

**APLIKASI *AERATED COMPOST TEA* SERAT BROMELAIN
YANG DIINDUKSI INOKULUM *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5)
DALAM PENEKANAN PENYAKIT *Fusarium* sp. DAN
PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L.)**

(Tesis)

Oleh
MOZA FIERDA ATIEK
NPM 2027021016



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

ABSTRAK

APLIKASI AERATED COMPOST TEA SERAT BROMELAIN YANG DIINDUKSI INOKULUM *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) DALAM PENEKANAN PENYAKIT *Fusarium* sp. DAN PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L.)

Oleh

MOZA FIERDA ATIEK

Produksi olahan nanas menyisakan banyak limbah serat bromelain. Serat bromelain mengandung polimer kompleks seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin yang tidak mudah terurai. Upaya untuk mempercepat proses dekomposisi salah satunya dengan pemberian inokulum *Trichoderma* sp. yang bersifat lignoselulolitik sebagai induser pada pembuatan kompos. *Trichoderma* sp. juga diketahui mampu mengendalikan penyakit pada tanaman apabila dijadikan bahan pembuatan *Aerated Compost Tea*. ACT adalah ekstrak air kompos oksigenat yang diperoleh melalui proses aerasi. Berbagai hasil penelitian menunjukkan potensi ACT dalam merangsang pertumbuhan tanaman dan menekan penyakit oleh beberapa patogen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas kimia, biologi serta mengetahui pengaruh aplikasi ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) dalam penekanan penyakit *Fusarium* sp. dan pertumbuhan tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2022 sampai bulan Mei 2022 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung. Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahapan pengujian ACT serat bromelain, yaitu uji kualitas kimia dan biologi, uji *in vitro*, dan uji *in vivo* penekanan penyakit *Fusarium* sp. serta pertumbuhan tanaman selada. Uji *in vitro* dan *in vivo* dilakukan menggunakan RAL 1 faktor dengan perbandingan konsentrasi. kompos:air yaitu 1:3; 1:4; dan 1:5. Data kualitatif hasil pengujian kualitas ACT dan *in vitro* disajikan dalam bentuk deskriptif dan uji *in vivo* dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Perbedaan antar perlakuan dilakukan uji *Tukey* pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) terbaik diperoleh dari perlakuan P1 yaitu perbandingan kompos : air adalah 1:3

(100 gr kompos : 300 mL air). Penambahan ACT serat bromelain mampu menekan pertumbuhan *Fusarium* sp. secara *in vitro* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman selada yang diinfeksi *Fusarium* sp.

Kata kunci: *Aerated Compost Tea* (ACT), *Fusarium* sp., *Lactuca sativa* L., *Trichoderma* sp.

ABSTRACT

APPLICATION OF AERATED COMPOST TEA BROMELAIN FIBER INDUCED BY INOCULUM *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) IN DISEASE STRESSATION OF *Fusarium* sp. AND GROWTH OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.)

By

MOZA FIERDA ATIEK

The production of pineapple leaves a lot of bromelain fiber waste. Bromelain fiber contains complex polymers such as cellulose, hemicellulose and lignin which are not easily decomposed. One of the efforts to accelerate the decomposition process is by giving *Trichoderma* sp. inoculum which is lignocellulolytic as an inducer in composting. *Trichoderma* sp. It is also known to be able to control diseases in plants when used as an ingredient for making Aerated Compost Tea. ACT is an oxygenate compost water extract obtained through the aeration process. Various research results show the potential of ACT in stimulating plant growth and suppressing disease by several pathogens. The purpose of this study was to determine the chemical, biological quality and to determine the effect of ACT application on bromelain fiber induced by *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) in suppressing *Fusarium* sp. and growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.). This research was conducted from February 2022 to May 2022 at the Laboratory of Microbiology FMIPA, University of Lampung. This research was conducted in 3 stages of bromelain fiber ACT testing, namely chemical and biological quality tests, in vitro tests, and in vivo tests for suppression of *Fusarium* sp. and lettuce growth. In vitro and in vivo tests were carried out using 1 factor RAL with a concentration ratio. compost:water is 1:3; 1:4; and 1:5. Qualitative data from the results of ACT and in vitro quality tests were presented in descriptive form and in vivo tests were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA). The difference between treatments was carried out by the *Tukey* test at a 5% significance level. The results showed that the quality of ACT bromelain fibers induced by *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) the best was obtained from the P1 treatment, namely the ratio of compost: water was 1:3

(100 gr compost: 300 mL water). The addition of bromelain fiber ACT was able to suppress the growth of *Fusarium* sp. in vitro and increased the growth of lettuce plants infected with *Fusarium* sp.

Key words: Aerated Compost Tea (ACT), *Fusarium* sp., *Lactuca sativa* L., *Trichoderma* sp.

**APLIKASI *AERATED COMPOST TEA* SERAT BROMELAIN YANG DIINDUKSI
INOKULUM *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) DALAM PENEKANAN PENYAKIT
Fusarium sp. DAN PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA
(*Lactuca sativa* L.)**

Oleh

MOZA FIERDA ATIEK

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 : **APLIKASI AERATED COMPOST TEA SERAT BROMELAIN YANG DIINDUKSI INOKULUM *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) DALAM PENEKANAN PENYAKIT *Fusarium* sp. DAN PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L.)**

Nama Mahasiswa : **Moza Fierda Atiek**

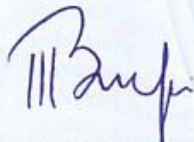
NPM : 2027021016

Program Studi : Magister Biologi

Fakultas : Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

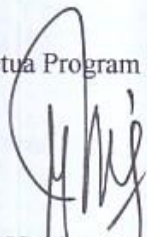


Dr. Bambang Irawan, M.Sc.
NIP. 196503031992031006



Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si.
NIP. 196111251990032001

2. Ketua Program Studi Magister Biologi

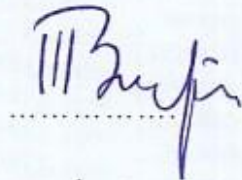


Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.
NIP. 196603051991032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

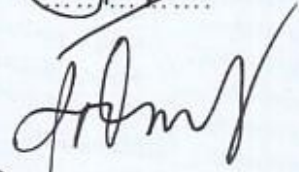
Ketua : **Dr. Bambang Irawan, M.Sc.**




Sekretaris : **Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si.**



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



Bukan Pembimbing 2 : **Dr. Mahfut, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



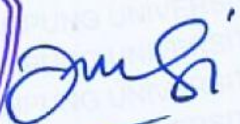
Dr. Eng Satripto Dwi Yuwono, M.T

NIP. 197407052000031001

Dekan Program Pascasarjana

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

NIP. 197104151998031005



4. Tanggal Lulus Ujian: 4 Agustus 2022

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moza Fierda Atiek

NPM : 2027021016

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,



Moza Fierda Atiek
NPM. 2027021016

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 15 Juni 1997. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara pasangan suami istri bapak Yunada Atiek dan ibu Pebrianti. Penulis memulai pendidikannya di TK Pembina Menggala pada tahun 2002, kemudian melanjutkan pendidikannya di Sekolah Dasar (SD) di SDN 01 Gunung Sakti hingga Tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 2 Menggala hingga Tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 2 Bandar Lampung hingga tahun 2015. Tahun 2015 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN), dan meraih gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada tahun 2019.

Pada tahun 2020, penulis tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Lampung, dan dinyatakan lulus sebagai Magister Sains (M.Si) pada tahun 2022.

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Bacalah dengan menyebut nama Tuhanmu

Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah

Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya (QS: Al-'Alaq 1-5)

Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan ? (QS: Ar-Rahman 13)

Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat

(QS: Al-Mujadilah 11)

Ya Allah,

Waktu yang sudah kujalani dengan jalan hidup yang sudah menjadi takdirku, sedih, bahagia, dan bertemu orang-orang yang memberiku sejuta pengalaman, yang telah memberi warna-warni kehidupan. Kubersujud dihadapan Mu, Engkau berikan aku kesempatan untuk bisa sampai Di penghujung awal perjuanganku Segala Puji bagiMu ya Allah,

Alhamdulillah..Alhamdulillah..Alhamdulillahirobbil'alamin..

Sujud syukurku atas takdirmu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku.

Kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk Buya dan Ummiku tercinta, yang tiada pernah hentinya selama ini memberiku semangat, doa, dorongan, nasehat dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan hingga aku selalu kuat menjalani setiap rintangan yang ada didepanku. Ummi, Buya terimalah bukti sederhana ini sebagai bentuk hormat dan hadiah keseriusanku untuk membalas semua pengorbananmu.

Dalam silah di lima waktu mulai fajar terbit hingga terbenam.. seraya tanganku menadah".. ya Allah ya Rahman ya Rahim... Terimakasih telah kau tempatkan aku diantara kedua malaikatmu yang setiap waktu ikhlas menjagaku, mendidikku, membimbingku dengan baik, ya Allah terimakasih engkau telah tetapkan hatiku pada keimananMu, ya Allah berikanlah balasan setimpal syurga firdaus untuk mereka dan jauhkanlah mereka nanti dari panasnya api neraka.

Hidupku terlalu berat untuk mengandalkan diri sendiri tanpa melibatkan bantuan Allah dan orang lain. Terimakasihku kepada teman-temanku selama kuliah dan penelitian, yang selalu memberikan motivasi, nasihat, dukungan, canda dan tawa sehingga membuatku semangat dalam menyelesaikan tesis ini. Mba Sesti, Mba Nadia, Mba Suminta, Mba Rizka, Mba Indah Yusni, Mba Sabti, Indah Fitri dan teman angkatan 2020 lainnya. Terimakasih kawan-kawanku, kalian telah memberikan banyak hal yang tak terlupakan kepadaku.. Semoga kelak kita bisa bertemu di syurgaNya. Aamiin.

Buat seseorang yang masih menjadi rahasia illahi, yang pernah singgah ataupun yang sempat berjumpa, terimakasih untuk semuanya yang pernah tercurah untukku. Untuk kkg Arief Rachmat Dwi Putra percayalah bahwa hanya namamu yang selalu kusebut dalam doaku, semoga keyakinan dan takdir ini terwujud. Kita dipertemukan atas ridho dan izin Allah SWT.

MOTTO HIDUP

“Dan bahwasanya seorang manusia tidak memperoleh selain apa yang telah diusahakannya. Dan bahwasanya usahanya itu kelak akan diperlihatkan kepadanya. Kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna”

(Q.S. An-Najm : 39-41)

“Tidak ada kemudahan kecuali apa yang Engkau jadikan mudah. Dan apabila Engkau berkehendak, Engkau akan menjadikan kesusahan menjadi kemudahan.”

(H.R. Ibnu Hibban)

Jika berlebih, diamlah.

Jika berkekurangan, telanlah.

Jangan bagikan susahmu, sebab setan selalu punya cara membuatmu putus asa.

Jangan melebihi bahagiamu, sebab tak semua di depanmu sedang bahagia.

Jangan raungkan sedihmu, sebab tak semua di depanmu peduli hidupmu.

Jika Allah kasih lebih, syukuri, diamlah.

Jika Allah kasih sedikit, syukuri, telanlah.

**”What’s truly yours will eventually be yours,
and what’s not, even in a million years, will never be yours”**

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “**Aplikasi *Aerated Compost Tea Serat Bromelain yang Diinduksi Inokulum *Trichoderma sp.* (BIO GGP 5) dalam Penekanan Penyakit *Fusarium sp.* dan Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa L.*)***” .

Tesis ini dapat terselesaikan karena bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih 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 telah memberikan ilmu, bimbingan, bantuan baik moril dan materil, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan tesis
5. Ibu Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si. selaku Pembimbing II atas ilmu, bantuan, bimbingan, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan tesis.
6. Ibu Dra. Rochmah Agustrina, Ph.D. selaku Pembahas I atas semua ilmu, bimbingan, saran, dan arahan dalam penyusunan tesis.

7. Bapak Dr. Mahfut, M.Sc. selaku Pembahas II atas semua ilmu, bimbingan, saran, dan arahan dalam penyusunan tesis.
8. Bapak Drs. M. Kanedi, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Bapak Dr. Sumardi, M.Si. selaku Kepala Laboratorium Mikrobiologi dan mba Oni Mastuti ,S.Si. selaku laboran yang telah mengizinkan, membantu serta memberikan semangat serta nasihat kepada penulis ketika melaksanakan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi
10. Kedua orang tuaku tercinta Buya Yunada Atiek dan Ummi Pebrianti , yang selalu memberikan doa, semangat dan memberikan bantuan nasihat agar penulis selalu sabar dan tabah dalam mengemban ilmu.
11. Kedua adikku tersayang, Muhammad Fadli Hidayatullah dan Nadya Miranda Atiek yang selalu memberikan doa, dukungan dan keceriaan.
12. Kkg Arief Rachmat Dwi Putra yang senantiasa memberikan semangat, menjadi penasihat yang baik selama penyelesaian tesis ini.
13. Kepada teman-teman seperjuanganku selama menjalani kuliah dan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi, Sesti Edina Merisca, Nadia Fakhriyati Arfa, Suminta Frida Hairisah, Rizka Dwi Oktavia , Sabti Martini, Indah Fitri Sari terimakasih atas kebersamaan, bantuan, informasi dan dukungan selama penulis kuliah dan penelitian.
14. Seluruh teman-teman Magister Biologi angkatan 2020
15. Terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu, mempermudah serta mendoakan penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
16. Serta almamater tercinta, Universitas Lampung.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, penulis berharap semoga tesis ini dapat diterima dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 4 Agustus 2022

Penulis,

Moza Fierda Atiek

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 .Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	4
1.3. Kerangka Pikir.....	4
1.4. Hipotesis Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Nanas	6
2.1.1. Morfologi Tanaman Nanas.....	7
2.2. Fungi.....	9
2.2.1 <i>Trichoderma</i> sp.	10
2.2.2 <i>Fusarium</i> sp.	10
2.2.3 Inokulum	12
2.3. Kompos	13
2.3.1 <i>Compost Tea</i>	14
2.4. Tanaman Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.)	15
III. METODEDE	17
3.1. Waktu dan Tempat.....	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.2.1. Alat.....	17
3.2.2. Bahan	18
3.3. Rancangan Penelitian.....	18
3.4. Diagram Alir	20
3.5. Prosedur Kerja.....	21
3.5.1. Pembuatan Media PDA.....	21
3.5.2. Peremajaan Fungi.....	21
3.5.2.1. <i>Trichoderma</i> sp. (BIO GGP 5)	21
3.5.2.2. <i>Fusarium</i> sp.	22

3.5.3. Preparasi Media Inokulum.....	22
3.5.4. Penghitungan Jumlah Spora dan CFU	22
3.5.5. Aplikasi Inokulum <i>Trichoderma</i> sp. pada Pengomposan ...	24
3.5.6. Pembuatan ACT Serat Bromelain.....	25
3.5.7. Analisis Kimia ACT Serat Bromelain	25
3.5.7.1. Penentuan Kadar C-Organik Total	25
3.5.7.2. Penentuan Kadar N-Organik Total	26
3.5.7.3. Penetapan Kadar P.....	26
3.5.7.4. Penetapan Kadar K.....	27
3.5.7.5. Rasio C/N Kompos.....	27
3.5.8. Penghitungan Populasi Mikroba ACT	28
3.5.9. Uji <i>In Vitro</i> ACT pada Penekanan Patogen	28
3.5.10. Uji <i>In Vivo</i> ACT Terhadap Penekanan Jamur Patogen.....	31
3.5.10.1. Intensitas Kejadian Penyakit	31
3.5.11. Parameter Pengamatan Pertumbuhan Tanaman.....	32
3.5.11.1. Tinggi Tanaman	32
3.5.11.2. Jumlah Daun.....	32
3.5.11.3. Berat Segar Tanaman	32
3.5.11.4. Berat Kering Tanaman	32
3.5.11.5. Analisis Kandungan Enzim Peroksidase.....	33
3.5.11.6. Analisis Kandungan Klorofil	33
3.5.11.7. Analisis Kandungan Karbohidrat.....	34
3.6. Analisis Data.....	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1. Hasil	35
4.1.1. Kualitas Kimia dan Biologi ACT	35
4.1.1.1 Analisis Kimia ACT serat Bromelain.....	36
4.1.1.2 Hasil Penghitungan Populasi Mikroba ACT	37
4.1.2. Hasil Uji <i>In Vitro</i> ACT pada Penekanan Jamur Patogen....	38
4.1.3. Hasil Uji <i>In Vivo</i> ACT pada Penekanan Jamur Patogen.....	39
4.1.3.1. Intensitas Kejadian Penyakit	39
4.1.3.2. Hasil Pengamatan Morfologi Tanaman Selada	41
4.1.3.3. Hasil Pengamatan Fisiologis Tanaman Selada.....	42
4.2. Pembahasan.....	43
4.2.1. Kualitas Kimia dan Biologi ACT	43
4.2.1.1. Analisis Kimia ACT	43
4.2.1.2. Populasi Mikroba ACT.....	45
4.2.2. Penekanan Patogen <i>Fusarium</i> sp. Secara <i>In Vitro</i>	48
4.2.3. Penekanan Patogen <i>Fusarium</i> sp. dan Pertumbuhan Tanaman Selada Secara <i>In Vivo</i>	49
4.2.3.1. Intensitas Kejadian Penyakit	49
4.2.3.2. Morfologi Tanaman Selada	51
4.2.3.3. Fisiologis Tanaman Selada.....	53

V. KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran.....	58
 DAFTAR PUSTAKA	 59
 LAMPIRAN.....	 73

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan Tanaman Selada	16
2. Kadar C, N, P, K dan Rasio C/N ACT Serat Bromelain	37
3. Nilai Rata-Rata Populasi Bakteri dan Fungi ACT	37
4. Pengaruh ACT terhadap Intensitas Kejadian Penyakit.....	40
5. Kandungan Klorofil, Karbohidrat dan Enzim Peroksidase	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi Nanas	7
2. Diagram Alir Penelitian	20
3. Tata Letak Rasio Perbandingan Konsentrasi ACT	25
4. Uji <i>In Vitro</i> ACT Serat Bromelain.....	29
5. Jenis Interaksi pada Pengujian Kompatibilitas	30
6. Uji Kompatibilitas ACT Serat Bromelain.....	38
7. Daun Tanaman Selada yang Menunjukkan Gejala <i>Fusarium</i> sp.	40
8. Tinggi, Jumlah Daun, Berat Segar dan Berat Kering Tanaman Selada.....	41

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanas [*Ananas comosus* (L.) Merr.] merupakan jenis buah tropis yang berpotensi menjadi komoditas perdagangan di Indonesia. Dalam produksi buah tropis dunia, nanas termasuk jenis buah terpenting ketiga setelah pisang dan jeruk (Botella and Smith, 2008). Kosta Rika, Brazil, Filipina, Thailand, Indonesia dan China merupakan negara produsen nanas terbesar di dunia (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2016). Industri nanas di Indonesia mencapai 2.447. 243 ton pada Tahun 2020 (Badan Pusat Statistik, 2020).

Tanaman nanas merupakan salah satu tanaman yang memiliki kandungan serat tinggi. Menurut Pardo *et al.* (2014) daun nanas diantaranya mengandung selulosa (43,53 %), hemiselulosa (21,88 %) dan lignin (13,88 %), sedangkan bonggol nanas mengandung selulosa (24,53 %), hemiselulosa (28,53 %), dan lignin (5,78 %). Komponen selulosa limbah nanas tidak mudah didegradasi, baik secara kimia maupun mekanis karena selulosa memiliki sifat kristalin dan tidak mudah larut sebagai akibat dari struktur linier yang dimilikinya (Gupta *et al.*, 2012).

Berdasarkan komponen tersebut, waktu dan kualitas dekomposisi serasah nanas dapat dimaksimalkan dengan induser berupa inokulum. Inokulum merupakan mikroorganisme yang diinokulasikan ke dalam kompos untuk membantu proses dekomposisi yang berlangsung terus menerus di dalam tanah sehingga berpotensi untuk meningkatkan kesuburan tanah (Irawan *et al.*, 2017).

Inokulum merupakan bahan padat/cair yang mengandung mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut ditambahkan ke dalam substrat atau media fermentasi. Salah satu mikroorganisme yang dijadikan bahan inokulum dan mampu mempercepat proses dekomposisi adalah kelompok fungi. Fungi mampu

mengekskresikan enzim yang dapat mendegradasi polimer karbohidrat menjadi senyawa sederhana yaitu gula reduksi (glukosa) sebagai produk akhirnya (Irawan *et al.*, 2014).

Salah satu fungi yang mampu mendegradasi polimer karbohidrat adalah *Trichoderma* sp. *Trichoderma* sp. dikenal sebagai agen pengendali hayati yang mengendalikan beberapa penyakit tanaman karena memiliki kemampuan antibiosis, bersaing untuk nutrisi dan ruang, melepaskan enzim, dan mendorong mekanisme pertahanan serta pertumbuhan tanaman. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. dapat menghasilkan 1,3-glukanase, kitinase, peroksidase, dan polifenoloksidase. Enzim-enzim tersebut berfungsi sebagai resistensi sistemik pada tanaman (Baiyee *et al.*, 2019).

Selada (*Lactuca sativa* L.) adalah tanaman sayuran berdaun yang ditanam di seluruh dunia karena nilai gizi tinggi dan merupakan bahan utama salad (Oyinlola *et al.*, 2017). Selada dianggap sebagai sumber vitamin A, C, E, dan K, dan mengandung berbagai mineral penting, seperti K, Ca, Fe dan Cu, karoten dan antioksidan (Garg *et al.*, 2004; Katz and Weaver, 2003). Budidaya selada kini berkembang baik di ladang terbuka atau di rumah kaca. Budidaya tanaman selada tidak terbebas dari faktor serangan hama penyakit yang disebabkan oleh Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Hal ini menjadi kendala yang mempengaruhi produksi. Salah satu penyakit yang paling sering dijumpai dan dilaporkan adalah penyakit bercak daun dan layu yang disebabkan oleh jamur patogen *Fusarium* (Alamri *et al.*, 2018).

Fusarium sp. adalah salah satu patogen tular tanah yang paling merusak dan menurunkan produktivitas selada (Bastakoti *et al.*, 2017; Szczechura *et al.*, 2013). Insiden penyakit juga ditemukan di Indonesia, namun belum diketahui secara pasti berapa besar kerugiannya. Patogen ini dapat memproduksi beberapa toksin di antaranya *fusaric acid* dan *fumonisin* yang dapat memperparah infeksi penyakit (Chehri *et al.*, 2010).

Mekanisme *Trichoderma* sp. dalam menghambat infeksi *Fusarium* sp. diawali dengan proses penempelan hifa *Trichoderma* sp. pada *Fusarium* sp. Penempelan

hifa merupakan pola interaksi mikoparasitisme yang dimiliki oleh *Trichoderma* sp. Tahapan dalam pola interaksi ini diawali dengan pertumbuhan kemotropik, dimana pada tahap ini terjadi proses rangsangan kimiawi dari inang terhadap fungi antagonis. Tahap kedua adalah pengenalan atau rekognisi. Pada tahap ini dalam beberapa kasus bersifat spesifik sehingga sifat antagonistik *Trichoderma* sp. hanya efektif untuk fungi patogen tertentu. Tahap ketiga adalah penguraian dinding sel untuk menghancurkan protein yang terdapat pada sel inang.

Trichoderma sp. terbukti mampu menghasilkan enzim pengurai dinding sel (kitinolitik, selulolitik, dan glukanolitik) (Kucuk and Kivanc, 2003; Widyastuti dkk., 2001; Witkowska and Maj, 2002).

Pengendalian penyakit tanaman secara kimia dianggap cukup mahal dan penggunaan pestisida sintetik dalam jangka panjang dapat menimbulkan efek samping yang merugikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Ismail and Tenrirawe, 2010). Upaya intensif di bidang pertanian untuk menggunakan produk turunan organik diperlukan untuk menyediakan pegendali hama tanaman secara biologi yang valid sebagai perlindungan tanaman dan untuk meningkatkan keberlanjutan pengelolaan tanaman. Salah satu upaya di atas yang dapat dikembangkan adalah dengan menggunakan *Aerated Compost Tea* (De Corato *et al.*, 2015).

Aerated Compost Tea (ACT) merupakan metode yang efektif untuk pengembangan teknologi pengomposan yang berharga di bidang pertanian. ACT adalah ekstrak air kompos oksigenat yang diperoleh melalui proses aerasi. Berbagai penelitian telah dilakukan dan menunjukkan potensi ACT dalam merangsang pertumbuhan tanaman dan menekan penyakit disebabkan oleh patogen tanah diantaranya *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* (Scheuerell and Mahaffee, 2004 ; Dionné *et al.*, 2012) , *Phytophthora capsici* (Sang *et al.* 2010) , layu *Fusarium oxysporum* dan *Verticillium dahliae* (Alfano *et al.*, 2011). ACT dapat diaplikasikan pada tanaman untuk meningkatkan proses fisiologis pada tanaman dan perlindungan terhadap patogen karena ACT mengandung mikroba antagonis yang menghasilkan senyawa antibiotik yang mampu menekan pertumbuhan patogen (Siddiqui *et al.*, 2008).

Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan aplikasi *aerated compost tea* serat bromelain yang diinduksi *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) dalam penekanan penyakit *Fusarium* sp. dan pertumbuhan tanaman selada.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. 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 5)
2. mengetahui pengaruh ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) dalam penekanan pertumbuhan *Fusarium* sp. secara *in vitro*
3. mengetahui pengaruh ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) terhadap pertumbuhan tanaman selada yang diinfeksi *Fusarium* sp.

1.3 Kerangka Pikir

Produksi olahan nanas menyisakan banyak limbah serat bromelain dan menyebabkan akumulasi bahan organik. Kandungan polimer kompleks serat bromelain seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin tidak mudah terurai sehingga mempersulit dalam penanganan limbahnya. Upaya untuk mempercepat dekomposisi serat bromelain salah satunya dengan penambahan fungi *Trichoderma* sp. yang bersifat lignoselulolitik. Sifat lignoselulolitik *Trichoderma* sp. mampu mendekomposisi lignoselulosa serta mengekskresikan enzim ekstraseluler untuk mendekomposisi polimer karbohidrat menjadi monomer sederhana berupa glukosa. Dalam proses pengomposan, fungi *Trichoderma* sp. akan mendegradasi lignoselulosa dengan cepat dan meningkatkan kualitas

kompos serat bromelain. Proses degradasi lignoselulosa akan melepaskan unsur-unsur hara yang diperlukan oleh pertumbuhan tanaman seperti C, N, P, K.

Kompos dapat berupa kompos padat dan cair. Kompos cair yang digunakan berupa *compost tea*. *Compost tea* berpotensi tinggi sebagai agen penyubur tanah dan agen pengendali hayati. Pengendalian penyakit secara kimia dianggap cukup mahal dan penggunaan bahan kimia secara terus menerus dapat menimbulkan efek samping yang merugikan terhadap lingkungan sehingga dibutuhkan alternatif lain untuk mengatasi permasalahan tersebut. Alternatif yang dapat digunakan dan merupakan hasil perkembangan teknologi adalah penggunaan *Aerated Compost Tea* (ACT). ACT adalah ekstrak air kompos oksigenat yang diperoleh melalui proses aerasi. ACT dapat diaplikasikan pada tanaman untuk meningkatkan perlindungan tanaman terhadap patogen karena ACT mengandung mikroba antagonis yang mampu mengeluarkan senyawa antibiotik yang dapat menekan pertumbuhan patogen. Selain itu, ACT juga dianggap mampu untuk meningkatkan status fisiologi tumbuhan.

1.4 Hipotesis Penelitian

1. Kualitas kimia dan biologi ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) terbaik diperoleh dari ACT konsentrasi kompos : akuades (100 gr : 300 mL akuades).
2. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) dapat menekan pertumbuhan *Fusarium* sp. secara *in vitro*
3. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman selada yang diinfeksi *Fusarium* sp.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Nanas

Nanas [*Ananas comosus* (L.) Merr.] merupakan tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Nanas termasuk ke dalam golongan kelas monokotil yang memiliki rangkaian bunga pada bagian ujung batangnya. Tanaman nanas banyak ditemukan di daerah khatulistiwa yaitu antara 25 °LU dan 25 °LS. Tanaman ini berasal dari Amerika Tropis (Brazil, Argentina, dan Peru) dan hanya hidup di satu musim saja dalam setahun yaitu pada musim kering (Rahmat dan Fitri., 2007).

Serat tanaman nanas tersusun oleh berbagai komponen diantaranya yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin, pektin, lilin, lemak, dan berbagai komponen lainnya yang larut dalam air (Riana, 2012). Menurut Chaokaur *et al.* (2014), komposisi senyawa kimia penyusun kulit nanas adalah 23,39 % selulosa, 42,72 % hemiselulosa, dan 4,03 % lignin, sedangkan bonggolnya mengandung 28,53 % selulosa, 24,53 % hemiselulosa dan 5,75 % lignin (Pardo *et al.*, 2014).

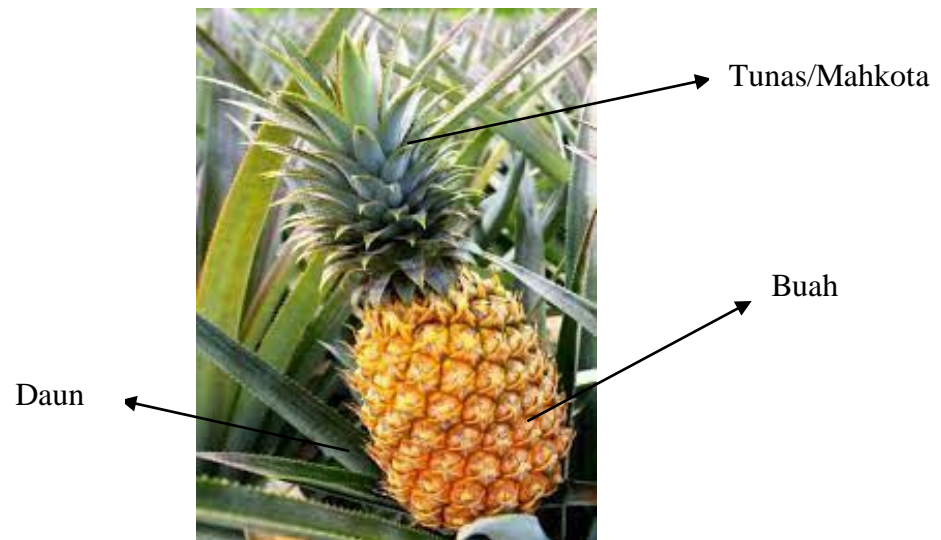
Buah nanas mengandung banyak manfaat antara lain dapat membantu proses pencernaan, menurunkan kolesterol dan mengurangi resiko diabetes. Selain itu, buah nanas juga dapat dimanfaatkan untuk melunakkan daging karena buah nanas mengandung enzim bromelin. Enzim bromelin merupakan protease yang menguraikan protein. Daun nanas juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. (Winastia, 2011).

Menurut Cronquist (1981), klasifikasi tanaman nanas dalam sistematika tanaman sebagai berikut:

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

2.1.1 Morfologi Tanaman Nanas

Nanas merupakan tanaman herba yang dapat hidup dalam berbagai musim. Tanaman nanas digolongkan ke dalam kelas monokotil yang bersifat tahunan. Rangkaian bunga nanas terdapat di ujung batang. Nanas memperbanyak diri dengan tunas/mahkota dan tunas samping yang berkembang menjadi cabang-cabang vegetatif, pada cabang tersebut kelak dihasilkan buah (Sari, 2002).



Gambar 1. Morfologi Nanas (Paramitha, 2020)

Sistem perakaran nanas membentuk sistem perakaran serabut yang menyebar ke arah horizontal dan vertikal. Kedalaman perakaran nanas yang tumbuh pada media yang baik tidak melebihi 50 cm, sedangkan perakaran di tanah biasa jarang dapat mencapai kedalaman 30 cm (Rocky, 2009). Berdasarkan pertumbuhannya, akar nanas dibedakan menjadi akar primer dan sekunder. Akar primer hanya dapat ditemukan pada kecambah biji lalu digantikan oleh akar adventif yang tumbuh dari pangkal batang dan berjumlah banyak. Pada pertumbuhan selanjutnya, akar-akar tersebut akan bercabang membentuk akar sekunder untuk membentuk sistem perakaran yang kuat dan memperluas bidang penyerapan (Irfandi, 2005).

Nanas berbatang sangat pendek yaitu sekitar 20-25 cm dengan diameter bawah sekitar 2-3,5 cm, dan diameter tengah 5,5 sampai 6,6 cm. Batang mengecil pada bagian puncak sehingga ukuran diameternya hanya sekitar 2.0-3.5 cm. Batang berfungsi sebagai tempat melekatnya akar, daun, bunga, tunas, dan buah. Secara visual batang tidak nampak karena tertutup daun sehingga batang tanaman nanas hanya dapat dilihat apabila daun-daun dihilangkan terlebih dahulu. (Oktaviani, 2009).

Daun nanas tidak bertangkai, liat, keras dan tidak mempunyai daun utama. Bentuk daun seperti talang dan memanjang seperti pedang. Sisi kanan dan kiri daun bergeligi tajam (Bortholomew *et al.*, 2003).

Bunga nanas merupakan bunga majemuk yang tumbuh pada ujung batang dan bersifat hermaphrodit atau berkelamin ganda. Bunga berjumlah 100-200 pertangkainya, masing-masing berkedudukan di ketiak daun pelindung. Jumlah bunga membuka setiap hari, sekitar 5-10 kuntum (Bortholomew *et al.*, 2003).

Buah nanas merupakan buah majemuk yang terbentuk dari gabungan ratusan bunga. Ukuran, bentuk, rasa, dan warna buah sangat beragam tergantung varietasnya (Bortholomew *et al.*, 2003). Bonggol nanas merupakan bagian bari buah nanas yang sering dibuang karena rasanya tidak manis (Murniati, 2006).

2.2 Fungi

Fungi merupakan organisme heterotrof yang dapat hidup sebagai parasit maupun saprofit. Fungi bersifat parasit apabila fungi tersebut memperoleh nutrisi dari organisme yang ditumpanginya, sedangkan fungi bersifat saprofit apabila fungi tersebut memperoleh nutrisi dari organisme yang telah mati (Lud, 2007). Fungi membutuhkan persediaan bahan organik, oksigen, dan kondisi kelembaban yang tinggi untuk tumbuh dengan baik (Pratiwi, 2008). Bahan organik yang menjadi substrat pertumbuhan yaitu serat bromelain. Serat bromelain memiliki kandungan berbagai senyawa diantaranya senyawa lignoselulolitik, lignin, dan xilan (Yulipriyanto, 2009).

Fungi memerlukan sumber CO₂ untuk pertumbuhannya. Sedangkan di alam sebagian besar unsur hara tersedia dalam bentuk terikat pada senyawa selulosa dan lignin, sehingga fungi harus mengubahnya terlebih dahulu menjadi bahan yang lebih sederhana sebagai sumber energinya. Kemudian penguraian senyawa kompleks dapat menghasilkan unsur hara bagi tanaman karena hasil dekomposisinya adalah C, N, P, dan K. Senyawa tersebut akan diserap oleh tanaman disekitarnya sehingga membuat tanaman tumbuh subur (Alexander, 1997).

2.2.1 *Trichoderma* sp.

Cendawan *Trichoderma* sp. merupakan mikroorganisme tanah bersifat saprofit yang secara alami menyerang cendawan patogen dan bersifat menguntungkan bagi tanaman. Cendawan *Trichoderma* sp. banyak dijumpai hampir semua jenis tanah dan pada berbagai habitat dan merupakan salah satu jenis cendawan yang dapat dimanfaatkan sebagai agen hayati pengendali patogen tanaman. Sebagai agen hayati, cendawan ini dapat berkembang biak dengan cepat di daerah perakaran. *Trichoderma* sp. bekerja berdasarkan mekanisme antagonis yang dimilikinya (Wahyuno *et al.*, 2009). Purwantisari (2009) mengatakan bahwa *Trichoderma* sp. merupakan cendawan parasit yang dapat menyerang dan

mengambil nutrisi dari cendawan lain karena memiliki kemampuan untuk mematikan atau menghambat pertumbuhan. Mekanisme yang dilakukan oleh agen antagonis *Trichoderma* sp. terhadap patogen adalah mikoparasit dan antibiosis. Selain itu cendawan *Trichoderma* sp. juga memiliki beberapa kelebihan seperti mudah diisolasi, daya adaptasi luas, dapat tumbuh dengan cepat pada berbagai substrat, cendawan ini juga memiliki kisaran mikroparasitisme yang luas dan tidak bersifat patogen pada tanaman (Arwiyanto, 2003). Mekanisme lain yang terjadi di dalam tanah oleh aktivitas *Trichoderma* sp. yaitu kompetitor baik terhadap ruang maupun nutrisi sehingga mampu menekan aktivitas patogen tular tanah (Sudantha *et al.*, 2011).

Kemampuan *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan cendawan patogen berbeda-beda tergantung pada morfologi dan fisiologi spesiesnya (Widyastuti, 2006). Beberapa spesies *Trichoderma* sp. yang dilaporkan dapat berfungsi sebagai agen hayati adalah *T. harzianum*, *T. viridae*, dan *T. koningii* tersebar luas pada berbagai tanaman budidaya (Yuniati, 2005). *Trichoderma* sp. dilaporkan dapat mengendalikan patogen tanaman *Rhizoctonia oryzae*, penyebab rebah kecambah padi (Semangun, 2000), *Phytophthora capsici* penyebab busuk pangkal batang pada lada (Nisa, 2010), dan *Fusarium* sp. yang menyebabkan penurunan produksi pada tanaman tomat, cabai dan selada (Taufik, 2008).

2.2.2 *Fusarium* sp.

Fusarium sp. adalah salah satu patogen tular tanah penyebab penyakit layu *Fusarium* yang paling merusak dan menurunkan produktivitas selada (Bastakoti *et al.*, 2017 and Szczechura *et al.*, 2013). Insiden penyakit karena *Fusarium* sp. pada selada juga ditemukan di Indonesia, namun belum diketahui secara pasti berapa besar kerugiannya. *Fusarium* sp. diketahui memproduksi toksin asam fusarat dan fumonisin yang dapat memperparah infeksi (Chehri *et al.*, 2010).

Menurut Roma (2009), klasifikasi *Fusarium* sp. adalah sebagai berikut :

Kerajaan : Fungi
Divisi : Amastigomycota
Kelas : Deuteromycetes
Bangsa : Moniliales
Suku : Tuberculariaceae
Marga : *Fusarium*
Jenis : *Fusarium* sp.

Jamur *Fusarium* sp. mempunyai strain yang dapat dorman selama 30 tahun sebelum melanjutkan virulensi dan menginfeksi tanaman. Kasus serangan penyakit layu *Fusarium* banyak terjadi di dataran rendah. Umumnya, tanaman yang terserang *Fusarium* akan layu dan mati dalam tempo waktu 14-90 hari. Pada lahan dengan resapan air yang buruk atau lahan yang banyak tergenang akan meningkatkan risiko serangan penyakit ini (Mukarlina, 2010).

Tanaman yang terserang penyakit layu *Fusarium* ditandai dengan menguningnya daun-daun tua yang diikuti dengan daun muda, pucatnya tulang-tulang daun bagian atas, terkulainya tangkai daun, dan layunya tanaman. Batang pun membusuk dan berbau amoniak. Jika pangkalnya dipotong, akan terdapat warna coklat berbentuk cincin dari berkas pembuluhnya (Wiryanta, 2002).

Gejala serangan *Fusarium* sp. diawali pucatnya tulang-tulang daun sebelah atas, merunduknya tangkai daun dan tanaman menjadi layu. Layu total dapat terjadi antara 2-3 minggu setelah terinfeksi. Tandanya dapat dilihat pada jaringan angkut tanaman yang berubah warna menjadi kuning atau coklat. Penyakit ini dapat bertahan di tanah untuk jangka waktu lama dan bisa berpindah dari satu lahan ke lahan lain melalui mesin-mesin pertanian, seresah daun yang telah terserang, maupun air irigasi. Suhu tanah yang tinggi sangat sesuai untuk perkembangan penyakit ini (Irzayanti, 2008).

Cendawan *Fusarium* sp. membentuk polipeptida yang disebut likomarasmin yaitu senyawa toksin yang mengganggu permeabilitas membran plasma tanaman. *Fusarium* sp. juga membentuk senyawa yang lebih sederhana, yaitu asam fusarat

dan enzim pektolitik, yaitu pektinmetilesterase (PME) dan depolimerase (DP). DP dan PME menghilangkan metil pada rantai pektin menjadi asam pektat. DP memecah rantai asam pektat menjadi poligalakturonida dengan berbagai berat molekul.

Fragmen-fragmen asam pektat masuk ke dalam pembuluh xilem, kemudian membentuk massa koloidal yang mengandung bahan non pektin dan dapat menyumbat pembuluh. Akibatnya berkas pembuluh akan menjadi cokelat. Fenol-fenol di dalam tumbuhan inang akan mengalami polimerisasi oleh fenoloksidase menjadi melanin yang berwarna cokelat. Bahan berwarna ini terutama diserap oleh pembuluh xilem yang berlignin yang menyebabkan warna cokelat yang khas pada penyakit layu *Fusarium* (Mukarlina, 2010). Karakter dari jamur ini adalah menyerang tanaman yang kondisinya sedang lemah (peka) karena kekeringan, kekurangan unsur hara, terlalu banyak sinar matahari dan tanaman terlalu banyak buah (Semangun, 2000).

2.2.3 Inokulum

Inokulum adalah bahan padat/cair yang diinokulasikan pada medium (Pelczar *et al.*, 2007). Inokulum dibuat dengan menumbuhkan mikroorganisme target pada media yang cocok. Teknik pembuatan inokulum digunakan agar mikroorganisme yang ditumbuhkan pada media tersebut tumbuh sedikit berjauhan dari sesamanya dan memungkinkan setiap sel-sel yang terbentuk berhimpun membentuk koloni, yaitu sekelompok massa sel yang dapat dilihat dengan mata telanjang.

Media yang digunakan untuk pembuatan inokulum dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik fungsinya. Bawang daun (*Allium porrum* L.), rumput sudan [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.], rumput bahia (*Paspalum notatum* Flugge.), jagung (*Zea mays* L.) dan kacang (*Pueraria javanica* L.) merupakan tanaman-tanaman yang paling sering digunakan sebagai inang dalam perbanyakan inokulum (Struble dan Skipper, 1988). Inokulum yang akan diinokulasikan pada serasah nanas adalah inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) untuk mengoptimalkan proses fermentasi dan mempercepat dekomposisi (Salim, 2015).

2.3 Kompos

Kompos adalah hasil penguraian parsial atau tidak sempurna dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, dan lembab baik secara aerobik atau anaerobik (Crawford, 2003). Kompos dihasilkan dari proses pengomposan dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan aerobik menurut Misra *et al.* (2003) yaitu aerasi, kelembapan, dan nutrisi

a. Aerasi

Pada pengomposan secara aerobik kehadiran oksigen sangat utama, dimana jika keadaan ini tidak terpenuhi akan menyebabkan dekomposisi menjadi lambat. Selain itu aerasi juga berfungsi untuk sirkulasi uap air, gas dan panas yang berlebihan. Pengontrolan juga perlu dilakukan berupa ukuran partikel, kadar air, tinggi tumpukan, ventilasi dan frekuensi pembalikan kompos.

Kelembapan dibutuhkan untuk mendukung aktivitas metabolisme mikroorganisme. Kadar air pengomposan yang optimum untuk proses pengomposan berkisar 40-65 %. Jika tumpukan bahan organik terlalu kering menyebabkan pengomposan berjalan lambat sementara kadar air yang melebihi 65 % menyebabkan kondisi lingkungan berubah menjadi anaerob. Dalam praktiknya, disarankan untuk memulai pengomposan dengan kadar air pada sampah bahan organik sekitar 50-60 % dan kelembapan akhir pengomposan sekitar 30 %.

b. Nutrisi

Mikroorganisme membutuhkan unsur karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) sebagai nutrisi utama. Rasio C/N bahan baku mempengaruhi pertumbuhan mikroba, dimana rasio C/N yang optimal untuk pertumbuhan mikroba adalah antara 25/1 dan 30/1. Rasio C/N yang lebih tinggi dari 30/1

menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme berjalan lambat. Rasio C/N kurang dari 20/1 menyebabkan kurang termanfaatkannya N sehingga menguap dalam bentuk amonia atau dinitrogen oksida yang kemudian akan menyebabkan bau. Rasio C/N dari produk akhir harus 15-25.

2.3.1 *Compost Tea*

Compost Tea (CT) merupakan ekstrak air kompos oksigenat yang diperoleh melalui proses aerasi maupun non aerasi. *Compost tea* adalah kompos padat yang diberi air sebagai larutan pengestraknya. Menurut (Berek, 2017) *compost tea* lebih mudah diserap tanaman dan mengandung mikroba yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Bria (2016) membuktikan bahwa jenis dan konsentrasi *compost tea* tertentu berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah.

Pembuatan CT dapat dilakukan dengan metode *Aerated Compost Tea* (ACT). Pembuatan ACT dilakukan dengan suplai oksigen melalui pengadukan. ACT menyediakan unsur hara terlarut yang lebih mudah dan cepat diserap tanaman dan pada saat bersamaan mampu menekan serangan dari mikroba patogen karena mampu memberikan biopestisida (Berek, 2017).

ACT dapat diaplikasikan pada tanaman untuk meningkatkan perlindungan terhadap patogen dan / atau untuk meningkatkan status fisiologisnya (Siddiqui *et al.*, 2008). Selain itu berbagai penelitian telah dilakukan dan menunjukkan bahwa potensi *compost tea* dapat merangsang pertumbuhan tanaman dan menekan infeksi patogen tanah *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* (Scheuerell and Mahaffee 2004 ; Dionné *et al.*, 2012), *Phytophthora capsici* (Sang *et al.*, 2010), *Fusarium oxysporum*, dan *Verticillium dahliae* (Alfano dkk., 2011).

Shrestha *et al.* (2012) menyatakan bahwa pemberian *compost tea* mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, serta menekan serangan hama dan penyakit. *Compost tea* sangat cocok untuk dijadikan media tanam karena mampu menyimpan nutrisi dan air dalam jumlah yang banyak.

2.4 Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.)

Selada (*Lactuca sativa* L.) adalah tanaman sayuran berdaun yang ditanam di seluruh dunia karena nilai gizi tinggi dan merupakan bahan utama salad (Oyinlola *et al.*, 2017). Selada merupakan sebagai sumber vitamin A, C, E, dan K, dan juga mengandung berbagai mineral penting, seperti K, Ca, Fe, Cu juga pigmen karoten dan antioksidan (Garg *et al.*, 2004; Katz dan Weaver, 2003). Budidaya selada kini semakin berkembang baik di ladang terbuka maupun di rumah kaca.

Adapun klasifikasi tanaman selada menurut Cronquist (1981) adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Asterales
Suku	: Asteraceae
Marga	: <i>Lactuca</i>
Jenis	: <i>Lactuca sativa</i> L.

Selada termasuk dalam suku asteraceae (Sunarjono, 2014), berasal dari Asia Barat yang menyebar ke negara-negara beriklim sedang. Negara yang mengembangkan selada diantaranya Jepang, Thailand, Taiwan, Amerika Serikat serta Indonesia.

Daun selada memiliki bentuk, ukuran dan warna yang beragam tergantung varietasnya. Tinggi tanaman selada daun berkisar antara 30-40 cm dan tinggi tanaman selada berkisar antara 20-30 cm. Selada memiliki sistem perakaran tunggang dan serabut. Akar serabut menempel pada batang dan tumbuh menyebar ke semua arah pada kedalaman 20-50 cm atau lebih (Novriani, 2014).

Selada adalah tanaman sayuran yang dapat dimakan secara mentah. Permintaan sayuran termasuk di Indonesia semakin meningkat seiring dengan kesadaran masyarakat yang tinggi akan pola makan hidup yang sehat karena selada memiliki kandungan gizi yang tinggi (**Tabel 1**).

Tabel 1. Kandungan Vitamin dan Mineral Tanaman Selada

Kandungan	Jumlah
Energi	15 kkal
Protein	1,2 gr
Lemak	0,2 gr
Karbohidrat	2,9 gr
Kalsium	22 mg
Fosfor	25 mg
Fe	1 mg
Vitamin A	540 IU
Vitamin B1	0,04 mg
Vitamin C	8 mg

Sumber : Novriani, 2014.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Februari sampai Mei 2022 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung. Aplikasi kompos dilakukan di *Green House* Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Universitas Lampung dan analisis kimia ACT dilakukan di PT. *Great Giant Pineapple*, Lampung Tengah.

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, *oven*, inkubator, *autoclave*, *laminar air flow*, kulkas, label, *hot plate*, *stirrer*, bunsen, gelas objek, gelas penutup, *freezer*, mikroskop, pipet tetes, *haemocytometer*, timbangan, sumbat, corong plastik, soil tester, keranjang sampah, blender, *tray*, aerator dan *polybag*.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu fungi *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) (koleksi pribadi Dr. Bambang Irawan, M.Sc.), fungi *Fusarium* sp., *Potato Dextrose Agar* (PDA), kapas, kasa, tali kasur, kotoran sapi, serat bromelain, aluminium foil, akuades, alkohol 70%, CaCO_3 2%, dan CaSO_4 4%.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan pengujian. Tahap pertama yaitu uji kualitas ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5), tahap kedua yaitu uji *in vitro* ACT terhadap penekanan pertumbuhan *Fusarium* sp., dan tahapan ketiga yaitu uji *in vivo* ACT terhadap pertumbuhan tanaman selada yang diinfeksi *Fusarium* sp.

Uji kualitas ACT serat bromelain dilakukan secara kimia dan biologi. Analisis kimia meliputi kadar C,N,P, K, serta 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 ACT disajikan dalam bentuk deskriptif.

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

Uji *in vivo* ACT dilakukan dengan 6 ulangan. Parameter yang diamati adalah intensitas kejadian penyakit, morfologi tanaman (tinggi, jumlah daun, berat segar, dan berat kering), serta fisiologi tanaman (analisis kandungan klorofil, analisis kandungan karbohidrat, dan analisis kandungan enzim peroksidase). Data hasil uji *in vivo* dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilakukan uji *Tukey* dengan taraf nyata 5%.

Uji *in vitro* dan *in vivo* ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) terhadap pertumbuhan tanaman selada yang diinfeksi *Fusarium* sp. dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL)

1 faktor dengan konsentrasi ACT sebagai berikut:

P0 : Kontrol (air)

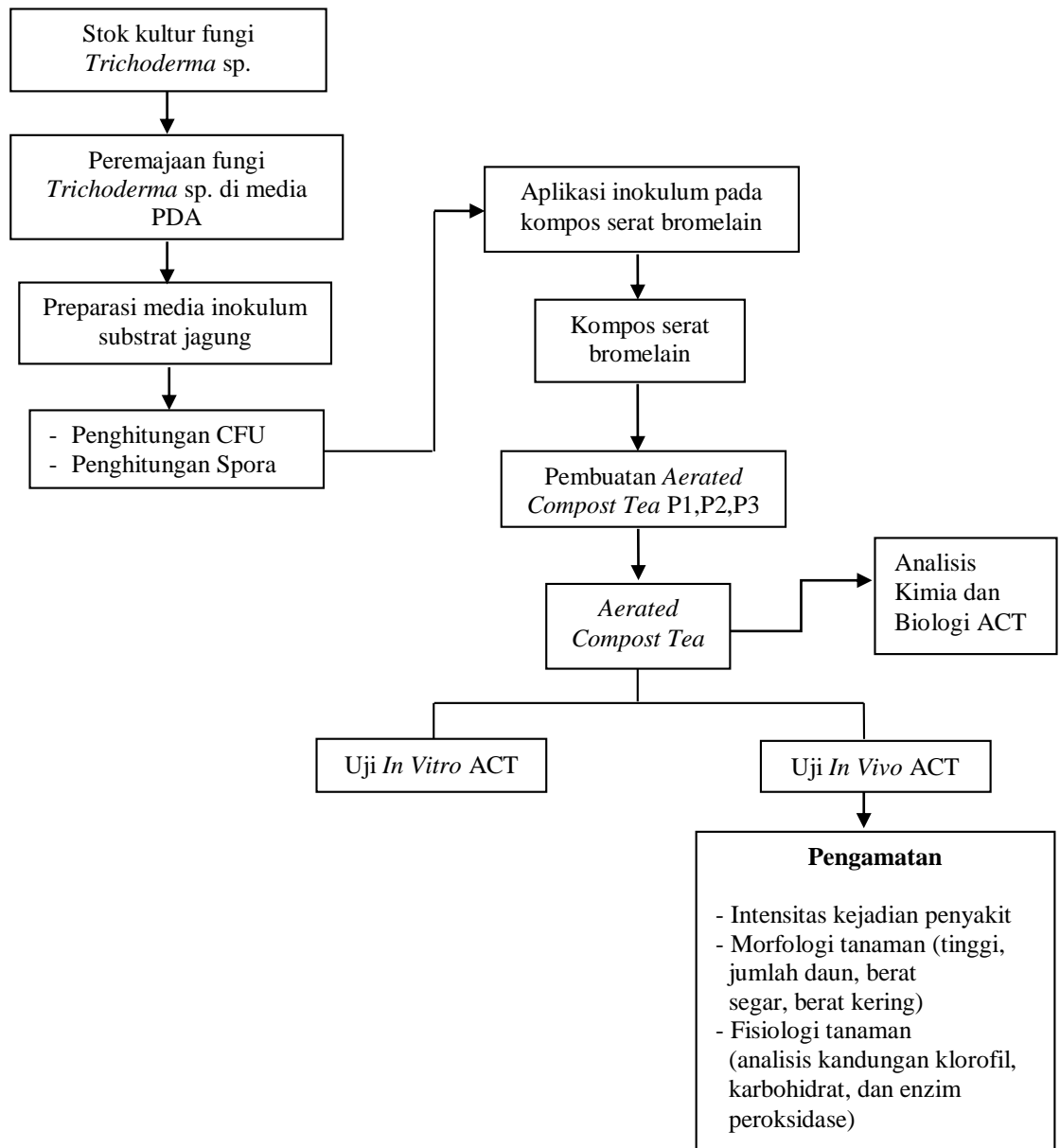
P1 : 100 gr kompos serat bromelain : 300 ml air

P2 : 100 gr kompos serat bromelain : 400 ml air

P3 : 100 gr kompos serat bromelain : 500 ml air

3.4 Diagram Alir

Tahapan penelitian aplikasi *aerated compost tea* serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) terhadap pertumbuhan tanaman selada yang diinfeksi *Fusarium* sp. disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.5 Prosedur Kerja

Prosedur kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.5.1 Pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Media PDA digunakan untuk peremajaan fungi *Trichoderma*. PDA menggunakan metode Malloch dan 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 *hotplate* 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. Selanjutnya media dibiarkan hingga memadat.

3.5.2 Peremajaan Fungi

3.5.2.1 *Trichoderma* sp.

Peremajaan fungi *Trichoderma* dilakukan menggunakan media PDA dalam cawan petri steril. Satu ose biakan fungi *Trichoderma* secara aseptik diinokulasikan pada media PDA padat dalam *petridish*. Fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 5) diinkubasi selama 5-7 hari hingga tumbuh spora.

3.5.2.2 *Fusarium* sp.

Peremajaan fungi *Fusarium* dilakukan menggunakan media PDA dalam cawan petri steril. Satu ose biakan fungi *Fusarium* secara aseptik diinokulasikan ke dalam cawan petri yang sudah berisi media PDA. Fungi *Fusarium* diinkubasi selama 5-7 hari hingga tumbuh spora.

3.5.3 Preparasi Media Inokulum

Pembuatan media inokulum dilakukan dengan metode Gaird *et al.* (2009) yang dimodifikasi. Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan media inokulum ini adalah biji jagung yang diblender kasar, larutan CaSO_4 4 % (w/v), dan larutan CaCO_3 2 % (w/v). Larutan CaSO_4 4 % (w/v) dan larutan CaCO_3 2 % (w/v) digunakan untuk mempertahankan kelembaban media inokulum. Sebanyak 40 gram CaSO_4 dan 20 gram CaCO_3 , 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_4 dan CaCO_3 dalam botol. Media disterilisasi dalam *autoclave* pada suhu 121 °C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah media dingin, diinokulasikan isolat *Trichoderma* sp. (Bio GGP 5), kemudian diinkubasi selama 14 hari.

3.5.4 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. 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, 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 diletakkan 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
 n : Jumlah kotak sampel (5 kotak besar)
 d : Tingkat pengenceran
 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} . Sebanyak 1 ml dilusi 10^{-7} dimasukkan dalam dua cawan petri terpisah (duplo) dengan metode *spread plate* berisi media PDA padat. Kemudian diinkubasi selama ± 5 hari. Nilai CFU menunjukkan tingkat viabilitas spora. Penghitungan jumlah koloni dilakukan menggunakan rumus Prescott (2002) sebagai berikut:

$$\text{Jumlah koloni per gram bahan} = \frac{\text{Jumlah koloni}}{\text{Faktor pengenceran}} \text{ CFU}$$

3.5.5 Aplikasi Inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 5) pada Pengomposan Serat Bromelain

Pengomposan serat bromelain dilakukan menggunakan modifikasi metode Kumar dkk. (2008) dan *Takakura Home Metode* (Ying dkk., 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 Pinneapple yang telah dicacah dan dikering anginkan. Sebagai bahan campuran kompos, digunakan kotoran sapi kering, kemudian campuran tersebut ditambah inokulum sebanyak 1% dari berat kompos keseluruhan. Induksi inokulum *Trichoderma* sp. pada pengomposan ini diharapkan mampu mempercepat proses dekomposisi serat 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). Sebanyak 2 kg serat bromelain, 1 kg kotoran sapi dan 30 gram inokulum fungi *Trichoderma* sp. (Bio GGP 5) 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 dkk., 2012). Pengadukan bertujuan untuk menurunkan temperatur kompos sehingga fungi dapat bekerja secara optimal. Proses pengomposan dilakukan selama ± 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 μm (Irawan *et al.*, 2014).

3.5.6 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). Masing-masing perbandingan kompos : air diulang sebanyak 6 kali. Campuran kompos dan air diaerasi dengan aerator selama 72 jam (Islam, 2016). Tata letak perlakuan perbandingan kompos : air dalam pembuatan ACT disajikan pada **Gambar 3**.

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

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

3.5.7 Analisis Kimia ACT Serat Bromelain

3.5.7.1 Penentuan Kadar C-Organik Total

Penentuan kadar C-Organik ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) dilakukan dengan cara memasukkan 1 ml sampel ke dalam labu ukur 100 mL, ditambah 5 mL $K_2Cr_2O_7$ 1 N dan 7,5 mL H_2SO_4 pekat. Setelah sampel diaduk sampai homogen, dibiarkan 30 menit dengan sesekali dilakukan pengocokan. Selanjutnya sampel tersebut diencerkan dengan aquadest steril hingga tanda batas labu ukur. Campuran larutan tersebut dikocok hingga homogen, dan dibiarkan semalam. Kemudian diukur absorbansi sampelnya dengan Spektrofotometer VIS pada λ max = 610 nm.

3.5.7.2 Penentuan Kadar N-Organik Total

Penentuan N organik dilakukan dengan memasukkan 1 ml sampel ke dalam labu Kjeldahl, kemudian ditambah 25 mL H₂SO₄ pekat dan 7,5 gram garam Kjeldahl. Sampel kemudian didestruksi pada suhu 300 - 350° C selama ± 2 jam sampai larutan menjadi jernih. Larutan hasil destruksi didinginkan dan diencerkan menggunakan aquadest dan ditambah larutan NaOH 40%. Destilat ditampung dalam larutan H₃BO₃ 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 distandardisasi sampai terjadi perubahan warna menjadi merah muda. Titrasi juga dilakukan terhadap blanko (Widyabudiningsih, 2021).

3.5.7.3 Penetapan Kadar P

Satu mL ekstrak dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL, kemudian ditambah akuades hingga tanda batas dan dikocok sampai 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 (2009) sebagai berikut:

$$\text{Kadar P (\%)} = \text{ppm kurva} \times \text{mL ekstrak} / 1000 \text{ mL} \times 100 / \text{mg contoh} \times \text{fp} \times 31 / 95 \times \text{fk}$$

Keterangan:

Ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko
 fk = faktor koreksi kadar air = 100/(100 - % kadar air)
 fp = faktor pengenceran
 100 = faktor konversi ke %
 31 = bobot atom P
 95 = bobot molekul PO₄

3.5.7.4 Penetapan Kadar K

Penetapan kadar K dilakukan dengan memasukkan 1 mL sampel ke dalam labu Kjeldahl, kemudian ditambah 5 mL HNO₃ pa dan 0,5 mL HClO₄ 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 H₂O hingga volume labu Kjeldahl menjadi 50 mL. Selanjutnya sampel dikocok hingga homogen dan dibiarkan selama semalam. Larutan sampel kemudian disaring dengan kertas saring W-41 agar didapat ekstrak jernih. Satu mL larutan ekstrak ACT dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan ditambah aquades hingga tanda batas, kemudian dikocok sampai homogen. Pengukuran K dilakukan menggunakan SSA dengan deret standar sebagai pembanding.

Penghitungan kadar K menurut Eviati dan Sulaeman (2009) sebagai berikut:

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

Keterangan:

Ppm kurva	= kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko
faktor koreksi kadar air	= $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$
100	= faktor konversi ke %

3.5.7.5 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 :

$$\text{Rasio C/N} = \text{nilai C organik} / \text{nilai N organik total}$$

3.5.8 Penghitungan Populasi Mikroba pada *Aerated Compost Tea* (ACT)

Penghitungan populasi mikroba dalam ACT dilakukan dengan menggunakan metode penghitungan *Total Plate Count* (TPC) menurut Sari (2013). Sebanyak 100 µl sampel ACT serat bromelain dengan perbandingan kompos : air 1:3; 1: 4; dan 1:5 dimasukkan ke dalam 9 ml akuades 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 kemudian diinkubasi selama ± 5 hari dan diamati pertumbuhan populasi mikroba. Jumlah populasi mikroba yang tumbuh dihitung dengan penghitungan *Total Plate Count* (TPC). Jumlah populasi mikroba dinyatakan dalam bentuk CFU / mL.

Rumus Penghitungan *Total Plate Count* (TPC) Populasi Mikroba (Prescott, 2002) :

$$\text{Koloni/mL (CFU / mL)} = \text{Jumlah koloni} \times 1 / \text{FP}$$

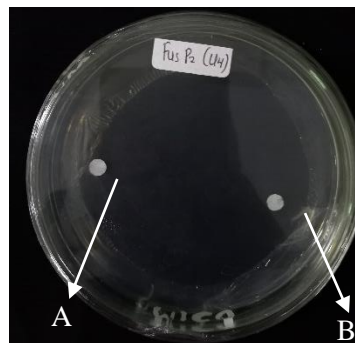
Keterangan:

Faktor Pengenceran (FP) = pengenceran awal x pengenceran selanjutnya x jumlah suspensi yang ditumbuhkan (volume yang dimasukkan ke dalam cawan petri)

3.5.9. Uji *In Vitro* ACT Serat Bromelain Terhadap Penekanan Jamur Patogen *Fusarium* sp.

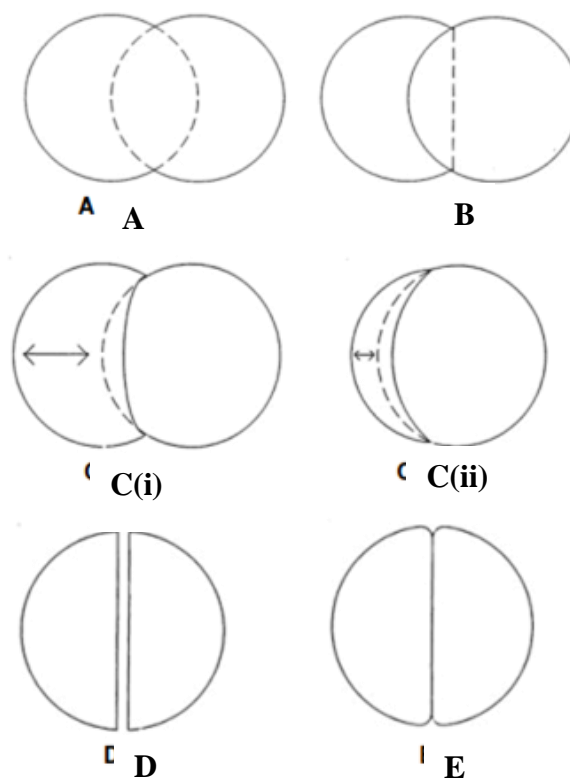
Uji *in vitro* ACT serat bromelain dilakukan dengan uji kompatibilitas. Pengujian kompatibilitas ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) terhadap penekanan pertumbuhan *Fusarium* sp. dilakukan dengan memodifikasi metode Irawan *et al.* (2014). Sebanyak 20 ml media PDA dimasukkan pada cawan petri. Setelah media memadat, dimasukkan satu buah cakram kertas berdiameter 0,5 cm yang telah dicelup dalam suspensi patogen *Fusarium* sp. 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 rasio 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. Sebagai perlakuan kontrol digunakan akuades steril untuk mengganti ACT. Selanjutnya kultur dalam *petridish* tersebut diinkubasi selama lima hari pada suhu 25°C. Perlakuan ini ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Uji *in vitro* ACT serat bromelain (A) cakram patogen *Fusarium* sp. (B) cakram ACT serat bromelain

Mekanisme penentuan jenis interaksi antar cakram patogen dan cakram ACT mengikuti jenis interaksi menurut Mohammad *et al* (2011) yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Jenis interaksi pada pengujian kompatibilitas. (A) kompatibel penuh (*mutual intermingling*): pertumbuhan kedua koloni yang tumbuh menjadi satu sama lain tanpa ada tanda-tanda interaksi, (B) kompatibel sebagian (*partial intermingling*): 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*): salah satu koloni mampu tumbuh menguasai nutrisi dalam media, sehingga menyebabkan pertumbuhan koloni lainnya terhenti, (D) penghambatan jarak (*inhibition at distance*): penghambatan pada jarak ≥ 2 mm. e. penghambatan titik (*inhibition at touching point*): pertumbuhan kedua koloni yang saling berhimpitan hingga membentuk *gap* antar koloni yang terlihat jelas sebesar 1 mm

3.5.10 Uji *In Vivo* ACT Serat Bromelain Terhadap Penekanan Jamur Patogen *Fusarium* sp.

3.5.10.1 Intensitas Kejadian Penyakit

Uji *in vivo* diawali dengan pemilihan benih yang baik untuk disemai yaitu benih bersih dari kotoran, berisi (tidak kopong dan kisut), berwarna cerah, serta berukuran normal dan seragam. Benih yang terpilih disemai selama ± 14 hari. Setelah dilakukan penyemaian, selanjutnya dilakukan pembuatan suspensi spora dengan mengambil miselium dan spora menggunakan jarum ose, kemudian suspensi spora diencerkan dengan aquades steril hingga 10^{-7} spora/ml. Selanjutnya akar semaian direndam dalam 30 ml suspensi spora 10^{-7} spora/mL selama 5 menit (Radin dan Philip, 2010). Semaian yang diinokulasi kemudian ditanam pada media tanah dalam polybag berukuran 30 cm x 30 cm yang telah diberi 100 mL ACT sehari sebelum penanaman. Masing-masing polybag berisi 4 semaian. Penanaman dilakukan pada sore hari agar tanaman tidak mengalami kelayuan (Bannu dan Anna, 2018).

Selanjutnya tanaman tersebut diberi 50 ml ACT dengan perlakuan seperti pada rancangan percobaan. Pemberian ACT pada tanaman dilakukan setiap 7 hari sekali (Radin dan Philip, 2010). Pada kontrol, tanaman yang telah diinokulasi jamur patogen hanya disiram air biasa.

Pengamatan intensitas penyakit dilakukan setiap satu minggu sekali selama 28 hari pengamatan. Penghitungan intensitas penyakit ditentukan dengan rumus (Chiang *et al.*, 2017).

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

Keterangan:

IP	= intensitas penyakit (%) / keparahan penyakit
n	= jumlah daun yang terinfeksi
v	= nilai skor tiap kategori infeksi
N	= banyaknya daun yang diamati
Z	= nilai skor infeksi tertinggi (Z= 5)

Skoring yang digunakan adalah:

0 = tidak terinfeksi

1 = $0 < x \leq 20\%$ jumlah daun yang terinfeksi

2 = $20 < x \leq 40\%$ jumlah daun yang terinfeksi

3 = $40 < x \leq 60\%$ jumlah daun yang terinfeksi

4 = $60 < x \leq 80\%$ jumlah daun yang terinfeksi

5 = $80 < x \leq 100\%$ jumlah daun yang terinfeksi

3.5.11 Parameter Pengamatan Pertumbuhan Tanaman (Morfologi dan Fisiologi)

3.5.11.1 Tinggi Tanaman

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

3.5.11.2 Jumlah Daun

Jumlah daun diperoleh dari keseluruhan daun yang terbentuk pada tanaman selada. Perhitungan jumlah daun dilakukan setiap tujuh hari sekali selama 28 hari.

3.5.11.3 Berat Segar Tanaman

Berat segar hasil penanaman dihitung dari berat tanaman secara keseluruhan dengan menggunakan timbangan analitik pada hari terakhir pengamatan (28 hari)

3.5.11.4 Berat Kering Tanaman

Berat kering tanaman dilakukan dengan cara tanaman sampel dikeringkan di dalam oven dengan suhu $\pm 75-80^{\circ}\text{C}$ selama 48 jam, kemudian berat kering tanaman ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.

3.5.11.5 Analisis Kandungan Enzim Peroksidase

Analisis aktivitas enzim peroksidase dilakukan dengan metode Zen *et al.* (2002) yang dimodifikasi. Daun tanaman selada segar sebanyak 0,5 gram digerus menggunakan mortar dalam 100 mL akuades pada suhu 4°C sampai homogen, kemudian disaring menggunakan kertas saring. Setelah itu, filtrat tersebut disentrifugasi pada suhu 4 °C selama 15 menit pada 4500 putaran per menit. Supernatan yang diperoleh digunakan sebagai ekstrak enzim. Dua tabung digunakan untuk menentukan aktivitas enzim peroksidase. Tabung pertama sebagai blanko berisi campuran yang terdiri atas 5 ml ekstrak enzim dan 5 ml larutan *pyrogallol*. Tabung kedua berisi campuran yang terdiri atas 5 ml ekstrak enzim, 5 ml larutan *pyrogallol* dan 5 ml H₂O₂ dengan konsentrasi 1%. Penentuan aktivitas enzim peroksidase dilakukan berdasarkan pada absorbansi dari larutan yang diuji menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 420 nm.

3.5.11.6 Analisis Kandungan Klorofil

Analisis kandungan klorofil dilakukan pada hari ke 28 pengamatan. Sebanyak 0,1 gr daun digerus dengan mortar kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 10 ml alkohol 96%. Ekstrak klorofil alkohol disaring dengan kertas Whatman No.1 dan dimasukkan ke dalam kuvet lalu ditutup rapat. Larutan sampel dan larutan standar alkohol 96% sebanyak 1 ml dimasukkan ke dalam kuvet. Setelah itu dilakukan pembacaan serapan dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang (λ) 648 nm dan 664 nm (Miazek, 2002). Kadar klorofil dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

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

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

3.5.11.7 Analisis Kandungan Karbohidrat

Analisis kandungan karbohidrat dilakukan menggunakan metode Apriyantono dkk. (1989) dengan mengambil sampel daun tanaman selada berumur 28 hst sebanyak 0,1 gr. Daun tersebut dihaluskan menggunakan mortar, kemudian sampel tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 10 ml aquades steril. Ekstrak kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring. Sebanyak 1 ml ekstrak daun yang telah disaring diberikan tambahan 2 ml aquades, 2 ml H₂SO₄ pekat dan 1 ml fenol 5%, kemudian dikocok dan didiamkan selama beberapa menit. Pengukuran kandungan karbohidrat pada ekstrak daun selada dilakukan menggunakan spektrofotometer UV vis 1800 pada panjang gelombang 490 nm.

3.6 Analisis Data

Data pengujian kualitas kimia, biologi dan *in vitro* ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) disajikan dalam bentuk deskriptif dan data pengujian ACT secara *in vivo* terhadap penekanan *Fusarium* sp. dan pertumbuhan tanaman selada dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilakukan 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 5) menunjukkan hasil tertinggi pada konsentrasi P1 (100 gr kompos : 300 mL air)
2. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) dapat menekan penyakit *Fusarium* sp. secara *in vitro* dengan konsentrasi terbaik pada P1 (100 gr kompos : 300 mL air)
3. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. (BIO GGP 5) dapat menekan penyakit *Fusarium* sp. sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan konsentrasi terbaik pada P1 (100 gr kompos: 300 mL air) terhadap semua parameter morfologi dan fisiologi

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka pada penelitian selanjutnya disarankan untuk:

1. Menambahkan parameter pengamatan seperti pH, suhu dalam proses aerasi ACT serat bromelain
2. Menggunakan ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Trichoderma* sp. terhadap penekanan patogen lain
3. Menambahkan parameter pengamatan fisiologi tanaman seperti kandungan fenolik total dan ketebalan lignin untuk mengetahui pengaruh ACT
4. Mengidentifikasi jenis fungi yang terdapat dalam ACT serat bromelain

DAFTAR PUSTAKA

- Alamri, S.A.M., Hashem, M., Moustafa, Y.S., Nafady, N.A., and Abo-Elyousr, K.A.M. 2018. Biological control of root rot in lettuce caused by *Exserohilum rostratum* and *Fusarium oxysporum* via induction of the defense mechanism. *Biological Control*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.09.014>.
- 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 extracts under greenhouse and field conditions. *Plant Dis*. 87: 913-919.
- Apriyantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari, N.L., Sedarnawati, S., dan Budiyo. 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 Fisiologi Tanaman Cabai*. Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi FKIP UNS. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Arwiyanto, T. 2003. Pengendalian hayati penyakit layu bakteri tembakau. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 3(1): 54-60.
- Alexander, M. 1997. *Introduction to Soil Microbiology*. Academic Press. New York.
- Alfano, G., Lustrato, G., Lima, G., Vitullo, G., and Ranalli, G. 2011. Characterization of composted olive mill wastes to predict potential plant disease suppressiveness. *Biological Control*. 58 (3) 199–207.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Produksi Tanaman Buah-buahan*. Biro Pusat Statistik. Jakarta.
- Banu, A., dan Anna, T. 2018. Pengaruh penggunaan Kombinasi Kompos Teh dan Arang Kesambi Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah Hijau (*Amaranthus sp.*). *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 3 (2) : 33-37.

- Baiyee, B., Ito, S., and Sunpapao, A. 2019. *Trichoderma asperellum* T1 mediated antifungal activity and induced defense response against leaf spot fungi in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 106 : 96-101.
- Bakhri, S. 2007. *Budidaya Jagung Dengan Konsep Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT)*. Balai pengkajian teknologi pertanian (BPTP). Sulawesi Tengah.
- Bastakoti, S., Belbase, S., Manandhar, S., and Arjyal, C., 2017. *Trichoderma* species as Biocontrol Agent Against Soil Borne Fungal Pathogens. *Nepal Journal Biotechnol.* 5 :39-45.
- Bria, D. 2016. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Teh Kompos Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Merah (*Alternanthera amoena*, Voss). *Savana Cendana*, 1(03): 108–111.
- Berek, A. K. 2017. Teh Kompos dan Pemanfaatannya sebagai Sumber Hara dan Agen Ketahanan Tanaman. *Jurnal Savana Cendana*, 2(4) :68–70. doi: 10.32938/sc.v2i04.214.
- 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 green house nurseries. *Evaluation of nutriactive and biocontrol effects Biores Technol.* 99 :8722–8728.
- Bortholomew, D. P., Paull, R.E., and Rohrbach. 2003. *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. University of Hawaii at Manoa Honolulu. USA.
- Botella, J.R., and Smith, M. 2008. Genomics of pineapple, Crowning the King of Tropical Fruits. *Springer*. 1 : 441-451.
- Bria, D. 2016. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Teh Kompos terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Merah. *Jurnal Savana Cendana*, 21(1) :108–111. doi:10.32938/sc.v1i03.56.
- Chaokaur, A., Laikhonburi, Y., Kunmee, C., Santhong, C., and Chimthong, S. 2014. Evaluation of nutritive value and sugar carbohydrate of pineapple residue. *Jurnal Khon Kaen Agr.* 42: 301-306.
- Chehri, K., Saeed, T. J., Kasa, R.N.R., Saeed, A., and Baharuddin, S. 2010, Occurrence of *Fusarium* spp. and Fumonisin in stored wheat grains marketed in Iran. *Toxins*. 2 (8) : 16-23.
- Chiang, K.S., Liu, H.I., and Bock, C.H. 2017. A discussion on disease severity index values. Part I: warning on inherent errors and suggestions to maximise accuracy. *Annals of Applied Biology*. 171 (2): 139-154.

- Crawford, J.H. 2003. Composting of Agricultural Waste In Biotechnology. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 7 (2) :58-61.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Clasification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York.
- De Corato, U., Pane, C., Bruno, G.L., Cancellara, F.A., and Zaccardelli, M.. 2015. Co products from a biofuel production chain in crop disease management. *Prot*. 68 : 12–26.
- Dionne, A., Tweddell, R.J., Antoun, H., and Avis, T.J. 2012. Effect of non-aerated compost teas on damping-off pathogens oftomato. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 34 : 51–57.
- Djafaruddin. 2000. *Dasar-dasar Pengendalian Penyakit Tanaman*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/juknis/juknis_kimia2.pdf. Diakses 21 Oktober 2021.
- 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*. 20:307-317.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B., dan Mitchel, R.L. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Garg, M., Garg, C., Mukherjee, P.K., and Suresh, B.2004. Antioxidant potential of *Lactuca sativa*. *Anc. Sci. Life*. 24 : 6-10.
- Gupta, P., Jain, P.,and Jain, P.K. 2012. Isolation of Natural Acid Base Indikator from the Flower Sap of *Hibiscus rosa sinensis*. *Journal Of Chemical And Pharmaceutical Research*. 4(12): 4957-4960.
- 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.
- Hidayati, Y.A., Kurnani, A., Marlina, E.T., dan Harlia, E. 2011. Kualitas Pupuk Cair Hasil Pengolahan Feses Sapi Potong Menggunakan *Saccharomyces cereviceae*. *Jurnal Ilmu Ternak*. 11(2) : 104-107.

- Hidayati, E. 2013. Kandungan fosfor , C/N, dan pH pupuk cair hasil fermentasi kotoran berbagai ternak dengan Starter Stardec. *Skripsi*. Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IKIP PGRI Semarang. Semarang.
- Hutabalian, M., Pinem, M.I., dan Oemry, S. 2015. Uji Antagonisme Beberapa Jamur Saprofit dan Endofit dari Tanaman Pisang terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. cubens di Laboratorium. *Jurnal Online Agroteknologi*. 3(2) : 687-695.
- Indrianto, A., Astina., Rahmidiyani. 2020. Pengaruh Konsentrasi Compost Tea Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Hijau. *Artikel Ilmiah*. Fakultas Pertanian. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Irawan, B. 2014. Dekomposisi Bahan Organik oleh Fungi Saprotrof dan Preparasi Konsorsium Fungi sebagai Inokulum Perombakan Seresah. *Disertasi*. Fakultas Biologi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Irawan, B., Kasiamdari, R.S., Sunarminto, B.H., and Sutariningsih, E. 2014. Preparation Of Fungal Inoculum For Leaf Litter Composting From Selected Fungi. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 9(3): 89-94.
- Irawan, B., Afandi., and Hadi, S. 2017. Effects of saprophytic microfungi application on soil fertility based on their decomposition properties. *Journal of Applied Biological Sciences Uygulamah Biyolojik Bilimler Dergisi*. 11(2) : 15-19.
- Irawan, B., Inten, W., Niken, A., Ola, A.I., Salman, F., Sumardi, S., Afandi, A., and Sutopo, H. 2022. Potential Lignocellulolytic Microfungi from Pineapple Plantation for Composting Inoculum Additive. *Hindawi International Journal of Microbiology*. Article ID 9252901.
- Irfandi. 2005. Karakterisasi Morfologi Lima Populasi Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Irzayanti, 2008. *Hama Penyakit*. <http://bleckmen.wordpress.com/category/cacao-theobroma-cacao/>. Diakses pada tanggal 21 November 2021.
- Islam, M.K., Yaseen, T., Traversa, A., Ben Kheder, M., Brunetti, G., and Coccoza, C. 2016. Effects of the main extraction parameters on chemical and microbial characteristics of compost tea. *Waste Manage*. 52 : 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.042>.
- Ismail, N., dan Tenrirawe, A. 2010. *Potensi Agens Hayati Trichoderma spp. Sebagai Agens Pengendali Hayati*. Seminar Regional Inovasi Teknologi Pertanian. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Sulawesi Utara.
- Isroi dan Yuliarti, 2009. *Kompos Cara Mudah, Murah dan Cepat Menghasilkan*

Kompos. Lily Publisher. Yogyakarta.

- Katz, S.H., and Weaver, W.W. 2003. *Encyclopedia of Food and Culture*. University of Chicago Press. Chicago.
- Kim, B.Y., Weon, H.Y., Park, I.C., Lee, S.Y., Kim, W.G., and Song, J.K. 2011. Microbial Diversity and Community Analysis in Lettuce or Cucumber Cultivated Greenhouse Soil in Korea. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 44(6) : 1169-1175.
- Kim, M.J., Shim, C.K., Kim, Y.K., Hong, S.J., Park, J.H., Han, E.J., Kim, J.H., and Kim, S.C. 2015. Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *Plant Pathol Journal*. 31 (3): 259-268.
- Kim, S. B., Cho, S., Lee, D., Choi, J., Lee, H., Kim, S., Park, S.H., Choi, S., Choi, J., Yoo, J., and Lee, J. 2017. Breakthrough Invasive Fungal Diseases During Voriconazole Treatment for Aspergillosis : A 5-year Retrospective Cohort Study. *International Society for Human and Animal Mycology*. 55(33) : 237-245.
- Kucuk, C., and Kivanc, M. 2003. Isolation of *Trichoderma* spp. and determination of their antifungal, biochemical and physiological features. *Turk Journal Biol*. 27: 247–253.
- Kumar, A., Gaiind, S., and Nain, L. 2008. Evaluation of Thermophilic Fungal Consorsium for Paddy Straw Composting. *Journal Biodegradation*. 19: 395- 402.
- Kusuma, R. Rizkyta., Mahfudhloh., S., dan Aini, L.Q. 2016. Aplikasi Teh Kompos untuk Menekan Penyakit Pustul Bakteri pada Tanaman Kedelai. *Jurnal HPT*. 4 (3) : 144-153.
- Lahadassy, J. 2007. Pengaruh Dosis Pupuk Organik Padat Daun Gamal terhadap Tanaman Sawi. *Jurnal Agrisitem*. 3(2).
- Lindawati, L. 2017. Pembuatan Inokulum Kompos Dengan Fungi Selulolitik *Aspergillus Fumigatus* Pada Media Jagung (*Zea Mays* L.) Dalam Kondisi Asam dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Kompos Serasah. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung
- Lud, W. 2007. *Mikrobiologi Umum*. UMM Press. Malang.
- Malloch, M. S., and Hobbie, J.E. 1981. *Moulds: Their Isolation, Cultivation, and Identification*. University of Toronto Press. Canada.

- Manuhattu, A.P., Rehatta, H., dan Kailola, J.J.G. 2014. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Hayati Biobost terhadap Peningkatan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.). *Agrologia*. 3 (1):18-27.
- Marin, Francisco., Santos, M., Dianeze, 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 Microbiol Biotechnol*. 29:1371–1382 . DOI 10.1007/s11274-013-1300-x.
- Merisca, S.E. 2018. Pengujian Dekomposisi Kultur Murni dan Pengaruh Inokulum Fungi *Aspergillus fumigatus* pada Pengomposan Serasah Nanas (*Ananas comosus*). *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Miazek, Mgr Inz. 2002. *Chlorophyll Extraction From Harvested Plant Material*. Supervisor. Prof, Dr. Ha. Inz. Stanislaw Ledakowicz.
- Mikata, K. 1999. Preservation of Yeast Culture by L-Drying : Viability After 15 Years Storage at 5°C. *Institute for Fermentation Research Communication*. 19 : 71-82.
- Misra, R.V., Roy, V.N., and Hirouka, H. 2003. *On Farm Composting Methods, Land and Water Discussion Paper 2*. Food And Agriculture Organization of The United Nations (FOA). Rome. Italy.
- Mohammad, N., Zahangir, A., Nasserelden, A., Kabashi., and Opatokun, S.A. 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., Perez-Sanchez, R., and Gomez-Sanchez, M.A. 2016. Efficiency of garden waste compost teas on tomato growth and its suppressiveness against soilborne pathogens. *Scientia Agricola*. 75(5):400-409.
- Mukarlina., Khotimah, S., dan Rianti, R. 2010. Uji Antagonis *Trichoderma harzianum* Terhadap *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai (*Capsicum annuum*) Secara *In Vitro*. *Jurnal Fitomedika*. 7(2): 80-85.
- Mulyadi., dan Yovina. 2013. Studi penambahan Air Kelapa pada Pembuatan Pupuk Cair Limbah Ikan terhadap Kandungan Hara Makro C,N,P dan K. *Skripsi*. Fakultas Pertanian dan Peternakan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Murniati, E. 2006. *Sang Nanas Bersisik Manis Dilidah*. Surabaya Intellectual Club. Surabaya.
- 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.
- Nicholson, R.I., and Hammerschmidt, R. 2002. Phenolic Compounds and Their Role in Disease Resistance. *Annual Review of Phytopathology*. 30: 369-389.
- Nisa, N.K. 2010. Isolasi *Trichoderma* spp. Asal tanah dan aktivitas Penghambatannya terhadap pertumbuhan *Phytophthora capsici* penyebab penyakit busuk pangkal batang lada. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- 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*. Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Novriani. 2014. Respon Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Asal Sampah Organik. *Klorofil*. 9(2) : 57-61.
- Numberger, T., Brunner, F., Kemmerling, B., and Plater. 2004. Innate Immunity in Plant and Animal : Striking Similarities and Obvious Differences. *Immunol Rev*. 198 : 249-266.
- Nurhayati. 2011. *Penggunaan jamur dan bakteri dalam pengendalian penyakit tanaman secara hayati yang ramah lingkungan*. Prosiding Semirata Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian. Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Sumatera Selatan.
- Octriana, L. 2011. Potensi Agen hayati dalam menghambat pertumbuhan *Phytium* sp. secara *in vitro*. *Buletin Plasma Nutfah*. 17(2): 138-142.
- Oktaviani, D. 2009. Pengaruh Media Tanam Dan Asal Bahan Stek Terhadap Keberhasilan Stek Basal Daun Mahkota Nenas (*Ananas comosus* (L.) Merr.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Oyinlola, L.A., Obadina, A.O., Omemu, A.M., and Oyewole, O.B. 2017. Prevention of Microbial Hazard on Fresh-Cut Lettuce Through Adoption of Food Safety and Hygienic Practices by Lettuce Farmers. *Food Sci Nutr*. 5 :67–75.
- Pane, C., Celano, G., Villecco, 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.

- Paramitha, P. 2020. Identifikasi Karakter Morfologis Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) di Kabupaten Kampar dan Siak Provinsi Riau. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Pardo, M. E. S., Casselis, M.E.S., Escobedo, R.M., and Garcia, E.J. . 2014. Chemical Characterisation of the Industrial Residues of the Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.). *Journal of agricultural Chemistry and Environment*. 3: 53-56.
- Pelczar, J. Michael., and Chan, E.C.S. 2007. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. UI-Press. Jakarta. 202 hlm.
- Phillips, D and Hossein, G. 2008. *Strawberry root and crown rot disease survey 2005 and 2006 seasons*. Departement of Agriculture and Food Government of Western Australia. Bulletin 4747, pp. 72 - 83.
- Pramitasari, H.E., Tatik, W., dan Mochammad, N. 2016. Pengaruh dosis pupuk nitrogen dan tingkat kepadatan tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan (*Brassica oleraceae* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(1): 49-56.
- Pratama, A.J., and Laily A.N. 2015. Analisis Kandungan Klorofil Gandasuli (*Hedychium gardnerianum* Shephard ex Ker-Gawl) pada Tiga Daerah Perkembangan Daun yang Berbeda. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Pratiwi, S.T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Erlangga. Jakarta.
- Prescott, L.M. 2002. Prescott-Harley-Klein's: *Microbiology*, 5th ed., 553, The McGraw-Hill Companies. New York.
- Purwantisari, S. 2009. Isolasi dan identifikasi cendawan indigenous rhizosfer tanaman kentang dari lahan pertanian kentang organik di Desa Pakis. Magelang. *Jurnal BIOMA*. 11(2): 45.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian . 2016. *Statistik Konsumsi Pangan 2016*. Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. <http://statistikpangan.go.id>,1.
- Radin, A.M. and Philip, R.W. 2010. Assessment of Productivity and Plant Nutrition of Brussels Sprouts Using Municipal Solid Waste Compost and Compost Tea as Fertility Amendments. *International Journal of Vegetable Science*. 16:374–39. ISSN: 1931-5260 print / 1931-5279 online. DOI:10.1080/19315260.2010.493549
- Rahmawati, T.I., Asriany, A., dan Hasan, S. 2019. Kandungan Kalium dan Rasio C/N Pupuk Organik Cair (POC) Berbahan Daun-Daunan dan Urine

- Kambing dengan Penambahan Bioaktivator Ragi Tape (*Saccharomyces cerevisiae*). *Hasan/Buletin Nutrisi dan Makanan Ternak*. 14(2) : 50-60.
- Rakhmat, F., dan Fitri, H. 2007. *Budidaya dan Pasca Panen Nanas*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Kalimantan Timur. 21.
- Rocky, A. 2009. *Budidaya Nanas*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Rohmah S.H., Irawan B., Farisi S., dan 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*. 8(1) : 23-30.
- Roma. 2009. *Efektifitas Trichoderma sp. Dari Empat Lokasi Wilayah Banjarbaru Terhadap Fusarium Spp Penyebab Penyakit Layu Tomat*. <http://romacute.wordpress.com/>. Diakses pada tanggal 01 Oktober 2021..
- Riana, E. 2012. Keanekaragaman Genetik Nenas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) di Kabupaten Kampar Provinsi Riau Berdasarkan Karakterisasi Morfologi dan Pola Pita Isozim Peroksidase. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Riau. Riau.
- Ridlo dan Rohmadi. 2017. *Dasar-dasar Fermentasi Anaerobik*. BPPT. PTSEIK.
- Rohmat, D., dan Soekarno, I. 2006. Formulasi Efek Sifat Fisik Tanah Terhadap Permeabilitas dan Suction Head Tanah (Kajian Empirik Untuk Meningkatkan Laju Infiltrasi). *Jurnal Bionatura*. 8 (1): 1-9
- 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.
- Samet, M., Charfeddine, M., Loetfi, K., Oumema., Nouri-Ellouze., Radhia and Gargouri-Bouzid. 2018. Effect of Compost Tea Containing Phophogypsum on Potato Plant Growth and Protection Against *Fusarium solani* Infection. *Environmental Science and Pollution Research*. 25 : 18921-18937.
- Sari, R. N. 2002. Analisis Keragaman Morfologis dan Kualitas Buah Nenas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Queen di Empat Desa Kabupaten Bogor. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. 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.

- Sari, R.E., Wulan, Y., Prihandono, T., dan Sudarti. 2015. Aplikasi Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) 100 μ T dan 300 μ T pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 4 (2): 164-170.
- Sang, M.K., Kim, J.G., Kim, K.D. 2010. Aktivitas Biokontrol dan Induksi Ketahanan Sistemik pada Lada dengan Ekstrak Air Kompos terhadap *Phytophthora capsici*. *Fitopatologi*. 100 (8): 774–783.
- Scheuerell, S. J. and Mahaffee, W. F. 2002. Compost tea principals and prospects for plant disease control. *Compost Sci. Util.* 10:313–338.
- 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 : 1156–1163.
- Scheuerell, S. J. and Mahaffee, W. F. 2006. Variability associated with suppression of gray mold (*Botrytis cinerea*) on geranium by foliar applications of non-aerated and aerated compost teas. *Plant Dis.* 90:1201-1208.
- Semangun, H. 2000. *Ilmu penyakit tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shrestha, K., and Walsh, B.K. 2012. Microbially Enhanced Compost Extract: Does It Increase Solubilisation of Minerals and Mineralisation of Organic Matter and Thus Improve Plant Nutrition. *Journal of Bioremediation and Biodegradation*. 2(3) :215–219. doi: 10.4172/2155-6199.1000149.
- Siddiqui, Y., Sariah, M., and Razi, I. 2008. Trichoderma-Fortified Compost Extracts for The Control of Choanephora Wet Rot in Okra Production. *Crop Prot.* 27:385–390.
- Silva, H.A.S., Romeiro, R.S., and Macagnan D. 2004. Rhizobacterial induction of systemic resistance in tomato plant : non-specific protection and increase in enzyme activities. *Biol. Control*. 29 (2) : 288-295.
- 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 : 303-311.
- Sriharti., dan Salim, T. 2008. *Pemanfaatan Limbah Pisang untuk Pembuatan Pupuk Kompos Menggunakan Kompos Rotary Drum*. Prosiding Seminar Nasional Bidang Teknik Kimia dan Tekstil. Yogyakarta.
- Suarni., dan Widowati, S. 2011. *Struktur, Komposisi, dan Jagung*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Bogor.

- Sucipta, N.K.S.P., Kartini, N.L., dan Soniari, N.N. 2015. Pengaruh Populasi Cacing Tanah dan Jenis Media terhadap Kualitas Pupuk Organik. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 4(3) : 213-223.
- Sudantha, I. M., Kesratarta, I., and Sudana. 2011. Uji Antagonisme Beberapa Jenis Jamur Saprofit Terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. Cubense Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Pisang Serta Potensinya Sebagai Agens Pengurai Serasah. *Jurnal Agroteksos*. 21(2): 2-3.
- Sunarjono, H. 2014. *Bertanam 30 Jenis Sayur*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sulistyaningrum, L.S. 2008. Optimasi Fermentasi Asam Kojat oleh Galur mutan *Aspergillus flavus* NTGA7A4UVE10. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Departemen Farmasi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Surtinah. 2013. Pengujian kandungan Unsur Hara dalam Kompos yang Berasal dari Serasah Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 11(1) : 16-25.
- Surtiningsih, P. 2008. Keragaman Genetik Nenas (*Ananas Comosus* (L.) Merr.) Berdasarkan Penanda Morfologi Dan Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP). *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Susanna, A., Ulim., dan Junaidi. 2009. Pemanfaatan Kascing untuk Menghambat Perkembangan *Fusarium oxysporum* pada Tanaman Tomat. *Jurnal Agrista*. 13(1) : 137-143.
- Susanti, Y. 2015. *Pengendalian Hayati Penyakit Jamur Akar Putih (JAP) pada Tanaman Karet Secara In Vitro dengan Menggunakan Trichoderma spp. Lokal Kabupaten Rokan Hulu*. Tersedia online pada <http://pmbpasca.ipb.ac.id>. Diakses tanggal 25 Oktober 2021.
- St. Martin, C.C.G. 2014. Potential of compost tea for suppressing plant diseases. *Taksi Wahyu*. 9 (032) : 1-38.
- St. Martin, C.C.G. 2015. Enhancing soil suppressiveness using compost and compost tea. In: M.K. Meghvansi, A. Varma (eds.), *Organic Amendments and Soil Suppressiveness in Plant Disease Management. Soil Biology 46*. Springer International Publishing. Switzerland.
- Struble, J.E., and Skipper, H.D. 1988. Vesicular arbuscular mycorrhizal fungal spore production as influenced by plant species. *Plant Soil*. 109 (1) :277-280.
- 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.

- Szcechura, W., Staniaszek, M., and Habdas, H. 2013. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*– the cause of *Fusarium* crown and root rot in tomato cultivation. *Journal Plant Protec. Res.* 53 : 172-178.
- Taufik, M. 2008. *Efektivitas agens antagonis Trichoderma sp. pada berbagai media tumbuh terhadap penyakit layu tanaman tomat*. Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI PFI XIX Komisariat Sulawesi Selatan. Makassar.
- USDA. 2016. *Nutrient Values of Corn Grain, Yellow*. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>. Diakses pada 24 November 2021.
- USDA. 2018. *Classification for Kingdom Plantae Down to Subspecies Zea mays L.* <https://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=display&classid=ZEMAM2>. Diakses pada 21 Oktober 2021.
- Wahyuno, D., Manohara, D., dan Mulya, K. 2009. Peranan bahan organik pada pertumbuhan dandaya antagonisme *Trichoderma harzianum* dan pengaruhnya terhadap *P. capsici*. pada tanaman lada. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 7: 76–82.
- Waluyo. 2004. *Pengembangan Trichoderma harzianum Sebagai Bahan Pengendalian Penyakit Tanaman*. Makalah Pelatihan Pemurnian dan Penstabilan Agens Hayati. Dinas Perkebunan, Yogyakarta.
- Warisno. 1998. *Budidaya Jagung Hibrida*. Kanisius. Yogyakarta.
- Widyabudiningsih, D., Troskialina, L., Fauziah, S., Shalihatunnisa., Riniati., Djengar, 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*. 4(1) :30-39
- Widyastuti, S. M., Sumardi., and Sumantoro, P. 2001. Efektivitas *Trichoderma* spp. sebagai pengendali hayati terhadap tiga patogen tular tanah pada beberapa jenis tanaman kehutanan. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 7(2): 98–107.
- Widyastuti, S. M., Sumardi., Irfa., dan Harjono. 2006. Aktivitas penghambatan *Trichoderma* spp. terformulasi terhadap jamur patogen tular tanah secara *in-vitro*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 8: 27-39.
- Winastia, B. 2011. *Analisa Asam Amino pada Enzim Bromelin dalam Buah Nanas. (Ananas Comusus (L.) Merr. Menggunakan Spektrofotometer*”. Tugas Akhir Program Studi Diploma III progdi Teknik Kimia . Universitas Diponegoro. Semarang.

- Winda, L. 2009. Penyisihan Senyawa Organik pada Biowaste Fase Padat Menggunakan Reaktor Batch Anaer. *Tugas Akhir*. Program Studi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Wiriyanta, B.T.W. 2002. *Bertanam Cabai Pada Musim Hujan*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Witkowska, D., and Maj, A. 2002. Production of lytic enzymes by *Trichoderma* spp. and their effect on the growth of phytopathogenic fungi. *Folia Microbiol.* 47(3): 279–282.
- 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. *International Annual Symposium on Sustainability Science and Management*. 1408-1413.
- Yuniati. 2005. Pengaruh Pemberian Beberapa Spesies *Trichoderma* sp. dan Pupuk Kandang Kambing terhadap Penyakit Layu *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* pada Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Skripsi*. Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah. Malang.
- Yulipriyanto, H. 2009. Laju Dekomposisi Pengomposan Sampah Daun Dalam Sistem Tertutup. *Jurnal Biologi*. 7: 63.
- Zen, K., Setiamihardja, R., Murdaningsih, T., and Suganda. 2002. Aktivitas Enzim Peroksidase pada Lima Genotip Cabai yang Mempunyai Ketahanan Berbeda Terhadap Penyakit Antraknosa. *Jurnal Agronomi*. 13(2) : 97-105.