

**UJI EFEKTIVITAS *AERATED COMPOST TEA* SERAT  
BROMELAIN YANG DIINDUKSI INOKULUM *Trichoderma* sp.  
(BIO GGP 2) TERHADAP PENEKANAN PATOGEN  
*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* DAN PERTUMBUHAN  
TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)**

(Tesis)

Oleh

**SESTI EDINA MERISCA  
NPM 2027021011**



**MAGISTER BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### UJI EFEKTIVITAS *AERATED COMPOST TEA* SERAT BROMELAIN YANG DIINDUKSI INOKULUM *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) TERHADAP PENEKANAN PATOGEN *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* DAN PERTUMBUHAN TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)

Oleh

SESTI EDINA MERISCA

Industri nanas di Indonesia mengalami perkembangan yang cukup tinggi. Dalam kegiatan produksinya dihasilkan limbah produk nanas seperti serat bromelain yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan kompos. Kompos adalah hasil penguraian bahan organik yang telah mengalami pelapukan. Untuk mempercepat pengomposan diperlukan penambahan inokulum sebagai induser, salah satunya inokulum *Trichoderma* sp. yang bersifat lignoselulolitik. Pemanfaatan *Trichoderma* sp. dalam proses pengomposan dan agen pengendali hayati, mendukung penemuan teknologi baru yang ramah lingkungan, yaitu *Aerated Compost Tea* (ACT) yang diketahui memiliki manfaat ganda untuk tanaman, yaitu dapat menekan pertumbuhan patogen serta meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas kimia, biologi, serta efektivitas ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) terhadap penekanan pertumbuhan *X. campestris* pv. *campestris* dan pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi *X. campestris* pv. *campestris*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2022 sampai Mei 2022 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung. Penelitian ini terdiri dari 3 tahapan pengujian ACT serat bromelain, yaitu uji kualitas kimia dan biologi, uji *in vitro*, dan uji *in vivo* ACT serat bromelain terhadap penekanan pertumbuhan *X. campestris* pv. *campestris* dan pertumbuhan tanaman buncis. Pengujian *in vitro* dan *in vivo* ACT serat bromelain menggunakan RAL 1 faktor, dengan faktor perlakuan adalah ACT serat bromelain menggunakan kompos : air yaitu, 1:3; 1:4; dan 1:5 dengan waktu aerasi selama 72 jam. Data kualitatif hasil uji kualitas dan uji *in vitro* ACT disajikan dalam bentuk deskriptif. Data kuantitatif hasil uji *in vivo* ACT serat bromelain dianalisis ragam menggunakan ANOVA. Perbedaan antar perlakuan dilakukan uji *Tukey* pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ACT serat

bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) memiliki kualitas kimia dan biologi yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol, dengan hasil tertinggi ditunjukkan perlakuan P1 yaitu 1 : 3 (100 gram kompos : 300 mL air). Data hasil penelitian menunjukkan bahwa ACT serat bromelain mampu menekan pertumbuhan *X. campestris* pv. *campestris* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi *X. campestris* pv. *campestris*. Perbandingan konsentrasi kompos : air yang terbaik ditunjukkan pada perlakuan P1, yaitu 1 : 3 (100 gram kompos : 300 mL air).

Kata Kunci: *Aerated Compost Tea* (ACT), *Phaseolus vulgaris* L.,  
*Trichoderma* sp., *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

## ABSTRACT

### EFFECTIVENESS TEST OF AERATED COMPOST TEA BROMELAIN FIBER INDUCED BY INOCULUM *Trichoderma* sp. (BIO GGP 2) AGAINST REPRESSION OF THE PATHOGEN *Xanthomonas campestris* *pv. campestris* AND GROWTH OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)

By

SESTI EDINA MERISCA

The pineapple industry in Indonesia is experiencing a fairly high development. In the production of pineapple waste products such as bromelain fiber which can be used as compost material. Compost is the result of decomposition of organic matter that has undergone weathering. To encourage composting, it is necessary to add inoculum as inducer, one of which is *Trichoderma* sp. which is lignocellulolytic. Utilization of *Trichoderma* sp. in the composting process and biological control agents, supports the discovery of new environmentally friendly technology, namely Aerated Compost Tea (ACT) which is known to have dual benefits for plants, namely to suppress the growth of pathogens and increase plant growth. This study aims to determine the chemical quality, biology, and effectiveness of bromelain fiber ACT induced by *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) against growth suppression of *X. campestris pv. campestris* and the growth of chickpea plants infected with *X. campestris pv. campestris*. This research was carried out from February 2022 to May 2022 at the Laboratory of Microbiology, FMIPA, University of Lampung. This study consisted of 3 stages of bromelain fiber ACT testing, namely chemical and biological quality tests, in vitro tests, and in vivo bromelain fiber ACT tests on growth suppression of *X. campestris pv.*

*campestris* and growth of chickpeas. In vitro and in vivo testing of bromelain fiber ACT using 1 factor RAL, with treatment factor is bromelain fiber ACT using compost: water, namely, 1:3; 1:4; and 1:5 with aeration time of 72 hours. Qualitative data from the quality test and in vitro ACT test results are presented in descriptive form. Quantitative data from bromelain fiber ACT in vivo test results were analyzed for variance using ANOVA. The difference between treatments was carried out by the Tukey test at a 5% significance level. The results showed that the bromelain fiber ACT induced by *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) has a higher chemical and biological quality than the treatment, with the results shown by treatment P1 which is 1: 3 (100 grams of compost: 300 mL of water). The research data showed that bromelain fiber ACT was able to suppress the growth of *X. campestris* pv. *campestris* and increased the growth of chickpea plants infected with *X. campestris* pv. *campestris*. Comparison of the best concentration of compost : water was shown in treatment P1, which was 1: 3 (100 grams of compost: 300 mL of water).

Keywords: *Aerated Compost Tea* (ACT), *Phaseolus vulgaris* L., *Trichoderma* sp., *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

**UJI EFEKTIVITAS *AERATED COMPOST TEA* SERAT BROMELAIN YANG  
DIINDUKSI INOKULUM *Trichoderma* sp. (BIO GGP 2) TERHADAP  
PENEKANAN PATOGEN *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* DAN  
PERTUMBUHAN TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)**

**Oleh**

**Sesti Edina Merisca**

**Tesis**

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

**Pada**

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



**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2022**

Judul : **UJI EFEKTIVITAS *AERATED COMPOST TEA*  
SERAT BROMELAIN YANG DIINDUKSI  
INOKULUM *Trichoderma* sp. (BIO GGP 2)  
TERHADAP PENEKANAN PATOGEN  
*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* DAN  
PERTUMBUHAN TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus  
vulgaris* L.)**

Nama Mahasiswa : **Sesti Edina Merisca**

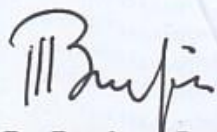
NPM : 2027021011

Program Studi : Magister Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

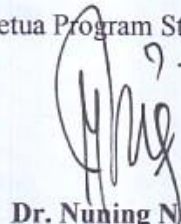


**Dr. Bambang Irawan, M.Sc.**  
NIP. 196503031992031006



**Dr. Mahfut, M.Sc.**  
NIP. 198109092014041001

2. Ketua Program Studi Magister Biologi



**Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.**  
NIP. 196603051991032001

MENGESAHKAN

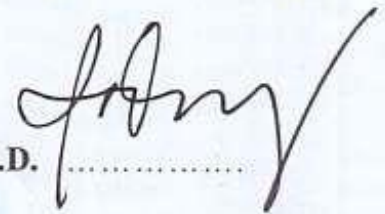
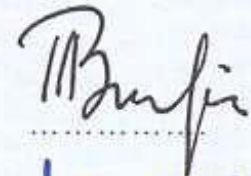
1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Bambang Irawan, M.Sc.

Sekretaris : Dr. Mahfut, M.Sc.

Penguji  
Bukan Pembimbing 1 : Dra. Rochmah Agustrina, Ph.D.

Bukan Pembimbing 2 : Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si.



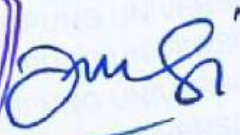
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Supto Dwi Yuwono, M.T

NIP. 197407052000031001

Dean of Postgraduate Program



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.

NIP. 197104151998031005

4. Tanggal Lulus Ujian: 04 Agustus 2022



## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sesti Edina Merisca

NPM : 2027021011

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 8 Agustus 2022  
Pembuat pernyataan,



Sesti Edina Merisca  
NPM. 2027021011

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjung Karang, Provinsi Lampung pada tanggal 30 September 1996. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Drs. Safwan dan Ibu Dra. Endang Setiawati. Penulis mengawali jenjang pendidikan di Taman Kanak-Kanak Aisyah Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2001, Sekolah Dasar Negeri 3 Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2003. Pada tahun 2008, penulis melanjutkan pendidikannya di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 2 Kota Gajah Kabupaten Lampung Tengah melalui jalur prestasi, dan pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikannya di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 9 Bandar Lampung.

Pada tahun 2014, penulis tercatat sebagai Mahasiswi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN), dan meraih gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada tahun 2018. Dan pada tahun 2020, penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Lampung. Penulis dinyatakan lulus sebagai Magister Sains (M.Si.) pada tahun 2022.

## *PERSEMBAHAN*

*Alhamdulillahirabbil'alamin*

*Dengan rahmat Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala karunia-Nya kupersembahkan karya sederhana ini sebagai tanda cinta dan kasihku kepada:*

*Papa dan Mama Tercinta yang selalu menyayangi, mengasahi, serta mendoakan ku dalam setiap langkah perjalanan hidupku.*

*Kakakku tersayang yang telah memberikan semangat, motivasi, do'a, dan dukungan dalam menyelesaikan pendidikanku.*

*Bapak Ibu Guru dan Dosen yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.*

*Sahabat-sahabatku yang selalu mendukung dan menemaniku selama ini.*

*Almamaterku tercinta Universitas Lampung.*

## *MOTTO*

*“Tidak ada balasan untuk kebaikan,  
selain kebaikan itu sendiri”*

*(Q.S. Ar-Rahman: 60)*

*“Pemenang adalah seseorang yang berani untuk bangkit  
kembali saat dia terjatuh”*

*(Kim Hanbin)*

*“Bermimpilah setinggi langit, bersabarlah seperti Ibu,  
berjuanglah seperti Ayah, dan berproseslah seperti padi,  
perlahan tapi pasti”*

*(Tere Liye)*

*“Life is so short. Let's make the best of our time in this earth”*  
*(Park Jaehyung)*

## SANWACANA

*Assalamualikum Wr. Wb*

Segala puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik segala alam semesta dan seisinya yang telah memberikan limpahan karunia dan rahmat-Nya kepada penulis. Atas kehendak-Nya penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul **“UJI EFEKTIVITAS *AERATED COMPOST TEA* YANG DIINDUKSI INOKULUM *Trichoderma sp.* (BIOGGP 2) TERHADAP PENEKANAN PATOGEN *Xanthomonas campestris pv. campestris* DAN PERTUMBUHAN TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris L.*)”**. Penghargaan dan ucapan terima kasih penulis haturkan kepada semua pihak atas arahan, bimbingan, semangat, ilmu, ide, saran, kritik, dan nasehat sehingga tesis ini dapat terselesaikan, antara lain kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Bambang Irawan, M.Sc. selaku Pembimbing I dan Pembimbing Akademik yang dengan sabar memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, motivasi, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan tesis.
5. Bapak Dr. Mahfut, M.Sc. selaku Pembimbing II yang telah membimbing dengan sabar, memberikan ilmu pengetahuan, nasihat, motivasi, arahan dan saran, dalam perkuliahan dan penyusunan tesis.

6. Ibu Dra. Rochmah Agustina, Ph.D. selaku Pembahas I yang telah memberikan ilmu pengetahuan, nasihat, arahan dan saran dalam perkuliahan dan penyusunan tesis.
7. Ibu Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si. selaku Pembahas II atas semua ilmu pengetahuan, bimbingan, saran, dan arahan dalam perkuliahan dan penyusunan tesis.
8. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Magister Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung atas ilmu pengetahuan, bimbingan, nasihat, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan tesis.
9. Bapak Drs. M. Kanedi, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
10. Bapak Dr. Sumardi, M.Si selaku Kepala Laboratorium Mikrobiologi, FMIPA, Universitas Lampung.
11. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Drs. Safwan dan Ibu Dra. Endang Setiawati yang telah memberikan cinta dan kasih sayangnya yang tak terhingga, serta atas do'a, motivasi, semangat dan dukungan baik moril dan materi sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Terima kasih untuk segalanya.
12. Kedua kakakku tersayang, Udo Vicky Hendrawan dan Kakamas Indah Purnama. Terima kasih atas dukungan, nasihat, dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
13. Ibu Oni Mastuti, S.Si., selaku laboran tersayang yang telah membantu dan memberikan penulis semangat dan motivasi dalam menyelesaikan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi, FMIPA, Universitas Lampung.
14. Seluruh Dosen dan Staff Civitas Akademik Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung, terima kasih telah banyak memberikan ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
15. Sahabat-sahabatku tim "Menuju M.Si." tersayang. Moza Fierda Atiek dan Nadia Fakhriyati Arfa, terima kasih atas bantuan, kebersamaan, canda dan tawanya selama ini.

16. Sahabatku Triana Gusmaryana, terima kasih karena sudah selalu ada untukku, serta atas semua do'a, motivasi, kasih sayang, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
17. Rekan seperjuangan selama kuliah Suminta Frida Hairisah, Sabti Martini, dan Indah Yusni, terima kasih atas bantuan, kerjasama, dan kebersamaannya selama ini.
19. Seluruh teman-teman Magister Biologi angkatan 2020.
20. Kim Hanbin, IKON, Day6, dan Park Jaehyung, yang telah memberikan penulis semangat dan motivasi melalui karya-karyanya.
21. Seluruh pihak yang telah membantu dalam proses perkuliahan, yang tidak dapat dituliskan satu persatu, Saya ucapakan terimakasih.
22. Serta almamater tercinta, Universitas Lampung.

Akhir kata, penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi setiap orang yang membacanya.

*Wassalamualaikum Wr.Wb.*

Bandar Lampung, 8 Agustus 2022

Penulis,

*Sesti Edina Merisca*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>v</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	4
1.3 Kerangka Pikir .....	4
1.4 Hipotesis .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Nanas ( <i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.) .....	7
2.2 Fungi Dekomposer .....	9
2.2.1 <i>Trichoderma</i> sp. ....	9
2.2.2 Inokulum .....	12
2.3 Kompos dan Proses Pengomposan .....	12
2.3.1 <i>Compost Tea</i> .....	14
2.3.2 Manfaat <i>Compost Tea</i> .....	15
2.4 Buncis ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	16
2.5 <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> .....	19
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat .....	21
3.2 Alat dan Bahan .....	21
3.2.1 Alat .....	21
3.2.2 Bahan .....	21
3.3 Rancangan Penelitian .....	22
3.4 Diagram Alir .....	24
3.5 Prosedur Kerja .....	25
3.5.1 Pembuatan Media .....	25
3.5.1.1 <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA) .....	25
3.5.1.2 <i>Yeast Extract Agar</i> (YEA) .....	25
3.5.2 Peremajaan Fungi <i>Trichoderma</i> sp. (Bio GGP 2) .....	26
3.5.3 Peremajaan <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> .....	26



3.5.4 Preparasi Media Inokulum <i>Trichoderma</i> sp. (Bio GGP 2) .....	26
3.5.5 Penghitungan Jumlah Spora dan <i>Colony Forming Unit</i> (CFU) .....	27
3.5.6 Aplikasi Inokulum <i>Trichoderma</i> sp. (Bio GGP 2) pada Pengomposan Serat Bromelain .....	28
3.5.7 Pembuatan ACT Serat Bromelain.....	29
3.5.8 Analisis Kimia ACT Serat Bromelain .....	29
3.5.8.1 Penentuan Kadar C-Organik Total.....	29
3.5.8.2 Penentuan Kadar N-Organik Total.....	30
3.5.8.3 Penentuan Kadar P .....	30
3.5.8.4 Penentuan Kadar K .....	31
3.5.8.5 Rasio C/N .....	32
3.5.9 Penghitungan Populasi Mikroba Pada ACT Serat Bromelain .....	32
3.5.10 Uji <i>In Vitro</i> ACT Serat Bromelain Terhadap Penekanan Patogen <i>Xanthomonas</i> <i>campestris</i> pv. <i>campestris</i> .....	33
3.5.11 Uji <i>In Vivo</i> ACT Serat Bromelain Terhadap Penekanan Patogen <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> Pada Tanaman Buncis .....	35
3.5.11.1 Intensitas Kejadian Penyakit .....	35
3.5.11.2 Pengamatan Morfologi Tanaman Buncis .....	37
3.5.11.2.1 Tinggi Tanaman .....	37
3.5.11.2.2 Jumlah Daun .....	37
3.5.11.2.3 Berat Segar .....	37
3.5.11.2.4 Berat Kering .....	37
3.5.11.3 Pengamatan Fisiologi Tanaman Buncis .....	38
3.5.11.3.1 Analisis Kandungan Klorofil .....	38
3.5.11.3.2 Analisis Kandungan Karbohidrat .....	38
3.5.11.3.3 Analisis Kandungan Enzim Peroksidase .....	39
3.6 Analisis Data .....	39

#### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Penelitian .....	40
4.1.1 Kualitas Kimia dan Biologi ACT Serat Bromelain .....	40
4.1.1.1 Analisis Kimia ACT Serat Bromelain .....	40
4.1.1.2 Penghitungan Populasi Mikroba ACT Serat Bromelain .....	41
4.1.2 Uji <i>In Vitro</i> ACT Serat Bromelain Terhadap Penekanan Pertumbuhan <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> .....	42

4.1.3 Uji <i>In Vivo</i> ACT Serat Bromelain Terhadap Penekanan Patogen <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> .....	43
4.1.3.1 Intensitas Kejadian Penyakit .....	43
4.1.3.2 Pengamatan Morfologi Tanaman Buncis .....	45
4.1.3.3 Pengamatan Fisiologi Tanaman Buncis .....	47
4.2 Pembahasan .....	48
4.2.1 Kualitas Kimia dan Biologi ACT Serat Bromelain .....	48
4.2.1.1 Analisis Kimia (C, N, P, K, dan Rasio C/N) ACT Serat Bromelain .....	48
4.2.1.2 Jumlah Populasi Mikroba ACT Serat Bromelain .....	51
4.2.2 Penekanan Pertumbuhan Patogen <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> Secara <i>In Vitro</i> Oleh ACT Serat Bromelain .....	52
4.2.3 Penekanan Patogen <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> Pada Tanaman Buncis Secara <i>In Vivo</i> Oleh ACT Serat Bromelain .....	54
4.2.3.1 Intensitas Kejadian Penyakit .....	54
4.2.3.2 Pengamatan Morfologi Tanaman Buncis .....	57
4.2.3.3 Pengamatan Fisiologi Tanaman Buncis .....	60
<b>V. KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>70</b>
Tabel 5 .....	71
Gambar 11- 31 .....	83

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Kualitas Kimia ACT Serat Bromelain Yang Diinduksi Inokulum <i>Trichoderma</i> sp. (Bio GGP 2) .....	40
2. Nilai Rata-Rata Populasi Bakteri dan Fungi ACT Serat Bromelain Yang Diinduksi Inokulum <i>Trichoderma</i> sp. (Bio GGP 2) .....	41
3. Persentase Intensitas Kejadian Penyakit Tanaman Buncis Yang Diinfeksi Patogen <i>X. campestris</i> pv. <i>campestris</i> .....	44
4. Kandungan Klorofil Karbohidrat, dan Enzim Peroksidase Tanaman Buncis Hasil Aplikasi ACT Serat Bromelain Yang Diinduksi Inokulum <i>Trichoderma</i> sp. (Bio GGP 2) .....	47

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Morfologi Tanaman Nanas .....	8
2. Isolat fungi <i>Trichoderma</i> sp. (Bio GGP2) .....	11
3. Tanaman dan buah buncis .....	17
4. Diagram alir penelitian .....	24
5. Tata letak konsentrasi ACT serat bromelain.....	29
6. Uji <i>in vitro</i> ACT serat bromelain .....	34
7. Jenis interaksi pada pengujian kompatibilitas .....	35
8. Hasil uji kompatibilitas ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum <i>Trichoderma</i> sp. (Bio GGP 2) .....	42
9. Daun tanaman buncis terinfeksi <i>X. campestris</i> pv. <i>campestris</i> .....	44

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri nanas merupakan salah satu agroindustri yang saat ini berkembang cukup pesat di Indonesia. Dalam kegiatan produksinya agroindustri nanas tidak hanya menghasilkan buah nanas, melainkan juga menyisakan limbah industri yang berdampak negatif pada lingkungan seperti serat bromelain. Serat bromelain diperoleh dari berbagai bagian tanaman nanas, seperti bonggol dan daging buah yang sulit terdekomposisi karena memiliki kandungan serat kasar yang cukup tinggi. Kandungan serat kasar bromelain diantaranya selulosa (62,9% - 65,7%), hemiselulosa (25,95%), lignin (4,4%-4,7%), serat kasar (22,3% - 25,4%) dan abu (3,7% - 4,1%) (Riana., 2012).

Limbah serat bromelain yang melimpah perlu ditangani secara khusus. Salah satunya yaitu dengan cara memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan pembuatan pupuk organik atau kompos. Kompos merupakan sisa bahan organik yang berasal dari tanaman, hewan, dan limbah organik yang telah mengalami proses dekomposisi atau fermentasi (Susetya, 2016). Pengomposan merupakan proses perombakan atau dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dalam keadaan lingkungan yang terkontrol dan hasil akhirnya berupa humus atau kompos (Murbandono, 2008).

Proses pengomposan yang berlangsung secara alami membutuhkan waktu yang cukup lama sampai bahan-bahan organik tersebut mengalami pelapukan dan pembusukan. Proses pengomposan dapat dipercepat dengan bantuan mikroorganisme pengurai yang berperan sebagai induser. Penambahan induser dari strain mikroba tertentu, selain mempercepat proses dekomposisi bahan

organik juga akan meningkatkan kadar N yang berperan sebagai hara tambahan bagi kelangsungan hidup mikroba (Widarti dkk., 2015).

Mikroorganisme pengurai yang dapat dijadikan sebagai induser dalam proses pengomposan adalah inokulum fungi yang bersifat saprofit. Penambahan inokulum fungi dalam proses pengomposan mampu mempercepat proses penguraian bahan organik serta dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman dan kesuburan tanah (Irawan *et al.*, 2014). Fungi memperoleh nutrisi dan sumber energinya dari organisme mati seperti sisa tumbuhan dan hewan, kemudian nutrisi yang didapatkan tersebut akan didaur ulang dan kandungannya dapat digunakan oleh organisme lain (Campbell *et al.*, 2008). Fungi dapat mengekskresikan enzim ekstraseluler untuk mendegradasi polimer karbohidrat menjadi monomer sederhana dan gula reduksi seperti glukosa sebagai produknya (Irawan *et al.*, 2014).

Salah satu fungi yang dapat dijadikan sebagai induser dalam proses pengomposan adalah *Trichoderma* sp. Fungi ini merupakan mikroorganisme tanah yang bersifat saprofit dan lignoselulolitik (Amin dkk., 2015). *Trichoderma* sp. dapat mempercepat laju dekomposisi pada proses pengomposan serta berperan sebagai agen hayati pengendali mikroba patogen pada tanaman (Amin dkk., 2015). Hal ini dikarenakan mekanisme antagonis yang dimiliki oleh *Trichoderma* sp. (Gusnawaty, 2014), yaitu dengan cara kompetisi, parasitisme, antibiosis, dan lisisnya dinding sel mikroba patogen (Purwantisari dan Hastuti, 2009). *Trichoderma* sp. mampu menghasilkan senyawa antibiotik yang termasuk kelompok furanon yang dapat menghambat pertumbuhan spora dan hifa dari jamur patogen (Herliyana dkk., 2013).

Pemanfaatan *Trichoderma* sp. dalam proses pengomposan dan peranannya sebagai agen pengendali hayati, mendukung penemuan teknologi baru yang ramah lingkungan. Produk teknologi pengomposan yang saat ini sedang berkembang pesat adalah pembuatan *compost tea* (CT). CT merupakan ekstrak air kompos oksigenat yang diperoleh melalui proses penganginan dalam fase cair

(Pane *et al.*, 2016). Bahan yang digunakan dalam membuat ekstrak air kompos ini berasal dari kompos padat yang telah matang, berkualitas baik, bebas dari mikroorganisme patogen serta kandungan asam organiknya yang rendah (Pant *et al.*, 2012). CT dapat dibuat dalam waktu yang relatif singkat dan dalam skala besar. Proses pembuatannya dapat dilakukan dalam kondisi aerobik yang diperkaya dengan kandungan nutrisi dan kultur mikroba agar meningkatkan kandungan unsur hara di dalam CT. Proses pembuatan CT dengan metode tersebut dinamakan dengan *Aerated Compost Tea* (ACT) (Pant *et al.*, 2011).

ACT dapat dijadikan sebagai sumber inokulum mikroba, pupuk alternatif, fungisida, dan pestisida bagi tanaman (Pant *et al.*, 2011). Keunggulan dari ACT apabila diaplikasikan pada tanaman dapat meningkatkan kesehatan dan kesuburan tanaman. Karena ACT menyediakan unsur hara terlarut yang lebih cepat untuk diserap tanaman dan pada saat yang bersamaan memberikan biopestisida untuk mencegah ataupun menghambat infeksi patogen penyebab penyakit tanaman (Berek, 2017). Sifat penghambatan terhadap patogen yang dimiliki oleh ACT pada dasarnya terkait dengan mekanisme antagonis mikroorganisme yang berkembang biak di dalam cairan ACT (Pane *et al.*, 2012). Mekanisme antagonis yang ditunjukkan yaitu dengan cara mengeluarkan senyawa antibiotik (Zhang *et al.*, 1998), parasitisme (El-Masry *et al.*, 2008), dan persaingan nutrisi (Al-Mughrabi *et al.*, 2008). Hal ini juga diperkuat dari beberapa penelitian lainnya yang menunjukkan bahwa komunitas mikroba dalam ACT dapat menekan pertumbuhan mikroba patogen, seperti penyakit bintik bakteri pada tomat (Al-Dahmani *et al.*, 2003), penyakit busuk daun kentang (Al-Mughrabi, 2007) dan penyakit antraknosa pada lada dan ketimun (Sang and Kim, 2011).

Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) merupakan tanaman sayuran kacang-kacangan yang tergolong tanaman semusim. Tanaman tersebut banyak dikonsumsi masyarakat luas, karena kandungan proteinnya yang cukup tinggi (Rukmana, 2014). Disisi lain, produktivitas buncis mengalami permasalahan, salah satu diantaranya yaitu penyakit busuk hitam yang disebabkan oleh mikroba patogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Oleh karena itu diperlukan suatu

penanganan khusus untuk mengendalikan bakteri patogen tersebut agar tidak menimbulkan kerugian yang lebih besar bagi para petani. Salah satu cara alternatifnya adalah dengan cara pemupukan menggunakan ACT.

Pengembangan eksplorasi untuk menguji efektivitas ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) terhadap penekanan patogen *X. campestris* pv. *campestris* dan pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi *X. campestris* pv. *campestris* merupakan suatu masalah yang menarik untuk diteliti lebih lanjut. Diharapkan aplikasi ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2), dapat menekan pertumbuhan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman buncis.

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kualitas kimia (C, N, P, K, dan rasio C/N) dan biologi (populasi mikroba) ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2).
2. Untuk mengetahui pengaruh pemberian ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) terhadap penekanan pertumbuhan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* secara *in vitro*.
3. Untuk mengetahui pengaruh pemberian ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) terhadap pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*.

## 1.3 Kerangka Pikir

Kompos merupakan sisa bahan organik yang berasal dari tanaman, hewan dan limbah organik yang telah mengalami proses dekomposisi. Kompos mengandung unsur hara makro dan mikro yang cukup banyak seperti C, N, P, K serta memiliki



kemampuan dalam menyerap air yang cukup baik. Salah satu bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kompos adalah serat bromelain. Serat bromelain merupakan salah satu limbah industri pengolahan nanas. Serat bromelain diperoleh dari berbagai bagian tanaman nanas seperti bonggol dan daging buah yang sulit terdekomposisi karena memiliki kandungan serat kasar yang cukup tinggi seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin yang sulit terdegradasi. Diperlukan suatu penanganan khusus untuk mempercepat laju dekomposisi limbah serat bromelain ini, salah satunya adalah dengan penambahan fungi saprofit sebagai induser. Fungi mampu mengekskresikan enzim ekstraseluler untuk mendekomposisi polimer karbohidrat di dalam serat bromelain menjadi monomer sederhana dengan produk akhir berupa gula pereduksi (glukosa). Nutrisi hasil dekomposisi tersebut dapat didaur ulang oleh mikroorganisme induser, kemudian akan digunakan oleh organisme lain.

Fungi *Trichoderma* sp. merupakan mikroorganisme tanah yang bersifat saprofit dan lignoselulolitik. Penambahan *Trichoderma* sp. dalam proses pengomposan serat bromelain diharapkan mampu mempercepat laju dekomposisi pada proses pengomposan serat bromelain serta meningkatkan kualitas kompos. *Trichoderma* sp. dapat berperan sebagai agen hayati pengendali mikroba patogen pada tanaman, karena mekanisme antagonis yang dimilikinya dalam menghambat pertumbuhan patogen, yaitu dengan cara menghasilkan senyawa antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan hifa dan spora mikroba patogen.

Seiring dengan perkembangan teknologi, saat ini telah banyak dikembangkan inovasi baru mengenai teknologi pemupukan organik sebagai alternatif biologis untuk meningkatkan perlindungan dan kualitas tanaman secara berkelanjutan. Salah satunya adalah pembuatan *Aerated Compost Tea* (ACT), yaitu ekstrak air kompos oksigenat yang diperoleh melalui proses penganginan dalam fase cair dengan kondisi aerobik. Aplikasi ACT pada tanaman mampu meningkatkan kesehatan dan kesuburan tanaman, karena ACT menyediakan unsur hara terlarut yang lebih cepat diserap tanaman dan pada saat yang bersamaan memberikan biopestisida untuk mencegah ataupun menekan serangan mikroba patogen

penyebab penyakit tanaman. Sifat penekan patogen yang dimiliki oleh ACT disebabkan oleh kehadiran mikroorganisme yang berkembang biak dalam cairan ACT melalui mekanisme biologis alami yang terkontrol, antara lain pengeluaran senyawa antibiotik, sifat parasitisme, dan kemampuan kompetisi dalam memperoleh nutrisi. Beberapa mikroorganisme yang terdapat di dalam ACT di antaranya *Trichoderma* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Rhizobacteria*.

Mikroorganisme tersebut mampu menghasilkan senyawa toksin berupa enzim  $\beta$ -1,3 glukanase, kitinase, dan selulase yang dapat menghambat pertumbuhan bahkan dapat membunuh mikroba patogen lainnya. Aplikasi ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) pada penelitian ini diharapkan akan menekan pertumbuhan bakteri patogen (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) serta meningkatkan status kesehatan dan fisiologis tanaman buncis.

#### 1.4 Hipotesis

1. Kualitas kimia (C, N, P, K, dan Rasio C/N) dan biologi (populasi mikroba) ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) tertinggi ditunjukkan pada konsentrasi kompos : akuades (100 gram kompos : 300 mL air).
2. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) dapat menekan pertumbuhan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* secara *in vitro*.
3. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.)

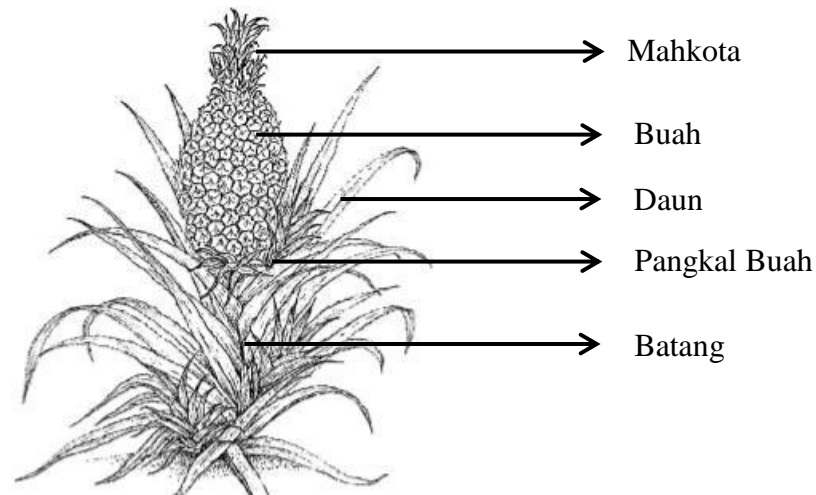
Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) merupakan tanaman yang banyak dibudidayakan di daerah tropis, termasuk di Indonesia. Industri nanas di Indonesia mengalami peningkatan, yang ditandai dengan meningkatnya hasil produksi nanas yang mencapai 2.447.243 ton/tahun (BPS, 2020). Budidaya nanas di Indonesia terbesar di Pulau Jawa, yaitu wilayah Subang, Purwakarta, Purbalingga, dan Majalengka, juga di Pulau Sumatera yang meliputi wilayah Lampung, Palembang, Bengkulu, dan Jambi (Herlambang, 2014). Tanaman nanas merupakan tanaman herba menahun, sehingga dapat hidup dalam berbagai musim (Dalimartha, 2000). Menurut Cronquist (1981) klasifikasi tanaman nanas adalah:

Kerajaan : Plantae  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Liliopsida  
Bangsa : Poales  
Suku : Bromeliaceae  
Marga : *Ananas*  
Jenis : *Ananas comosus* (L.) Merr.

Nanas merupakan golongan tanaman monokotil yang termasuk ke dalam suku bromeliaceae (Rukmana, 1996). Struktur morfologi tanaman nanas terdiri atas akar, batang, daun, bunga dan buah. Jenis akar tanaman nanas adalah akar serabut yang melekat pada pangkal batang dengan kedalaman perakarannya antara 30-50 cm di dalam tanah. Nanas memiliki batang yang cukup panjang yaitu 20-25 cm. Batang nanas berfungsi sebagai tempat melekatnya akar, daun, tunas, buah dan bunga. Diameter ketebalan batang nanas sekitar 2,0-3,5 cm dengan ruas batang yang pendek. Jumlah daun setiap batang nanas bervariasi antara 70-80 helai

dengan lebar antara 3-5 cm dan panjang 130-150 cm serta dilengkapi dengan duri kecil yang tidak tajam. Tanaman nanas memiliki bunga majemuk yang bersifat hermaprodit yang terdapat pada ketiak daun pelindung (Suprianto, 2016).

Morfologi tanaman nanas disajikan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Morfologi tanaman nanas (Bartholomew *et al.*, 2003)

Nanas memiliki kulit buah yang kasar dan keras. Semakin bertambah umur buah nanas maka tekstur buahnya akan semakin lunak (Riana, 2012). Buah nanas mengandung vitamin A, C, fosfor, magnesium, besi, natrium, kalium, sukrosa dan dekstrosa (Pramushinta, 2018). Selain itu menurut Wijana dkk. (1991) kulit buah nanas mengandung 20,87% serat kasar, 1,66% serat basah, 17,53% karbohidrat, 4,41% protein, 0,02% lemak, 81,72% air dan 13,65% gula pereduksi.

Buah nanas mengandung enzim proteolitik yang disebut dengan enzim bromelain yang berfungsi sebagai katalisator dalam reaksi hidrolisis protein. Enzim bromelain paling banyak ditemukan pada bagian tengah buah dan bonggol dari nanas (Naiola dan Widyastuti, 2007). Kandungan pada daun nanas diantaranya adalah selulosa (69,5%-71,5%), hemiselulosa (25,95%) dan lignin (7,31%) (Murni dkk., 2008). Serat bromelain merupakan salah satu limbah industri nanas yang diperoleh dari berbagai bagian tanaman nanas seperti bonggol dan daging buah yang sulit terdekomposisi karena memiliki kandungan serat kasar yang cukup tinggi yaitu sebesar 57,3% (Murni dkk., 2008).

## 2.2 Fungi Dekomposer

Fungi memiliki sifat saprofit yang salah satu perannya sebagai dekomposer. Sebagian besar tubuh fungi terdiri atas benang-benang yang disebut hifa, yang satu sama lainnya saling menjalin semacam jala yang disebut miselium. Hifa adalah suatu struktur fungus berbentuk tabung menyerupai seuntai benang panjang yang terbentuk dari pertumbuhan spora atau konidium. Hifa memiliki fungsi untuk menyerap nutrisi dari lingkungan serta membentuk struktur untuk reproduksi (Gandjar dkk., 2006). Pertumbuhan hifa berlangsung terus-menerus di bagian apikal, sehingga panjangnya tidak dapat ditentukan secara pasti (Carlile and Watkinson, 1994). Miselium dapat dibedakan atas miselium vegetatif yang berfungsi menyerap nutrisi dari lingkungan dan miselium fertil berfungsi dalam reproduksi (Brock and Madigan, 1991).

Fungi dekomposer merupakan suatu mikroorganisme heterotrof yang bertanggung jawab dalam dekomposisi pada proses pengomposan. Fungi dapat menguraikan molekul organik kompleks dengan cara menghasilkan enzim ekstraseluler, seperti selulase, hemiselulase, ligninase, kitinase dan sebagainya (Saraswati dkk., 2006). Organisme dekomposer menghasilkan enzim ekstraseluler untuk memecah polimer kompleks dari suatu substrat menjadi monomer sederhana (glukosa). Selanjutnya organisme dekomposer akan menyerap hasil penguraian senyawa organik tersebut untuk dijadikan sebagai sumber energi. Dengan kemampuannya dalam menghasilkan enzim ekstraseluler, fungi dekomposer diketahui dapat dijadikan sebagai bioaktivator yang dapat mempercepat suatu proses pengomposan.

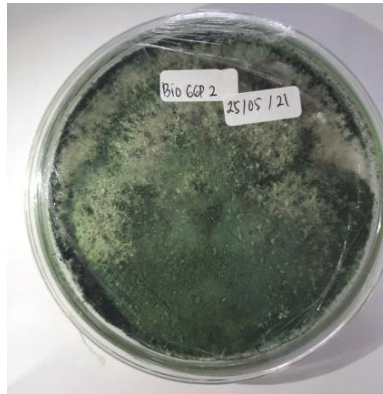
### 2.2.1 *Trichoderma* sp.

*Trichoderma* sp. merupakan salah satu jenis jamur saprofit dan lignoselulolitik yang banyak dijumpai pada semua jenis tanah. Menurut Harman (2006), sistematika dari *Trichoderma* sp. sebagai berikut:

Kerajaan : Fungi  
Filum : Deuteromycota  
Kelas : Deuteromycetes  
Bangsa : Moniliales  
Suku : Moniliaceae  
Marga : *Trichoderma*  
Jenis : *Trichoderma* sp.

Jamur ini memiliki ciri-ciri seperti konidia yang bersel tunggal dan berbentuk bulat atau oval. Konidiofora atau hifa fertil *Trichoderma* sp. bercabang dengan arah yang berlawanan dimana satu selnya melekat satu sama lain, serta memiliki miselium yang bersepta. Koloni *Trichoderma* pada awal masa inkubasi akan berwarna putih, selanjutnya setelah konidia atau tubuh buahnya terbentuk, jamur ini akan berwarna hijau kebiruan (Devi dkk., 2000).

Habitat *Trichoderma* sp. adalah tanah yang lembab. *Trichoderma* sp. dapat diisolasi dari biomassa jamur, serasah tanah, rizosfer berbagai tanaman, akar tanaman secara endofit, jaringan tanaman yang sehat, serta kayu mati (Suanda, 2019). *Trichoderma* sp. peka terhadap cahaya langsung serta tanah yang asam (Krishnamoorthy dkk., 1988). Suhu optimum untuk pertumbuhan *Trichoderma* sp. adalah pada kisaran 15-35°C (Domsch *et al.*, 1980), serta pH optimumnya adalah 4 - 5 (Krishnamoorthy dkk., 1988). Akibatnya *Trichoderma* sp. mampu menekan mikroorganisme patogen dengan lebih baik pada kondisi tanah yang masam dibandingkan kondisi tanah yang alkalis (Domsch *et al.*, 1980).



**Gambar 2.** Isolat fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) (Dokumentasi Pribadi)

*Trichoderma* sp. memiliki beberapa kelebihan diantaranya mudah untuk diisolasi, dapat tumbuh di berbagai jenis substrat dengan cepat, daya adaptasi yang luas, serta kisaran mikoparasitisme yang luas, dan tidak bersifat patogen pada tanaman (Arwiyanto, 2003). *Trichoderma* sp. mampu menghasilkan senyawa toksin berupa enzim  $\beta$ -1,3 glukonase, kitinase, dan selulase yang dapat menghambat pertumbuhan bahkan dapat membunuh mikroba patogen lainnya (Talanca dkk., 1998).

*Trichoderma* sp. merupakan salah satu mikroorganisme yang bersifat multifungsional, selain sebagai induser dalam pengomposan, juga dapat berfungsi sebagai agen hayati dan stimulator bagi pertumbuhan suatu tanaman (Fadila, 2018). Menurut Affandi dkk. (2001), *Trichoderma* sp. memainkan peran kunci dalam proses dekomposisi senyawa organik, terutama dalam mendegradasi senyawa-senyawa yang sulit terdegradasi seperti lignoselulosa. Penambahan inokulum *Trichoderma* sp. dalam proses pengomposan mampu mempercepat laju dekomposisi serta meningkatkan kualitas kompos. Apabila di aplikasikan pada tanaman akan memberikan pengaruh positif terhadap perakaran tanaman, pertumbuhan tanaman dan meningkatkan kandungan unsur hara makro serta mikro pada media tanam (Amin dkk., 2015). Hal ini dinilai menjadi keunggulan tersendiri bagi *Trichoderma* sp. sebagai bioaktivator dan agensia pengendali hayati.

### 2.2.2 Inokulum

Inokulum merupakan kultur mikroorganisme yang diinokulasikan ke dalam suatu medium (Pelczar, 2007), pada saat kultur mikroorganisme tersebut berada dalam fase pertumbuhan eksponensial (Suriawiria, 2005). Dalam pembuatan inokulum, media yang digunakan disesuaikan dengan karakteristik serta kebutuhan fungi yang akan digunakan. Beberapa media yang dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan inokulum yaitu jagung (*Zea mays* L.), sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), beras (*Oriza sativa*) dan serasah nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.).

Adanya penambahan inokulum dalam proses pengomposan dapat mendatangkan mikroorganisme dekomposer lainnya serta meningkatkan kandungan nitrogen di dalam tumpukan kompos tersebut (Novien, 2004). Penambahan inokulum fungi dalam pengomposan mampu mempercepat proses penguraian bahan organik serta dapat meningkatkan unsur hara dari tanaman dan kesuburan tanah (Irawan *et al.*, 2014). Selain itu menurut Salim (2015), penggunaan inokulum kultur mikroorganisme dapat mengoptimalkan proses fermentasi sehingga dapat dihasilkan produk dengan kualitas yang baik. Menurut Stanburry and Whittaker (1984), terdapat beberapa kriteria inokulum yang dapat dimanfaatkan sebagai starter dalam proses pengomposan, diantaranya adalah bebas dari kontaminasi, sehat dan dalam keadaan yang aktif sehingga dapat mempersingkat fase adaptasi, tersedia dalam jumlah yang cukup sehingga dapat menghasilkan inokulum dalam takaran yang optimum, serta dapat mempertahankan kemampuannya dalam membentuk produk.

### 2.3 Kompos dan Proses Pengomposan

Kompos adalah hasil penguraian bahan organik yang dilakukan oleh sejumlah mikroorganisme pengurai dalam lingkungan aerob atau anaerob dengan hasil akhir berupa humus (Sriharti dan Takiyah, 2010). Bahan organik kompos berasal dari serasah daun-daunan, kotoran hewan, jerami, rumput-rumputan dan lain-lain



(Setyorini dkk., 2006). Pembuatan kompos dilakukan dengan mengatur dan mengontrol campuran bahan organik yang seimbang, pemberian air yang cukup, pengaturan aerasi, dan pemberian *effective inoculant* atau aktivator pengomposan (Manuputty *et al.*, 2012)

Bahan organik di alam berperan sebagai suatu penyangga yang dapat meningkatkan kandungan unsur hara tanah serta berfungsi untuk memperbaiki sifat-sifat fisika, kimia, dan biologi tanah (Pereira *et al.*, 2014). Keberadaan kompos secara fisik, dapat memperbaiki aerasi dan drainase tanah, menstabilkan agregat tanah, serta meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air. Sedangkan manfaat kompos secara kimiawi yaitu untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara makro maupun mikro tanah, serta meningkatkan efisiensi pengambilan unsur hara tanah oleh tanaman. Secara biologis, kompos dapat berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah yang mampu melepaskan hara esensial bagi tanaman (Sutanto, 2002).

Beberapa faktor penting yang harus diperhatikan dalam proses pengomposan adalah faktor rasio C/N, kadar air, populasi mikroba dan porositas campuran dari kompos (Siregar dan Sri, 2006). Mikroorganisme akan mengalami kematian atau tidak berkembang apabila tidak berada pada keadaan lingkungan yang tidak sesuai dengan syarat hidupnya. Kelembaban dan pH yang optimal untuk pertumbuhan mikroorganisme pengurai adalah  $\pm 60\%$  (Sentana, 2010), dan pada kisaran pH 6.5-7.5 (Novien, 2004). Suhu yang optimal dalam proses pengomposan adalah pada kisaran 30-50°C (Novien, 2004). Apabila suhu terlalu rendah maka mikroorganisme pengurai tidak dapat bekerja secara optimal atau akan mengalami dormansi dan apabila suhu terlalu tinggi mikroorganisme pengurai akan mati. Selama proses pengomposan berlangsung, aktivitas mikroorganisme pengurai dapat menghasilkan panas. Oleh karena itu, diperlukan proses pembalikan pada kompos agar suhu di dalam kompos tetap terjaga optimal.

Pada lingkungan terbuka, proses pengomposan bahan organik dapat berlangsung secara alami. Proses pengomposan yang berlangsung alami di alam membutuhkan waktu yang lama. Proses ini dapat dipercepat dengan menambahkan mikroorganisme pengurai sebagai induser atau aktivator, sehingga dalam waktu yang relatif singkat akan dihasilkan kompos yang berkualitas (Widarti dkk., 2015). Penggunaan mikroorganisme sebagai aktivator dalam proses pembuatan kompos, akan meningkatkan kandungan unsur hara yang terdapat di dalam pupuk kompos (Triwibowo, 2005).

Proses pengomposan melibatkan sejumlah organisme tanah termasuk bakteri, jamur, *protozoa*, *aktinomisetes*, *nematoda*, cacing tanah, dan serangga. (Kesumaningwati, 2000). Selama proses pengomposan bahan organik mengalami perubahan-perubahan unsur kimia serta penguraian menjadi senyawa yang dapat diserap oleh tanaman, seperti karbohidrat, selulosa, hemiselulosa, lemak dan lilin menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Mulyatun, 2016). Kandungan hara dalam kompos sangat bervariasi tergantung dari bahan yang dikomposkan, cara pengomposan, dan cara penyimpanannya (Siregar dan Sri, 2006).

Kualitas kompos ditentukan dari tingkat kematangan kompos seperti warna, tekstur, suhu, pH, bau, serta kualitas bahan organik dari bahan kompos. Kompos yang telah matang dan berkualitas baik memiliki ciri visual seperti butiran tanah yang lebih halus dan berwarna coklat agak kehitaman menyerupai tanah (Siregar dan Sri, 2006), bertekstur remah, dan tidak menimbulkan bau busuk (Sutanto, 2002).

### **2.3.1 Compost Tea**

*Compost tea* adalah ekstrak air kompos oksigenat yang diperoleh melalui proses penganginan dalam fase cair baik dengan aerasi ataupun tanpa aerasi (Pane et al., 2016). Aplikasi CT pada tanaman akan memberikan perlindungan bagi tanaman terhadap patogen serta meningkatkan kualitas fisiologis tanaman (Marin *et al.*,

2008). Pemberian *compost tea* pada tanaman diketahui dapat menambah substansi humus, hormon pertumbuhan tanaman, enzim serta senyawa-senyawa organik lainnya ke dalam tanah (Pant *et al.*, 2012).

Bahan-bahan yang digunakan dalam membuat ekstrak *compost tea* berasal dari kompos padat yang telah matang dan berkualitas baik (Ingham, 2005). Kompos matang umumnya mengandung nutrisi mineral terlarut yang lebih tinggi, asam organik dan logam berat yang rendah (Griffin and Hutchinson, 2007). Kriteria kompos yang dapat dijadikan bahan untuk pembuatan *compost tea* yaitu kompos yang bertekstur halus, berbentuk remah, lembab, mengandung mikroorganisme bermanfaat tinggi, memiliki kandungan mineral dan nutrient yang tinggi (Pant *et al.*, 2012).

Teknologi pengomposan saat ini telah mengalami banyak perkembangan dan kemajuan. Pembuatan *compost tea* untuk pemupukan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Aerated Compost Tea* (ACT). ACT diseduh dalam peralatan mekanis skala besar, dengan jangka waktu yang relatif singkat, yaitu dapat disiapkan dalam kurun waktu 1-2 hari (Berek, 2017), menghasilkan masalah bau yang lebih sedikit (Ingham, 2005), dan dilengkapi dengan oksigen, nutrisi, dan strain mikroba untuk meningkatkan aktivitas biologis CT yang mengandung mikroba dan nutrisi aerobik (Naidu *et al.*, 2010).

### **2.3.2 Manfaat *Compost Tea***

Penggunaan *compost tea* sebagai pupuk dinilai lebih efisien serta dapat memberikan manfaat positif bagi tanaman yang diantaranya menyediakan unsur hara bagi tanaman, mengemburkan tanah, memperbaiki struktur serta tekstur tanah, meningkatkan daya ikat tanah terhadap air, memudahkan pertumbuhan akar tanaman, menyimpan air tanah lebih lama, mencegah lapisan kering pada tanah, dan mencegah beberapa penyakit akar. Keunggulan lainnya dari penggunaan *compost tea* sebagai pupuk organik, yaitu harganya lebih murah, memiliki

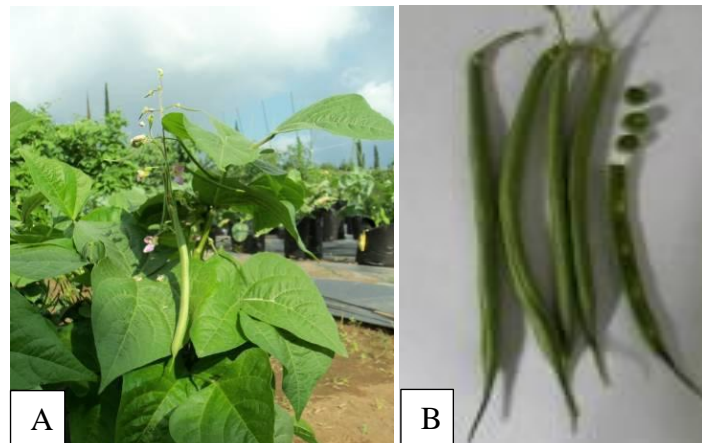
kualitas yang baik, ramah lingkungan, pemakaiannya lebih hemat, bersifat multitalan karena bisa digunakan di lahan pertanian, perkebunan dan reklamasi lahan (Irawan *et al.*, 2015).

Sifat penekan patogen yang dimiliki oleh CT pada dasarnya terkait dengan adanya kehadiran dari mikroorganisme yang berkembang biak di dalam cairan *compost tea* melalui mekanisme biologis yang terkontrol (Pane *et al.*, 2012). Hal tersebut merupakan bentuk antagonisme komunitas mikroba yang terkandung di dalamnya, yaitu melalui antibiotik, parasitisme, dan persaingan nutrisi (Al-Mughrabi *et al.*, 2008). Adapun mikroba yang terkandung di dalam *compost tea* diantaranya seperti *Trichoderma*, *Rhizobacteria*, dan *Pseudomonas* spp. Mikroba tersebut dapat memproduksi hormon pertumbuhan tanaman serta senyawa kimia yang bersifat antagonis terhadap berbagai patogen di dalam tanah, seperti phenol, siderophore, tannins, (Antonio *et al.*, 2008).

#### **2.4 Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Buncis yang memiliki nama ilmiah *Phaseolus vulgaris* L., merupakan tanaman hortikultura dari genus *Phaseolus*. Buncis berasal dari Meksiko, tepatnya wilayah Guatemala. Klasifikasi buncis menurut Cronquist (1981), adalah:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Fabales
Suku	: Fabaceae
Marga	: <i>Phaseolus</i>
Jenis	: <i>Phaseolus vulgaris</i> L.



**Gambar 3.** (A). Tanaman buncis, (B). buah buncis (Waluyo dan Diny, 2013).

Morfologi tanaman buncis dapat dilihat pada **Gambar 3**. Buncis termasuk tanaman semusim (*annual*) yang dibedakan atas dua tipe pertumbuhan, yaitu tipe pertumbuhan merambat dan tipe tegak (Rukmana, 2014). Akar tanaman buncis merupakan akar tunggang dengan sistem perakarannya yang tidak besar atau ekstensif serta percabangan lateralnya yang dangkal (Dian, 2010). Akar tunggang yang berukuran pendek, akan tetapi pada tanah remah yang dalam, akar tersebut dapat tumbuh hingga kedalaman sekitar 4 m. Akar dari tanaman buncis tergolong tidak tahan terhadap genangan air, karena dapat membusukan akar (Cahyono, 2010). Pada akar tanaman buncis terdapat bakteri *rhizobium* yang akan menyebabkan bintil berkembang pada akar lateral (Tanoto, 2015).

Buncis memiliki batang berbentuk bulat, tidak berkayu, relatif lunak, serta berbuku-buku. Buku-buku tersebut merupakan tempat melekatnya tangkai daun (Pitojo, 2004). Batang tanaman buncis beruas-ruas serta memiliki bulu-bulu halus dan biasanya tumbuh tegak lurus, serta memiliki tinggi sekitar 40 cm dari permukaan tanah (Dian, 2010). Tanaman buncis yang tumbuh merambat memiliki ukuran tinggi sekitar 2,4-3,5 m, yang tumbuh dari arah bawah menuju bagian atas dengan cara membelit kearah kanan ataupun searah dengan jarum jam (Amin, 2014).

Daun buncis berbentuk bulat lonjong dengan ujung daun yang runcing, tepi daun rata, memiliki tulang daun yang menyirip, dan daun berbulu yang berfungsi sebagai penahan atau penyimpan debu serta untuk menyerap cahaya matahari. Daun tanaman buncis yang berukuran kecil memiliki lebar berkisar 6-7,5 cm dan panjangnya 7,5-9 cm, sedangkan daun yang berukuran besar memiliki lebar sekitar 10-11 cm dan panjangnya 11-13 cm. Posisi duduk daun dari tanaman buncis adalah tegak agak mendatar dan bertangkai pendek. Setiap cabangnya terdapat tiga daun menyirip yang kedudukannya berhadapan (Cahyono, 2010).

Bunga tanaman buncis termasuk bunga sempurna, karena tanaman ini memiliki kelamin ganda (hermaprodit) (Dian, 2010). Bunga tanaman buncis berbentuk bulat panjang (silindris) dengan panjang sekitar 1,3 cm dan lebar bagian tengahnya 0,4 cm. Bunga buncis berukuran kecil dengan kelopak bunga berjumlah 2 buah dan pada bagian bawah atau pangkal bunga berwarna hijau (Cahyono, 2010). Bunga-bunga ini tumbuh pada cabang yang masih muda atau pucuk daun. Penyerbukan pada tanaman ini terjadi secara anemogami yaitu dengan bantuan angin dan juga dengan bantuan serangga sebagai agen penyerbuk. Bunga tanaman buncis memiliki variasi warna yang beragam tergantung dari jenis varietasnya seperti warna merah, putih, violet, dan kekuningan (Dian 2010).

Polong buncis memiliki bentuk yang bervariasi, hal ini tergantung dari jenis varietasnya, ada yang berbentuk pipih dan lebar dengan panjang lebih dari 20 cm, berbentuk bulat lurus dengan panjang kurang dari 12 cm, serta berbentuk silindris dengan panjang sekitar 12-20 cm (Prihatin, 2008). Polong dari tanaman buncis yang masih muda berwarna hijau muda, hijau tua atau kuning, tetapi setelah tua akan berubah warna menjadi kuning atau coklat ataupun kuning berbintik-bintik merah. Panjang polong berkisar antara 12-13 cm dan setiap polong mengandung biji antara 2-6 butir, dan terkadang mencapai 12 butir (Rukmana, 2014).

Biji buncis memiliki warna yang bervariasi tergantung dengan jenis dari varietas tanaman tersebut. Biji buncis berukuran lebih besar dibandingkan dengan tanaman kacang pada umumnya. Biji tanaman buncis yang telah tua bertekstur agak keras

dan ukurannya agak besar berbentuk bulat lonjong dengan bagian tengahnya (mata biji) yang sedikit melengkung. Berat biji buncis berkisar antara 16-40,6 gram per 100 bijinya, hal ini tergantung dari jenis varietasnya (Cahyono, 2010). Jumlah biji di dalam setiap polong buncis berkisar antara 4-12 butir (Zulkarnain, 2016).

### **2.5 *Xanthomonas campestris* pv. *campestris***

Menurut Agrios (2004), klasifikasi dari *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Prokariotik
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria
Bangsa	: Xanthomonadales
Suku	: Xanthomonadaceae
Marga	: <i>Xanthomonas</i>
Jenis	: <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>

*X. campestris* pv. *campestris* merupakan bakteri gram negatif yang menyebabkan busuk hitam (*black rot*) pada tanaman yang di infeksinya. Di Indonesia, penyakit busuk hitam dilaporkan pertama kali pada tahun 1931, kemudian pada tahun 1988 dilaporkan telah tersebar di daerah Jawa, Sumatera, dan Sulawesi (Semangun, 2001). Bakteri patogen ini tergolong bersel tunggal, tidak membentuk spora dan berbentuk batang dengan ukuran (0,3-0,5) x (2-7) mikron. *X. campestris* pv. *campestris* dapat bergerak aktif menggunakan flagellum tunggal polar (Direktorat Jenderal Hortikultura, 2010). *X. campestris* pv. *campestris* mempunyai banyak sinonim di antaranya *Bacillus campestris*, *Pseudomonas campestris*, *Bacterium campestre*, *Bacterium campestris*, dan *Phytomonas campestris* (Semangun, 2001).

Menurut Bajpai *et al.* (2011), genus *Xanthomonas* merupakan bakteri yang paling banyak berasosiasi dengan tanaman, baik tanaman dikotil maupun tanaman

monokotil. *Xanthomonas* sp. dapat menyebabkan penyakit yang serius pada tanaman pangan, hortikultura, dan tanaman hias. *X. campestris* pv. *campestris* merupakan patogen yang tersebar di hampir seluruh dunia dan umumnya menyerang lebih dari 30 jenis tanaman dan gulma yang berasal dari famili Brassicaceae ataupun Cruciferae, dan mampu hidup secara epifit pada banyak tanaman inang liar, gulma, serta tanaman budidaya (CABI, 2007).

*X. campestris* pv. *campestris* menginfeksi tanaman melalui stomata, hidatoda ataupun jaringan tanaman yang luka. Bakteri ini akan memperbanyak diri pada jaringan pembuluh kemudian menyebar ke seluruh bagian tanaman, bahkan sampai ke benih. Sehingga akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman dengan memperbanyak inokulum di jaringan pembuluh. Pembuluh xylem yang terserang akan hancur dan kemudian bakteri ini akan menyebar ke sel-sel pada jaringan parenkim di sekitar pembuluh, sehingga menyebabkan kematian sel (Agrios, 2004).

Mekanisme serangannya ditandai dengan munculnya gejala pertama pada daun, berupa area tidak teratur pada bagian tepi (Robert, 2005). Selanjutnya bakteri akan masuk ke daun melalui hidatoda di tepi daun atau luka dengan membentuk lesi V, sebagai akibat adanya penyumbatan pembuluh dan menyebabkan infeksi sistemik. Lesi V memiliki tepi berwarna kuning dan bagian tengahnya berwarna coklat lebih gelap, serta guratan tulang daun yang berwarna hitam. Pada daun yang terserang berat, beberapa lesi akan bergabung sehingga daun terlihat seperti tersiram air panas (Robert, 2005).

Pada suhu 20-30°C, *X. campestris* pv. *campestris* mampu berkembang biak dengan cepat. Bakteri ini dapat bertahan bertahun-tahun pada biji, tanah, dan sisa tanaman sakit. Tanaman yang sakit akan memproduksi benih terinfeksi sehingga akan menjadi inokulum primer pada tanaman berikutnya (Kohl and Wolf, 2005). Menurut Robert (2005), tanaman yang terserang sel bakteri ini dapat tersebar dengan cepat menuju tanaman sehat dengan mengikuti aliran air.



### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai Mei 2022 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung. Aplikasi kompos dilakukan di *Green House* Laboratorium Botani Jurusan Biologi Universitas Lampung dan analisis ACT serat bromelain dilakukan di PT. Great Giant Pineapple Kecamatan Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cawan petri, pipet volumetri, *beaker glass*, gelas ukur, erlenmeyer, tabung reaksi, jarum ose, ose bulat, botol kaca transparan berbentuk pipih, blender, *oven*, inkubator, *autoclave*, *laminar air flow*, *hot plate stirrer*, bunsen, gelas objek, gelas penutup, *freezer*, mikroskop, pipet tetes, *haemocytometer*, timbangan analitik, sumbat, corong plastik, *soil tester*, keranjang sampah, kertas saring, *polybag*, *tray*, dan aerator.

##### **3.2.2 Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu fungi *Trichoderma* sp. (koleksi pribadi Dr. Bambang Irawan M. Sc.), bakteri patogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Yeast Extract Agar* (YEA), serat bromelain, biji jagung, tanaman buncis, kapas, kasa, tali kasur, kotoran sapi,

aluminium foil, *akuadest*, alkohol 70%, CaCO<sub>3</sub> 2%, CaSO<sub>4</sub> 4%, larutan *pyrogallol*, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1%, alkohol 96%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, dan Fenol 5%.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 3 tahapan pengujian. Tahap pertama yaitu pengujian kualitas ACT serat bromelain (analisis kimia dan analisis biologi) yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2). Tahap kedua, yaitu uji *in vitro* ACT serat bromelain terhadap penekanan pertumbuhan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Dan tahapan ketiga yaitu uji *in vivo* ACT serat bromelain terhadap pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*.

Uji kualitas ACT serat bromelain dilakukan secara kimia dan biologi. Analisis kimia meliputi kadar C, N, P, K dan rasio C/N. Analisis biologi menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) dengan 6 ulangan dan waktu inkubasi 24 jam untuk penghitungan populasi bakteri, serta 5 hari untuk penghitungan populasi fungi. Data hasil uji kualitas kimia dan biologi (populasi mikroba) ACT serat bromelain disajikan dalam bentuk deskriptif.

Uji *in vitro* ACT serat bromelain dilakukan menggunakan metode pengujian kompatibilitas, dengan waktu inkubasi 5 hari menggunakan 6 ulangan. Data hasil uji *in vitro* ACT serat bromelain disajikan dalam bentuk deskriptif.

Uji *in vivo* ACT serat bromelain dilakukan dengan 6 ulangan, yang diamati pada parameter intensitas kejadian penyakit, morfologi tanaman, dan fisiologi tanaman. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji *Tukey* pada taraf nyata 5%.

Uji *in vitro* dan *in vivo* ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) terhadap pertumbuhan tanaman buncis yang

diinfeksi *X. campestris* pv. *campestris* dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor dengan konsentrasi ACT sebagai berikut:

P0: Kontrol (air)

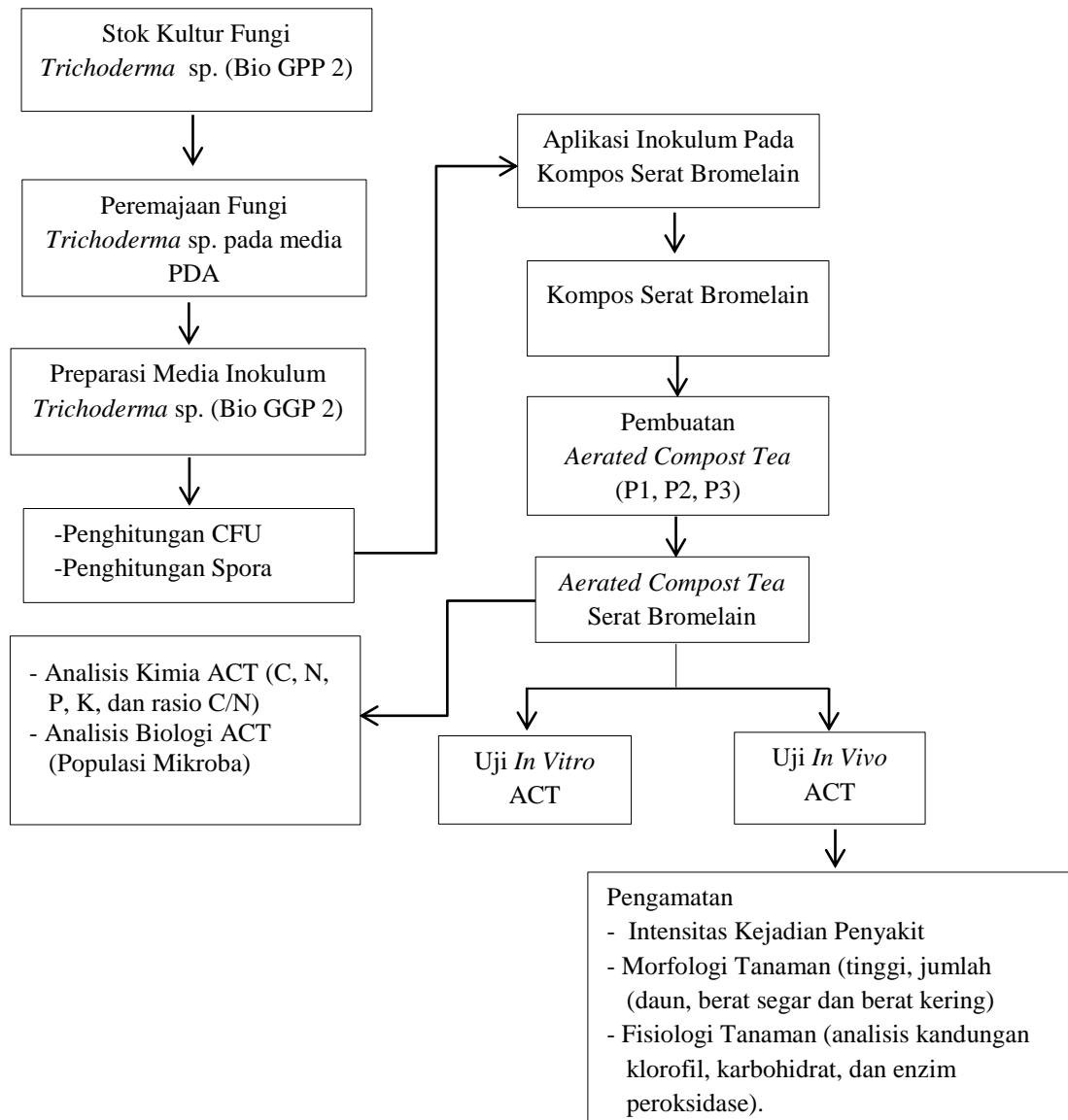
P1: 100 gram kompos serat bromelain : 300 mL air

P2: 100 gram kompos serat bromelain : 400 mL air

P3: 100 gram kompos serat bromelain : 500 mL air

### 3.4 Diagram Alir

Tahapan penelitian yang dilakukan pada uji efektivitas ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) terhadap pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



**Gambar 4.** Diagram alir penelitian

### **3.5 Prosedur Kerja**

Prosedur kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

#### **3.5.1 Pembuatan Media**

##### **3.5.1.1 *Potato Dextrose Agar (PDA)***

Media PDA digunakan untuk peremajaan fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2). PDA dibuat menggunakan metode Malloch and Hobbie (1981) yang dimodifikasi. Sebanyak 200 gram kentang yang sudah dibersihkan dipotong kecil-kecil dan dimasukkan ke dalam 1000 mL akuades. Potongan kentang kemudian direbus di atas *hot plate* selama 20-30 menit. Rebusan kentang disaring menggunakan kertas saring untuk mendapatkan air sari kentang. Ke dalam air sari kentang ditambahkan 18 gram *dextrose* dan 13,5 gram agar-agar. Selanjutnya dihomogenkan menggunakan *hot plate* selama 20-30 menit dan disterilisasi dalam *autoclave* selama 15 menit dengan tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Media PDA steril dituang ke dalam cawan petri sebanyak 15-20 mL dan dibiarkan memadat.

##### **3.5.1.2 *Yeast Extract Agar (YEA)***

Media YEA digunakan untuk peremajaan bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Pembuatan media YEA dilakukan dengan melarutkan 23 gram YEA ke dalam 1000 mL akuades steril, kemudian dipanaskan dan dihomogenkan menggunakan *hot plate* dan *stirrer* selama 20-30 menit. Selanjutnya disterilisasi dalam *autoclave* selama 15 menit dengan tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Media YEA steril dituang ke dalam cawan petri sebanyak 15-20 mL dan dibiarkan memadat.

### 3.5.2 Peremajaan Fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2)

Peremajaan fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) dilakukan menggunakan media PDA steril. Satu ose biakan fungi *Trichoderma* sp. secara aseptik diinokulasikan pada media PDA padat dalam *petridish*. Fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) diinkubasi selama 5-7 hari pada inkubator dengan suhu 28-30 °C hingga tumbuh spora.

### 3.5.3 Peremajaan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Peremajaan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dilakukan menggunakan media YEA steril. Satu ose biakan *X. campestris* pv. *campestris* secara aseptik diinokulasikan pada media YEA padat dalam *petridish* dengan cara *streak* (goresan). Selanjutnya biakan *X. campestris* pv. *campestris* diinkubasi selama 48 jam pada inkubator dengan suhu 28-30 °C.

### 3.5.4 Preparasi Media Inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2)

Pembuatan media inokulum dilakukan dengan metode Gaiind *et al.* (2009) yang dimodifikasi. Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan media inokulum ini adalah biji jagung kering yang diblender kasar dengan kondisi yang baik, utuh dan bersih, larutan CaSO<sub>4</sub> 4 % (w/v), dan larutan CaCO<sub>3</sub> 2 % (w/v). Penggunaan larutan CaSO<sub>4</sub> 4 % (w/v) dan larutan CaCO<sub>3</sub> 2 % (w/v) digunakan untuk mempertahankan kelembaban media inokulum. Sebanyak 40 gram CaSO<sub>4</sub> dan 20 gram CaCO<sub>3</sub>, masing-masing dilarutkan ke dalam 1000 mL aquades, kemudian kedua larutan tersebut dicampurkan dengan perbandingan 1 : 1 (v/v).

Selanjutnya 60 gram biji jagung yang telah diblender kasar ditambahkan ke dalam 15 mL campuran larutan CaSO<sub>4</sub> dan CaCO<sub>3</sub> dalam botol. Media disterilisasi dalam *autoclave* dengan suhu 121 °C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah

media dingin, diinokulasikan isolat *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) dan diinkubasi selama 14 hari.

### 3.5.5 Penghitungan Jumlah Spora dan *Colony Forming Unit* (CFU)

Penghitungan jumlah spora dan CFU dilakukan dengan menggunakan metode Prescott (2002) yang dimodifikasi. Inokulum fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) yang telah berumur 14 hari dihitung jumlah spora dan CFUnya. Penghitungan jumlah spora dilakukan dengan memasukkan 1 gram inokulum ke dalam 9 ml akuades steril untuk memperoleh dilusi  $10^{-1}$ . Suspensi kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* agar diperoleh sebaran spora yang merata (Malloch and Hobbie, 1981). Satu mL suspensi diambil dari dilusi suspensi  $10^{-1}$  dan dipindahkan ke tabung reaksi kedua yang berisi 9 mL akuades steril sehingga dihasilkan dilusi  $10^{-2}$ . Dari dilusi  $10^{-2}$  diambil 1-3 tetes larutan menggunakan pipet tetes dan diletakan di atas *haemocytometer*, kemudian ditutup dengan gelas penutup (Prescott, 2002). *Haemocytometer* diletakkan di atas meja objek mikroskop, kemudian dilakukan pengaturan perbesaran lensa objektif hingga diperoleh perbesaran objek yang sesuai, sehingga jumlah spora dapat dihitung. Jumlah spora dinyatakan dalam spora/mL. Jumlah spora dihitung menggunakan rumus Gabriel dan Riyanto (1989).

$$S = \frac{t \cdot d}{n \cdot 0,25} \times 10^6$$

Keterangan:

- S : Jumlah spora  
 t : Jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati  
 d : Tingkat pengenceran  
 n : Jumlah kotak sampel (5 kotak besar)  
 0,25 : Faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *haemocytometer*

Viabilitas spora dari inokulum fungi ditentukan melalui perhitungan CFU. Perhitungan CFU dilakukan dengan cara mengambil 1 gram inokulum fungi kemudian diencerkan hingga dilusi  $10^{-7}$ . Selanjutnya sebanyak 1 mL dilusi  $10^{-7}$

dimasukkan dalam dua cawan petri terpisah (duplo) dengan metode *spread plate* berisi media PDA padat. Kemudian diinkubasi pada inkubator selama  $\pm 5$  hari dengan suhu 28-30 °C. Nilai CFU menunjukkan tingkat viabilitas spora. Penghitungan jumlah koloni dilakukan menggunakan rumus Prescott (2002) sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Koloni Per Gram Bahan} = \frac{\text{Jumlah Koloni}}{\text{Faktor Pengenceran}} \text{ CFU}$$

### **3.5.6 Aplikasi Inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) pada Pengomposan Serat Bromelain**

Pengomposan serat bromelain dilakukan menggunakan modifikasi metode Kumar *et al.* (2008) dan *Takakura Home Metode* (Ying *et al.*, 2012). Inokulum *Trichoderma* sp. yang digunakan untuk menginduksi kompos serat bromelain adalah inokulum yang berumur 14 hari. Bahan untuk pembuatan kompos yaitu serat bromelain dari PT. Great Giant Pineapple yang telah dicacah dan dikering anginkan. Sebagai bahan campuran kompos, digunakan kotoran sapi kering, kemudian campuran tersebut ditambahkan inokulum sebanyak 1% dari berat kompos keseluruhan. Induksi inokulum *Trichoderma* sp. pada proses pengomposan ini diharapkan mampu mempercepat proses dekomposisi serat bromelain dan meningkatkan kualitas kompos.

Proses pengomposan diawali dengan menyiapkan keranjang pengomposan berkapasitas 5 kg dengan lubang-lubang kecil beserta tutupnya dan dilapisi kardus bekas, guna menjaga kelembaban saat pengomposan berlangsung. Selanjutnya disiapkan campuran bahan kompos menggunakan metode Irawan *et al.* (2014) yaitu dengan menggunakan perbandingan serat bromelain : kotoran sapi (2 : 1) dan 1% inokulum fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2). Sebanyak 2 kg serat bromelain, 1 kg kotoran sapi dan 30 gram inokulum fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) dimasukkan ke dalam keranjang pengomposan, kemudian ditambahkan air untuk menjaga kelembaban campuran bahan kompos. Aerasi udara kompos



dipertahankan dengan membalik (mengaduk) bahan kompos setiap 1 minggu sekali (Ying *et al.*, 2012). Pengadukan bertujuan untuk menurunkan temperatur kompos sehingga fungi dapat bekerja secara optimal. Proses pengomposan dilakukan selama  $\pm 6$  minggu. Bila kompos telah berwarna coklat kehitaman dan suhu kompos sama dengan suhu kamar menunjukkan bahwa kompos telah matang. Kompos yang telah matang diayak menggunakan saringan 2  $\mu\text{m}$  (Irawan *et al.*, 2014).

### 3.5.7 Pembuatan ACT Serat Bromelain

Pembuatan ACT dilakukan dengan memodifikasi metode Marin *et al.* (2013), menggunakan rasio perbandingan kompos : air 1:3; 1:4; dan 1:5 (w/v). Tata letak perlakuan perbandingan kompos : air dalam pembuatan ACT serat bromelain disajikan pada **Gambar 5**.

P3U6	P0U2	P1U6	P3U2	P1U4	P0U5
P2U1	P1U2	P3U1	P1U5	P0U6	P3U3
P1U3	P3U4	P0U3	P2U3	P2U5	P2U6
P2U4	P0U4	P3U5	P2U2	P1U1	P0U1

**Gambar 5.** Tata letak rasio perbandingan kompos serat bromelain : air (P0) Kontrol (air), (P1) 1 : 3, (P2) 1 : 4, (P3) 1 : 5

Masing-masing perbandingan kompos : air diulang sebanyak 6 kali. Campuran kompos dan air diaerasi dengan aerator selama 72 jam (Islam *et al.*, 2016).

### 3.5.8 Analisis Kimia ACT Serat Bromelain

#### 3.5.8.1 Penentuan Kadar C-Organik Total

Penentuan kadar C-Organik ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) dilakukan dengan cara memasukkan 1 mL sampel ACT ke dalam labu ukur 100 mL, selanjutnya ditambahkan 5 mL  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  1 N

dan 7,5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat. Setelah sampel diaduk hingga homogen, dibiarkan selama 30 menit dengan sesekali dilakukan pengocokan. Selanjutnya sampel tersebut diencerkan dengan akuadest steril hingga tanda batas labu ukur. Campuran larutan tersebut dikocok hingga homogen, dan dibiarkan semalam. Kemudian diukur absorbansi sampel dengan spektrofotometer VIS pada  $\lambda$  max 610 nm.

### 3.5.8.2 Penentuan Kadar N-Organik Total

Penentuan kadar N-Organik dilakukan dengan memasukkan 1 mL sampel ACT serat bromelain ke dalam labu Kjeldahl, kemudian ditambahkan 25 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan 7,5 gram garam Kjeldahl. Sampel kemudian didestruksi pada suhu 300-350 °C selama  $\pm$  2 jam sampai larutan menjadi jernih. Larutan hasil destruksi didinginkan dan diencerkan dengan menggunakan akuadest steril dan ditambah larutan NaOH 40%. Destilat ditampung dalam larutan H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 1% yang telah ditambah dengan 4 tetes *mixed* indikator. Selanjutnya dilakukan destilasi sampai didapat destilat kurang lebih 100 mL. Destilat kemudian 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).

### 3.5.8.3 Penentuan Kadar P

Satu mL sampel ACT serat bromelain dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL, kemudian ditambah akuadest steril hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Ke dalam masing-masing sampel ditambah 9 mL deret standar P dan pereaksi pembangkit warna, kemudian dikocok hingga homogen. Sampel kemudian dibiarkan 15 menit dan diukur absorbansi sampel dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 713 nm. Penghitungan kadar P menurut Eviati dan Sulaeman (2019) sebagai berikut.

Kadar P (%) = ppm kurva x mL ekstrak/1000 mL x 100/mg contoh x fp x 31/95 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 =  $100/(100 - \% \text{ kadar air})$   
 fp : Faktor pengenceran  
 100 : Faktor konversi ke %  
 31 : Bobot atom P  
 95 : Bobot molekul PO<sub>4</sub>

**3.5.8.4 Penentuan Kadar K**

Penentuan kadar K dilakukan dengan mengambil 1 mL sampel ACT serat bromelain dan dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, kemudian ditambah 5 mL HNO<sub>3</sub> pa dan 0,5 mL HClO<sub>4</sub> pa. Sampel tersebut dikocok-kocok, kemudian dibiarkan selama 1 malam. Sampel selanjutnya dipanaskan mulai dengan suhu 100 °C, setelah uap kuning habis suhu dinaikkan menjadi 200 °C. Destruksi diakhiri bila sudah keluar uap putih dan cairan dalam labu tersisa 0,5 mL. Cairan didinginkan dan diencerkan dengan H<sub>2</sub>O hingga volume labu Kjeldahl menjadi 50 mL. Selanjutnya sampel dikocok hingga homogen dan dibiarkan selama 1 malam. Larutan sampel tersebut disaring dengan kertas saring W-41 agar didapat ekstrak jernih. Satu mL larutan ekstrak ACT dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL serta ditambah akuadest hingga tanda batas, kemudian dikocok hingga homogen. Pengukuran kadar K dilakukan menggunakan SSA dengan deret standar sebagai pembanding. Penghitungan kadar K menurut Eviati dan Sulaeman (2019) sebagai berikut:

Kadar K (%) = ppm kurva x mL ekstrak/1000 mL x 100/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 %.

### 3.5.8.5 Rasio C/N Kompos

Pengukuran rasio C/N dilakukan dengan menghitung perbandingan nilai C-organik total dan nitrogen total yang diperoleh dari data hasil analisis (Hidayati, 2013).

#### **Penghitungan:**

Rasio C/N = nilai C organik / nilai N organik total.

### 3.5.9 Penghitungan Populasi Mikroba Pada ACT Serat Bromelain

Penghitungan populasi mikroba ACT serat bromelain dilakukan menggunakan metode penghitungan *Total Plate Count* (TPC) menurut Sari (2013). Sebanyak 100  $\mu\text{L}$  sampel ACT serat bromelain dengan perbandingan kompos : air 1:3; 1:4; dan 1:5 dimasukkan ke dalam 9 mL akuadest steril untuk dilakukan proses pengenceran bertingkat sehingga diperoleh dilusi  $10^{-1}$ - $10^{-7}$ . Dari pengenceran dilusi  $10^{-7}$  diambil sebanyak 1 mL larutan sampel, dan diinokulasikan pada media NA dan PDA. Tahapan perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 6 kali. Hasil inokulasi diinkubasi selama 24 jam untuk penghitungan populasi bakteri serta  $\pm 5$  hari untuk populasi fungi, kemudian diamati pertumbuhan populasi mikroba. Jumlah populasi mikroba yang tumbuh dihitung dengan penghitungan TPC (*Total Plate Count*). Jumlah populasi mikroba dinyatakan dalam bentuk CFU/mL.

#### **Rumus Penghitungan TPC Populasi Mikroba (Prescott, 2002):**

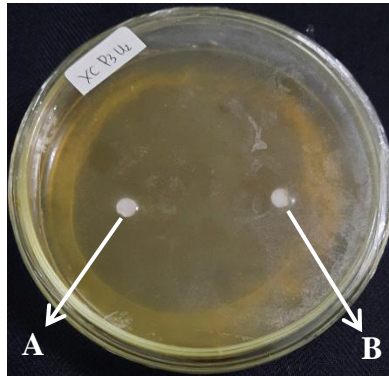
$$\text{Koloni/mL (CFU/mL)} = \text{Jumlah Koloni} \times \frac{1}{\text{Faktor Pengenceran}}$$

**Keterangan:**

FP (Faktor Pengenceran) = Pengenceran Awal x Pengenceran Selanjutnya x  
 Jumlah suspensi yang ditumbuhkan (volume yang  
 dimasukkan ke dalam cawan petri).

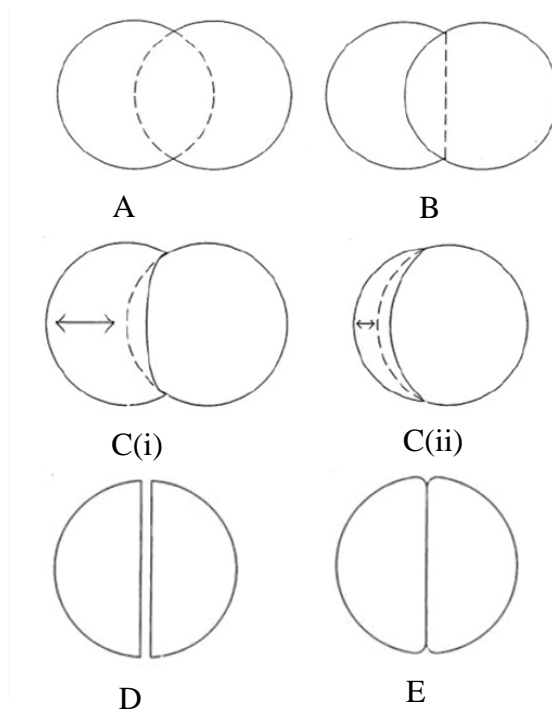
### **3.5.10 Uji *In Vitro* ACT Serat Bromelain Terhadap Penekanan Pertumbuhan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris***

Pengujian *in vitro* ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) terhadap penekanan bakteri patogen *X. campestris* pv. *campestris*, dilakukan dengan uji kompatibilitas. Uji kompatibilitas adalah faktor penting untuk mengetahui sinergisme antar isolat. Apabila terdapat sinergisme antar isolat, maka mengindikasikan bahwa isolat tersebut dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan dalam keterbatasan nutrient (Irawan *et al.*, 2014). Pengujian kompatibilitas ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) terhadap penekanan pertumbuhan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dilakukan dengan memodifikasi metode Irawan *et al.* (2014). Sebanyak 20 mL media YEA (*Yeast Extract Agar*) dimasukkan ke dalam cawan petri steril. Setelah media memadat, dimasukkan satu buah cakram kertas berdiameter 0,5 cm yang telah direndam suspensi patogen *X. campestris* pv. *campestris* dengan kepadatan  $10^{-7}$  sel / mL pada sisi kiri media. Selanjutnya dimasukkan satu buah cakram kertas berdiameter 0,5 cm, yang telah direndam larutan sampel ACT serat bromelain, dengan masing-masing perbandingan kompos : air 1:3, 1:4, dan 1:5 (w/v). Cakram ACT serat bromelain diletakkan pada sisi kanan cakram patogen dengan jarak 4 cm. Dan sebagai perlakuan kontrol digunakan akuades steril untuk mengganti ACT. Selanjutnya kultur dalam *petridish* tersebut diinkubasi selama 5 hari pada suhu 25 °C. Perlakuan ini ditunjukkan pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Uji *in vitro* ACT serat bromelain (A) cakram patogen *X.campestris* pv. *campestris*, (B) cakram ACT serat bromelain

Mekanisme penentuan jenis interkasi antar cakram patogen dan cakram ACT serat bromelain mengikuti penentuan jenis interaksi menurut Mohammad *et al.* (2011), dapat dilihat pada **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Jenis interaksi pada pengujian kompatibilitas (A) Kompatibel penuh (*Mutual Intermingling*), yaitu pertumbuhan kedua koloni yang tumbuh menjadi satu sama lain tanpa ada tanda-tanda interaksi. (B) Kompatibel sebagian (*Partial Intermingling*), yaitu pertumbuhan kedua koloni yang salah satu koloninya dapat tumbuh di atas atau di bawah ataupun saling bersentuhan tanpa adanya zona hambat. (C(i)) Invasi awal, (C(ii)) Invasi akhir (*Replacement*), yaitu salah satu koloni mampu tumbuh menguasai nutrisi dalam media, sehingga menyebabkan pertumbuhan koloni lainnya menjadi terhenti. (D) Penghambatan jarak (*Inhibition at Distance*), yaitu penghambatan antar kedua koloni pada jarak  $>2$  mm. (E) Penghambatan Titik (*Inhibition at Touching Point*), yaitu pertumbuhan kedua koloni yang saling bersentuhan, hingga membentuk *gap* antar koloni yang terlihat jelas sebesar 1 mm.

### 3.5.11 Uji *In Vivo* ACT Serat Bromelain Terhadap Penekanan Patogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* Pada Tanaman Buncis

#### 3.5.11.1 Intensitas Kejadian Penyakit

Uji *in vivo* ACT diawali dengan pemilihan benih buncis yang baik untuk disemai, yaitu benih yang bersih dari kotoran, tidak kopong dan kisut, berwarna cerah, serta berukuran normal dan seragam. Benih buncis yang terpilih dikecambahkan dan disemai selama  $\pm 14$  hari. Setelah dilakukan penyemaian, selanjutnya

dilakukan pembuatan suspensi bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dengan mengambil biakan bakteri menggunakan ose bulat. Kemudian suspensi bakteri diencerkan dengan akuades steril hingga pengenceran  $10^{-7}$  sel/mL. Selanjutnya akar semaian direndam dalam 30 mL suspensi bakteri  $10^{-7}$  sel/mL selama 5 menit (Radin and Philip, 2010). Semaian yang diinokulasi kemudian ditanam pada media tanah di dalam *polybag* berukuran 30 cm x 30 cm yang telah diberi 100 mL ACT serat bromelain sehari sebelum infeksi patogen. Masing-masing *polybag* berisi 4 semaian.

Kemudian tanaman diberi 50 mL ACT dengan perlakuan seperti pada rancangan percobaan. Selanjutnya pemberian ACT serat bromelain pada tanaman dilakukan setiap 7 hari sekali (Radin and Philip, 2010). Pada kontrol, tanaman yang telah diinokulasikan *X. campestris* pv. *campestris* hanya disiram air biasa.

Pengamatan intensitas kejadian penyakit pada tanaman buncis yang diinfeksi *X. campestris* pv. *campestris* dilakukan setiap 7 hari sekali selama 28 hari pengamatan. Penghitungan intensitas kejadian penyakit dilakukan dengan menggunakan rumus (Kusuma dkk., 2016):

$$I = \frac{\sum (n \times v)}{Z \times N} \times 100\%$$

**Keterangan:**

- I : Intensitas kejadian penyakit
- n : Jumlah daun yang terinfeksi
- v : Nilai skoring tiap kategori infeksi
- Z : Nilai skoring infeksi tertinggi (Z = 5)
- N : Jumlah daun yang diamati

Nilai skoring yang digunakan adalah:

- 0 : Tidak terinfeksi
- 1 : Jumlah daun terinfeksi 1 - 25%
- 2 : Jumlah daun terinfeksi 26 - 50%



- 3 : Jumlah daun terinfeksi 51 - 75%
- 4 : Jumlah daun terinfeksi 76 - 100%

### **3.5.11.2 Pengamatan Morfologi Tanaman Buncis**

Pengamatan morfologi tanaman buncis yang dilakukan pada penelitian ini meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar tanaman, dan berat kering tanaman (Nurmayulis dkk., 2014).

#### **3.5.11.2.1 Tinggi Tanaman**

Pengukuran tinggi tanaman buncis dilakukan setiap 7 hari sekali selama 28 hari pengamatan. Tinggi tanaman diukur dengan cara menempatkan penggaris pada permukaan tanah dan mengukur sampai bagian tanaman yang tertinggi.

#### **3.5.11.2.2 Jumlah Daun**

Jumlah daun yang dihitung adalah semua daun yang terbentuk dari tanaman buncis. Penghitungan jumlah daun dilakukan setiap 7 hari sekali selama 28 hari pengamatan.

#### **3.5.11.2.3 Berat Segar Tanaman**

Penghitungan berat segar dihitung dari berat tanaman secara keseluruhan, dengan menggunakan timbangan analitik pada hari terakhir pengamatan yaitu hari ke-28.

#### **3.5.11.2.4 Berat Kering Tanaman**

Pengukuran berat kering tanaman dilakukan pada hari terakhir pengamatan yaitu hari ke-28. Sampel tanaman buncis dikeringkan di dalam oven dengan suhu 80°C

selama 48 jam, kemudian berat kering tanaman ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.

### **3.5.11.3 Pengamatan Fisiologi Tanaman Buncis**

Pengamatan fisiologi tanaman buncis yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari analisis kandungan klorofil, kandungan karbohidrat, dan kandungan enzim peroksidase.

#### **3.5.11.3.1 Analisis Kandungan Klorofil**

Analisis kandungan klorofil dilakukan pada hari ke-28 pengamatan. Sebanyak 0,1 gram daun dari tanaman sampel digerus menggunakan mortar, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 10 mL alkohol 96%. Ekstrak klorofil alkohol disaring menggunakan kertas saring Whatman No.1 dan dimasukkan ke dalam kuvet lalu ditutup rapat. Sebanyak 1 mL larutan sampel dan larutan standar alkohol 96% dimasukkan ke dalam kuvet, kemudian dilakukan pembacaan serapan dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 648 nm dan 664 nm (Miazek, 2002). Kadar klorofil dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Klorofil total} = 5,24 \lambda_{664} + 22,24 \lambda_{648} \text{ mg/L}$$

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

$$\text{Klorofil b} = 27,43 \lambda_{648} - 8,12 \lambda_{664} \text{ mg/L (Miazek, 2002).}$$

#### **3.5.11.3.2 Analisis Kandungan Karbohidrat**

Analisis kandungan karbohidrat dilakukan menggunakan metode Apriyantono dkk., (1989), dengan menimbang sampel daun tanaman buncis berumur 28 hari sebanyak 0,1 gram. Daun tersebut dihaluskan menggunakan mortar, selanjutnya sampel tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 10 mL akuades steril. Ekstrak kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring.

Sebanyak 1 mL ekstrak daun yang telah disaring ditambahkan 2 mL akuades steril, 2 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan 1 mL fenol 5%, kemudian dikocok dan didiamkan selama beberapa menit. Pengukuran kandungan karbohidrat dari ekstrak daun tanaman buncis dilakukan menggunakan spektrofotometer UV vis 1800 pada panjang gelombang 490 nm.

#### **3.5.11.3.3 Analisis Kandungan Enzim Peroksidase**

Analisis enzim peroksidase dilakukan menggunakan modifikasi metode Zen *et al.* (2002), sebanyak 0,5 gram daun tanaman buncis digerus menggunakan mortar dalam 100 mL akuades steril pada suhu 4°C hingga homogen. Kemudian disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat. Selanjutnya filtrat tersebut disentrifugasi pada suhu 4°C selama 15 menit pada 6000 putaran per menit. Supernatan yang diperoleh digunakan sebagai ekstrak enzim. Dua tabung reaksi digunakan untuk menentukan aktivitas enzim peroksidase. Tabung reaksi pertama sebagai blanko berisi campuran yang terdiri atas 5 mL ekstrak enzim dan 5 mL larutan *pyrogallol*. Tabung reaksi kedua berisi campuran larutan 5 ml ekstrak enzim, 5 mL larutan *pyrogallol* dan 5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan konsentrasi 1%. Penentuan aktivitas enzim peroksidase dilakukan berdasarkan hasil absorbansi menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 420 nm.

### **3.6 Analisis Data**

Data kualitas ACT serat bromelain (analisis kimia dan biologi) dan uji *in vitro* ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) terhadap penekanan pertumbuhan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* disajikan dalam bentuk deskriptif. Data kuantitatif hasil pengujian *in vivo* ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji *Tukey* dengan taraf nyata 5%.

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Kualitas kimia dan biologi ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2), tertinggi pada konsentrasi P1 (100 gram kompos : 300 mL air).
2. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) dapat menekan pertumbuhan patogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* secara *in vitro*, dengan konsentrasi terbaik pada P1 (100 gram kompos : 300 mL air).
3. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) dapat menekan patogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman buncis secara *in vivo*, dengan konsentrasi terbaik pada P1 (100 gram kompos : 300 mL air) terhadap semua parameter morfologi dan fisiologi tanaman.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka untuk penelitian selanjutnya dapat disarankan untuk:

1. Mengidentifikasi jenis bakteri yang terdapat di dalam ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2).
2. Menambahkan parameter analisis kimia ACT serat bromelain seperti kadar asam humat, pH, dan suhu.
3. Mengidentifikasi kandungan hormon pertumbuhan di dalam ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman.
4. Menambahkan parameter pengamatan fisiologi tanaman seperti kandungan fenolik total dan ketebalan lignin, untuk mengetahui pengaruh ACT terhadap ketahanan tanaman dalam penekanan patogen.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.P.G. (Angiosperm Phylogeny Group). 2003. An update of Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 141: 399-436.
- AAK. 1993. *Teknik Bercocok Tanam Jagung*. Kanisius. Yogyakarta.
- Abou El Nour, M. M., Mona, E. A. D. S., and Wadi, J. M. 2020. Suppressive effect of compost/pomegranate peel tea combination against *Fusarium oxysporum* f. sp. lupini, and *Rhizoctonia solani* as an alternative synthetic fungicide. *The Egyptian Journal of Experimental Biology*.16(1): 13-25.
- Affandi, M., Ni'matuzahroh., dan Supriyanto, A. 2001. Diversitas dan visualisasi karakter jamur yang berasosiasi dengan proses degradasi serasah di lingkungan mangrove.[Online]. Tersedia: <http://www.journal.unair.ac.id>. Diakses 20 Juli 2021.
- Al-Dahmani, J. H., Abbasi P. A., Miller S. A. and Hoitink H. A. J. 2003. Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost tea under greenhouse and field conditions. *Plant Disease*. 87:913–919.
- Al-Mughrabi, K. I. 2007. Suppression of *Phytophthora infestans* in potatoes by foliar application of food nutrients and compost tea. *Australian Journal Basic and Applied Science*. 1(4):785–792.
- Al-Mughrabi, K. I., Bertheleme C., Livingston T., Burgoyne A., Poirier R. and Vikram A. 2008. Aerobic compost tea, compost and a combination of both reduce the severity of common scab (*Streptomyces scabiei*) on potato tubers. *Journal of Plant Science*. 3(2): 168–175.
- Agrios, G.N. 2004. *Plant Pathology 3th*. Acad Press. New York.
- Antonio, G.F., Carlos, C.R., Reiner, R. R., Miguel, A. A., Angela, O. L. M., Cruz, J. G. and Dendooven, L., 2008. Formulation of a liquid fertiliser for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresour Technology*. 99(14): 6174-6180.
- Amin, M. N. 2014. *Sukses Bertani Buncis: Sayuran Obat Kaya Manfaat*. Garudha wacana. Jakarta.
- Amin, F., Adiwirman dan Sri, Y. 2015. Studi Waktu Aplikasi Pupuk Kompos Leguminosa Dengan Bioaktivator *Trichoderma* sp. Terhadap

Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Faperta Universitas Riau*. 2(1): 1-15.

- Apriyantono, A. D., Fardiaz, N. L., Puspitasari, Sedarnawati dan S. Budiyanto,. 1989. *Analisis Pangan: Petunjuk Laboratorium*. PAU Pangan dan Gizi IPB. Bogor.
- Ariyanti, N. A. 2012. *Mekanisme Infeksi Virus Kuning Cabai (Pepper Yellow Leaf Curl Virus) dan Pengaruhnya terhadap Proses Fisiologis Tanaman Cabai*. Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi FKIP UNS. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Arta, N. A. 2021. Studi Penggunaan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Agen Antifungi Patogen *Fusarium* sp. Pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.). *Tesis*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Lampung.
- Arwiyanto T. 2003. Pengendalian hayati penyakit layu bakteri tembakau. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 3(1): 54-60.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Produksi Tanaman Buah-Buahan 2020*. Biro Pusat Statistik. Jakarta
- Bajpai., K. Vivek., Kang S. R., Xu, Houjuan., and Lee S. G. 2011. Potential Roles of Essential Oils on Controlling Plant Pathogenic Bacteria *Xanthomonas* Species: A Review. *The Plant Pathology Journal*. 27(3): 207-224.
- Bartholomew, D. P., Paull R. E., and Rohrbach, H. 2003. *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. University of Hawaii at Manoa Honolulu USA. CABI Publishing. USA.
- Berek, K. Arnoldus. 2017. Teh Kompos dan Pemanfaatannya Sebagai Sumber Hara dan Agen Ketahanan Tanaman. *Savana Cendana*. 2(4): 68-70.
- Bernal-Vicente, A., Ros, M., Tittarelli, F., Intrigliolo, F., and Pascual, J. A. 2008. *Citrus Compost and its water extract for cultivation of melon plants in greenhouse nurseries*. Evaluation of nutriactive and biocontrol effects. *Bioresour Technology*. 99(18): 8722–8728.
- Brock, T. D., and Madigan, M. T. 1991. *Biology of Microorganisms. Sixth ed.* Prentice Hall International. New York.
- CABI. 2007. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* pv. *campestris* (Black Rot). Available from: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/5619>. Diakses pada 24 Juli 2021.

- Cahyono, B. 2010. *Kacang Buncis: Teknik Budidaya Dan Analis Usaha Tani*. Kanisius. Yogyakarta.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., and Jackson, R. B. 2008. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Carlile, M. J., and Watkinson, S. C. 1994. *The Fungi*. Academic Press Ltd. London.
- Cronquist, A. 1981. *An Intergrated System of Clasification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York.
- Dalimartha, S. 2000. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. Trobus Agriwidya. Bogor
- Dalimartha, S. 2001. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 2*. Trubus Agriwidya. Jakarta.
- Damanhuri, E., dan Padmi, T. 2010. *Pengelolaan sampah*. Diktat Kuliah Teknik Lingkungan, 3104: 5-10.
- Damanik, S., Pinem, M. I., dan Pengestinarsih, Y. 2013. Uji efikasi agens hayati terhadap penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae* Pv. *Oryzae*) pada beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa*). *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*. 1(4): 1402-1412
- Dashtban, M., Schraft, H., and Qin, W. 2009. Fungal Bioconversion of Lignocellulosic Residue: Opportunities & Perspectives. *International Journal of Biological Science*. 5(6): 578-595.
- De Corato, U. 2020. Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. *Science of the Total Environment*. 738(139840): 1-22.
- Devi, S. N., Chainulfiffah, T.T. dan Dahliaty, A. 2000. *Pemurnian enzim selulase ekstraselular dari jamur Trichoderma viride TNJ63 isolat dari wilayah daratan Riau*. Laporan penelitian Pekanbaru:Lembaga Penelitian Universitas Riau. Riau.
- Dian, M. 2010. Pengaruh Pemberian Bahan Organik Pertumbuhan Tanaman Buncis. *Skripsi*. Jurusan Budidaya Pertanian Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Diáñez, F., Santos, M. and Tello, J. C. 2007. Suppressive effects of grape marc compost on phytopathogenic oomycetes. *Archives of Phytopathology Plant Protection*. 40(1):1-18.
- Domsch, K. H., Gams, W. and Anderson, T. H. 1980. *Compendium of Soil Fungi*. Academic Press. London.



- El-Masry M., Khalil A. I., Hassouna M. S., and Ibrahim H. A. H. 2002. In situ and in vitro suppressive effect of agricultural composts and their water extracts on some phytopathogenic fungi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 18(6): 551–558.
- El-Mohamedy, R. S. R., Ali A. H., Mahmoud A. R., Shafeek M. R., and Rizk F. A. 2015. Bio-compost field application to control major soil borne fungal diseases and improvement growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) plants. *Merit Research Journal Agricultural Science and Soil Sciences*. 3(9): 139-148.
- El-Shimi N. M. M., El-Badawy E. H. M., and Tolba H. I. 2015. Response of sweet pepper plants to some organic and bio-fertilizers and its effect on fruit yield and quality. *Middle East Journal Agriculture Research*. 4(3): 435-445.
- Ernawati., Elvi. R. P. W., dan Mukarlina. 2018. Respon Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Dengan Pemberian Kompos Limbah Kulit Pisang Nipah. *Jurnal Protobiont*. 7(1): 45-50.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. [http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/juknis/juknis\\_kimia2 .pdf](http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/juknis/juknis_kimia2.pdf). Diakses 21 Oktober 2021.
- Fadila, Riska. 2018. Aplikasi Kompos *Trichoderma* sp. dan Pupuk Organik Cair Pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Lada Perdu (*Piper nigrum* L.). *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Fritz, J. I., Franke-Whittle, I. H., Haindl, S., Insam, H., dan Braun, R. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian journal of microbiology*. 58(7): 836-847.
- Gabriel, B. P. dan Riyanto. 1989. *Metarhizium anisopliae* Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya. Proyek Pengembangan Perlindungan Tanaman Perkebunan. Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Gaind, S., Nain, L., and Patel, V. B. 2009. Quality Evaluation of Co-Composted Wheat Straw, Poultry Droppings and Oil Seed Cakes. *Biodegradation*. 20(3): 307-317
- Gandjar, Indrawati dan Wellyzar Sjamsuridzal. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Griffin, T. S., and Hutchinson, M., 2007. Compost maturity effects on nitrogen and carbon mineralization and plant growth. *Compost Science and Utilization*. 15(4): 228–236.

- Guo, R., Li, G., Jiang, T., Schuchardt, F., Chen, T., Zhao, Y., and Shen, Y. 2012. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresource Technology*. 112: 171-178.
- Gusnawaty, H. S., Taufik, M., Triana, L., dan Asniah. 2014. Karakterisasi dan Morfologis *Trichoderma* spp. Indegenous Southeast of Sulawesi. *Jurnal Agroteknos*. 4(2): 88-94.
- Harman, G.E. 2006. *Trichoderma* sp., including *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. hamatum* and other sp.. Deuteromycetes, Moniliales (asexual classification system). Available from: [http://www.nvsaes.cornell.edu/bio control/pathogens/Trichoderma.html](http://www.nvsaes.cornell.edu/bio%20control/pathogens/Trichoderma.html). Tanggal akses: 20 Juli 2021.
- Hegazy, M. I., Hussein, E. I., and Ali, A. S. 2015. Improving physico-chemical and microbiological quality of compost tea using different treatments during extraction. *African Journal of Microbiology Research*. 9 (11): 764-770.
- Hendriyani, I. S., dan Setiari, N. 2009. Kandungan klorofil dan pertumbuhan kacang panjang (*Vigna sinensis*) pada tingkat penyediaan air yang berbeda. *Jurnal Sains dan Matematika*. 17(3): 145-150.
- Herliyana E. N., Jamilah, R., Taniwiryono, D. dan Firmansyah, M. A. 2013. Uji In-vitro Pengendalian Hayati oleh *Trichoderma* spp. terhadap *Ganoderma* yang Menyerang Sengon. Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan, IPB. *Jurnal Silviculture Tropika* 4(3):190-193.
- Hidayati, E. 2013. Kandungan fosfor , C/N, dan ph pupuk cair hasil fermentasi kotoran berbagai ternak dengan Starter Stardec. *Skripsi*. IKIP PGRI Semarang. Semarang.
- Himmah, Nasyiatul. 2017. Indeks Stomata, Kandungan Klorofil dan Karbohidrat Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) F1 Hasil Induksi Medan Magnet Yang Diinfeksi *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Ibrahim, H. A., Khater, R. M., and Hegab, R. H. 2019. Evaluate the effect of compost tea and some chelated micronutrients forms on black cumin productivity. *Springet Nature Applied Sciences*. 1(1): 1-11.
- Indriani, F., Endro, S., dan Sri, S. 2013. Studi Pengaruh Penambahan Limbah Ikan Pada Proses Pembuatan Pupuk Cair Dari Urin Sapi Terhadap Kandungan Unsur Hara Makro (CNPk). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2(4): 1-14.
- Ingham, E. R. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual Fifth Edition*. Soil Foodweb Incorporated. Oregon USA.

- Ingham, E.R., and Rollins, C.A. 2006. Actively Aerated Compost Teas, In Adding biology for soil and hydroponic systems. Nature Technologies, LLC, Sonoma.
- Irawan, B., Kasiamdari R. S., Sunarminto, B. H., and E. Sutariningsih. 2014. Preparation of Fungal Inoculum For Leaf Litter Composting From Selected Fungi. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 9(3):1-7.
- Irawan, B., Putri, L. F., Farisi, S., and Suratman. 2015. Application of Xylanolytic Fungi Inoculum of *Aspergillus* R. Mossery in Bamboo (*Bambusa* sp.) Litter Composting. *Journal of Physics: Conference Series*. 1751(012064): 1-7.
- Irawan, B. 2016. *Diktat Mikologi*. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Irawan, B., Inten, W., Niken, A., Ola, A. I., Salman, F., Sumardi., Afandi., dan Sutopo, H. 2022. Potential Lignocellulolytic from Pineapple Plantation for Composting Inoculum Addictive. *International Journal of Microbiology*. 2022(9252901): 1-6.
- Islam, M. K., Yaseen, T., Traversa, A., Kheder, B., Brunetti, M. G. and Coccozza, C., 2016. Effects of the main extraction parameters on chemical and microbial characteristics of compost tea. *Waste Manage*. 52(3): 62–68.
- Isroi. 2008. *Kompos*. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Bogor.
- Jarboui, R., Dhouib, B., and Ammar, E. 2021. Effect Of Food Waste Compost (FWC) And Its Non-Aerated Fermented Extract (NFCE) On Seeds Germination And Plant Growth. *Open Journal of Soil Science*. 11(02): 122-138.
- Kesumaningwati, Roro. 2015. Penggunaan MOL Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca*) Sebagai Dekomposer Untuk Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit. Fakultas Pertanian Universitas Kalua Samarinda. *Ziraa'ah*. 40(1): 40-45.
- Khoirunisa, S. K. S., Bambang, I., Rochmah, A., Endang, N., dan Sri, W. 2021. Penggunaan Compost Tea Diinduksi Inokulum Fungi Lignoselulolitik Pada Media Tanam Cocopeat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kailan (*Brassica oleracea* L.). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 21(1): 78-84.
- Kim, M. J., Shim, C. K., Kim, Y. K., Hong, S. J., Park, J. H., Han, E. J., Eun, J. H., and Kim, J. H. 2015. Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *The Plant Pathology Journal*. 31(3): 259-268.

- Kohl, J., and Wolf J. V. D. 2005. *Alternaria brassicicola* and *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in organic seed production of brassicae: epidemiology and seed infection [internet]. Plant Research International B.V. Tersedia pada: <http://edepot.wur.nl/17130>.
- Koné, S. B., Dionne, A., Tweddell, R. J., Antoun, H., and Avis, T. J. 2010. Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biological control*. 52(2): 167-173.
- Krishnamoorthy, W., Harran, S., dan Tjondronegoro, P., 1988. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Jilid I*. Departemen Botani Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Kumar, A., Gaiind, S., Nain, L. 2008. Evaluation of Thermophilic Fungal Consorsium for Paddy Straw Composting. *Journal Biodegradation*. 19(3): 395- 402.
- Kusuma, R. Rizkyta., Mahfudhloh, S., dan Aini, L. Q. 2016. Aplikasi Teh Kompos Untuk Menekan Penyakit Pustul Bakteri Pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Hama dan Penyakit Tanaman*. 4(3): 144-153.
- Li, R., Guo, P., Baum, M., Grando, S., and Ceccarelli, S. 2006. Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators of Drought Tolerance in Barley. *Agricultural Sciences in China*. 5(10): 751-757.
- Lusiati. 2017. Uji Ketahanan Tomat F1 dari Parental Terpapar Medan Magnet 0,2 mT dan Diinfeksi (*Fusarium oxysporum*) terhadap Serangan Penyakit Layu Fusarium. *Tesis*. Universitas Lampung. Lampung
- Malloch, M. S., and Hobbie, J. E. 1981. *Moulds: Their Isolation, Cultivation, and Identification*. University of Toronto Press. Canada.
- Manuputty, M. C., Jacob, A., dan Haumahu, J.P. 2012. Pengaruh Effective Inoculant Promi Dan Em4 Terhadap Laju Dekomposisi dan Kualitas Kompos Dari Sampah Kota Ambon. *Agrologia Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman*. 1(2): 143-151
- Marin, Francisco., Santos, M., Dianez, F., Carretero, F., Gea, F. J., Yau, J. A., and Navarro, M. J. 2013. Characters of compost teas from different sources and their suppressive effect on fungal phytopathogens. *World Journal Microbiology and Biotechnology*. 29(8): 1371-1382.
- Martin, J. J. L., Maria, R. M. C., Rodrigo, P. S., and Maria, A. G. S. 2018. Efficiency Of Garden Waste Compost Teas On Potato Growth And Its Suppressiveness Against *Rhizoctonia*. *Agriculture and Forestry*. 64(4): 7-14.

- Mengesha, W. K., Powell, S. M., Evans, K. J., and Barry, K. M. 2017. Diverse microbial communities in non-aerated compost teas suppress bacterial wilt. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 33(3): 1-14.
- Miazek, Mgr Inz. 2002. Krystian. *Chlorophyll Extraction From Harvested Plant Material*. Supervisor. Prof, Dr. Ha. Inz. Stanislaw Ledakowicz.
- Milinković, M., Lalević, B., Jovičić-Petrović, J., Golubović-Ćurguz, V., Kljujev, I., and Raičević, V. 2019. Biopotential of compost and compost products derived from horticultural waste-effect on plant growth and plant pathogens suppression. *Process Safety and Environmental Protection*. 121: 299-306.
- Mirwan, M. dan Rosariawari, F. 2012. Optimasi pematangan kompos dengan penambahan campuran lindi dan bioaktivator stardec. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(2): 150-154.
- Mohammad, N., Alam, Z., Kabashi, N. A., and Adebayo, O. S. 2011. Development of compatible fungal mixed culture for composting process of oil palm industrial waste. *African Journal of Biotechnology*. 10(81): 18657-18665.
- Morales-Corts., M.R., Pérez-Sánchez, R., and Gómez-Sánchez, M.A. 2018. Efficiency of garden waste compost teas on the tomato growth and suppressiveness against soilborne pathogens. *Scientia Agricola*. 75 (5): 361-443.
- Mulyadi, Y., Sudarno, S., dan Sutrisno, E. 2013. Studi Penambahan Air Kelapa pada Pembuatan Pupuk Cair dari Limbah Cair Ikan Terhadap Kandungan Hara Makro C, N, P, dan K. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2(4): 1-14.
- Mulyatun. 2016. Sumber Energi Terbarukan dan Pupuk Organik dari Limbah Kotoran Sapi. *Jurnal Pemikiran Agama untuk Pemberdayaan*. 16(1): 191-214.
- Mulyaningsih, R., Sunarto, W., dan Prasetya, A. T. 2013. Peningkatan npk pupuk organik cair limbah tahu dengan penambahan tepung tulang ayam. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*, 11(1): 73-82.
- Murbandono, Leonardus. 2008. *Membuat Kompos*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Muryati, S. dan Ratna D. K. 2012. *Mikrobiologi Lingkungan dan Terapan*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Murni, R., Suparjo, A., dan Ginting, B. L. 2008. *Teknologi Pemanfaatan Limbah untuk Pakan*. Lab. Makanan Ternak. Fakultas Peternakan Universitas Jambi. Jambi.

- Mustafa, N. N. Ya'acob., Z. A. Latif., and A. L. Yusof. 2015. Quantification of oil palm tree leaf pigment (Chlorophyll A) concentration Based on Their Age. *Jurnal Teknologi*. 75(11):129-134.
- Naidu, Y., Meon, S., Kadir, J. and Siddiqui, Y. 2010. Microbial starter for the enhancement of biological activity of compost tea. *International Journal of Agricultural and Biology*. 12(1): 51-56.
- Naidu, Y., Meon, S., and Siddiqui, Y. 2013. Foliar application of microbial-enriched compost tea enhances growth, yield and quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) cultivated under fertigation system. *Scientia Horticulturae*. 159: 33-40.
- Naiola, E. dan Widhyastuti, N. 2007. Semi Purifikasi dan Karakterisasi Enzim Protease *Bacillus* sp.. *Berkala Penelitian Hayati*. 13(1): 51-56.
- Nicholson, R. I., and Hammerschmidt, R. 1992. Phenolic Compounds and Their Role in Disease Resistance. *Annual Review of Phytopathology*. 30: 369-389.
- Notohadiprawiro, 1999. Tanah dan Lingkungan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Novien, A. 2004. Pengaruh Beberapa Jenis Aktivator Terhadap Kecepatan Proses Pengomposan dan Mutu Kompos Dari Sampah Pasar dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cai Sim (*Brassica juncea* L.) dan Jagung Semi (*Zea mays* L.). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nurmayulis., Fatmawaty, A. A. dan Andini, D. 2014. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Buncis Tegak (*Phaseolus vulgaris* L.) Akibat Pemberian Pupuk Kotoran Hewan dan Beberapa Pupuk Organik Cair. *Agrologia*. 3(2): 91-96.
- Nugroho, D. S. 2011. Kajian Pupuk Organik Enceng Gondok Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bayam Putih dan Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Sebelas Maret Surakarta. Solo.
- Pane, C., Celano, G., Vilecco, D. and Zaccardelli, M. 2012. Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with wheycompost-tea applications. *Crop Protection*. 38(1): 80–86.
- Pane, C., Palese, A. M., Spaccini, R. A., Piccolo., Celano, G., and Zaccardelli, M. 2016. Enhancing Sustainability of a Processing Tomato Cultivation System by Using Bioactive Compost Teas. *Scientia Horticulturae*. 2021): 117-124.

- 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.
- Pane, C., Celano, G., Piccolo, A., Vilecco, D., Spaccini, R., Palese, A. M., and Zaccardelli, M. 2015. Effects of on-farm composted tomato residues on soil biological activity and yields in a tomato cropping system. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2(1): 1-13.
- Pavan, R., Jain, S., Shraddha, S., and Kumar, A., 2012. Properties and therapeutic application of bromelain: A review. *Biotechnology Research International*. 2012(976203): 1–6.
- Pereira, da S.A., Carlos, B. L., Cezar, F.J., Ralisch, R. Hungria, M., and De Fatima, G. M. 2014. Soil Structure and Its Influence On Microbial Biomass In Different Soil and Crop Management Systems. *Soil and Tillage Research*. 142(1): 42–53.
- Pelczar, Michael. 2007. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. UI Press. Jakarta.
- Pitojo, S. 2004. *Benih Buncis*. Kanisuis. Yogyakarta.
- Pramushinta, I. A. K. 2018. Pembuatan Pupuk Organik Cair Limbah Kulit Nanas Dengan Enceng Gondok Pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculantum* L.) dan Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.). *Journal of Pharmacy and Science*. 3(2): 37-40.
- Pratama, Y. 2015. Respon Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata*) terhadap Kombinasi Pupuk Anorganik dan Pupuk Bio-slurry Padat. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Prescott, L. M. 2002. *Prescott-Harley-Klein 's: Microbiology, 5th ed.* The McGraw-Hill Companies. New York.
- Prihatin, Ratna. 2008. Perbandingan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Kultivar Borneo Dengan Penyiraman Pupuk Organik Cair Berbahan Dasar Urin Sapi Non Fermentasi dan Fermentasi. *Skripsi*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UAD. Yogyakarta.
- Purwantisari, S. dan Hastuti, R. B. 2009. Uji Antagonisme Jamur Patogen *Phytophthora infestans* Penyebab Penyakit Busuk Daun dan Umbi Tanaman Kentang Dengan Menggunakan *Trichoderma sp.*p. Isolat Lokal. *BIOMA*. 11(1) : 24-32.

- Radin A. M., and Philip, R.W. 2010. Assessment of Productivity and Plant Nutrition of Brussels Sp.routs Using Municipal Solid Waste Compost and Compost Tea as Fertility Amendments. *International Journal of Vegetable Science*, 16(4): 374–39.
- Rambe, R. B. 2019. Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris*) Terhadap Pemberian Poc Limbah Ikan Dan Pupuk Sp-36. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Ratnawinda, Desire. 2018. *Identifikasi Hama Dan Penyakit Pada Lahan Tanaman Buncis (Phaseolus Vulgaris L.) Serta Rekomendasi Keputusan Pengelolaan Agroekosistem*. Universitas Islam Darul ‘Ulum Lamongan. Jawa Timur.
- Resti, Z., Habazar, T., dan Putra, D. P. 2016. Aktivitas Enzim Peroksidase Bawang Merah yang Diintroduksi dengan Bakteri Endofit dan Tahan terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Allii*). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 16(2), 131-137.
- Riama, G., Austrin, Veranika., dan Prasetyowati. 2012. Pengaruh H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Konsentrasi Naoh Dan Waktu Terhadap Derajat Putih Pulp Dari Mahkota Nanas. *Jurnal Teknik Kimia*. 18(3): 25-34.
- Riana, E. 2012. Keanekaragaman Genetik Nenas (*Ananas comosus* L.Merr.) di Kabupaten Kampar Provinsi Riau Berdasarkan Karakterisasi Morfologi dan Pola Pita Isozim Peroksinase. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam. Univesitas Riau.
- Rihanna, S., Heddy, Y. S., dan Maghfoer, M. D. 2013. Pertumbuhan dan Hasil tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Pada Berbagai Dosis Pupuk Kotoran Kambing Dan Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh Dekamon. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(4): 369-377.
- Robert, S. J. 2005. Transmission and sp.read of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* pv. *campestris* in brassica trans-plants: implications for seed health standar. Available from: [http://www.planthealth.co.uk/downloads/Roberts\\_2009\\_BCPC\\_Xanthomonas.pdf](http://www.planthealth.co.uk/downloads/Roberts_2009_BCPC_Xanthomonas.pdf). Diakses pada 23 Juli 2021.
- Rohmah, S. H., Bambang, I., Salman, F., and Yulianty. 2021. Vegetative Growth Of Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Influenced By Aerated Compost Tea (Act) From Bromelain Litter Induced By Ligninolytic *Trichoderma* sp. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*. 8(1): 23-31.
- Rukmana, R. 1996. *Nenas Budidaya dan Pascapanen*. Kanisius. Yogyakarta.
- Rukmana, R. 2014. *Sukses Budidaya Aneka Kacang Sayur di Pekarangan dan Perkebunan*. Lily Publisher. Yogyakarta.



- Sabli, T. E., dan Selvia, S. 2019. Respons Tanaman Buncis Tipe Tegak (*Phaseolus vulgaris* L.) terhadap Pemberian Pupuk Kompos dan TSP. *Dinamika Pertanian*. 35(2), 69-76.
- Salim, F. U. 2015. Penilaian Kualitas Kompos dari Bahan Brangkas Jagung dan Limbah *Baglog* Jamur Serta Peranan Aktivator Pemercepat Pengomposan. Fakultas Pertanian. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sang M. K. and Kim K. D. 2011. Biocontrol activity and primed systemic resistance by compost water extracts against anthracnoses of pepper and cucumber. *Phytopathology*. 101(6): 732–740.
- Saraswati, R., E. Santosa dan E. Yuniarti. 2006. *Organisme Perombak Bahan Organik dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Sari, S. 2015. Pengaruh Penggunaan Teh Kompos Untuk Menekan Perkembangan Penyakit Hawar Daun (*Pantoea* sp..) pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Tesis*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sastraatmadja, D. D., Widawati, S., dan Rachmat. 2001. *Kompos sebagai salah satu pilihan dalam penggunaan pupuk organik*. Seminar Pelatihan Produk Teknologi Unggulan dan Ramah Lingkungan. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Scheuerell, S. J. and Mahaffee, W. F. 2004. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*. 94(11): 1156-1163.
- Scotti, R., D'Ascoli, R., Gonzalez-Caceres, M., Bonanomi, G., Sultana, S., Cozzolino, L., and Rao, M. A. 2015. Combined use of compost and wood scraps to increase carbon stock and improve soil quality in intensive farming systems. *European Journal of Soil Science*. 66(3): 463-475.
- Semangun, H. 2001. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sentana, S., Suyanto, M. A. Subroto, S., dan Sudiyana. 2010. Pengembangan dan Pengujian Inokulum Untuk Pengomposan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Rekayasa Proses*. 4(2): 20-29.
- Septitasari, A. W., Bambang, I., Rochmah, A., Endang, N., dan Sri, W. 2021. Aplikasi Compos Tea Terinduksi Inokulum Fungi Lignoselulolitik Pada Media Tanam Cocopeat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 21(1): 73-77.

- Setyorini, D., Saraswati, R., Anwar dan Kosman. 2006. *Kompos Dalam Pupuk Organik dan Hayati*. BBSDLP-Badan Litbang Pertanian. 11-40.
- Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, R., Rahmani, M. and Ali, A., 2008. Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence: morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Scientia Horticulturae*. 117(1): 9–14.
- Singh, R., Singh, B.K., Upadhyay, R.S., Bharat, R. and Lee Y. S. 2002. Biological control of fusarium wilt disease of pigeonpea. *Journal Plant Pathology*. 18(5): 279-283.
- Siregar, I. Z., dan Sri W. B. 2006. Module Pelatihan Kompos. *ITTO Training Proceedings, Muara Bulian 4th-6th May 2006*. IPB. Bogor.
- Sjostrom, E. 2005. *Kimia Kayu, Dasar-dasar dan Penggunaan Edisi Kedua*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soemarno. 2011. *Pentingnya Hara K dan Pupuk Bagi Tanaman Tebu*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Sreelatha, S., and Padma, P. R. 2009. Antioxidant activity and total phenolic content of Moringa oleifera leaves in two stages of maturity. *Plant foods for human nutrition*. 64(4): 303-311.
- Sriharti dan Takiyah, S. 2010. *Pemanfaatan Sampah Tanaman (Rumput-Rumputan) Untuk Pembuatan Kompos*. Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna LIPI. Yogyakarta.
- St. Martin, C.C.G. 2015. Enhancing soil suppressiveness using compost and compost tea. In: Meghvansi, M. K. and Varma, A. (eds). *Organic amendment and soil suppressiveness in plant diseases management*. *Soil Biology Springer International Publishing*. 46(2): 25-49.
- Strange, R. N. 2003. *Introduction to Plant Pathology*. John Willey and Sons Ltd. England.
- Suarni dan S. Widowati. 2011. *Struktur, Komposisi, dan Jagung*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Bogor.
- Sukmawati., Angraini, E., Angraeni, D. N., Umami, S. S., Sumiati, E., dan Taufiqurokhman, T. 2019. Antagonism of *Lentinus Cladopus* Lc4 Extract, *Trichoderma* sp. Jpa Extract on *Bacillus* sp., *Xanthomonas* sp. and *E. Coli*. *Journal of Physics: Conference Series*. 1155(1): 1-4.
- Sundari, A., Khotimah, S., dan Linda, R. 2014. Daya Antagonis Jamur *Trichoderma* sp. Terhadap Jamur *Diplodia* sp. Penyebab Busuk Batang Jeruk Siam (*Citrus nobilis*). *Jurnal Protobiont*. 3(2): 106-110

- Suprianto, Cahyo. 2016. *Grow your own fruits- panduan praktis menanam 28 tanaman buah populer di perkarangan*. Lily Publisher, Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Suriawiria U. 2005. *Mikrobiologi Dasar*. Papas Sinar Sinanti. Jakarta.
- Susetya, D. 2016. *Panduan Lengkap Membuat Pupuk Organik*. Pustaka Baru Press. Yogyakarta.
- Sutanto, R. 2002. *Pertanian Organik: Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan*. Kanisius. Jakarta.
- Syahnen D., Sirait D. N., dan Pinem S. E. B. 2014. Teknik uji mutu agens pengendali hayati (APH) di laboratorium. Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan. Medan.
- Talanca, A. H., Soenartiningsih dan Wakman W. 1998. Daya Hambat Jamur *Trichoderma sp.* pada Beberapa Jenis Jamur Patogen. *Risalah Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan XI PEI, PFI, dan HPTI*.
- Talukdar, P., Siddiqa, M. M., Masum, M. M. I., Habibullah, A. B. M., and Bhuiyan, M. K. A. 2017. Effect of Trichoderma fortified compost on disease suppression, growth and yield of chickpea. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2(2):831-839.
- Tanoto, Ivan. 2015. Evaluasi Produksi dan Kualitas Hasil Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Pada Dua Sistem Tanam di Desa Purwasari, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Triwibowo, M. B., Suratno, S., dan Hesty, S. A. 2015. Pengaruh pemberian bioaktivator effective microorganism 4 (EM-4) terhadap kecepatan dan kualitas pembuatan kompos serta pemanfaatannya sebagai bahan ajar bioteknologi di SMA. *Pancaran*. 4(2): 11-20.
- Verrillo, M., Salzano, M., Cozzolino, V., Spaccini, R., and Piccolo, A. 2021. Bioactivity and antimicrobial properties of chemically characterized compost teas from different green composts. *Waste Management*. 120: 98-107.
- Waluyo, N. dan Djuariah, D. 2013. Varietas-Varietas Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) yang Telah Dilepas Oleh Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Jawa Barat.
- Wandy, F. 2009. Aplikasi beberapa jenis *compos tea* terhadap perubahan jumlah mikroorganisme tanah Incepticol, produksi dan kualitas Sawi (*Brassica juncea* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.

- Widarti, B. N., Wardhini W. K. dan Sarwono E. 2015. Pengaruh rasio C/N bahan baku pada pembuatan kompos dari kubis dan kulit pisang. *Jurnal Integrasi Proses*. 5(2): 75-80.
- Widyabudiningsih D, Troskialina, L., Fauziah, S., Shalihatunnisa., Riniati., Djenal, N. 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. *Indonesian Journal of Chemical Analysis*. 04(01): 30-39
- Wijana, S., Kumalaningsih, A. Setyowati, U. Efendi dan Hidayat, N. 1991. Optimalisasi Penambahan Tepung Selulosa Bagas Untuk Produksi Ethanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Dengan Enzim Xylanase. *Jurnal Makara Teknologi*. 11(01): 17-24.
- Winata, Aidil. 2019. Tanggap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris L.*) Dengan Pemberian Abu Jerami Padi dan Pupuk Cair Limbah Kelapa Sawit. *Skripsi*. Universitas Pembangunan Panca Budi. Medan.
- Xu, D., Raza, W., Yu, G., Zhao, Q., Shen, Q., and Huang, Q. 2012. Phytotoxicity analysis of extracts from compost and their ability to inhibit soil-borne pathogenic fungi and reduce root-knot nematodes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 28(3): 1193-1201.
- Ying, G. H., Chi, L. S., and Ibrahim, M. H. 2012. Changes of Microbial Biota during the Biostabilization of Cafeteria Wastes by Takakura Home Method (THM) Using Three Different Fermented Food Products. *UMT 11<sup>th</sup> International Annual Symposium on Sustainability Science and Management*. 1408-1413.
- Yohanis, N. 2009. *Biokimia: Struktur dan Fungsi Biomolekul*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Zen, K., Setiamihardji, R., Murdaningsih dan Suganda, T. 2002. Aktivitas Enzim Peroksidase Pada Lima Genotip Cabai yang Mempunyai Ketahanan Berbeda Terhadap Penyakit Antraknosa. *Journal Agronomi*. 13(2): 97-105.
- Zhang W., Han D. Y., Dick W. A., Davis K. R. and Hoitink H. A. J. 1998. Compost and compost water extract-induced systemic acquired resistance in cucumber and Arabidopsis. *Phytopathology*. 88(5): 450-455.
- Zulkarnain. 2013. *Budidaya Sayuran Tropis*. Bumi Aksara. Jakarta