bapak Achmad Suhadi Hartono dan Ibu Siti Muslihah yang telah memberikan do'a, kasih sayang, dukungan, motivasi dan kesabaran serta selalu menjadi penyemangat dalam mengiringi perjuangan saya.

Kakak Ku M. Dimas Nugroho, A. Md., yang selalu memberikan semangat, dukungan serta bantuan dalam mengiringi perjuangan saya.

Serta Almamater ku  
Universitas Lampung

## MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubahnya keadaan mereka sendiri”

(QS Ar-Ra’d: 11)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS Al-Baqarah: 286)

“Barang siapa belum pernah merasakan pahitnya mencari ilmu walau sesaat, ia akan menelan hinanya kebodohan sepanjang hidupnya”

(Imam Syafi’i)

“Barang siapa keluar untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia kembali”

(HR Tirmidzi)

*“However difficult life may seem, there is always something you can do and succeed at”*

(Stephen Hawking)

## SANWACANA

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “PENGARUH BERBAGAI DOSIS BIOCHAR SEKAM PADI DAN *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR) BERBAHAN BAKU AKAR BAMBURU TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)” disusun sebagai syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

- (1) Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
- (2) Bapak Ir. Setyo Widagdo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi;
- (3) Bapak Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan, saran, nasihat dan bimbingannya kepada penulis selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi;
- (4) Bapak Ir. Sugiatno, M.S., selaku Dosen Pembimbing Pembantu atas saran, nasihat, bimbingan serta perhatian yang diberikan selama penelitian dan penulisan skripsi;
- (5) Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Penguji atas saran, kritik, nasihat, bantuan, motivasi dan bimbingannya;
- (6) Kedua Orang Tuaku tercinta Bapak Achmad Suhadi Hartono dan Ibu Siti Muslihah terima kasih atas do'a, dukungan secara emosional juga sosial, motivasi, kesabaran, dan kasih sayang yang tiada hentinya serta selalu menjadi penyemangat dalam mengiringi perjuangan penulis;

- (7) Kakak ku M.Dimas Nugroho, A.Md., terima kasih atas do'a, dukungan, bantuan dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis selama mengiringi perjuangan penulis;
- (8) Teman-teman seperjuangan semester akhir di Asrama Tarisa, Yurisma dan Viara terimakasih telah memberikan semangat dan mewarnai hari-hari penulis selama menghadapi kesulitan di kampus;
- (9) Teman dekat ku: Tikoh dan A'yunin yang selalu memberi semangat dan keceriaan;
- (10) Teman-teman seperjuangan dalam penelitian: Trisa, Yashinta, Dinda dan Lusua yang telah membantu penulis dalam penelitiannya baik sebagai tempat diskusi ataupun menghadapi permasalahan di lahan;
- (11) Teman-teman Agroteknologi Angkatan 2020 yang banyak memberikan semangat selama penelitian.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah di berikan dan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, 15 Agustus 2024  
Penulis,

**Talita Nur Husnina**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Kerangka Pemikiran .....	4
1.5 Hipotesis .....	7
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Pembibitan Kakao .....	8
2.2 Biochar .....	9
2.3 Biochar Sekam Padi .....	10
2.4 Pembuatan Biochar Sekam dan Karakteristiknya .....	11
2.5 PGPR ( <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> ) .....	12
2.6 PGPR Akar Bambu .....	14
2.7 Pengayaan Biochar dan PGPR .....	14
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	17
3.1 Waktu dan Tempat .....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.3 Metode Penelitian .....	17
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	18
3.4.1 Pembuatan PGPR .....	19
3.4.2 Penyemaian Benih kakao .....	19
3.4.3 Penerapan Perlakuan .....	20
3.4.4 Pemeliharaan Bibit Kakao .....	20

3.5 Variabel Pengamatan .....	21
3.5.1 Variabel Utama .....	21
3.5.2 Variabel Pendukung .....	23
3.6 Analaisis Data .....	24
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Hasil .....	25
4.1.1 Tinggi Tanaman .....	26
4.1.2 Jumlah Daun .....	27
4.1.3 Diameter Batang .....	29
4.1.4 Panjang Akar .....	29
4.1.5 Jumlah Akar .....	30
4.1.6 Bobot Segar Tajuk .....	31
4.1.7 Bobot Kering Tajuk .....	32
4.1.8 Bobot Segar Akar .....	32
4.1.9 Bobot Kering Akar .....	33
4.1.10 Derajat Keasaman (pH) Biochar Sekam Padi .....	34
4.1.11 Derajat Keasaman (pH) PGPR Akar Bambu .....	35
4.1.12 Analisis Tanah .....	36
4.2 Pembahasan .....	36
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>42</b>
5.1 Simpulan .....	42
5.2 Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Pengaruh Berbagai Dosis Biochar dan PGPR terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao .....	25
2. Pengaruh Pemberian Biochar Sekam Padi dan PGPR Berbahan Baku Akar Bambu terhadap Diameter Batang Bibit Kakao Pada Umur 12 mst .....	29
3. Pengaruh Interaksi Pemberian Biochar Sekam Padi dan PGPR Berbahan Baku Akar Bambu terhadap Panjang Akar Bibit Kakao .....	30
4. Pengaruh Pemberian Biochar Sekam Padi dan PGPR Berbahan Baku Akar Bambu terhadap Bobot Segar Tajuk Bibit Kakao .....	32
5. Derajat Keasaman (pH) Biochar Sekam Padi.....	34
6. Derajat Keasaman (pH) PGPR Akar Bambu.....	35
7. Hasil Analisis Tanah Sebelum Aplikasi Biochar Sekam Padi dan PGPR Akar Bambu.....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran. ....	6
2. Pembuatan biochar sekam padi .....	12
3. Tata letak percobaan.....	18
4. Pengaruh perlakuan biochar sekam padi terhadap tinggi tanaman bibit kakao pada umur 2 mst hingga 12 mst.....	26
5. Pengaruh perlakuan PGPR berbahan baku akar bambu terhadap tinggi tanaman bibit kakao pada umur 2 mst hingga 12 mst.....	27
6. Pengaruh perlakuan biochar sekam padi terhadap jumlah daun bibit kakao pada umur 2 mst hingga 12 mst.....	28
7. Pengaruh perlakuan PGPR berbahan baku akar bambu terhadap jumlah daun bibit kakao pada umur 2 mst hingga 12 mst.....	28
8. Jumlah akar bibit kakao terhadap berbagai dosis biochar sekam padi dan PGPR berbahan baku akar bambu. ....	31
9. Bobot kering tajuk bibit kakao terhadap berbagai dosis biochar sekam padi dan PGPR berbahan baku akar bambu.....	33
10. Bobot segar akar bibit kakao terhadap berbagai dosis biochar sekam padi dan PGPR berbahan baku akar bambu.....	34
11. Bobot kering akar bibit kakao terhadap berbagai dosis biochar sekam padi dan PGPR berbahan baku akar bambu.....	35

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao* L.) termasuk ke dalam salah satu komoditas perkebunan yang di ekspor sehingga memiliki peranan penting sebagai penghasil devisa negara. Menurut Badan Pusat Statistik (2021), Indonesia merupakan negara yang berada pada urutan ke-6 penghasil kakao terbesar di dunia setelah Pantai Gading, Gana, Ekuador, Kamerun dan Nigeria. Sebagai komoditas perkebunan kakao berperan dalam kegiatan perekonomian Indonesia dengan peluang eksportnya. Kakao di ekspor dalam berbagai bentuk yaitu biji kakao, kakao butter, tepung kakao dan pasta kakao. Ekspor kakao di Indonesia mengalami kenaikan sejak 2018 meskipun pada 2019 ekspor kakao mengalami penurunan sebanyak 5,87%. Total ekspor kakao pada 2018 mencapai 380,83 ribu ton, turun menjadi 358,48 ribu ton pada 2019, pada 2020 total ekspor kakao meningkat menjadi 377,85 ribu ton dan pada 2021 total ekspor mencapai 382,71 ribu ton (Badan Pusat Statistik, 2021). Ekspor kakao yang meningkat dapat menjadi peluang besar bagi Indonesia dalam perdagangan dunia.

Kenaikan volume ekspor kakao di Indonesia tidak seiring dengan produksi kakao yang ada. Produksi kakao di Indonesia mengalami penurunan dimulai pada tahun 2018. Produksi kakao perlu ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan ekspor dan penggunaan kakao di Indonesia. Produksi kakao dapat ditingkatkan dengan cara meningkatkan produktivitas kakao. Akan tetapi produktivitas kakao tidak mengalami peningkatan dari 2018 hingga 2021 dengan produktivitas 0,47 ton/ha (Badan Pusat Statistika, 2021). Mengingat kakao merupakan komoditas pertanian yang penting dalam perekonomian negara maka upaya untuk meningkatkan produktivitas kakao di Indonesia perlu dilakukan.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan peroduktivitas kakao adalah dengan mempersiapkan bibit berkualitas yang akan digunakan pada pertanaman selanjutnya. Menurut Prasetyo *et al.*, (2023) produktivitas dan produksi kakao dipengaruhi oleh salah satu faktor penting yaitu benih atau bibit kakao. Bibit berkualitas dapat dihasilkan dengan menggunakan varietas tanaman yang unggul dan bermutu, baik secara genetik, maupun lingkungan media tanam yang tepat. Benih kakao dengan kualitas baik dihasilkan dari tanaman kakao yang tumbuh dengan sehat tanpa terserang hama ataupun penyakit. Pemeliharaan dalam pembibitan dilakukan lebih intensif dan diperhatikan, karena pembibitan merupakan pertumbuhan awal suatu tanaman sebagai penentu pertumbuhan selanjutnya (Nora *et al.*, 2015). Pembibitan kakao salah satunya dipengaruhi oleh media tanam yang digunakan. Sifat fisik media tanam mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan bibit. Kondisi fisik tanah menentukan penetrasi akar ke dalam tanah, penyerapan air, drainase, aerasi dan nutrisi tanaman (Nora *et al.*, 2015). Media tanam memegang peranan penting dalam perakaran, penyimpanan air dan hara yang diperlukan bagi tanaman untuk tumbuh.

Salah satu bahan media tanam yang banyak dimanfaatkan dan diteliti untuk memperbaiki kualitas tanaman adalah biochar. Biochar merupakan produk rangkaian karbon aktif hasil pirolisis yang berfungsi sebagai bahan pengkondisi yang berada di dalam tanah (Fallo *et al.*, 2023). Pemberian biochar (arang hayati) pada media tanam dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti perbaikan struktur, peningkatan porositas, penurunan bobot volume, peningkatan aerasi dan kemampuan dalam menyimpan air (Sasmita *et al.*, 2017). Pemberian biochar ke dalam media tanam juga berguna dalam memanfaatkan limbah pertanian, salah satunya penggunaan sekam padi sebagai bahan baku biochar. Indonesia yang menjadikan padi sebagai komoditas makanan pokok menjadikan sekam padi melimpah dan mudah ditemui. Pemberian biochar memiliki efek jangka panjang sehingga dapat dimanfaatkan selama bertahun-tahun. Biochar telah dilaporkan dapat bertahan hingga 10.000 tahun di dalam tanah (Anggangan *et al.*, 2019). Penguraian biochar membutuhkan waktu yang lama menyebabkan pemberian biochar pada tanah tidak perlu dilakukan setiap musim tanam.

Kesuburan media tanam merupakan salah satu hal penting yang juga harus dipenuhi. Selain media tanam yang porous, media tanam juga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan hara bagi tanaman untuk tumbuh dan berkembang. Peningkatan kesuburan media tanam dapat dilakukan dengan penambahan mikroorganisme ke dalam media tanam. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan penggunaan PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*) yang berasal dari akar bambu. PGPR adalah himpunan bakteri aktif yang mengkolonisasi akar tanaman, berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan kesuburan lahan (Reis, 2020). Pemberian PGPR yang ditambahkan pada media tanam bertujuan meningkatkan jumlah bakteri baik yang aktif di sekitar perakaran tanaman. Adanya bakteri-bakteri tersebut bermanfaat dalam meningkatkan kesuburan tanah, pertumbuhan tanaman, peningkatan penyerapan unsur hara serta air, dan lain sebagainya. PGPR memfasilitasi perkecambahan benih, pertumbuhan bibit, serta hasil panen (Mohanty *et al.*, 2021). Hal tersebut dikarenakan pemberian PGPR dapat meningkatkan serapan hara akibat dari meningkatnya perluasan permukaan akar dengan meningkatnya ketebalan dan pertumbuhan bentuknya. Oleh karena itu pemberian PGPR pada saat pembibitan kakao menjadi tindakan yang tepat untuk memacu pertumbuhan.

Peranan PGPR pada tanaman adalah mendorong pertumbuhan melalui mekanisme pengendalian langsung dan mekanisme tidak langsung (Ajeng *et al.*, 2020). Biochar dapat menjadi media pembawa (media hidup sementara) yang dapat meningkatkan viabilitas PGPR sebelum bersimbiosis dengan tanaman. Fallo *et al.*, (2023) menyatakan bahwa salah satu bahan pembawa (*carrier*) yang dapat mempertahankan viabilitas inokulum adalah biochar. Biochar memiliki ruang pori yang dapat digunakan oleh mikroorganisme hidup. Biochar sekam padi juga memiliki kemampuan higroskopis yang dapat menyerap air sehingga PGPR yang berada didalamnya memiliki lingkungan yang sesuai. Pengaplikasian PGPR dan biochar ke dalam media diharapkan dapat memacu pertumbuhan bibit kakao, sehingga menghasilkan bibit yang berkualitas untuk meningkatkan produksi dan produktivitas kakao.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

- (1) Apakah pemberian biochar sekam padi di dalam media tanam berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.)?;
- (2) Apakah pemberian PGPR di dalam media tanam berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.)?;
- (3) Apakah terdapat pengaruh interaksi terbaik diantara dosis biochar sekam padi dan PGPR terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.)?.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- (1) Mengetahui pengaruh pemberian biochar sekam padi terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.);
- (2) Mengetahui pengaruh pemberian PGPR terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.);
- (3) Mengetahui pengaruh interaksi terbaik diantara dosis biochar sekam padi dan PGPR terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).

## 1.4 Kerangka Pemikiran

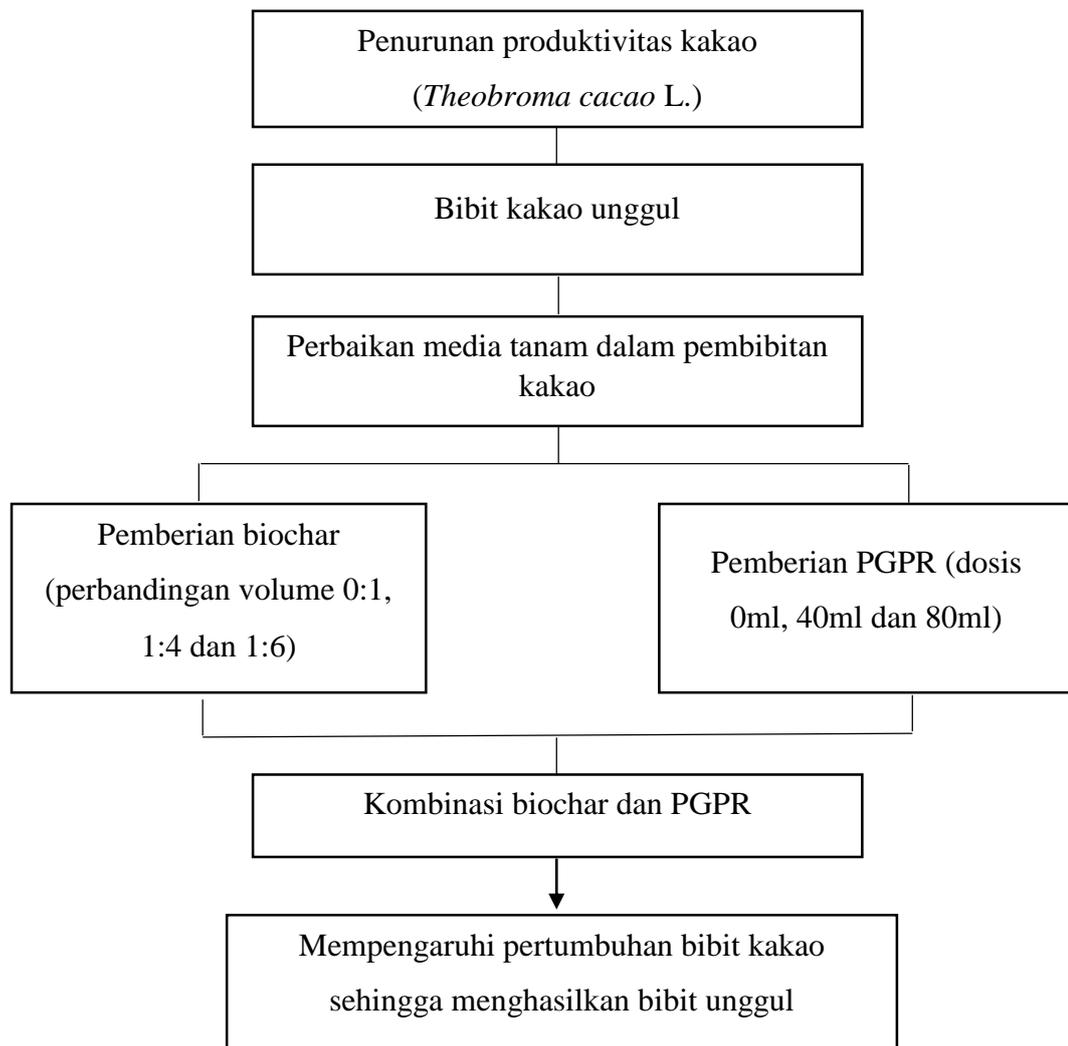
Kakao (*Theobroma cacao* L) merupakan salah satu komoditas ekspor yang berperan penting dalam perekonomian dan devisa negara Indonesia. Berdasarkan data BPS (2021), produksi buah kakao mengalami penurunan setiap tahunnya. Penurunan tersebut dapat disebabkan adanya pengurangan lahan pertanian yang digunakan sebagai perkebunan kakao ataupun tanaman kakao yang sudah mulai menua. Dengan demikian, produktivitas tanaman kakao perlu ditingkatkan sebagai upaya menaikkan produksi tanaman, dengan cara menghasilkan bibit yang unggul. Kualitas bibit kakao akan mempengaruhi pertumbuhan di lapangan, sehingga diperlukan media pembibitan yang dapat mendukung pertumbuhan bibit kakao (Hastuti *et al.*, 2023).

Biochar dapat digunakan sebagai bahan pembenah tanah secara fisik, kimia ataupun biologi. Biochar diketahui memiliki karakteristik yang menguntungkan, seperti struktur pori yang unik, luas permukaan spesifik yang besar, gugus fungsi aktif permukaan yang kompleks, dan sifat kimia yang stabil (Herrera *et al.*, 2022). Hal ini menyebabkan media tanam memiliki aerasi yang baik dengan tujuan agar media memiliki ruang pori untuk menyediakan tempat bagi oksigen. Biochar juga memiliki daya serap yang baik, dengan demikian kebutuhan air untuk tumbuh akan terpenuhi. Pirolisis dengan menggunakan suhu tinggi akan menghasilkan biochar yang memiliki luas permukaan tinggi, sehingga meningkatkan kemampuan serapnya (Sukmawati, 2020). Hasil penelitian Hanisah *et al.*, (2020) pemberian komposisi biochar, kulit kopi dan tanah (1:1:2) menurunkan pertumbuhan akar pada bibit kopi. Hasil penelitian tersebut menandakan bahwa pemberian dosis biochar yang tepat penting untuk dilakukan.

Selain itu untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kakao juga diperlukan adanya bantuan mikroba tanah yang dapat menstimulasi pertumbuhan bibit kakao. Salah satu caranya adalah pemanfaatan *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) yang berasal dari akar bambu. Akar bambu atau pada rhizosfir akar bambu terdapat bakteri *Pseudomonas fluourensens* dan bakteri *Bacillus polymixa* yang dapat membantu penguraian serta menghasilkan cairan yang melarutkan mineral sehingga menjadi hara tersedia (Hardiansyah *et al.*, 2021). Hasil penelitian Kasifah *et al.*, (2022) menyatakan bahwa aplikasi PGPR yang berasal dari perakaran bambu pada dosis 30 ml/L meningkatkan pertumbuhan tanaman bibit kopi arabika. Penggunaan PGPR juga akan memberikan keuntungan dalam merangsang pertumbuhan serta mencegah serangan patogen dengan mengeluarkan hormon pertumbuhan juga zat antibiotik yang berguna untuk menghambat pertumbuhan patogen.

Biochar memiliki kemampuan sebagai rumah dari mikroorganisme, sehingga penambahan PGPR akan dapat bertahan dan memberikan manfaat bagi inang tanaman. Efek pemberian biochar akan berdampak langsung terhadap pertumbuhan tanaman yang disebabkan oleh ketersediaan air dan udara di zona

perakaran (Sukmawati, 2020). Biochar juga dapat memberikan perlindungan kepada bakteri karena memiliki luas permukaan yang tinggi dan berpengaruh terhadap pengikatan kation juga anion nutrisi yang penting (Rawat *et al.*, 2019). Menurut Lehman *et al.*, (2011). Bakteri dapat menyerap kepermukaan biochar menjadikannya lebih rentan tercuci di dalam tanah. Dengan demikian penggabungan biochar dan PGPR diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao seperti kerangka pemikiran yang disajikan (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka pemikiran.

## 1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

- (1) Pemberian biochar berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.);
- (2) Pemberian PGPR berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.);
- (3) Terdapat pengaruh interaksi antara dosis biochar dan PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembibitan Kakao

Salah satu pendukung keberhasilan untuk meningkatkan produktivitas kakao yang dapat dilakukan yaitu memilih bibit bermutu dan dapat tumbuh dengan baik di lapangan atau lahan (Iswahyudi *et al.*, 2018). Perbanyakan tanaman kakao dapat dilakukan dengan menggunakan biji (secara generatif) ataupun dengan menggunakan stek dan sambung pucuk (secara vegetatif). Perbanyakan kakao penting dilakukan untuk meningkatkan produktivitas kakao. Kakao merupakan tanaman tahunan yang dapat berbuah sepanjang tahun. Maka dari itu biji tanaman kakao tersedia sepanjang tahun untuk dijadikan bibit. Biji kakao yang dapat dijadikan sebagai benih unggul adalah biji dengan varietas unggul, bentuk sempurna, besar, dan tidak terserang hama penyakit. Penyeleksian buah merupakan faktor penting untuk mendapatkan benih bermutu (Nasamsir, 2014).

Persiapan bahan tanam pembibitan kakao dimulai dengan menyiapkan biji kakao yang sudah terpilih sebagai benih harus dibersihkan dari pulp yang melekat. Pulp kakao akan menyebabkan benih mudah terserang jamur ataupun semut yang menyebabkan benih busuk (Rayuddin, 2023). Hal ini sesuai dengan Sugiatno *et al.*, (2022), pembiakan secara generatif pada pembibitan kakao harus bebas dari pulp yang melekat. Pulp kakao yang memiliki rasa manis dan lembab akan memudahkan jamur tumbuh dan mengundang semut untuk memakannya. Penghilangan pulp kakao dapat dilakukan dengan penggunaan abu gosok atau merendamnya dengan air kapur selama 20 menit.

Selain persiapan bahan tanam persiapan media tanam kakao juga perlu dilakukan. Media tanam harus bersifat porous yang berguna untuk pertumbuhan akar. Media

tanam berfungsi sebagai media tumbuh bagi tanaman dan sebagai penunjang pertumbuhan juga sebagai tempat yang dapat memasok sebagian besar unsur hara yang dapat di gunakan tanaman (Rahmad *et al.*, 2015). Media tanaman harus menyesuaikan jenis tanaman yang akan ditanam. Hal tersebut dilakukan agar tanaman dapat tumbuh dengan baik menjadi tanaman berkualitas.

## 2.2 Biochar

Biochar adalah produk padat kaya akan karbon yang diperoleh setelah memanaskan biomassa dalam kondisi pasokan oksigen terbatas atau tidak ada sama sekali (Meena *et al.*, 2017). Biochar terbuat dari pembakaran bahan organik seperti limbah tanaman. Hal ini sesuai dengan Hanisah *et al.*, (2020), bahwa biochar dibuat dari bahan-bahan organik yang dibakar secara tidak sempurna (*Pyrolysis*) atau sedikit oksigen dengan suhu tinggi hingga menghasilkan arang hayati yang sulit terdekomposisi. Hasil dari pembakaran tersebut menyebabkan biochar memiliki sifat yang stabil sehingga dapat digunakan sebagai bahan perbaikan media tanam. Pemilihan bahan baku biochar berasal dari bahan sisa tanaman yang melimpah dan kurang termanfaatkan.

Biochar memiliki kemampuan daya serap yang luar biasa ketika diterapkan di tanah (Singhal *et al.*, 2017). Pirolisis menggunakan suhu tinggi akan menghasilkan biochar dengan kandungan aromatic-karbon dan luas permukaan yang tinggi sehingga menyebabkan peningkatan serapan dan bersifat rekalsitran sesuai untuk bioremediasi juga penyerapan karbon (Sukmawati, 2020). Dengan demikian biochar akan membantu mengurangi pencucian hara sehingga tersedia bagi tanaman. Maka dari itu biochar dapat digunakan sebagai bahan pembenah tanah dengan berbagai fungsi yang menguntungkan bagi tanaman juga lingkungan.

Bibit kakao berkualitas dapat dihasilkan dari varietas kakao unggul dan media tanam yang menjadi tempat tumbuhnya kakao. Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pada pembibitan adalah media tanam (Iswahyudi *et*

*al.*, 2018). Penggunaan biochar sebagai bahan campuran dapat memberikan perbaikan pada media tanam. Penggunaan biochar sekam padi dapat memperbaiki media tanam sekaligus meningkatkan produktivitas tanaman pada beberapa penelitian (Verdiana *et al.*, 2016). Biochar dapat mempengaruhi sifat kimia dan fisik seluruh tanah seperti kadar air, aerasi dan pH (Lehman *et al.*, 2011).

Keuntungan pemberian biochar pada tanah adalah dapat melancarkan sirkulasi air dan udara yang berada di dalam tanah sehingga mampu menyuplai unsur hara dan merangsang pertumbuhan tanaman (Walianggen, 2022). Media tanam yang memiliki aerasi yang baik akan memudahkan perkembangan dan pertumbuhan akar sehingga akar mudah dalam menyerap unsur hara juga air dari dalam media tanam. Hal tersebut akan membantu tanaman tumbuh dan berkembang dengan baik.

### **2.3 Biochar Sekam Padi**

Beras menjadi komoditas pangan yang banyak dikonsumsi oleh rakyat Indonesia. Sekam padi adalah limbah yang dihasilkan oleh padi selain jerami tanaman padi. Limbah sekam padi bisa mencapai 20-23% dari gabah penggilingan padi. Biochar memiliki sifat sulit terdekomposisi hal tersebut menyebabkan biochar mampu bertahan lama di dalam tanah, sehingga pemberian biochar tidak perlu dilakukan setiap musim untuk memperbaiki sifat tanah. Sekam padi yang memiliki kandungan selulosa dan lignin yang tinggi sangat potensial dijadikan biochar. Pemberian biochar di dalam tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti aerasi, drainase, serta memiliki penyimpanan air yang baik. Menurut Herman dan Resigia (2018) biochar sekam padi yang ditambahkan ke dalam tanah dapat menyumbangkan unsur hara dan memiliki kemampuan mengikat unsur hara yang disumbangkan oleh kompos jerami padi.

Biochar sekam padi yang diaplikasikan mampu meningkatkan ketersediaan unsur N untuk tanaman. Menurut Herman dan Resigia (2021) akumulasi karbon organik yang berada di tanah mampu meningkatkan ketersediaan unsur N untuk tanaman, sehingga meningkatkan tinggi tanaman padi. Pemberian biochar selain sebagai

bahan pembenah tanah juga dapat menyumbangkan unsur hara. Biochar sekam padi juga dapat meningkatkan pH tanah yang masam. Menurut Herman dan Resigia (2021) menjelaskan bahwa residu sekam padi dan kompos jerami dapat meningkatkan nilai pH tanah hingga musim tanam kedua. Pemberian biochar sekam padi yang dapat menciptakan pori-pori di dalam tanah dapat menjadi tempat hidup bagi mikroorganisme baik dalam tanah. Ruang pori yang diciptakan oleh biochar sekam padi cocok untuk perkembangan biakan mikroba salah satunya karena memiliki aerasi yang baik. Oleh karena itu pemberian biochar sekam padi selain dapat mengatasi sifat fisik tanah, juga dapat mengatasi sifat kimia dan biologi tanah.

#### **2.4 Pembuatan Biochar Sekam dan Karakteristiknya**

Biochar dihasilkan dari pembakaran biomassa yang dipanaskan sedikit demi sedikit dengan udara yang sangat sedikit atau disebut dengan *pyrolysis*. Sekam padi dapat diubah menjadi biochar dengan berbagai cara. Menurut Widiastuti dan Lantang (2017) pembakaran biochar sekam padi dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu menggunakan tiang pembakaran, drum *retort kiln* dan sistem terbuka, dimana masing-masing cara memiliki keunggulan dan kelemahannya tersendiri. Kebanyakan masyarakat menggunakan metode terbuka dengan menggunakan kawat ram karena dinilai lebih ekonomis dan mudah dari metode lainnya. Akan tetapi penggunaan kawat ram sendiri tidaklah bertahan lama karena lama kelamaan kawat akan ikut terbakar dan rusak (hancur).

Pembuatan biochar dapat dilakukan dengan tahap arang dimasukkan ke dalam silinder pembakaran. Kemudian dinyalakan api hingga arang menjadi bara (Asfar *et al.*, 2022). Sekam padi dibuat gundukan dengan menggunakan sekop tanah. Gundukan sekam kemudian diaduk agar pembakaran merata yang ditandai dengan warna sekam yang berubah menjadi hitam pekat yang disebut dengan biochar. Pembakaran dihentikan setelah semua sekam padi sudah berwarna hitam gelap. Silinder pembakaran diangkat dan biochar sekam padi disirami dengan air sedikit

demi sedikit sampai merata agar tidak terjadi pembakaran lanjutan menjadi abu. Biochar yang sudah dingin kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 1 hari. Cara pembuatan biochar telah disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan biochar sekam padi

Biochar sekam padi hasil pembakaran perlahan dengan menggunakan sedikit udara atau pirolisis memiliki karakteristik yang menentukan kualitas biochar tersebut. Menurut Puspita *et al.*, (2021) kualitas biochar dapat dilihat dari karakteristik biochar yang nantinya dapat berfungsi sebagai perbaikan tanah. Karakteristik biochar meliputi pH, kemampuan dalam memegang air, kadar abu yang terbentuk, karbon terikat, zat mudah menguap, kadar air dan rendemen biochar (Puspita *et al.*, 2021). Perbedaan bahan baku dan proses pirolisis dapat mempengaruhi karakteristik biochar. Menurut Iskandar dan Rofiatin (2017) dalam setiap pembuatan biochar setiap biomassa memiliki kandungan senyawa kimia yang berbeda dan teknologi yang digunakan juga mempengaruhi hasil produk yang sesuai dengan peruntukannya.

## **2.5 PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*)**

*Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) merupakan bakteri menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman yang mengkolonisasi rizosfer. Perinsip dari pemberian PGPR adalah meningkatkan jumlah bakteri aktif yang berada di sekitar perakaran tanaman sehingga memberikan keuntungan bagi tanaman (Reis, 2020). Penambahan jumlah bakteri aktif yang berada dalam media

tanam dapat menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan kesuburan media tanam. Lingkungan rizosfir kaya akan sumber energi kimia dari senyawa organik yang dikeluarkan oleh akar tanaman. Senyawa organik tersebut akan digunakan oleh mikroba untuk berkembang sehingga mampu bersaing dengan patogen. Bakteri PGPR yang teridentifikasi antara lain *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acetobacter*, dan *Bacillus* (Chandraningtyas dan Indrawan, 2023). Pembuatan PGPR dapat menggunakan berbagai macam bahan baku seperti akar bambu atau pun akar tanaman putri malu. Akar tanaman putri malu memiliki pabrik penghasil pupuk berupa bintil akar (Arimong *et al.*, 2021)

Keuntungan dalam penggunaan PGPR dapat terjadi secara langsung ataupun tidak langsung. Sebagian besar bakteri PGPR berasal dari gram-negatif. Fungsi PGPR dibagi menjadi tiga kategori dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman yaitu: sebagai pemacu pertumbuhan (*Biostimulants*) dengan mengatur dan mensintesis berbagai zat pengatur tumbuh, sebagai penyedia hara (*Biofertilizers*) dengan penambahan nitrogen (N) udara dan melarutkan fosfor (P) terikat, serta sebagai pengendali patogen (*Bioprotectants*) dengan menghasilkan senyawa anti patogen seperti siderofor (Irawan *et al.*, 2022). Penambahan PGPR dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme di dalam tanah terutama perakaran tanaman yang memang menjadi sumber makanan dan energi serta karbon bagi mikroorganisme.

PGPR berbahan baku akar bambu berbentuk cairan yang dibuat melalui proses fermentasi bersifat anaerob. Fermentasi PGPR memiliki aroma seperti tape atau bau fermentasi. Bakteri akan hidup dan berkembang biak selama proses fermentasi PGPR terjadi (Komansilan *et al.*, 2023). Mikroorganisme yang terdapat di dalam proses fermentasi akan terus berkembang seiring bertambahnya waktu. Mikroorganismenya aktif dalam proses fermentasi akan menghasilkan gas, akibat dari proses penguraian. Menurut Candraningtyas dan Indrawan (2023) warna dari PGPR akan berubah lebih jernih dan terdapat endapan di bagian bawah, terdapat endapan serta muncul lapisan putih pada bagian atas menandakan keberadaan koloni bakteri dan berjalannya proses fermentasi. Hal-hal tersebut

menandakan jika proses inkubasi PGPR telah selesai. PGPR yang telah selesai mengalami proses inkuasi dapat digunakan sebagai pupuk hayati pada tanaman.

## 2.6 PGPR Akar Bambu

Akar bambu memiliki mikroba yang berkolonisasi di sekitar rizosfernya. Akar bambu banyak terkolonisasi bakteri *Pseudomonas fluorescens* yang dapat berperan dalam pelarutan unsur hara fosfor (P) sehingga tersedia bagi tanaman (Hamdayanty *et al.*, 2022). Kolonisasi bakteri yang terbentuk dapat bermanfaat dengan mengambil area perakaran bambu. Akar bambu yang memiliki koloni mikroba di sekitar perakarannya dapat dimanfaatkan menjadi pupuk hayati dengan mengambil koloni mikroba bermanfaat.

Akar bambu mengandung *Pseudomonas flourensens* dan *Bacillus polymixa* yang berperan menghasilkan enzim dan fitohormon asam indol asetat (IAA), serta menghasilkan enzim *lignoselulase* sebagai *biokatalisator* perombakan bahan organik (Kasifah *et al.*, 2022). Selain itu tumbuhan bambu banyak ditemukan di Indonesia sehingga dapat digunakan secara luas. Pembuatan PGPR dapat dilakukan oleh petani secara mandiri dengan memanfaatkan perakaran bambu. Pembuatan PGPR akar bambu yang mudah dan memanfaatkan bahan sekitar dapat menjadi solusi mengatasi kelangkaan pupuk buatan ataupun dampaknya terhadap lingkungan sehingga dapat berkelanjutan.

## 2.7 Pengayaan Biochar dan PGPR

Biochar dikenal sebagai bahan pembenah tanah secara fisik maupun kimia. Biochar memiliki pori-pori yang dapat meningkatkan drainase air, berguna dalam memegang air pada media tanam dan dapat meningkatkan pH tanah. Kemampuan lain dalam biochar adalah dapat mencegah hilangnya pupuk akibat aliran permukaan tanah ataupun pencucian (Mayendra *et al.*, 2019). Sebagai bahan pembenah tanah biochar tidak mengandung mikroba atau unsur hara yang dapat membantu pertumbuhan tanaman. Pengayaan biochar dengan berbagai bahan

dapat meningkatkan fungsi dan mutu biochar. Pengayaan biochar dapat dilakukan dengan penambahan pupuk anorganik atau pun pupuk organik, penambahan pupuk kandang maupun kompos, dan mikroba yang berguna bagi pertumbuhan tanaman. Pengayaan dan campuran biochar dengan bahan tambahan memiliki makna yang berbeda. Pencampuran biasanya hanya menunjukkan pencampuran secara fisik tanpa terikat. Pengayaan biochar adalah dengan memberikan perlakuan khusus agar biochar dan bahan tambahan saling terikat satu sama lain. Biochar dapat diperkaya dengan cara *pretreatment* dengan perendaman, *co-composting*, bahkan *co-phyrolysis*, pencampuran biochar dengan pupuk kandang dan kompos dapat diaplikasikan sebelum prngomposan ataupun setelahnya (Evizal dan Prasmatiwi, 2023). Pengayaan biochar memanfaatkan biochar yaitu dengan mengisi pori-porinya sehingga didalamnya memiliki kandungan yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Pengayaan biochar dianggap lebih praktis dan efisien dalam pertanian dengan anggapan tidak perlu memberikan bahan pembenah tanah, pupuk dan mikroba secara terpisah.

Pengayaan dengan menggunakan pupuk buatan atau sintesis juga diperlukan terutama pupuk yang memiliki unsur hara yang sulit tersedia seperti unsur hara P (fosfor). Pengayaan dengan pupuk buatan dapat dilakukan dengan cara pencampuran langsung, *compounding*, *co-composting*, *co-phyrolysis*, penyerapan nutrient dari larutan ataupun *microwave synthesis* (Evizal dan Prasmatiwi, 2023). Pengayaan dengan pupuk buatan dapat meningkatkan penyerapan unsur hara oleh tanaman sehingga kebutuhannya tercukupi.

Biochar dan PGPR yang diaplikasikan dalam media tanam akan saling melengkapi. Biochar yang memiliki kemampuan dalam memperbaiki tanah juga dapat dijadikan sebagai habitat mikroorganisme tanah. Aplikasi biochar dapat mempengaruhi populasi mikroba tanah dan menyediakan habitat yang cocok bagi sekelompok besar juga beragam mikroorganisme tanah (Rawat *et al.*, 2019). Biochar dapat menjadi pelindung mikroba-mikroba yang ditambahkan di dalam tanah. Mikrofauna tanah berpengaruh positif terhadap kesuburan tanah, penggabungan biochar dan PGPR dapat menyehatkan tanah, meningkatkan

kandungan bahan organik tanah dan pertumbuhan mikroba (Ijaz *et al.*, 2019).

Sehatnya media tanam yang digunakan akan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Kebutuhan tanaman untuk tumbuh dengan maksimal akan tercukupi dan penyediaan hara akan terbantu dengan media tanam yang mendukung.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Labuhan Dalam, Tanjung Seneng, Bandar Lampung. Waktu penelitian dilakukan pada Februari hingga Mei 2024.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah alat tulis, *polybag* berukuran 20 x 25 cm, cangkul, label, gunting, meteran, jangka sorong, timbangan, pisau, serta botol plastik berukuran 40 ml dan 80 ml. Bahan yang digunakan adalah bibit kakao (varietas MCC02) berumur 14 hari, biochar sekam padi, air, tanah *subsoil* serta PGPR akar bambu.

#### 3.3 Metode Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan untuk penelitian ini adalah rancangan acak kelompok (RAK) faktorial yang terdiri atas dua faktor perlakuan.

Faktor I adalah dosis biochar yang terdiri dari 3 taraf, yaitu:

B0 = 0:1 (tanah *subsoil* tanpa pemberian biochar sekam padi (v/v))

B1 = 1:6 (biochar sekam padi, tanah *subsoil* (v/v))

B2 = 1:4 (biochar sekam padi, tanah *subsoil* (v/v))

Faktor kedua adalah dosis PGPR yang terdiri dari 3 taraf, yaitu:

P0 = Tanpa pemberian PGPR

P1 = Pemberian 40 ml PGPR

P2 = Pemberian 80 ml PGPR

Dari kedua faktor tersebut didapatkan sembilan (9) kombinasi perlakuan, yang masing-masing diulang sebanyak 3 kali. Sehingga didapatkan 27 unit percobaan. Dari setiap unit percobaan terdapat 5 bibit, jadi total bibit yang diperlukan sebanyak 135 bibit. Tata letak percobaan penelitian ini disajikan pada Gambar 3.

Kelompok I	Kelompok II	Kelompok III
B0P1	B1P1	B0P2
B2P0	B0P0	B1P2
B2P1	B1P2	B1P1
B0P2	B2P2	B1P0
B0P0	B2P1	B2P2
B1P1	B0P2	B2P0
B2P2	B2P0	B0P1
B1P2	B1P0	B0P0
B1P0	B0P1	B2P1

Gambar 3. Tata letak percobaan

Keterangan:

B0P0 = Kontrol;

B0P1 = Tanah *subsoil* + PGPR 40 ml;

B0P2 = Tanah *subsoil* + PGPR 80 ml;

B1P0 = Biochar + tanah (1:6 (v/v)) tanpa PGPR;

B1P1 = Biochar + tanah (1:6 (v/v)) + PGPR 40 ml;

B1P2 = Biochar + tanah (1:6 (v/v)) + PGPR 80 ml;

B2P0 = Biochar + tanah (1:4 (v/v)) + tanpa PGPR;

B2P1 = Biochar + tanah (1:4 (v/v)) + PGPR 40 ml;

B2P2 = Biochar + tanah (1:4 (v/v)) + PGPR 80 ml).

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, diantaranya yaitu: pembuatan PGPR, penyemaian benih kakao, penerapan perlakuan, pemeliharaan bibit kakao, dan mengamati variabel pengamatan.

### 3.4.1 Pembuatan PGPR

Pembuatan PGPR berdasarkan penelitian Mustafa *et al.*, (2023). Akar bambu dibersihkan dari sisa-sisa tanah yang menempel. Kemudian Akar bambu dipotong dan ditimbang sebanyak 250 gram. Akar bambu yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam toples berisi air bersih yang sudah direbus sebanyak 2 liter. Setelah itu toples berisi rendaman akar bambu ditutup rapat dan didiamkan selama 3-4 hari, hingga muncul gelembung. Rendaman akar bambu digunakan sebagai starter atau biang PGPR. Setelah biang PGPR selesai dibuat langkah selanjutnya adalah pembuatan media perbanyakan PGPR. Media perbanyakan PGPR dibuat dengan bahan air 12 L, dedak 500 g, terasi 50 g, gula merah 200 g dan kapur sirih 5 g yang dimasak hingga mendidih lalu didinginkan. Media perbanyakan yang sudah dingin dimasukkan ke dalam wadah yang akan digunakan dalam proses fermentasi. Air rendaman akar bambu yang sudah disaring dan 1 L air kelapa kemudian dimasukkan ke dalam wadah berisi media perbanyakan PGPR. Semua bahan yang sudah dimasukkan diaduk hingga merata, kemudian wadah ditutup rapat dan didiamkan selama 14 hari. Untuk menjaga agar gas yang dihasilkan pada saat proses fermentasi dapat keluar digunakan selang yang dihubungkan antara wadah fermentasi dan botol berisi air. Setelah 14 hari PGPR akan terbagi menjadi dua lapisan yaitu cairan yang memiliki warna lebih jernih dan endapan dedak di bagian bawahnya. PGPR memiliki aroma fermentasi yang segar dan terdapat lapisan putih di atasnya (Candraningtyas dan Indrawan, 2023). Setelah dilakukan fermentasi 14 hari PGPR siap digunakan.

### 3.4.2 Penyemaian Benih kakao

Benih kakao yang digunakan adalah varietas MCC02. Langkah pertama dalam penyemaian benih adalah dengan dilakukannya seleksi. Seleksi benih dimulai dari pemilihan buah kakao yang telah masak, dan tidak terjangkit hama serta penyakit. Setelah itu biji kakao diseleksi dengan memilih bagian tengah buah, hal tersebut dikarenakan pada bagian tengah buah memiliki bentuk biji yang lebih seragam dan besar. Kemudian biji kakao dibersihkan dari daging buah atau pulp yang

menempel dengan menggunakan abu gosok. Biji kakao yang telah bersih akan ditanam pada bak perkecambahan dengan media tanam berupa pasir. Biji kakao yang sudah ditanam disirami dengan air minimal satu kali dalam sehari. Penyemaian benih kakao dilakukan selama 25 (dua puluh lima) hari, sampai kotiledon benih kakao membuka dan menghasilkan daun  $\pm 4$  (empat) helai daun.

### **3.4.3 Penerapan Perlakuan**

Bibit kakao yang telah berusia 14 hari akan dilakukan pindah tanam ke dalam media tanam perlakuan yang sudah disiapkan. Media tanam yang digunakan adalah B0 = 0:1 (tanah *subsoil* tanpa pemberian biochar sekam padi (v/v)), B1 = 1:6 (biochar sekam padi, tanah *subsoil* (v/v)), B2 = 1:4 (biochar sekam padi, tanah *subsoil* (v/v)). PGPR diaplikasikan pada tanaman dengan cara disiramkan di sekitar perakaran, dilakukan sesuai dengan perlakuan yaitu tanpa pemberian PGPR (P0), Pemberian 40 ml PGPR (P1) dan pemberian 80 ml PGPR (P2). PGPR diaplikasikan setiap satu minggu sekali hingga satu minggu sebelum panen sampai bibit berumur 3 bulan (sebanyak 12 kali aplikasi PGPR), dimulai saat bibit kakao dipindah tanam setelah 2 minggu. Selama pemeliharaan bibit kakao tetap disirami satu hari satu kali.

### **3.4.4 Pemeliharaan Bibit Kakao**

Pemeliharaan bibit kakao terdiri dari penyiraman, pengendalian gulma, serta hama dan penyakit. Bibit kakao disiram satu kali dalam satu hari. Pengendalian gulma dilakukan dengan cara mekanik (mencabut gulma dengan menggunakan tangan), sedangkan pengendalian hama dilakukan dengan cara manual dan kimiawi. Pengendalian penyakit dilakukan secara preventif (pencegahan) dengan dibersihkannya lingkungan di sekitar wilayah penelitian. Tujuan pemeliharaan adalah menjaga agar bibit kakao dapat tumbuh dengan baik dan tidak mengganggu jalannya penelitian.

### **3.5 Variabel Pengamatan**

Variabel pengamatan pada penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu variabel utama dan variabel pendukung. Variabel utama yang akan diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, panjang akar, jumlah akar, bobot segar tajuk, bobot segar akar, bobot kering tajuk dan bobot kering akar. Variabel pendukung penelitian ini adalah pH biochar sekam padi dan pH PGPR.

#### **3.5.1 Variabel Utama**

Variabel utama yang diamati dalam penelitian ini yaitu: tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, panjang akar, jumlah akar, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, bobot segar akar dan bobot kering akar.

##### **3.5.1.1 Tinggi tanaman**

Tinggi tanaman diukur dengan cara mengukur bibit kakao menggunakan meteran. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang (di atas permukaan tanah) hingga titik tumbuh bibit kakao. Pengukuran dilakukan setiap dua minggu satu kali dengan satuan cm. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setelah dua minggu (dua kali) aplikasi PGPR pertama kali.

##### **3.5.1.2 Jumlah daun**

Jumlah daun dihitung terhadap daun yang telah mekuk penuh dengan satuan helai. Pucuk daun yang belum terbuka belum dianggap sebagai daun sejati. Jumlah daun dihitung setiap dua minggu satu kali. Jumlah daun dihitung setelah dua minggu (dua kali) aplikasi PGPR pertama kali.

#### 3.5.1.3 Diameter batang

Diameter batang diukur menggunakan jangka sorong dengan satuan mm. Pengukuran diameter batang diukur pada bagian pangkal batang bibit kakao yang berada di atas permukaan tanah. Pengukuran dilakukan dua minggu satu kali. Pengukuran diameter batang dilakukan setelah dua minggu (dua kali) aplikasi PGPR pertama kali.

#### 3.5.1.4 Panjang akar

Panjang akar diukur dengan menggunakan meteran dengan satuan cm. Panjang akar diukur dari pangkal akar hingga ujung akar primer pada bibit kakao. Pengukuran panjang akar dilakukan setelah bibit berumur tiga bulan, dengan cara melakukan pembongkaran media tanam dan membersihkan akar dari media tanam yang menempel. Kemudian akar bibit kakao yang telah bersih dilakukan Pengukuran panjang akarnya.

#### 3.5.1.5 Jumlah akar

Jumlah akar dihitung setelah bibit kakao berumur tiga bulan, dengan cara *polybag* disobek untuk mengeluarkan media tanam agar akar tidak rusak. Setelah itu media tanam digemburkan di dalam ember yang berisi air dan dibilas dengan menggunakan ember berisi air lainnya hingga akar bersih dari media tanam. Kemudian dilakukan pengukuran jumlah akar dengan satuan helai.

#### 3.5.1.6 Bobot segar tajuk

Bobot segar tajuk dinyatakan dalam gram menggunakan timbangan yang dinyatakan dalam gram. Pengukuran bobot segar tajuk dilakukan dengan menimbang batang beserta dengan daun segar tanpa akar setelah bibit kakao berumur tiga bulan.

#### 3.5.1.7 Bobot segar akar

Bobot segar akar diukur dengan cara menimbang akar yang dinyatakan dalam gram. Setelah bibit kakao berumur tiga bulan akar bibit kakao dipisahkan dari tajuknya, kemudian dicuci dan dibersihkan dari sisa tanah yang menempel. Akar yang sudah bersih lalu ditimbang.

#### 3.5.1.8 Bobot kering tajuk

Batang dan daun bibit kakao segar dilakukan penjemuran dengan panas matahari terlebih dahulu, kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80°C dengan lama pengovenan hingga 72 jam, sampai mencapai berat konstan. Kemudian bobot kering tajuk ditimbang menggunakan timbangan dengan satuan gram.

#### 3.5.1.9 Bobot kering akar

Akar yang telah dibersihkan dan dicuci dari sisa tanah kemudian dilakukan penjemuran dengan mengandalkan panas matahari terlebih dahulu, kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80°C selama 72 jam sampai mencapai berat konstan. Akar yang sudah kering kemudian ditimbang menggunakan timbangan dengan satuan gram.

### **3.5.2 Variabel Pendukung**

Variabel pendukung pertumbuhan tanaman pada perlakuan yang diamati yaitu: derajat keasaman (pH) biochar sekam padi dan derajat keasaman (pH) PGPR berbahan baku akar bambu.

#### 3.5.2.1 Derajat keasaman (pH) biochar sekam padi

Derajat keasaman (pH) biochar diukur dengan cara mencampurkan biochar dengan air pada perbandingan 1:5 (biochar, air). Kemudian campuran tersebut diukur dengan menggunakan pH meter untuk mengetahui tingkat keasamannya.

#### 3.5.2.2 Derajat keasaman (pH) PGPR berbahan baku akar bambu

Derajat keasaman (pH) PGPR diukur dengan menggunakan pH meter. Cara menganalisis pH PGPR yaitu dengan memasukkan elektroda pH meter ke dalam sampel PGPR.

### **3.6 Analisis Data**

Analisis data pengamatan dilakukan dengan menggunakan uji bartlett untuk mengetahui homogenitasnya dan uji tukey untuk mengetahui additivitasnya. Selanjutnya jika keduanya memenuhi asumsi maka data dianalisis dengan sidik ragam dan untuk melihat perbedaan nilai tengah antar perlakuan menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5%.

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Simpulan dari penelitian ini adalah:

- (1) Pemberian biochar sekam padi berpengaruh terhadap bobot segar tajuk bibit kakao. Perlakuan biochar dan tanah (1:6 v/v) mampu menghasilkan bobot segar tajuk terberat dari perlakuan lainnya dengan bobot segar tajuk 37.43 gram;
- (2) Pemberian PGPR akar bambu berpengaruh terhadap diameter batang, dan bobot segar tajuk. Perlakuan tanpa PGPR pada diameter batang bibit kakao menghasilkan diameter terbesar yaitu 19,98 mm. Tajuk segar terberat dihasilkan oleh perlakuan tanpa PGPR dengan berat 38,69 gram;
- (3) Pemberian biochar berpengaruh terhadap panjang akar bibit kakao pada berbagai dosis PGPR. Interaksi terbaik dihasilkan oleh perlakuan biochar dan tanah (1:4 v/v) tanpa pemberian PGPR. Perlakuan tanah dan biochar (1:4 v/v) tanpa PGPR menghasilkan panjang akar terpanjang yaitu 31,72 cm.

### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

- (1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan cara meningkatkan dosis biochar agar tidak terjadi kemasaman pada media tanam;
- (2) Perlu dilakukan penambahan kapur dan perbaikan cara pembuatan PGPR agar memiliki pH yang tidak terlalu asam;

- (3) Dilakukan pengecekan pH tanah sesudah aplikasi dan sesudah tanam (setelah bibit kakao berumur 3 bulan);
- (4) Dilakukan analisis mikroba untuk mengetahui populasi mikroba yang terdapat di dalam PGPR berbahan baku akar bambu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajeng, A. A., Abdullah, R., Ling, T. C., Ismail, S., Lau, B. F., Ong, H. C., Chew, K. W., Show, P. L., and Chang, J. S. 2020. Bioformulation of biochar as a potential inoculant carrier for sustainable agroiculture. *Jurnal Environmental Teknologi and Innovation*. 20: 1 – 22.
- Anggangan, N. S., Cortes, A. D., and Reano, C. E. 2019. Growth response of cacao (*Theobroma cacao* L.) Plant as affected by bamboo biochar 1 and arbuscular mycorrhizal fungi in sterilized and unsterilized soil. *Jurnal Pre-proof*. 1(1): 1 – 25.
- Ansori, I., Nafi'ah, H. H., dan Nurdiana, D. 2021. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil pakcoy (*Brassica rapa* L.). *JAGROS: Jurnal Agroteknologi dan Sains*. 5(2): 394 – 408.
- Apriliani, I. N., Haddy, S., dan Suminarti, N. E. 2016. Pengaruh kalium pada pertumbuhan dan hasil dua varietas tanaman ubi jalar (*Ipomea batatas* (L.) Lamb). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(4): 264 – 270.
- Arimong, A. R., Wahab, A., dan Nurcholis, J. 2021. Aplikasi *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) akar tumbuhan putri malu terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis* L.). *Jurnal Agrisistem*. 17(1): 10 – 18.
- Asfar, A. M. I. A., Asfar, A. M. I. T., Thaha, S., Kurnia, A., Budiyanto, E., dan Syaifullah, A. 2022. Pelatihan transformasi sekam padi sebagai biochar alternatif. *Kumawulan: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 5(1): 95 – 102.
- Asfar, A. M. I. A., Mukhsen, M. I., Rifai, A., Asfar, A. M. I., Asfar, A. H., Kurnia, A., Budiyanto, E., dan Syaifullah, A. 2022. Pemanfaatan akar bambu sebagai biang bakteri perakaran PGPR di Desa Latellang. *Jurnal Masyarakat Mandiri*. 6(5): 3954 – 3963.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Statistik Kakao Indonesia 2021*. BPS RI. Jakarta. 76 hlm.

- Baid, R. S., Ilahude, Z., dan Purnomo, S. H. 2022. Pengaruh pemberian pupuk organik cair air kelapa dan *plant growth promoting rhizobacteria* akar bambu terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agroteknotropika*. 11(1): 33 – 41.
- Cahyani, C. N., Nuraini, Y., dan Pratomo, A. G. 2018. Potensi pemanfaatan *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) dan berbagai media tanam terhadap populasi mikroba tanah serta pertumbuhan dan produksi kentang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 5(2): 887 – 899.
- Candraningtyas, C. F., dan Indrawan, M. 2023. Analisis efektivitas penggunaan *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) untuk peningkatan pertanian berkelanjutan. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*. 10(2): 88 – 99.
- Evizal, R., dan Prasmatiwi, F. E. 2023. Biochar: pemanfaatan dan aplikasi praktis. *Jurnal Agrotroika*. 22(1): 1 – 12.
- Fadhilah, U., Wijaya, I. M. M., dan Antara, N. S. 2018. Studi pengaruh ph awal media dan lama fermentasi pada proses produksi etanol dari hidrolisat tepung biji nangka dengan menggunakan *Saccharomycess cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 6(2): 92 – 102.
- Fallo, G., Usfinit, Y. F., dan Pardosi. L. 2023. Uji komposisi biochar sekam padi selama penyimpanan terhadap viabilitas isolat RTCR01 sebagai carrier pupuk hayati di Kabupaten Timor Tengah Utara. *Jurnal Ilmiah Biologi*. 11(1): 162 – 171.
- Hamdayanty., Asman., Sari, K. W., dan Attahira, S. S. 2022. Pengaruh pemberian *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) asal akar tanaman bambu terhadap pertumbuhan kecambah padi. *Jurnal Ecosolum*. 11(1): 29 – 37.
- Hanisah, R. Evizal., F. Yelli., dan Sugiarno. 2020. Pengaruh formulasi biochar dan limbah kulit kopi terhadap pertumbuhan bibit kopi. *Jurnal Agrotropika*. 19(2): 102-109.
- Hardiansyah, M. Y., Musa, Y., and Jaya, A. M. 2021. The effectiveness of giving plant PGPR rhizosphere bamboo on cocoa seeds germination at the nursery level. *Biology, Medicine, and Natural Product Chemistry*. 10(1): 1 – 5.
- Hastuti, P. B., Titiaryanti, N. M., dan Mardhatilah, D. 2023. Pengaruh komposisi media tanam dan *plant growth promoting rhizobacteria* terhadap pertumbuhan bibit kakao. *Jurnal Ilmu Pertanian, Kehutanan dan Agroteknologi*. 24(1): 26 – 29.
- Herman, W., dan Resigia, E. 2018. Pemanfaatan biochar sekam dan kompos jerami padi terhadap pertumbuhan dan produksi padi (*Oryza sativa*) pada tanah ordo ultisol. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 15(1): 42 – 50.

- Herman, W., dan Resigia, E. 2021. Efek residu biochar sekam dan kompos jerami padi sebagai bahan pembenah tanah pada musim tanam kedua terhadap pertumbuhan padi di ultisol. *Jurnal Lumbung*. 20(2): 79 – 86.
- Herrera, K., Moreles, L. F., Tarazona, N. A., Aguando, R., and Saldarriaga, J. F. 2022. Use of biochar from rice husk pyrolysis: part a: recovery as an adsorbent in the removal of emerging compounds. *ACS Omega*. 7: 7625 – 7637.
- Ijaz, M., Muhammad, T., Shahid, M., Ul-Allah, S., Sattar, A., Sher, A., Mahmood, K., and Hussain, H. 2019. Combined application of biochar and PGPR consortia for sustainable production of wheat under semiarid conditions with a reduced dose of synthetic fertilizer. *Brazilian Journal of Microbiology*. 50: 449 – 458.
- Irawan, T. B., Soelaksini, L. D., dan Nuraisyah, A. 2022. 4 Respon pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan pemberian berbagai konsentrasi PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*) akar kakao. *Jurnal Ilmiah Hijau Cendikia*. 7(1): 7 – 17.
- Iskandar, T., dan Rofiatin, U. 2017. Karakteristik biochar berdasarkan jenis biomassa dan parameter proses *pyrolysis*. *Jurnal Teknik Kimia*. 12(1): 28 – 34.
- Iswahyudi., Syukri., dan Ulfia. 2018. Pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L) pada media tanah sub soil yang diberikan biochar dan pupuk organik granul. *Agrosamudra, Jurnal Penelitian*. 5(2): 15 – 24.
- Janu, Y. F., dan Mutiara, C. 2021. Pengaruh biochar sekam padi terhadap sifat fisik tanah dan hasil tanaman jagung (*Zea mays*) di Kelurahan Lape Kecamatan Aesesa. *AGRICA: Journal of Sustainable Dryland Agriculture*. 14(1): 67 – 82.
- Kasifah, K., Mu'awanah, A., Firmansyah, A. P., dan Pudji, N. P. 2022. Pengaruh PGPR perakaran bambu terhadap pertumbuhan benih kopi arabika. *Agrotechnology Research Jurnal*. 6(1): 61 – 66.
- Khoiriyah, A. N., Prayoga, C., dan Widiyanto. 2016. Kakhoirijian residu biochar sekam padi, kayu dan tempurung kelapa terhadap ketersediaan air pada tanah lempung berliat. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 3(1): 253 – 260.
- Komansilan, O., Paulus, J. M., dan Rogia, J. E. X. 2023. Pemberian *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) untuk meningkatkan produksi padi gogo (*Oryza sativa* L) dan jagung (*Zea mays* L) dalam sistem tumpang sari. *Jurnal MIPA*. 11(1): 1 – 5.

- Kurniawan, A., Haryono, B., Baskara, M., dan Tyasmoro, S. Y. 2016. Pengaruh penggunaan biochar pada media tanam terhadap pertumbuhan bibit tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(2): 153 – 160.
- Lehman, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., and Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota - A review. *Soil Biology And Biochemistry*. 43: 1812 – 1836.
- Mayendra., Lubis, K. S., dan Hidayat, B. 2019. Ketersediaan hara fosfor akibat pemberian biochar sekam padi dan pupuk kandang sapi pada inceptisol kuala bekala. *Jurnal Pertanian Tropika*. 6(2): 287 – 293.
- Meena, S. S., Kala, D. C., Solanki, P., and Sarode, V. 2017. Effect of rice husk biochar, carpet waste, FYM and PGPR on chemical properties of soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(5): 2287 – 2292.
- Mohanty, P., Singh, P. K., Chakraborty, D., Mishra, S., and Pattnaik, R. 2021. Insight into the role of PGPR in sustainable agriculture and environment. *Frontiers in Sustainable Food System*. 5: 1 – 12 .
- Mustafa, P. A., Paulus, J. M., dan Polii, M. G. M. 2023. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai pada konsentrasi *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) dari akar bambu (*Bambusa* sp.). *Agri-Sosial Ekonomi Unsrat*. 19(1): 579 – 584.
- Nora, M., Amir, N., dan Aminah, L. S. 2015. Pengaruh komposisi media tanam terhadap pembibitan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) di polybag. *Jurnal Klorofil*. 10(2): 90 – 92.
- Nasamsir. 2014. Respon pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap aplikasi pupuk organik cair pada jenis aksesori buah kakao yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 14(3): 91 – 100.
- Prasetyo, D., Evizal. R., dan Septiana, L. M. 2023. Pelatihan pembuatan PGPR untuk bahan pengaya biochar sebagai media tumbuh bibit kakao di Desa Sidomulyo, Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 6(1): 96 – 101.
- Puspita, V., Syakur., dan Darusman. 2021. Karakteristik biochar sekam padi pada dua temperatur pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 6(4): 732 – 739 .
- Rahmad, D., Darmawan., dan Harniana. 2015. Pertumbuhan bibit dua klon kakao (*Theobroma cacao* L.) pada berbagai takaran cendawan mikoriza arbuskula. *Jurnal Agroplantae*. 4(1): 29 – 33.

- Rawat, J., Saxena, J., and Sanwal, P. 2019. Biochar: A Sustainable Approach for Improving Plant Growth and Soil Properties. *Intech Open*. 1: 1 – 17.
- Rayuddin. 2023. *Model Kompetensi Agribisnis Petani Kakao*. Nasya Expending Manajemen. Pekalongan. 105 hlm.
- Reis, E. D. 2020. Pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) yang diaplikasi teh kompos, teh guano, PGPR, dan ekstrak biochar. *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 5(2): 22 – 26.
- Rianditya, O. D., dan Hartatik, S. 2018. Pengaruh pemberian pupuk fosfor terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman tebu var. bululawang hasil mutasi. *Jurnal Berkala Ilmiah Pertanian*. 5(1): 52 – 57.
- Rifai, M. R., Widowati, H., dan Sutanto, A. 2020. Sinergisme dan antagonism beberapa jenis isolate bakteri yang dikonsorsiumkan. *Biolova*. 1(1): 21 – 26.
- Sasmita, K. D., Anas, I., Anwar, S., Yahya, S., dan Djajakirana, G. 2017. Pengaruh pupuk organik dan arang hayati terhadap kualitas media pembibitan dan pertumbuhan bibit kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*. 4(2): 107 – 120.
- Singhal, D. K., Yadav, J., Meena, S. S., and Kala, D. C. 2017. Effect of rice husk biochar, carpet waste, farm yard manure and plant growth promoting rhizobium on the growth and yield of rice (*Oryza sativa*). *Journal of Applied and Natural Science*. 9(4): 2043 – 2046 .
- Siswanto, B. 2018. Sebaran unsur hara N, P, K dan pH dalam tanah. *Buana Sains*. 18(2): 109 – 124.
- Sitorus, U. K. P., Siagian, B., dan Rahmawati, N. 2014. Respons pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap pemberian abu boiler dan pupuk urea pada media pembibitan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2(3): 1021 – 1029.
- Sodiq, M. F., Maulidi., dan Zulfita, D. 2024. The eEffect of PGPR and NPK fertilizer on the growth and yield of radish on acid sulphate soil with the saturated soil cultivation system. *Jurnal Agro Khatulistiwa*. 1(1): 23 – 35.
- Sugiatno., Rini, M. V., Evizal, R., dan Saputra, D. B. 2022. Pengaruh konsentrasi larutan CaCO<sub>3</sub> sebagai bahan peluruh pulp benih terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) pada komposisi media tanam yang berbeda. *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(2): 237 – 246.
- Sukmawati. 2020. Bahan organik menjanjikan dari biochar tongkol jagung, cangkang dan tandan kosong kelapa sawit berdasarkan sifat kimia. *Jurnal Agrolantae*. 9(2): 82 – 94.

- Susan, D., Halim, A., dan Zaitun. 2024. Pengaruh beberapa jenis biochar dan dosis biochar pada media tanam terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 9(1): 175 – 181.
- Triani, I. G. A. L., dan Gunam, I. B. W. 2022. Karakteristik sawi hijau (*Brassica rapa* var *parachinensis*) yang dihasilkan dari aplikasi bakteri pemacu pertumbuhan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*. 7(7): 62 – 68.
- Verdiana, M. A., Sebayang, H. T., dan Sumami, T. 2016. Pengaruh berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk npk terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(8): 611 – 616.
- Walianggen, A. 2022. Biochar Rice Husk Charcoal on Growth and Production of Long Bean Plants (*Vigna sinensis* L.): Formulation Analysis. *AGARICUS: Advances Agriculture Science and Farming*. 2(1): 1 – 6.
- Widiastuti, M. M. D., dan Lantang, B. 2017. Pelatihan pembuatan biochar dari limbah sekam padi menggunakan metode *Retort Kiln*. *Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*. 3(2): 129 – 135.