PENGARUH PEMBERIAN KOMPOS PADAT SAMPAH BROMELAIN TERINDUKSI INOKULUM FUNGI *Aspergillus* sp. (BIOGGP 3, SELULOLITIK) DAN *Trichoderma* sp. (BIOGGP 5, LIGNINOLITIK) TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN SELADA (*Lactuca sativ*a L.)

(Skripsi)

Oleh

Ega Fabiola Salsa Bina
1817021024

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

ABSTRAK

PENGARUH PEMBERIAN KOMPOS PADAT SAMPAH BROMELAIN TERINDUKSI INOKULUM FUNGI *Aspergillus* sp. (BIOGGP 3, SELULOLITIK) DAN *Trichoderma* sp. (BIOGGP 5, LIGNINOLITIK) TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN SELADA (*Lactuca sativ*a L.)

Oleh

Ega Fabiola Salsa Bina

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan dosis terbaik dari kompos padat sampah bromelain terinduksi inokulum fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, selulolitik) dan T*richoderma* sp. (BioGGP 5, ligninolitik) terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman selada (*L. sativ*a L.). Sampah bromelain tersusun atas polimer kompleks yang sulit terdekomposisi secara alami. Inokulum fungi berperan sebagai induser untuk mendekomposisi polimer kompleks pada sampah bromelain agar sampah bromelain dapat dimanfaatkan kembali. Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan berupa dosis kompos serat bromelain terinduksi inokulum fungi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. P0 = 5 kg tanah tanpa kompos, P1= 5 kg tanah + kompos 0, 6% berat media tanam, P2= 5 kg tanah + kompos 1, 2 % berat media tanam, P3 = 5 kg tanah + kompos 1, 8 % berat media tanam, P4 = 5 kg tanah + kompos 2, 4 % berat media tanam, P5 = 5 kg tanah + kompos 3 % berat media tanam, P6 = 5 kg tanah + kompos 3, 6 % berat media tanam. Data dianalisis dengan *One Way Anova* dilanjutkan dengan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) α= 5 %. Parameter yang diamati yaitu tinggi, jumlah daun, bobot basah, bobot kering, kadar klorofil a,b, dan total, serta rasio akar pucuk. Hasil penelitian menunjukkan pemberian kompos memberikan pengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan vegetatif tanaman selada. P4: 2,4% (120 g) adalah dosis terbaik terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah dan kering, rasio akar pucuk bobot kering, kadar klorofil a, dan kadar klorofil total. P5: 3% (150 g) merupakan dosis terbaik untuk rasio akar pucuk bobot basah. P6: 3,6% (180g) adalah dosis terbaik untuk kadar klorofil b.

Kata Kunci : *Aspergillus* sp., bromelain, inokulum, kompos, *Trichoderma* sp.

PENGARUH PEMBERIAN KOMPOS PADAT SAMPAH BROMELAIN TERINDUKSI INOKULUM FUNGI *Aspergillus* sp. (BIOGGP 3, SELULOLITIK) DAN *Trichoderma* sp. (BIOGGP 5, LIGNINOLITIK) TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L.)

Oleh
Ega Fabiola Salsa Bina
1817021024

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS

Pada
Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

Judul Skripsi : **PENGARUH PEMBERIAN KOMPOS PADAT SAMPAH BROMELAIN TERINDUKSI INOKULUM FUNGI *Aspergillus* sp. (BIOGGP 3, SELULOLITIK) DAN *Trichoderma* sp. (BIOGGP5, LIGNINOLITIK) TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L.)**

Nama Mahasiswa : Ega Fabiola Salsa Bina

Nomor Pokok Mahasiswa : 1817021024

Program Studi : S1 Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Bambang Irawan, M.Sc.	**Wawan Abdullah Setiawan, S.Si., M.Si.**
NIP 19650303 199203 1 006	NIP 19791230 200812 1 001

2. Ketua Jurusan Biologi

Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP 19830131 200812 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Wawan Abdullah Setiawan, S.Si., M.Si.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dra. Christina Nugroho Ekowati, M.Si.** .....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **5 September 2022**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Ega Fabiola Salsa Bina
NPM	: 1817021024
Jurusan	: Biologi
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi	: Universitas lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sebenarnya, bahwa skripsi saya berjudul:

"Pengaruh Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Inokulum Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* Sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.)"

merupakan hasil karya saya sendiri dengan bantuan dari dosen pembimbing saya yaitu Dr. Bambang Irawan, M. Sc., dan Wawan Abdullah Setiawan, S. Si., M. Si. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung.

Demikian pernyataan ini saya buat. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, saya siap untuk mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 7 September 2022
Penulis,

Ega Fabiola Salsa Bina
NPM.1817021024

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 21 Februari 2000 sebagai anak kedua dari Bapak Dody Oktosandi dan Ibu Welly Sartika Ira Rosanty dengan seorang kakak Cyndi Olivia, S.Pd. dan seorang Adik Arya Mandala Putra.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Trisula pada tahun 2006, Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Rawat Laut yang diselesaikan pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2018.

Tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi Universitas Lampung dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM-U) AIESEC dan Saintek. Penulis juga turut menjadi bagian dari asisten praktikum pada mata kuliah mikrobiologi umum. Penulis melaksanakan kegiatan Praktik Kerja Lapangan di

Balai Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan Lampung. Penulis juga melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Bakung, Kecamatan Teluk Betung Barat.

DENGAN MENGUCAPKAN PUJI SYUKUR KEHADIRAT ALLAH SWT YANG MAHA PENGASIH LAGI MAHA PENYAYANG

AKU PERSEMBAHKAN SKRIPSI INI KEPADA:

Kedua orang tua ku Bapak Dody Oktosandi dan Ibu Welly Sartika Ira Rosanty

Kakakku dan Adikku

Bapak dan Ibu dosen serta dosen pembimbingku yang telah memberi ku banyak saran dan pelajaran yang sangat bermanfaat

Teman-temanku atas kebersamaan, dukungan, dan bantuannya selama masa kuliah

Serta
Segenap kerabat dan handai taulan

DAN UNTUK ALMAMATER KU TERCINTA

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

SANWACANA

Assalamualaikum Wr. Wb.
Bissmillahirahmanirahim

Alhamdulillahi rabbil 'alamin segala puji dan syukur kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas berkah dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Pengaruh Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Inokulum Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* L.)**"

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis menyadari bahwa banyak dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Dr. Bambang Irawan, M. Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan kepercayaan, nasihat, bimbingan, motivasi, pengetahuan, kritik, dan saran yang sangat berguna bagi penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

2. Bapak Wawan Abdullah Setiawan, S. Si., M. Si., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan kepercayaan, nasihat, bimbingan, motivasi, pengetahuan, kritik, dan saran yang sangat berguna bagi penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

3. Ibu Dra. Christina Nugroho Ekowati, M. Si., selaku pembahas skripsi yang telah memberikan dukungan, kritik, dan saran serta kesediaannya menjadi

penguji dalam penelitian ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

4. Ibu Dra. Eti Ernawiati, M.P. selaku pembimbing akademik, terima kasih atas bimbingan, dan arahannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.

5. Ibu Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi S1 Biologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Jani Master, S. Si., M. Si., selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas MIPA Universitas Lampung.

7. Bapak Dr. Eng.Suripto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.

8. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan maupun doa yang tidak pernah putus.

9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Bologi FMIPA Universitas Lampung, terima kasih banyak atas bimbingan, arahan, kritik, dan saran serta ilmu yang sudah diberikan.

10. Karyawan, staff, dan laboran di lingkungan Jurusan Biologi dan Fakultas MIPA yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

11. Teman seperjuangan Rini Anggraini, Alivia Natasya, Adella Nada, Ghandifi Fitri, Jannah Fatinah, Rizky Baninta, Kania Fhara, Dufan, Ruckgrat, dan teman teman lainnya yang selalu menjadi tempat bertukar cerita, pengalaman, berkeluh kesah, selalu membantu serta yang selalu memotivasi penulis dalam segala situasi dan kondisi.

12. Semua teman-teman satu angkatan Biologi 2018 yang saling meyemangati dalam menjalani segala kegiatan perkuliahan.

13. Kanda dan yunda yang selalu memotivasi dalam perkuliahan.

14. Semua pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan studi ini.

15. Almamater tercinta Universitas Lampung.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan karya ini dan karya ini masih jauh dari kata sempurna, tetapi penulis berharap semoga karya kecil yang sangat sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi banyak orang. Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis, Aamiin.

Bandar Lampung, 7 September 2022

Penulis,

Ega Fabiola Salsa Bina

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR xvi

DAFTAR TABEL xvix

I. PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang dan Masalah 1

1.2 Tujuan 4

1.3 Kerangka Pikir 4

1.4 Hipotesis 5

II. TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Sampah Bromelain 6

2.2 Fungi *Aspergillus* sp. 9

2.3 Fungi *Trichoderma* sp. 13

2.4 Inokulum 14

2.5 Kompos 15

2.6 Syarat Pertumbuhan Tanaman Selada 22

2.7 Indikator Pertumbuhan Tanaman Selada 23

III. METODELOGI PENELITIAN 26

3.1 Waktu dan Tempat 26

3.2 Alat dan Bahan 26

3.3 Rancangan Penelitian 27

3.4 Pelaksanaan Penelitian 27

3.4.1 Peremajaan Kultur Fungi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. 27

3.4.2 Pembuatan Inokulum *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. 28
3.4.3 Perhitungan Kerapatan Spora dan Nilai *Colony Forming Unit* (CFU) 28
3.4.4 Pengaplikasian Inokulum Campuran *Aspergillus* sp. Dan *Trichoderma* sp. pada Bahan Kompos 30
3.4.5 Pengaplikasian Dosis Kompos pada Tanaman Selada *(Lactuca sativa* L.) 31
3.4.6 Pengamatan Variabel 31
a. Tinggi Tanaman 31
b. Jumlah Daun Tanaman 32
c. Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total Tanaman ... 32
d. Bobot Basah dan Bobot Kering 33
e. Rasio Akar Pucuk (A/P) 33
3.5 Analisis Data 33
3.6 Diagram Alir 35

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1 Data Pengamatan 35
4.1.1 Tinggi Tanaman Selada 35
4.1.2 Jumlah Daun Tanaman Selada 38
4.1.3 Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total Tanaman Selada 40
4.1.4 Bobot Basah dan Bobot Kering Tanaman Selada 44
4.1.5 Rasio Akar Pucuk (A/P) Tanaman Selada 46
4.2 Pembahasan 50
4.2.1 Tinggi Tanaman Selada. 50
4.2.2 Jumlah Daun Tanaman Selada 53
4.2.3 Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total Tanaman Selada 55
4.2.4 Bobot Basah dan Bobot Kering Tanaman Selada 57
4.2.5 Rasio Akar Pucuk (A/P) Tanaman Selada 59

V. KESIMPULAN DAN SARAN 62
5.1 Kesimpulan 62
5.2 Saran..... 62
DAFTAR PUSTAKA 63
LAMPIRAN..... 76

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

1. Struktur Kimia Selulosa 7
2. Struktur Kimia Xilan 8
3. Struktur Kimia Lignin 9
4. Mekanisme Hidrolisis Selulosa 12
5. Mekanisme Hidrolisis Xilan 13
6. Pengukuran Tinggi Tanaman Selada 32
7. Diagram Alir 34
8. Grafik Hasil Uji BNT Tinggi (cm) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi Aspergillus sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan Trichoderma sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) 36
9. Grafik Hasil Uji BNT Jumlah Daun (Helai) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi Aspergillus sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan Trichoderma sp. (BioGGP 5, Ligninolitik). 39
10. Grafik Hasil Uji BNT Kadar Klorofil a (mg/L) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi Aspergillus sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan Trichoderma sp. (BioGGP 5, Ligninolitik). 41

11. Grafik Hasil Uji BNT Kadar Klorofil b (mg/L) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi Aspergillus sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan Trichoderma sp. (BioGGP 5, Ligninolitik). 42
12. Grafik Hasil Uji BNT Kadar Klorofil Total (mg/L) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi Aspergillus sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan Trichoderma sp. (BioGGP 5, Ligninolitik). 43
13. Grafik Hasil Uji BNT Bobot Basah (g) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi Aspergillus sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan Trichoderma sp. (BioGGP 5, Ligninolitik). 45
14. Grafik Hasil uji BNT Bobot Kering (g) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi Aspergillus sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan Trichoderma sp. (BioGGP 5, Ligninolitik). 46
15. Grafik Hasil Uji BNT Rasio Akar Pucuk (A/P) Bobot Basah (g) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi Aspergillus sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan Trichoderma sp. (BioGGP 5, Ligninolitik). 48
16. Grafik Hasil Uji BNT Rasio Akar Pucuk (A/P) Bobot Kering (g) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi Aspergillus sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan Trichoderma sp. (BioGGP 5, Ligninolitik). 49

17. Isolat Fungi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. 86

18. Isolat Fungi *Trichoderma* sp. Umur 2 Minggu 86

19. Isolat Fungi *Aspergillus* sp. Umur 2 Minggu..... 86

20. Inokulum Fungi *Trichoderma* sp. Umur 2 Minggu 86

21. Inokulum Fungi *Aspergillus* sp. Umur 2 Minggu 87

22. Kotoran Sapi 87

23. Sampah Bromelain 87

24. Campuran Inokulum *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp.

dengan Sampah Bromelain 87

25. Kompos Padat Serat Bromelain Umur 2 Minggu 88

26. Kompos Padat Sampah Bromelain Umur 3 Minggu..... 88

27. Kompos Padat Sampah Bromelain Umur 4 Minggu..... 88

28. Kompos Padat Sampah Bromelain Umur 5 Minggu..... 88

29. Kompos Padat Sampah Bromelain Umur 6 Minggu..... 89

30. Kompos Padat Sampah Bromelain Umur 7 Minggu..... 89

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

1. Data Tinggi (cm) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) 35
2. Data Jumlah Daun (Helai) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) 38
3. Data Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) 40
4. Data Bobot Basah dan Bobot Kering (g) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) 44
5. Data Rasio Akar Pucuk (A/P) (g) Tanaman Selada Setelah Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp.

(BioGGP 5, Ligninolitik) 47

6. Hasil Analisis *One Way Anova* dari Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Tinggi Tanaman Selada Pada 1 MST Hingga 5 MST..... 77
7. Hasil Analisis *One Way Anova* dari Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Jumlah Daun Tanaman Selada Pada 1 MST Hingga 5 MST Tanaman Selada pada 1 MST Hingga 5 MST 78
8. Hasil Analisis *One Way Anova* dari Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total Tanaman Selada Selama 5 MST 79
9. Hasil Analisis *One Way Anova* dari Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Bobot Basah, Bobot Kering dan Rasio Akar Pucuk Tanaman Selada Selama 5 MST 80
10. Hasil Analisis Beda Nyata Terkecil dari Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Tinggi Tanaman Selada pada 1 hingga 5 MST 81

11. Hasil Analisis Beda Nyata Terkecil dari Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Jumlah Daun Tanaman Selada pada 1 hingga 5 MST..... 82
12. Hasil Analisis Beda Nyata Terkecil dari Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total Tanaman Selada Selama 5 MST 83
13. Hasil Analisis Beda Nyata Terkecil dari Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Bobot Basah dan Bobot KeringTanaman Selada Selama 5 MST 84
14. Hasil Analisis Beda Nyata Terkecil dari Pemberian Kompos Padat Sampah Bromelain Terinduksi Fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, Selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, Ligninolitik) terhadap Rasio Akar Pucuk (A/P) Tanaman Selada 85
15. Pertumbuhan Tanaman Selada pada 1 MST hingga 5 MST 90

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Pemanfaatan limbah nanas berperan terhadap pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Studi pendahuluan menunjukkan bahwa limbah nanas segar mengandung 678,6 g/kg bahan organik. Limbah nanas yang dikomposkan meningkatkan kandungan bahan organik N, P, dan K tersedia. Selain itu, kompos limbah nanas meningkatkan kelimpahan bakteri, fungi, dan *actinomycetes*, aktivitas urease, katalase, asam fosfatase, dan invertase di dalam tanah. Kandungan klorofil, gula larut, dan protein larut daun serta kekuatan akar juga ditingkatkan. Penggunaan kompos dari limbah nanas juga mendorong pertumbuhan dan meningkatkan hasil tanaman nanas dengan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah pucuk, bobot basah akar meningkat masing-masing sebesar 32,9 %, 23,9 %, 91,2 %, dan 23,4 % (Liu *et al*, 2013).

Sampah bromelain termasuk limbah nanas yang kandungan enzim bromelainnya telah mengalami pengekstraksian. Bonggol nanas mengandung enzim bromelain dengan kadar tertinggi serta tersusun atas polimer kompleks sebagai sumber bahan organik apabila terdekomposisi dengan baik (Agustini dkk., 2011). Kandungan serat pada bonggol nanas berupa polimer yang sulit untuk didekomposisi jumlahnya cukup tinggi yaitu selulosa sebesar 24,53 %, hemiselulosa sebesar 28,53 %, dan lignin sebesar 5,78 % (Pardo *et al*., 2000). Kandungan terbesar dari hemiselulosa adalah xilan. Xilan juga merupakan komponen kedua terbesar setelah selulosa pada dinding sel tanaman (Karim, 2014).

Dekomposisi limbah nanas memerlukan waktu lebih dari 35 minggu jika langsung dikembalikan ke tanah (Tam and Magistad, 1935). Salah satu penelitian menunjukkan bahwa aplikasi induser berupa fungi ligninoselulolitik berdasarkan sifat dekomposisinya mampu mempercepat dekomposisi sampah bromelian sehingga meningkatkan kesuburan tanah dalam hal kandungan N, P, dan K tanah (Irawan *et al*., 2017). Selain itu kompos terinduksi fungi ligninoselulolitik meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai dimana kompos fungi selulolitik pada dosis 200 g memberikan hasil terbaik pada tinggi tanaman sebesar 66,60 cm dan fungi ligninolitik pada dosis 200 g memberikan hasil terbaik pada berat kering sebesar 5,789 g (Irawan *et al*., 2019). *Trichoderma* sp. adalah jenis fungi ligninolitik yang dikenal karena memiliki kemampuan untuk menguraikan selulosa dan lignin dalam biomassa tanaman asli (Chakroun *et al*., 2010). Di sisi lain, *Aspergillus* sp. merupakan fungi selulolitik yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi produk yang lebih sederhana karena kehadiran enzim selulasenya (Atanasova *et al*. 2010). Selain bersifat selulolitik, *Aspergillus* sp. juga bersifat xilanolitik yaitu penghasil xilanase yang dapat menguraikan xilan (Chandra , 2012).

Pada akhir dekomposisi sampah bromelain terinduksi fungi akan dihasilkan kompos. Penggunaan kompos sebagai pupuk pada tanaman dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan cara meningkatkan bahan organik tanah. Kompos juga merupakan sumber lengkap unsur hara makro dan mikro. Di dalam kompos terdapat banyak mikroorganisme penghasil gas karbon dioksida yang dapat dimanfaatkan dalam proses fotosintesis. Berbagai mikroorganisme di dalam kompos juga menghasilkan hormon pemacu pertumbuhan dan perkembangan rambut akar sehingga jangkauan daerah pencarian makanan lebih luas (Setyorini dkk., 2012). Hasil penelitian Reis *et al*., (2014) menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman selada yang diberi pupuk kompos lebih tinggi dibandingkan dengan yang diberi pupuk anorganik. Pertumbuhan tanaman selada cenderung meningkat dengan peningkatan konsentrasi kompos sampai 60 t/ha. Pemberian kompos dengan dosis 60 t/ha (120 g/5 kg) menunjukkan hasil terbaik dengan tinggi 13,5 cm,

bobot basah pucuk 154 g, bobot kering pucuk 12,4 g, bobot basah akar 24,1 g, dan bobot kering akar 5,16 g. Di sisi lain, pemberian pupuk anorganik menunjukkan hasil yang lebih rendah dengan tinggi 12,5 cm, bobot basah pucuk 108 g, bobot kering pucuk 5,39 g, bobot basah akar 11 g, dan bobot kering akar 1,41 g.

Selada *(L. sativa* L.) merupakan komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan untuk diambil bagian daunnya (Setyaningrum dan Saparinto, 2011). Menurut data BPS (2021), produksi selada masih mengalami penurunan secara nasional. Penurunan produksi tanaman selada salah satunya disebabkan oleh kesalahan pada sistem budidaya dimana tidak terpenuhinya kebutuhan unsur hara. Unsur hara dengan jumlah yang sesuai dibutuhkan tanaman selada untuk fungsi tertentu seperti membentuk organ vegetatif terutama bagian daun. Unsur hara memengaruhi pertumbuhan daun tanaman dengan kebutuhan minimal kadar N sebesar 3%, kadar P sebesar 0,25%, dan kadar K sebesar 1,75% (Plank, 1989).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Jabbar (2020), pada minggu ke-4 pengomposan, kompos serasah nanas yang diinduksi dengan fungi ligninolitik mengandung kadar N, P, dan K sebesar 1,7%, 0, 3%, dan 0,8 %. Disisi lain menurut penelitian Merisca (2018), pengomposan serasah nanas terinduksi fungi selulolitik memberikan peningkatan dari minggu ke-4 hingga minggu ke-6 terhadap kadar N sebesar 0,5%, kadar P sebesar 0,07%, dan kadar K sebesar 0,79 %. Batas optimum unsur hara bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman serta kesuburan tanah. Peningkatan atau penurunan konsentrasi unsur hara di luar kisaran yang seharusnya dapat menghambat pertumbuhan (Shrivastav *et al*., 2020). Oleh karena itu, tanaman selada digunakan sebagai tanaman indikator pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pemberian dan kualitas dosis kompos padat sampah bromelain terinduksi inokulum fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, ligninolitik) terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman selada (*L. sativa* L.).

1.2 Tujuan

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh kompos padat sampah bromelain terinduksi inokulum fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, ligninolitik) terhadap parameter pertumbuhan vegetatif tanaman selada (*L. sativa* L.).
2. Memperoleh dosis terbaik dari kompos padat sampah bromelain terinduksi inokulum fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, ligninolitik) terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman selada (*L. sativa* L.).

1.3 Kerangka Pikir

Sampah bromelain tersusun atas polimer kompleks berupa seluosa, hemiselulosa, dan lignin yang sulit untuk terdekomposisi secara alami. Polimer kompleks yang terkandung dalam sampah bromelain memiliki potensi sebagai sumber bahan organik jika dapat terdekomposisi dengan baik. Di alam, proses dekomposisi serat seperti yang terkandung pada sampah bromelain sangat sulit. Oleh karena itu, diperlukan induser seperti mikroorganisme yang dapat mendekomposisi polimer kompleks menjadi lebih sederhana.

Penelitian ini menggunakan induser berupa fungi ligninoselulolitik yang dimanfaatkan sebagai inokulum untuk proses pengomposan serat bromelain. *Aspergillus* sp. merupakan fungi yang bersifat selulolitik yang dapat mendegradasi selulosa dan mempercepat penguraian limbah organik. Selain bersifat selulolitik, *Aspergillus* sp. juga bersifat xilanolitik yaitu penghasil xilanase yang dapat digunakan sebagai induser dalam pengomposan karena menguraikan xilan. *Trichoderma* sp. merupakan fungi ligninolitik yang berperan dalam degradasi limbah lignoselulosa di lingkungan.

Sampah bromelain yang didekomposisi dengan inokulum fungi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. menghasilkan kompos padat yang mengandung unsur hara makro seperti N, P, K, Ca, Mg, dan S serta unsur hara mikro seperti Fe, Cu, Mn, Mo, Zn, Cl, dan B yang sangat diperlukan tanaman. Unsur-unsur yang terkandung di dalam kompos padat ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena kualitas kompos yang dinaikkan.

Pada penelitian ini digunakan tanaman selada (*L. sativ*a L.). Faktor penting yang perlu diperhatikan dalam meningkatkan produksi tanaman selada adalah dengan mencukupi ketersediaan unsur hara. Unsur hara berperan dalam merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman secara keseluruhan, khususnya pertumbuhan daun, akar, dan batang. Ketersediaan unsur hara juga berperan dalam pembentukan klorofil yangsangat penting untuk melakukan proses fotosintesis serta memengaruhi pembentukan protein, lemak, dan berbagai senyawa organik lainnya. Namun demikian, ketersediaan unsur hara harus dalam jumlah yang sesuai agar dapat mencapai pertumbuhan yang optimal. Oleh karena itu untuk memperoleh dosis yang sesuai diperlukan penelitian tentang pengaplikasiannya. Variabel penelitian meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, kadar klorofil a; klorofil b; dan; klorofil total, bobot basah dan bobot kering, serta rasio akar pucuk.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemberian kompos padat sampah bromelain terinduksi inokulum fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, ligninolitik) memengaruhi parameter pertumbuhan vegetatif tanaman selada (*L. sativ*a L).
2. Terdapat dosis terbaik dari kompos padat sampah bromelain terinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, ligninolitik) dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman selada (*L. sativ*a L).

II. TINJAUAN PUSTAKA

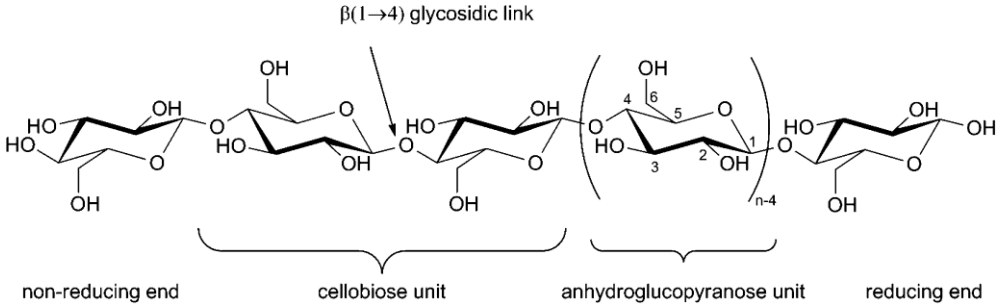
2.1 Sampah Bromelain

Bromelain merupakan enzim protease utama yang ditemukan pada tanaman nanas (Golden and Smith-Marshall, 2012). Enzim ini telah dikenal secara kimiawi sejak tahun 1876 dimana pertama kali diidentifikasi oleh Marcano pada tahun 1891 (Upadhyay *et al*., 2010). Penyelidikan dan isolasi bromelain sudah dimulai sejak tahun 1894 (Neta *et al*., 2012). Bromelain tergolong ke dalam kelompok enzim protease sulfhidril yang dapat menghidrolisa protein (Nurhidayah dkk., 2013). Bromelain diklasifikasikan sebagai bromelain batang atau bromelain buah tergantung pada asal protease. Bromelain terdapat di seluruh tanaman nanas namun konsentrasi dan komposisinya dapat bervariasi tergantung pada bagian buah dan varietasnya (Gautam *et al*., 2010).

Bromelain yang berlimpah di batang dan buah tanaman nanas dapat diisolasi dalam jumlah kecil dari limbah nanas seperti inti, daun, kulit, dan lainnya (Hossain *et al*., 2015). Bromelain batang memiliki sifat dan komposisi biokimia yang berbeda dibandingkan dengan bromelain buah, selain itu bromolein batang mengandung campuran beraneka ragam tiol-endopeptidase (Pavan *et al*., 2012). Sampah hasil ekstraksi enzim bromelain disebut sebagai sampah bromelain. Sampah bromelain dapat diperoleh dari tanaman nanas yang telah diolah dan tidak bermanfaat untuk bidang ekonomi. Semakin tinggi produksi nanas sisa produksi atau sampah bromelain ini juga akan tinggi.

Kadar tertinggi enzim bromelain terdapat pada bonggol nanas (Agustini dkk., 2011). Kandungan serat polimer kompleks pada bonggol nanas jumlahnya cukup tinggi yaitu selulosa 24, 53 %, hemiselulosa 28, 53 %, dan lignin 5, 78 % (Pardo *et al*., 2000). Kandungan terbesar dari hemiselulosa adalah xilan. Hemiselulosa terdiri dari xilan, mannan, arabinogalaktan, dan arabinan. Xilan adalah komponen utama hemiselulosa pada dinding sel tanaman (Karim, 2014).

Selulosa ditemukan pada tumbuh-tumbuhan yang sebagian besar dalam dinding sel dan bagian-bagian berkayu (Darmawan *et al*., 2016). Selulosa adalah polisakarida dengan rantai linier yang terdiri dari beberapa ratus hingga ribuan unit anhidroglukopiranosa dan dihubungkan melalui ikatan β-1,4-glikosidik membentuk rantai makromolekul yang tidak bercabang. Setiap unit anhidroglukopiranosa terdiri dari tiga gugus hidroksil (Potthast *et al*., 2006). Selulosa bersama hemiselulosa, pektin, dan protein merupakan serat-serat panjang yang membentuk struktur jaringan dan memperkuat dinding sel tanaman. (Lakshmi and Narasimha, 2012). Fungi memiliki kemampuan untuk menghidrolisis selulosa alami melalui aktivitas selulase yang dimilikinya (Hardianti dkk., 2014).

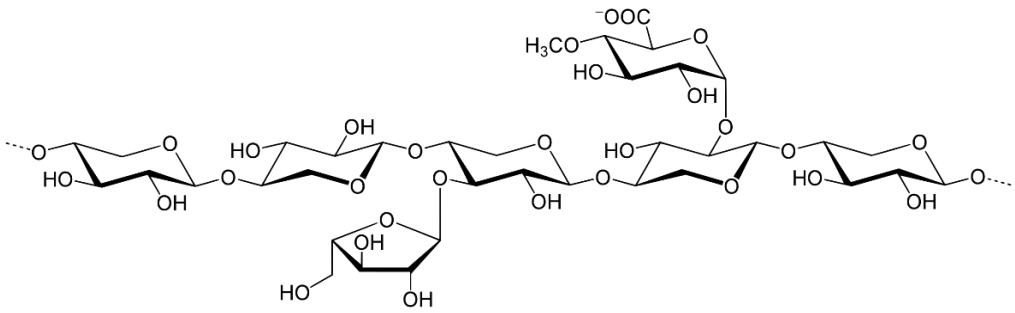


Gambar 1. Struktur Kimia Selulosa (Wertz *et al*., 2010).

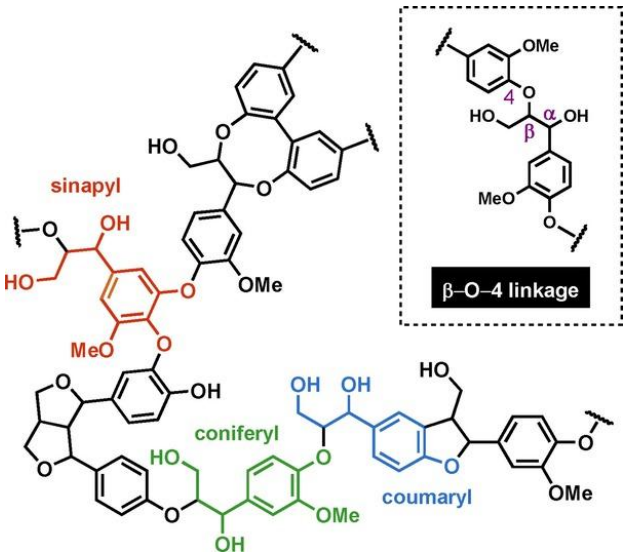
Xilan adalah hemiselulosa berupa polimer dari pentosa atau xilosa dengan ikatan ß-1,4 yang jumlah monomernya berkisar 150-200 unit (Sunna and Antranikan, 1997). Struktur xilan sangat bervariasi, mulai dari gula poliksilosa tertaut 1,4-ß linier selain D-xylose. Rantai utama xilan analog dengan rantai selulosa tetapi terdiri dari D-xylose bukan D-glukosa.

Cabang terdiri dari L-arabinofuranose yang terhubung ke posisi 0–3 dari residu D-xylose dan asam D-glukuronat atau asam 4-O-metil-D-glukuronat yang terkait dengan posisi 0–2. Kedua gula rantai samping dihubungkan secara glikosidik. Tingkat percabangan bervariasi tergantung pada sumbernya. Xilan dari beberapa spesies kayu terutama kayu keras diasetilasi. Heteropolimer utama dari komponen hemiselulosa adalah xilan, mannan, galaktan, dan arabinan. Molekul xilan terutama dibentuk oleh D-xylose sebagai unit monomer dan juga terdapat L-arabinose. Selanjutnya beberapa substituen (yaitu, asetil, arabinosil, dan glukoronisil) ditemukan pada tulang punggung xilan (Bajpai, 2014).

Degradasi hemiselulosa membutuhkan kompleks suatu enzim yang dapat menghidrolisis xilan serta kerangka dari glukomanan. Secara umum hemiselulosa relatif mudah didekomposisi dan merupakan polisakarida yang mula-mula diuraikan lebih dulu oleh mikroorganisme di alam. Oleh sebab itu terjadi penurunan bobot tanaman pada dekomposisi karena hemiselulosa yang mengalami penguraian (Setyorini dkk., 2012). Secara alami polimer dari xilan didegradasi oleh enzim-enzim xilanolitik. Enzim xilanolitik terdiri dari asetil-xilan esterase, α-glukuronidase, endo-1,4-β-xilanase, β-xilosidase, dan α-L-arabinofuranosidase (Kumar and Wyman, 2008).


⁻OOC
H3CO
HO
OH
O
HO
OH
O
HO
OH
O

Lignin adalah polimer polifenol tidak beraturan yang disintesis oleh polimerisasi dehidrogenatif unit fenil propanoid yaitu koniferil alkohol, sinapil alcohol, dan kumaril alkohol yang masing-masing sesuai dengan struktur guaiasil (G), siringil (S), dan p-hidroksifenil (H) dari lignin (Sannigrahi *et al*., 2010). Senyawa lignin memiliki struktur acak dengan berat molekul yang tinggi sehingga proses penguraian lignin tidak membutuhkan enzim ekstraseluler yang spesifik. Lignin umumnya terakumulasi selama proses degedradasi lignoselulosa (Suparjo dan Handoko, 2010). Lignin dari tanaman mati didegradasi oleh mikroba tanah sehingga terbentuk air, humus, dan karbon dioksida. Humus pada permukaan tanah penting untuk memperbaiki struktur tanah, menambah aerasi, dan *moisture-holding capacity*. Humus juga berperan menukar ion dasar serta menyimpan dan melepaskan hara di sekitar tanaman (Eriksson *et al*., 1989).



Gambar 3. Struktur Kimia Lignin (Kärkäs *et al*., 2018).

2.2 Fungi *Aspergillus* sp.

Fungi merupakan jasad eukariot uniseluler maupun multiseluler yang berbentuk benang atau berupa sel tunggal. Sel fungi tidak memiliki klorofil, dinding selnya tersusun dari kitin, dan belum ada diferensiasi jaringan.

Fungi bersifat kemoheterotrof karena memperoleh energi dan oksidasi senyawa organik. Fungi dapat hidup secara bebas atau bersimbiosis serta tumbuh sebagai parasit atau saprofit pada hewan, tanaman, dan manusia (Fifendy, 2017).

Fungi bereproduksi secara aseksual dengan pembelahan sel dan pembentukan tunas atau spora. Reproduksi seksual fungi dilakukan dengan peleburan inti sel dari kedua induknya. Pada proses pembelahan sel, fungi akan membagi dirinya menjadi 2 sel yang sama besar. Pada pertunasan (*budding*), sel anak tumbuh dari penonjolan kecil pada sel induk. Pseudohifa adalah tunas yang tidak dapat melepaskan diri sehingga membentuk rantai - rantai pendek. Spora aseksual dibentuk oleh hifa dari satu individu fungi. Spora seksual dihasilkan dari fusi dua inti dan menghasilkan fungi yang memiliki genetik kedua induknya. Macam-macam spora aseksual antara lain adalah konidiosopora, sporangiospora, arthrospora, klamidiospora, dan blastospora (Pratiwi, 2008).

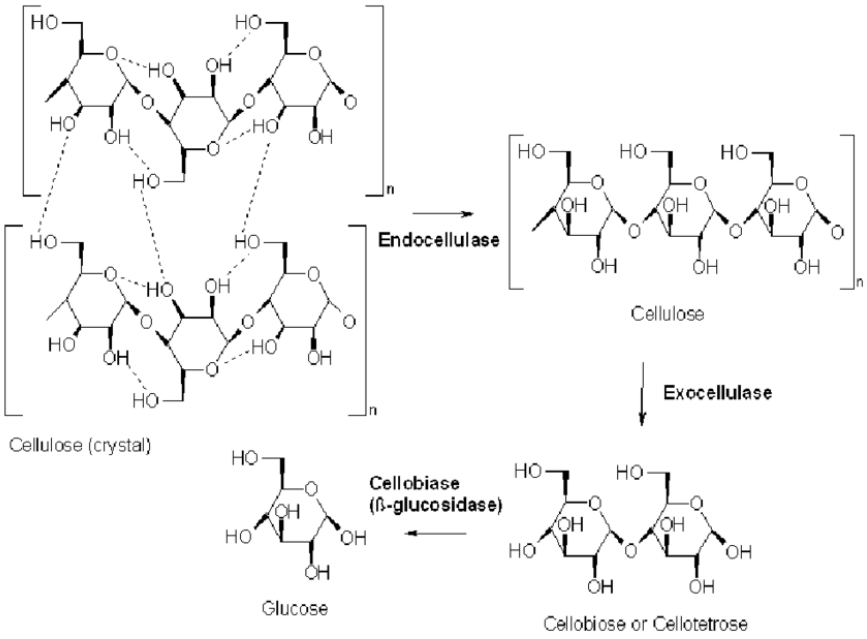
Fase pertumbuhan fungi dimulai dari fase lag. Fase lag yaitu fase penyesuaian sel-sel dengan lingkungan dan pembentukan enzim-enzim untuk mengurai substrat. Lama fase lag pada fungi sangat bervariasi, tergantung pada komposisi media, pH, suhu, aerasi, jumlah sel pada inokulum awal, dan sifat fisiologis fungi. Fase kedua adalah fase log atau eksponensial. Fase ini merupakan fase yang sangat penting dalam kehidupan fungi dimana aktivitas pembelahan sel sangat meningkat. Fase ketiga adalah fase stasioner, yaitu fase ketika jumlah sel yang bertambah dan jumlah sel yang mati relatif seimbang. Hal tersebut dapat disebabkan oleh kadar nutrisi yang berkurang dan terjadi akumulasi produk toksik sehingga mengganggu pembelahan sel. Banyak senyawa metabolit sekunder dapat dipanen pada fase stasioner. Fase yang terakhir adalah fase kematian dipercepat, pada fase ini jumlah sel-sel yang mati atau tidak aktif lebih banyak daripada sel-sel yang masih hidup (Gandjar dkk., 2006).

Fungi bersifat heterotrof sehingga membutuhkan zat organik. Dengan menggunakan enzim, zat organik dapat diubah dan dicerna menjadi zat anorganik yang kemudian diserap oleh fungi sebagai sumber makanannya. Fungi juga mampu menguraikan bahan-bahan organik seperti lignin, hemiselulosa, sesulosa, protein, dan senyawa pati dengan bantuan enzim sehingga dapat menyediakan nutrien yang lebih mudah diserap oleh tanaman dan mampu memberikan kualitas lebih baik dalam pengomposan (Charisma, 2019).

Fungi *Aspergillus* sp. merupakan organisme saprofit yang hidup bebas dan terdapat di banyak tempat. *Aspergillus* sp. menghasilkan hifa aerial yang memperlihatkan ciri khas struktur konidia. *Aspergillus* sp. memiliki konidiafora panjang dengan vesikel di terminal dan tempat fialidnya menghasilkan rantai-rantai basipetal konidia. (Jawetz *et al*., 2013). Menurut Fardiaz (1992), klasifikasi dari *Aspergillus* sp. adalah sebagai berikut:

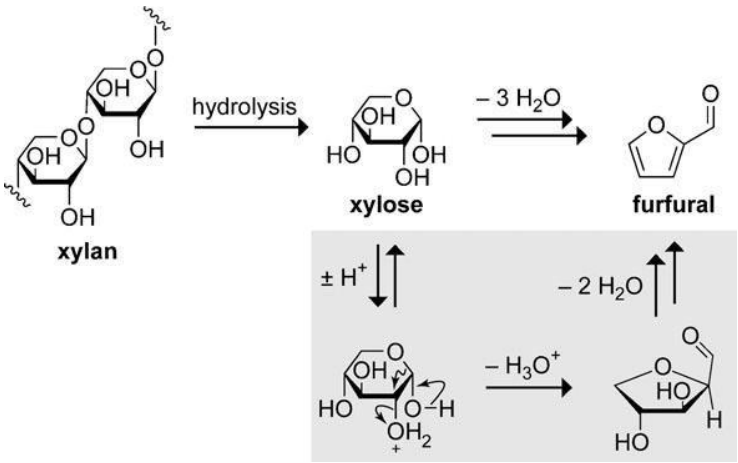
Kerajaan	: Fungi
Divisi	: Amastigomycota
Kelas	: Deutromycetes
Bangsa	: Moniliales
Suku	: Moniliaceae
Marga	: *Aspergillus*
Jenis	: *Aspergillus* sp.

Salah satu sifat dari fungi *Aspergillus* sp. adalah selulolitik (Atanasova *et al*. 2010). Fungi selulolitik dapat menghidrolisis selulosa sehingga terbentuk produk yang lebih sederhana yaitu glukosa dengan bantuan enzim selulase. Selulase adalah sekelompok enzim yang berperan penting dalam pada proses hidrolisis 1, 4-glikosidik yaitu ikatan dalam selulosa. Kompleks enzim selulase terdiri dari *endo-cleaving* (endoglukanase), *exo-cleaving* (selobiohidrolase), dan glukosidase (Vyas *et al*., 2005).



Gambar 4. Mekanisme Hidrolisis Selulosa **(**Kumar *et al***.**, 2019).

Sumber utama untuk isolasi enzim xilanase adalah fungi *Aspergillus* sp. (Chandra, 2012). Xilanase merupakan enzim kompleks yang terdiri atas 1, 4-β-endoxilanase, β-xilosidase, α-L-arabinofuranosidase, α-glukuronidase, asetil xilan esterase, dan asam fenolat (Yang *et al*., 2009). Endoxilanase memutus rantai utama xilan untuk pembentukan xilo-oligomer dan xilosidase mengubah xilo-oligomer menjadi monomer xilose. Selanjutnya, eksoksilanase bekerja pada ujung pereduksi xilan dan arabinosidase pada arabinan dari kandungan hemiselulosa biomassa lignoselulosa (Purkait and Haldar, 2021). Fungi penghasil xilanase atau fungi xilanolitik menghidrolisis hemiselulosa khususnya xilan (Widhiana dkk., 2015).



Gambar 5. Mekanisme Hidrolisis Xilan (Frias, 2013).

2.3 Fungi *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. adalah fungi yang paling umum dijumpai dalam tanah khususnya tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Fungi ini memiliki ciri morfologi koloni berwarna hijau muda sampai hijau tua, hifa bersekat, dan percabangan hifa membentuk sudut siku pada cabang utama. Selain itu konidiumnya berbentuk bulat, berukuran (2, 8-3, 2) x (2, 5-2,8) µm, dan berdinding halus. Konidiofornya bercabang mendukung fialid yang berjumlah 3 atau lebih secara bergerombol dan agak ramping. *Trichoderma* sp. dapat hidup baik secara saprofit maupun parasit pada fungi lain. Perkembangan secara aseksualnya dilakukan dengan menghasilkan konidium yang berkembang membentuk individu baru (Sudantha, 2010).

Klasifikasi *Trichoderma* sp. menurut Larone (1995):

Kerajaan	: Fungi
Divisi	: Ascomycota
Kelas	: Euascomycetes
Bangsa	: Hypocreales
Suku	: Hypocreaceae
Marga	: *Trichoderma*
Jenis	: *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. merupakan salah satu fungi yang paling umum memproduksi enzim ligninase sehingga termasuk ke dalam kelompok fungi ligninolitik. Dengan bantuan enzim ligninase, fungi ligninolitik dapat mendegradasi komponen organik (Dashtban *et al*., 2010). Pemberian fungi *Trichoderma* sp. saat pengomposan dapat memperbaiki kualitas kompos yang dihasilkan dengan proses yang lebih cepat. *Trichoderma* sp. diketahui sebagai biodekomposer yang baik karena mampu memproduksi asam organik, seperti glukonik, sitrus, dan asam fumarik yang mampu menurunkan pH tanah. Selain kemampuan tersebut, *Trichoderma* sp. juga dapat menurunkan solubilisasi fosfat, mikronutrien, dan kation mineral seperti mangan, besi, dan, magnesium yang terlibat dalam metabolisme tanaman juga metabolit yang meningkatkan pertumbuhan tanaman disertai dengan produksi hormon pertumbuhan (Sriwati dkk, 2013).

2.4 Inokulum

Inokulum dapat didefinisikan sebagai populasi mikroorganisme atau sel yang dimasukkan ke dalam media fermentasi atau media lain yang sesuai (Sood *et al*., 2011). Komposisi inokulum merupakan hal yang penting karena komposisis inokulum akan mempengaruhi enzim-enzim yang dihasilkan mikroba. Mikroba akan menghasilkan enzim-enzim sesuai dengan yang tersedia pada inokulum (Dewi dan Aziz, 2011).

Penambahan inokulum dapat menaikkan kualitas kompos. Proses pembuatan kompos juga dapat dipercepat dengan adanya kehadiran inokulum (Sentana dkk., 2010). Persiapan inokulum bergantung pada pengambilan sampel dari organisme yang keadaannya optimal dan mampu untuk diinokulasikan ke dalam kultur isolat fungi. Inokulum yang tepat harus berada pada tahap dan ukuran pertumbuhan aktif, bebas dari kontaminasi, dan memiliki kemampuan pembentukan produk. Kultur isolat fungi yang memadai dan media produksi penting untuk menyediakan lingkungan yang tepat untuk inokulum.

Tujuan pembuatan inokulum yaitu agar didapatkan koloni fungi yang lebih mudah digunakan untuk proses pengomposan. Keberhasilan dari penggunaan inokulum sebagian besar ditentukan dengan tingkat kehidupan spora fungi, karena semakin tinggi tingkat kehidupan spora maka akan semakin besar biomassa dari fungi. Hal ini sangat berpengaruh pada inokulum yang digunakan untuk pengomposan organik (Irawan *et al*., 2017).

Beras merupakan gabah atau butiran padi (*Oryza sativa* L.) yang bagian kulit luarnya sudah dibuang dengan cara digiling atau disosoh. Gabah terdiri atas sekam (kulit luar, aleuron (kulit ari), bekatul atau *germ*, endosperm (bagian butir), dan embrio atau calon tanaman baru yang tidak dapat tumbuh kembali setelah menjadi beras (Ide, 2010). Beras mengandung xilan yang cukup tinggi sehingga dapat menjadi suatu media inokulum dalam pembuatan kompos bagi fungi *Aspergillus* sp.

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan tanaman serealia. Hampir semua bagian dari tanaman sorgum dapat dimanfaatkan. Biji sorgum berbentuk bulat lonjong. Komponen utama biji sorgum adalah perikarp, testa, endosperm, dan embrio (Suarni dan Singgih, 2002). Serat pangan yang terdapat pada sorgum adalah selulosa, hemiselulosa, lignin, dan β-glukan. Kandungan yang ada pada sorgum tersebut memungkinkan untuk menjadi media inokulum bagi fungi *Trichoderma* sp. dalam pembuatan kompos.

2.5 Kompos

Kompos merupakan bahan organik yang sudah diuraikan oleh dekomposer sehingga bisa membuat sifat-sifat tanah menjadi lebih baik. Di dalam kompos terkandung hara-hara mineral yang penting bagi tanaman. Residu tanaman, hewan, kotoran hewan, dan mikroorganisme pengurai seperti bakteri, jamur, ganggang, organimse uniseluler, dan multiseluler adalah sumber bahan organik yang berpotensi untuk tanah karena berperan dalam perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah tersebut (Setyorini dkk., 2012).

Penggunaan kompos dapat menjaga dan meningkatkan kesuburan tanah dengan cara meningkatkan bahan organik tanah. Dari segi sifat fisik tanah, kompos mengubah struktur tanah. Senyawa polisakarida dari penguraian mikroorganisme dan miselium serta hifa dapat menjadi perekat untuk partikel tanah sehingga tanah yang berpasir menjadi lebih kompak dan tanah lempung menjadi lebih gembur. Struktur tanah yang baik membuat difusi atau aerasi oksigen juga menjadi lebih banyak sehingga proses fisiologis juga terjadi dengan lancar. Agregat tanah juga diperbaiki sehingga lebih remah. Hal ini membuat absorbsi air ke tanah lebih mudah sehingga erosi dapat dibendung. Tingginya kandungan bahan organik di dalam tanah akan mengubah warna tanah cenderung lebih gelap. Warna tanah yang gelap membuat penyerapan energi sinar matahari meningkat serta dapat mencegah fluktuasi suhu di dalam tanah (Setyorini dkk., 2012).

Dari segi sifat kimia tanah, kompos adalah sumber lengkap unsur hara makro dan juga mikro. Kompos yang diberikan pada tanah secara berkelanjutan mampu memperbaiki pH tanah sehingga hasil tanaman pertanian pada tanah masam dapat ditingkatkan. Bentuk fosfat organik pada tanah dengan kandungan fosfat tersedia rendah berperan untuk menyediakan hara. Hampir seluruh P organik yang ada pada tanaman tersedia dalam bentuk fitin, fosfolipid, dan asam nukleat. Turunan dari senyawa-senyawa tersebut berperan sangat signifikan pada tanah. Hal ini disebabkan oleh kapabilitasnya membangun senyawa dengan kation polivalen (Irvan, 2013).

Dari sifat biologi tanah, kompos menambah jutaan mikroorganisme ke tanah. Kompos juga dapat memacu mikroorganisme yang telah tersedia di dalam tanah menjadi berkembang. Mikroorganisme akan menghasilkan gas karbon dioksida yang dapat dimanfaatkan dalam proses fotosintesis tanaman sehingga pertumbuhan tanaman dapat ditingkatkan. Pemberian bahan organik sebagai sumber karbon yang terkandung di dalam kompos juga membuat proses amonifiksi, nitrifikasi, dan fiksasi meningkat. Aktivitas mikroorganisme yang ada di dalam kompos juga menghasilkan hormon-

hormon pertumbuhan diantaranya auksin, giberelin, dan sitokinin yang merangsang pertumbuhan dan perkembangan akar-akar rambut. Oleh sebab itu jangkauan daerah pencarian makanan tumbuhan menjadi lebih luas (Setyorini dkk., 2012).

Pengomposan merupakan suatu proses biologis dengan menggunakan mikroorganisme sebagai pengurai material organik hingga terbentuk kompos (Djaja, 2010). Prinsip pengomposan yaitu membuat bahan organik memiliki rasio C/N yang sama dengan rasio C/N tanah. Pengomposan membutuhkan waktu yang beragam mulai dari satu bulan bahkan sampai bertahun-tahun. Lamanya proses pengomposan ditentukan oleh rasio C/N bahan organik. Proses pengomposan akan semakin lambat seiring dengan semakin tingginya rasio C/N bahan organik. Sebaliknya penurunan rasio C/N bahan organik akan diikuti dengan semakin cepatnya proses pengomposan (Siboro dkk., 2013).

Proses penguraian pada pengomposan akan menghasilkan hara dan humus dengan syarat tersedianya unsur N, P, dan K. unsur tersebut dibutuhkan oleh mikroorganisme dekomposer untuk menjalankan proses metabolisme selnya Penguraian dapat terjadi lebih cepat ketika rasio kadar C (C-organik): N: P: K di dalam bahan yang terurai setara 30:1:0,1:0,5 (Gaur, 1987).

Bahan organik segar yang belum mengalami proses dekomposisi (nilai C/N tinggi) dan digunakan secara langsung bercampur di dalam tanah pada awalnya akan mengalami proses penguraian dahulu yang kemudian membuat ketersediaan hara N, P, dan K di dalam tanah berkurang karena digunakan oleh mikroorganisme dekomposer dalam penguraian bahan organik. Mikroorganisme dekomposer akan bersaing dengan tanaman dalam pengambilan hara. Selain itu proses peruraian aerob mengakibatkkan suhu tanah mengalami kenaikan. Hal tersebut yang memicu tanaman kekurangan hara sehingga pertumbuhan jadi terhambat hingga mengalami kematian.

Dengan demikian bahan organik yang digunakan dalam pengomposan lebih baik diproses terlebih dahulu menjadi bentuk kompos sehingga sudah siap dimanfaatkan oleh tanaman. Bahan organik yang sudah terdekomposisi (menjadi kompos) artinya telah mengalami proses mineralisasi unsur hara yang membentuk humus dimana berperan dalam menjaga kesehatan tanah dan menyuburkan tanah (Setyorini dkk., 2012).

Penurunan rasio C/N bahan organik menjadi sama dengan rasio C/N tanah (< 20) berlangsung ketika terjadinya pengomposan. Unsur-unsur kimia meliputi karbohidrat, sumber energi terbarukan selulosa, hemiselulosa, lemak, dan lilin akan terdegradasi menjadi CO_2 dan H_2O (Mulyatun, 2016). Bahan organik yang memiliki rasio C/N cukup tinggi akan lebih lama untuk terdekomposisi. Jika rasio C/N terlalu rendah maka kadar nitrogen dalam kompos akan lebih cepat berkurang karena menguap dalam bentuk amonia selama proses penguraian berlangsung. Proses pengomposan secara alami dapat terjadi pada rentang waktu 5 minggu atau bahkan mencapai 2 bulan. Waktu pengomposam tersebut dapat dipersingkat dengan memanfaatkan dekomposore yang merombak bahan organik seperti *Trichoderma* sp. (Yuwono, 2006).

Kecepatan dalam proses pengomposan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor penting yang meliputi ukuran bahan mentah, suhu, ketinggian timbunan kompos, rasio C/N bahan, kelembapan, dan sirkulasi udara (aerasi), serta nilai pH. Faktor-faktor tersebut dijelaskan sebagai berikut.

a) Ukuran Bahan

Ukuran bahan yang semakin kecil diikuti dengan waktu penguraian yang lebih cepat namun hingga berada pada batas tertentu. Luas permukaan spesifik bahan kompos akan meningkat jika dilakukan penghalusan terlebih dahulu sehingga membuat mikroba dekomposer lebih mudah menguraikan bahan-bahan mentah. Hal yang harus diperhatikan yaitu

penghalusan bahan tidak boleh dilakukan hingga ukuran bahannya terlalu kecil karena dapat membuat timbunan kompos menjadi mempat yang kemudian memengaruhi udara yang masuk ke kompos menjadi sedikit. Sirkulasi udara dapat masuk dengan baik pada bahan dengan ukuran 5-10 cm (Setyorini dkk., 2012).

b) Suhu dan Ketinggian Timbunan Kompos

Timbunan bahan yang terdekomposisi akan mengalami kenaikan suhu hingga mencapai 65-70° C. Kenaikan suhu merupakan dampak dari mikroorganisme perombak bahan organik yang melakukan aktivitas biologi (Gaur, 1987). Supaya proses dekomposisi berjalan secara menyeluruh dan sempurna maka penjagaan panas sangat penting. Tingginya suhu dipengaruhi oleh perbandingan volume timbunan dengan permukaan. Semakin tinggi rasio volume timbunan terhadap permukaan maka isolasi panas juga semakin besar. Hal ini mengakibatkan timbuhan bahan lebih mudah panas. Bahan dengan timbunan dangkal cenderung kehilangan panas lebih cepat sebab bahan tidak dapat menjaga serta menahan pelepasan panas (Setyorini dkk., 2012).

Mikroba penyuka panas dapat berkembang tidak normal jika suhu pada timbunan kompos kurang optimum. Hal tersebut selanjutnya memengaruhi proses pengomposan menjadi lebih lama. Disisi lain, bahan kompos dengan timbunan terlalu tinggi membuat bahan kompos menjadi padat akibat berat bahan kompos tersebut. Hal ini mengakibatkan suhu menjadi lebih tinggi yang disertai dengan berkurangnya ketersediaan udara pada bagian bawah timbunan. Suhu yang berlebihan dapat membuat mikroorganisme yang diinginkan mengalami kematian. Ketersediaan udara yang kurang dapat memicu berkembangnya bakteri anaerobik yang membuat kompos memiliki aroma yang tidak sedap. Pada umumnya kompos memenuhi syarat apabila tinggi timbunannya berkisar 1,25 - 2 m. Tinggi timbunan material tersebut nantinya akan menurun ketika terjadi proses pembusukan berlangsung (Setyorini dkk., 2012).

c) Rasio C/N Bahan

Mikroorganisme pengurai bahan organik membutuhkan sumber karbon dan nitrogen dari bahan asal. Karbon merupakan sumber energi untuk pertumbuhannya mikroorganisme sedangkan nitrogen merupakan sumber pembentuk protein. Bahan dasar kompos yang mempunyai rasio C/N 20:1 hingga 35:1 memenuhi syarat untuk dilakukan pengomposan. Rasio yang terlalu besar C/N (>40) ataupun rasio yang terlalu kecil C/N (<20) dapat mengganggu aktivitas biologis proses penguraian. Ketika rasio C/N terlalu tinggi, timbunan bahan dapat menjadi busuk secara perlahan-lahan (Setyorini dkk., 2012).

d) Kelembapan

Timbunan kompos harus dijaga dengan kandungan lengas 50-60% agar mikroorganisme tetap beraktivitas. Kandungan air yang terlalu banyak dapat mengurangi volume udara. Disisi lain, kandungan air yang terlalu sedikit atau kering dapat membuat proses dekomposisi terhenti. Semakin basah suatu timbunan maka timbunan tersebut harus semakin sering dilakukan pengadukan guna mencegah pertumbuhan bakteri anaerobik. Sampah yang bersumber dari hijauan umumnya tidak memerlukan penambahan air saat waktu awal pengomposan. Sampah yang bersumber dari bahan-bahan keras memerlukan penambahan air yang cukup (Setyorini dkk., 2012).

e) Sirkulasi Udara (Aerasi)

Oksigen dibutuhkan oleh mikroorganisme aerob (terutama bakteri dan fungi) dalam menjalankan aktivitas penguraian. Sistem aerasi dipengaruhi oleh struktur bahan dasar kompos dan ukuran partikel kompos. Besarnya volume pori udara pada asimilasi bahan akan berbanding lurus dengan kasarnya struktur bahan. Pengaturan ketersedian oksigen dapat dilakukan dengan membalik timbunan bahan kompos (Setyorini dkk., 2012).

f) Nilai pH

Nilai pH yang memenuhi syarat agar suatu bahan organik dapat dikomposkan adalah pH 3-11. pH optimum yaitu berkisar 5,5-8,0. Berbeda dengan fungi yang lebih aktif pada pH masam, bakteri lebih aktif pada kondsi pH netral. Kondisi dengan nilai pH yang tinggi dapat mengakibatkan terjadinya volatilisasi yang pada akhirnya dapat membuat kehilangan nitrogen. Fluktuasi nilai pH pada proses pengomposan merupakan tanda adanya gangguan pada proses penguraian (Setyorini dkk., 2012).

Kompos yang aman dengan kandungan unsur hara maksimal dapat dilihat dari tingkat kematangan kompos tersebut. Beberapa hal yang menjadi aspek penilaian untuk menentukan tingkat kematangan kompos yaitu meliputi (Yang, 1996).

1. Suhu yang rendah di akhir pengomposan
2. Rasio C/N < 20
3. Tidak ada aktivitas serangga atau larva pada akhir pengomposan
4. Aroma kompos yang tidak menyengat (mengeluarkan bau tanah atau bau humus hutan)
5. Terdapat warna putih atau kelabu karena berkembangnya actinomycetes
6. Warna kompos menjadi coklat kehitaman
7. Tekstur komposnya remah dan saat diaplikasikan pada tanaman memberikan efek positif.

Proses pengomposan dapat diuraikan menjadi tiga tahap utama. Pada tahap awal, terjadi proses dekomposisi intensif yang menghasilkan suhu cukup tinggi dalam waktu yang relatif pendek. Selain itu bahan organik yang mudah terdekomposisi akan diubah menjadi senyawa lain. Tahap selanjutnya yaitu tahap pematangan utama dan pasca pematangan. Bahan yang sukar akan terdekomposisi dan membentuk ikatan kompleks lempung-humus (Sutanto, 2002).

2.6 Syarat Pertumbuhan Tanaman Selada

Selada merupakan sayuran daun yang berasal dari daerah beriklim sedang. Menurut sejarahnya, tanaman ini telah dibudidayakan sejak 2.500 tahun yang lalu. Tanaman selada berasal dari kawasan Amerika. Hal tersebut dibuktikan oleh Christoper Columbus pada tahun 1493 yang menemukan tanaman selada di daerah Hemisphere bagian barat dan Bahamas (Rukmana, 2005). Menurut Haryanto dkk. (1996), klasifikasi tanaman selada adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Asterales
Suku	: Asteraceae
Marga	: *Lactuca*
Jenis	: *Lactuca sativa* L.

Tanaman selada dapat dibudidayakan pada ketinggian 1.000-1.900 m diatas permukaan laut (mdpl). Ketinggian tempat yang ideal berkisar antara 1.000-1.800 mdpl (Sumpena, 2001). Produktivitas selada cukup baik pada dataran tinggi yang beriklim lembab (Mas'ud, 2009). Jenis tanah yang cocok untuk membudidayakan selada yaitu pada jenis tanah lempung berdebu, berpasir, dan tanah yang masih mengandung humus (Sunarjono, 2014).

Selada dapat tumbuh pada pH tanah 5-6,5. Suhu yang mendukung untuk budidaya selada berkisar 15-25 °C. Suhu yang lebih tinggi dari 30 °C dapat menghambat pertumbuhan, merangsang tumbuhnya tangkai bunga (bolting), dan dapat menyebabkan rasa pahit. Curah hujan yang optimal adalah 1.000-1.500 mm/tahun. Apabila curah hujan yang terlalu tinggi akan berpengaruh terhadap peningkatan kelembaban, penurunan suhu, dan berkurangnya penyinaran matahari sehingga akan menurunkan tingkat produksi selada (Sunarjono, 2014).

Kelembapan yang sesuai untuk pertumbuhan selada yaitu berkisar antara 80-90 %. Kelembapan udara yang terlalu tinggi akan menghambat pertumbuhan tanaman selada karena serangan hama dan penyakit (Novriani, 2014). Tanaman selada memerlukan sinar matahari yang cukup karena sinar matahari merupakan sumber energi yang diperlukan tanaman di dalam proses fotosintesis. Proses penyerapan unsur hara akan berlangsung optimal jika pencahayaan berlangsung antara 8-12 jam/hari (Cahyono, 2005).

2.7 Indikator Pertumbuhan Tanaman Selada

Tanaman adalah makhluk hidup memiliki ciri untuk tumbuh dan berkembang. Setiap tanaman akan tumbuh dan berkembang dengan cara yang berbeda. Ada tiga fase pertumbuhan tanaman pada masa vegetatif yaitu pembelahan sel, perpanjangan sel, serta tahap awal diferensiasi sel. Ketiga Proses tersebut memengaruhi batang, daun, dan sistem perakaran untuk berkembang (Harjadi, 2019). Berikut adalah indikator dari pertumbuhan tanaman selada:

a. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman dipengaruhi oleh pembelahan dan pemanjangan sel yang dipicu oleh ketersediaan unsur hara. Aktivitas metabolisme dalam jaringan tanaman menghasilkan bahan organik yang berperan dalam meningkatkan tinggi tanaman. Laju fotosintesis juga dapat ditingkatkan dengan adanya unsur hara yang tersedia maupun yang tersimpan dalam tanaman itu sendiri (Sutedjo, 2008).

Pertumbuhan tinggi dipicu oleh pembelahan dan perpanjangan sel yang didominasi pada apikal pucuk tanaman. Bahan organik yang mengandung unsur nitrogen (N) berperan mengaktifkan sel tanaman dan mempertahankan jalannya fotosintesis yang memengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman (Hakim, 1987). Pembentukan organ tanaman dipengaruhi ketersediaan unsur fosfor (P) yang terlibat pada pembelahan sel.

Pembelahan dan perpanjangan sel tentu memengaruhi penambahan tinggi tanaman. Disisi lain, unsur kalium (K) merangsang titik-titik tumbuh tanaman. Unsur K juga memacu pertumbuhan tanaman pada tingkat permulaan dan memperkuat ketegaran batang sehingga mengurangi resiko tidak mudah rebah (Lingga dan Marsono (2003) dalam Haryadi dkk. (2015)).

b. Jumlah Daun Tanaman

Pembentukan daun dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara berupa nitrogen dan fosfor tersedia bagi tanaman. Baik nitrogen maupun fosfor terlibat dalam pembentukan sel-sel baru dan menyusun senyawa organik pada tanaman yang tentunya memengaruhi peningkatan jumlah daun. Unsur K juga dibutuhkan dalam pembentukan daun karena mengontrol pergerakan stomata (Nyakpa dkk., 1988). Kalium merupakan aktivator enzim-enzim yang terlibat pada reaksi fotosintesis dan respirasi sehingga dapat mengontrol potensial osmotik dan pengambilan air yang berpengaruh terhadap buka tutup stomata (Gardner *et al*., 2008).

c. Kadar Klorofil

Klorofil adalah komponen biokimia utama yang bertanggung jawab untuk fotosintesis. Selain itu, kadar klorofil merupakan indikator kesehatan tanaman (Ortuno *et al*., 2017). Indeks produktivitas fotosintesis suatu tanaman dapat ditunjukkan oleh kadar klorofil. Hal ini menunjukkan bahwa kadar klorofil menggambarkan estimasi status nutrisi tanaman karena nitrogen daun bergabung dengan klorofil (Gaherwar and Kulkarni, 2017). Unsur N berperan dalam sintesis klorofil dan enzim (Marschner, 2012). Tanaman tingkat tinggi memiliki dua jenis klorofil, yaitu klorofil a dan klorofil b. Rumus klorofil a adalah $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$ dan klorofil b adalah $C_{55}H_{70}N_4O_6Mg$ (Palta, 1990). Klorofil a memiliki gugusan metil pada atom C3 sementara klorofil b memiliki aldehid pada atom C3.

Hal tersebut membuat jenis klorofil memiliki penyerapan gelombang cahaya yang tidak sama. Peranan pigmen klorofil adalah dalam reaksi fotosistem. (Nurdin dkk., 2009).

d. Bobot Basah dan Bobot Kering

Bobot basah adalah bobot tanaman setelah dilakukan pembongkaran dan sebelum tanaman tersebut layu dan kehilangan air. Bobot basah juga merupakan gambaran dari fotosintesis selama tanaman melakukan proses pertumbuhan. Sebanyak 90% dari bobot kering tanaman merupakan hasil dari fotosintesis. Bobot kering tanaman merupakan bobot tanaman yang sudah tidak memiliki kandungan air. Adanya peningkatan proses fotosintesis akan meningkatkan pula hasil fotosintesis berupa senyawa-senyawa organik yang akan ditranslokasikan ke seluruh organ tanaman dan berpengaruh terhadap bobot kering tanaman (Nurdin dkk., 2009). Pemberian pupuk dari bahan organik yang diberikan memacu perkembangan luas daun. Penambahan luas daun merupakan efisiensi tiap satuan luas daun melakukan fotosintesis untuk menambah bobot kering tanaman (Fisher and Goldsworthy, 1996).

e. Rasio Akar Pucuk (A/P)

Rasio akar pucuk merupakan rasio dari bobot akar ke bobot pucuk dari suatu tanaman. Sebagian besar tanaman dibawah kondisi normal, rasio akar pucuk dapat bernilai kisaran 1:5 hingga 1:6. Jika bukan karena bobot batang, bagian puck dan akar akan memiliki bobot yang hampir sama. Peningkatan kesuburan tanah umumnya dikaitkan dengan penurunan rasio akar pucuk, yaitu pertumbuhan pucuk meningkat lebih dari pertumbuhan akar. Pengamatan rasio akar pucuk dihitung dengan membandingkan bobot bagian akar dan bobot bagian pucuk. (Harris, 1992).

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari hingga bulan Juni 2022 di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cawan Petri, jarum ose, kulkas, *laminar air flow*, *hot plate magnetic stirrer*, inkubator, neraca analitik, bunsen, *blender*, autoklaf, pipet tetes, bola hisap, pipet volumetri, gelas ukur, botol kaca gepeng ukuran 250 mL, batang pengaduk, Erlenmeyer, hemositometer, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *vortex mixer*, mikropipet, *cover glass*, mikroskop, keranjang berlubang, *plastic wrap*, *alumunium foil*, karet, plastik, kertas kardus, sarung tangan, baki semai, alat siram tanaman, *polybag*, penggaris, kertas saring, corong, dan spetrofotometer.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kultur fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, ligninolitik), media PDA (*Potato Dextrose Agar*), kloramfenikol, pewarna *methylene blue*, beras yang telah diblender kasar, sorgum yang telah diblender kasar, kalsium karbonat ($CaCO_3$), kalsium sulfat ($CaSO_4$), akuades, alkohol, sampah bromelain, kotoran sapi, dan air.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dosis kompos dan 3 ulangan. Dengan demikian, didapatkan total 21unit percobaan. Kompos yang digunakan merupakan hasil dekomposisi serat bromelain terinduksi inokulum campuran fungi *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp.. Setiap perlakuan pada tanaman selada mengikuti modifikasi Hernandez *et al*. (2020). Rincian yang diaplikasikan sebagai berikut:

P0: 5 kg tanah (Kontrol)
P1: 5 kg tanah + kompos 0,6 % berat media tanam
P2: 5 kg tanah + kompos 1,2% berat media tanam
P3: 5 kg tanah + kompos 1,8 % berat media tanam
P4: 5 kg tanah + kompos 2,4 % berat media tanam
P5: 5 kg tanah + kompos 3 % berat media tanam
P6: 5 kg tanah + kompos 3,6 % berat media tanam

Variabel penelitian meliputi tinggi tanaman, jumlah daun tanaman, kadar klorofil a; klorofil b; dan klorofil total, bobot basah dan bobot kering serta rasio akar pucuk. Data yang diperoleh dianalisis dengan uji statistik *One Way Anova* untuk mengetahui adanya perbedaan signifikan antar perlakuan. Jika terdapat perbedaan signifikan maka dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf kepercayaan 5 %.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Peremajaan Fungi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp.

Isolat fungi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. diremajakan pada media PDA. Masing-masing isolat diinokulasikan pada media PDA dalam cawan petri lalu diinkubasi pada suhu 37 ^{o}C selama 7-14 hari.

3.4.2 Pembuatan Inokulum Fungi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp.

Disiapkan larutan mineral (campuran larutan $CaSO_4$ 4 % dan larutan $CaCO_3$ 2 %) dengan bahan berupa 40 g $CaSO_4$ padat dan 20 g $CaCO_3$ padat. Selanjutnya masing-masing bahan dilarutkan ke dalam *beaker glass* berbeda berisi 1000 mL akuades steril. Masing-masing larutan kemudian diaduk hingga homogen. Setelah homogen, kedua larutan dicampur dengan perbandingan 1:1 (v/v).

Pembuatan inokulum fungi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. menggunakan metode modifikasi Gaind *et al*. (2009). Media beras untuk *Aspergillus* sp. dan media sorgum untuk *Trichoderma* sp. Sebanyak 60 g beras dan 60 g sorgum di-*blender* kasar lalu dimasukkan ke dalam botol kaca gepeng yang berbeda kemudian disterilisasi. Setelah disterilisasi, media inokulum didiamkan sampai dingin lalu masing-masing media inokulum ditambahkan dengan 15 mL larutan mineral. Selanjutnya media inokulum diinokulasi dengan satu ose isolat *Aspergillus* sp. pada media beras dan satu ose isolat *Trichoderma* sp. pada media sorgum kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 14 hari.

3.4.3 Perhitungan Kerapatan Spora dan Nilai *Colony Forming Unit* (CFU)

a. Kerapatan Spora

Kerapatan spora dihitung setelah kedua inokulum berumur 14 hari menggunakan hemositometer *Improved* Neubauer melalui pengenceran bertingkat. Digunakan perbandingan 1 : 9 untuk sampel dengan pengenceran pertama dan pengenceran selanjutnya sehingga pengenceran selanjutnya mengandung 1/10 spora dari pengenceran sebelumnya. Proses pengenceran dilakukan dengan 1 g inokulum ditambahkan dengan 9 mL akuades steril.

Selanjutnya larutan dihomogenkan dengan *vortex*. Setelah homogen maka didapatkan suspensi spora dengan tingkat pengenceran 10^{-1}. Selanjutnya dilakukan pengenceran kembali yaitu menambahkan 1 mL dari suspensi 10^{-1} ke dalam 9 mL akuades steril pada tabung reaksi lain sehingga diperoleh pengenceran 10^{-2}.

Hasil pengenceran 10^{-2} kemudian diambil lalu diteteskan pada hemositometer. Untuk membedakan spora yang hidup dan mati dilakukan dengan penambahan *methylene blue*. Hemositometer diamati di bawah mikroskop. Spora yang dihitung adalah spora yang tidak berwarna. Kerapatan spora dinyatakan dalam satuan spora/mL. Rumus perhitungan kerapatan spora dapat menggunakan rumus dari (BBPPTP, 2014) yaitu :

$$\boldsymbol{S = \frac{X}{L\ (mm^2) x\ t\ (mm) x\ d}\ x\ 10^3}\text{-}$$

Keterangan:

S	: Jumlah spora (spora/mL)
X	: Jumlah spora yang dihitung (1 + 2 + 3 + 4+ 5)
L	: Luas kotak hitung (0,04 x 5= 0,2 mm^2)
t	: Kedalaman bidang hitung (0,1 mm)
d	: Faktor pengenceran
10^3	: Volume suspense yang diambil (1 mL = 10^3 mm^3)

b. *Colony Forming Unit* (CFU)

Perhitungan selanjutnya adalah *Colony Forming Unit* (CFU). CFU hanya mengukur sel yang viabel. Hasil perhitungannya dinyatakan dengan CFU/mL (unit pembentuk koloni/mililiter) untuk cairan, dan CFU/g (unit pembentuk koloni/gram) untuk padatan.

Perhitungan CFU dilakukan dengan cara mengambil 1 g inokulum kemudian diencerkan hingga 10^{-7}. Hasil pengenceran 10^{-7} diambil sebanyak 1 mL dan diinokulasikan pada media PDA dengan metode *spread plate* untuk membuat pertumbuhan koloni. Biakan inokulum kemudian diinkubasi selama 3-5 hari. Untuk perhitungan CFU digunakan persamaan sebagai berikut (BBPPTP, 2014).

$$\boldsymbol{Nilai\ CFU = \frac{Jumlah\ koloni\ x\ Faktor\ pengenceran}{Volume\ suspensi\ fungi\ yang\ diinokulasikan}}$$

3.4.4 Pengaplikasian Inokulum Fungi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. pada Bahan Kompos

Komposisi kompos mengikuti perbandingan Ustuner *et al*. (2009). Yaitu 2:1 (w/w) untuk sampah bromelain dan kotoran sapi. Kombinasi tersebut ditambahkan 1 % inokulum campuran dari berat substrat bahan kompos (Kumar *et al*., 2008). Berdasarkan komposisi tersebut, maka pada penelitian ini menggunakan sampah bromelain sebanyak 2 kg, kotoran sapi sebanyak 1 kg, dan inokulum campuran sebanyak 30g (15g inokulum *Aspergillus* sp. dan 15 g *Trichoderma* sp). Kompos dengan perlakuan kontrol memiliki komposisi sama tetapi tidak ditambahkan inokulum campuran *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp.

Pengomposan dilakukan berdasarkan modifikasi metode *Takakura Home Method* (THM) (Ying *et al*., 2012). Langkah pertama pada proses pengomposan diawali dengan menyediakan keranjang yang berlubang-lubang kecil. Sampah bromelain kemudian dicacah hingga mencapai ukuruan 3-5 cm. Selanjutnya sampah bromelain dan kotoran sapi dimasukkan ke dalam keranjang berlubang yang ditutupi dengan kertas kardus pada bagian dalam dan atas keranjang. Langkah berikutnya menambahkan inokulum fungi pada bahan kompos dan meletakkan sisa bahan kompos diatasnya hingga mencapai 3 kg.

Selanjutnya dilakukan proses inkubasi kompos hingga menunjukkan tanda kematangan.

Pengomposan berlangsung melalui proses aerob dengan kandungan air sedang yaitu 30-40 % serta suhu berkisar 30-50 ^{o}C. Untuk memberikan aerasi dan menurunkan temperatur kompos, bahan kompos dibalik setiap satu minggu. Kematangan kompos dapat dilihat dari beberapa aspek yang diantaranya adalah temperaturnya rendah, tidak adanya aktivitas serangga atau larva, hilangnya bau tidak sedap, perubahan warna menjadi coklat sampai hitam, dan tekstur kompos yang remah (Yang, 1996).

3.4.5 Pengaplikasian Dosis Kompos pada Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.)

Penyemaian benih selada dilakukan pada baki semai berisi tanah dengan waktu pertumbuhan 7 hari. Selanjutnya bibit selada yang telah tumbuh dapat dicabut dari penyemaian tanpa merusak perakaran. Langkah berikutnya bibit selada dapat ditanam pada *polybag* berisi media tanam dengan kedalaman 2-3 cm. Media tanam selada disiapkan menggunakan modifikasi Hernandez *et al*. (2020), yang disesuaikan dengan 5 kg tanah dengan komposisi kompos sebanyak 0 % (0 g) 0,6 % (30 g), 1,2 % (60 g), 1,8 % (90 g), 2,4 % (120 g), 3 % (150 g), dan 3, 6 % (180 g).

3.4.6 Pengamatan Variabel

a. Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman dimulai dari permukaan tanah (pangkal batang) sampai ujung daun tertinggi tanaman. Pengukuran tinggi tanaman dapat menggunakan penggaris.

Pengukuran dilakukan lima kali yaitu pada saat tanaman berumur 1 Minggu Setelah Tanam (MST), 2 MST, 3 MST, 4 MST, dan 5 MST.

Gambar 6. Pengukuran Tinggi Tanaman Selada.

b. Jumlah Daun Tanaman

Penghitungan jumlah daun dilakukan lima kali yaitu pada saat tanaman berumur 1 MST, 2 MST, 3 MST, 4 MST, dan 5 MST.

c. Kadar Klorofil a, Klorofil b, dan Klorofil Total

Kuantifikasi kadar klorofil dilakukan dengan metode Wintermans and de Mots (1965). Sebanyak 1g daun selada ditimbang lalu dihaluskan menggunakan mortar. Daun yang sudah dihaluskan kemudian diekstraksi dengan menambahkan sebanyak 50 mL alkohol 96% sampai klorofil terlarut. Selanjutnya ekstrak disaring dengan kertas saring Whatman GF/C 42 µm. Filtrat yang didapatkan lalu dipindahkan pada labu ukur 100 mL dan ditambahkan lagi dengan alkohol 96% hingga volume mencapai 100 mL. Kadar klorofil kemudian ditentukan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 649 nm dan 665 nm.

Hasil kuantifikasi nilai absorbansi dapat diubah menjadi satuan mg/L dengan menggunakan rumus berikut:

Klorofil Total (mg/L) = $(20 \times A_{649}) + (6{,}1 \times A_{665})$

Klorofil a (mg/L) = $(13{,}7 \times A_{665}) - (5{,}67 \times A_{649})$

Klorofil b (mg/L) = $(25{,}8 \times A_{649}) - (7{,}7 \times A_{665})$

d. Bobot Basah dan Bobot Kering

Pengamatan bobot basah tanaman dilakukan saat tanaman dipanen berumur 5 MST. Pemanenan dilakukan dengan mencabut tanaman utuh beserta akar-akarnya lalu ditimbang dengan neraca analitik untuk menentukan bobot basah. Tanaman selada yang telah ditimbang bobot basahnya kemudian dibungkus dengan kertas dan dijemur selama 3 hari. Setelah 3 hari tanaman dapat ditimbang bobot keringnya dengan neraca analitik. Bobot kering tanaman merupakan bobot tanaman yang sudah tidak memiliki kandungan air. Tanaman harus dalam keadaan layu (kadar air rendah) sehingga proses pengeringan lebih cepat.

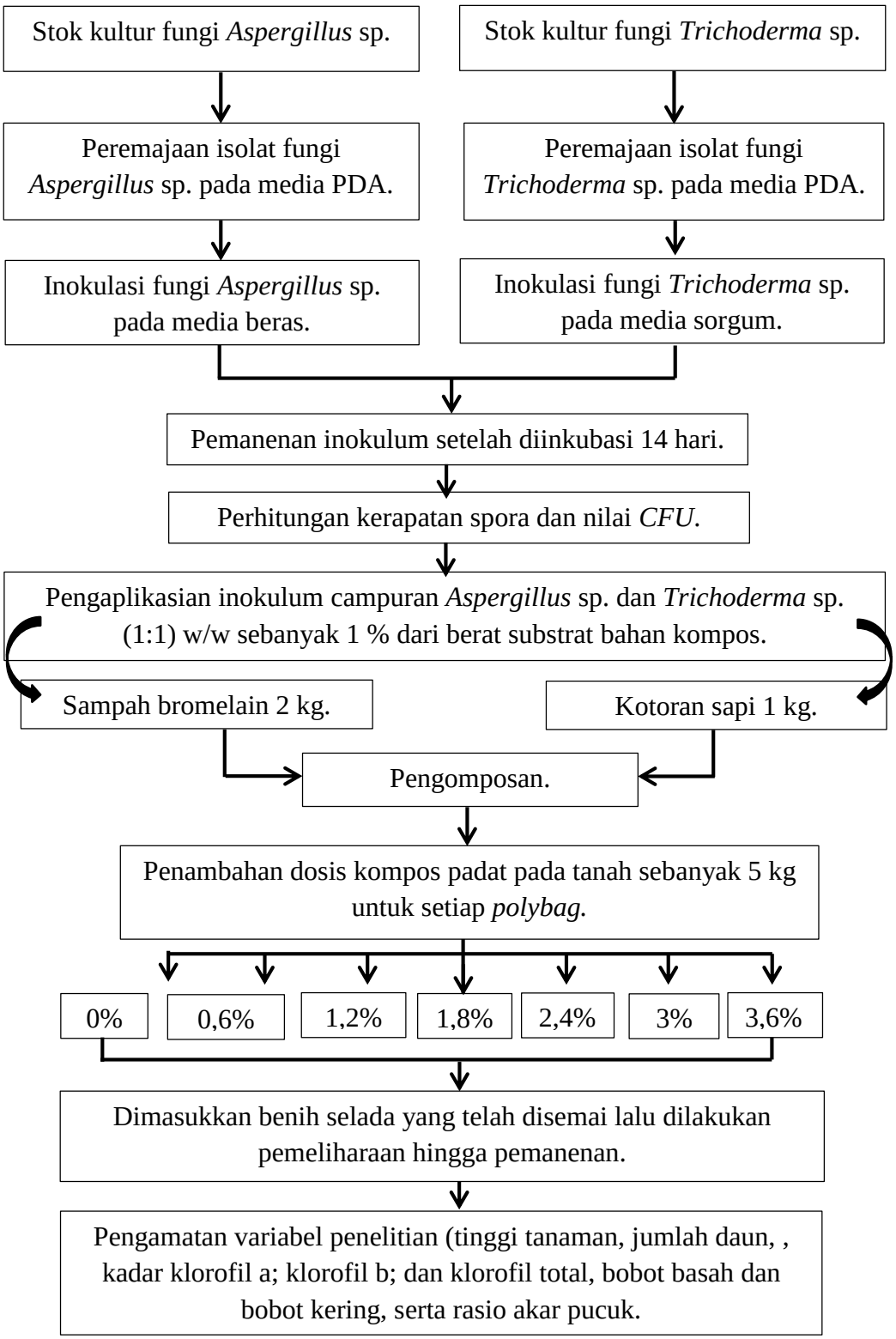
e. Rasio Akar Pucuk (A/P)

Pengamatan rasio akar pucuk dihitung dengan membandingkan bobot bagian akar dan bobot bagian pucuk yang ditimbang dengan menggunakan neraca analitik.

3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis dengan uji statistik analisis varian (*One Way Anova)* untuk mengetahui adanya perbedaan signifikan antar perlakuan. Jika terdapat perbedaan signifikan maka diuji kembali menggunakan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf tingkat kepercayaan 5 %.

3.6 Diagram Alir



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan hal berikut:

1. Pemberian kompos padat sampah bromelain terinduksi inokulum fungi *Aspergillus* sp. (BioGGP 3, selulolitik) dan *Trichoderma* sp. (BioGGP 5, ligninolitik) pada tanaman selada (*L. sativa* L.) memberikan pengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan vegetatif tanaman selada.
2. Perlakuan P4: 2,4% (120 g) adalah dosis terbaik terhadap parameter pertumbuhan vegetatif tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah, bobot kering, rasio akar pucuk bobot kering, kadar klorofil a, dan kadar klorofil total. Perlakuan P5: 3% (150 g) merupakan dosis terbaik untuk parameter pertumbuhan vegetatif rasio akar pucuk bobot basah. Perlakuan P6: 3,6% (180g) adalah dosis terbaik untuk parameter pertumbuhan vegetatif kadar klorofil b.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini yaitu untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman selada dapat dilakukan dengan pemupukan kompos dengan dosis 2,4% kompos dari berat media tanam.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Agustini, L., R.S.B. Irianto, M. Turjaman dan E. Santoso. 2011. Isolat dan Karakterisasi Enzimatis Mikroba Lignoselulolitik di Tiga Tipe Ekosistem Taman Nasional. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi (Capsicum annum L.) Melalui Pemanfaatan Beberapa Pupuk Organik Cair. *Jurnal Mipa Unsrat Online,* 6 (2): 101-104.

Apriscia, C. Y., Barunawati, N., dan Wicaksono, K. P. 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk Kompos Limbah Domestik terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Asal Bibit Bud Chip. *Journal of Agricultural Science,* 1 (2): 9-15.

Atanasova, L., Jaklitsch, W.M., Komoń-Zelazowska, M., Kubicek, C.P., and Druzhinina, I.S. 2010. Clonal Species *Trichoderma parareesei* sp. nov. Likely Resembles The Ancestor of The Cellulase Producer *Hypocrea Jecorina*/*T. reesei*. *Appl Environ Microbiol*, 76 (21): 7259-7267.

Balai Besar Pembenihan dan Proteksi Tanaman. 2014. *Petunjuk Teknis Uji Banding Antar Laboratorium Pengujian Mutu APH*. Kementerian Pertanian. Direktorat Jenderal Perkebunan. Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan. Ambon.

Badan Pusat Statistik Indonesia. 2021. *Ekspor Komoditi Pertanian Berdasarkan Negara Tujuan Subsektor : Hortikultura (Segar)* Tahun 2021. Jakarta. http://database.pertanian.go.id/eksim2012/hasilekspornegaratujuan.php. diakses pada tanggal 27 Desember 2021 pukul 15.00.

Bajpai, P. 2014. *Xylanolytic Enzymes.* Elsevier. Amsterdam.

Bianco, M. S., Filho, A. B. C., and Carvalho, L. B. D. 2015. Nutritional Status of the Cauliflower Cultivar ‘Verona’ Grown with Omission of out Added Macronutrient. *Journal Plos One*, 10 (4): 1-17.

Budiman, B. 2013. Pengaruh Pemupukan Nitrogen dan Stres Air terhadap Bukaan Stomata, Kandungan Klorofil dan Akumulasi Prolin Tanaman Rumput Gajah (*Penunisetum purpureum* Schum). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan*, 2 (3): 159-166.

Cahyono. 2005. *Budidaya Tanaman Sayuran*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Chakroun, H., Mechichi, T., Martinez, M.J., Dhouib, A., and Sayadi, S. 2010. Purification and Characterization of a Novel Laccase from The Ascomycete *Trichoderma atroviride*: Application on Bioremediation of Phenolic Compounds, *Journal of Process Biochemistry*, 45 (4): 507-513.

Chandra, S. 2012. Endophytic Fungi: Novel Sources of Anticancer Lead Molecules. *Appl Microbiol Biotechnol*, 95(1): 47-59.

Charisma, M. A. 2019. *Buku Ajar Mikologi.* Unair Press. Surabaya.

Darmawan, S., Wistara, N. J., Pari, G., Maddu, A., and Syafii, W. 2016. Characterization of Lignocellulosic Biomass as Raw Material for The Production of Porous Carbon-based Materials. *Bio Resources*, 11 (2): 3561-3574.

Dashtban, M., Schraft, H., Syed, T.A., and Qin, W. 2010. Fungal Biodegradation and Enzymatic Modification of Lignin. *International Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 1 (1): 36-50.

Dewi, R.S. dan Aziz, S. 2011. Isolasi *Rhizopus oligosporus* Pada Beberapa Inokulum Tempe Di Kabupaten Banyumas. *Jurnal Molekul*, 6 (2): 93-104.

Djaja, W. 2010. *Langkah Jitu Membuat Kompos dari Kotoran Ternak dan Sampah*. Agromedia Pustaka. Jakarta.

ElGendy, A. G., Hegazy, T. A., and El Sayed, S. M. 2013. Effect of Biofertilizers and/or Urea on Growth, Yield, Essential Oil and Chemical Compositions of Cymbopogon Citratus Plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 9 (1): 309-320.

Eriksson, K.E.L., Blanchette, R.A., and Ander, P. 1989. *Microbial and Enzymatic Degradation of Wood and Wood Components*. Springer. Berlin Heidelberg.

Fahmi, A., Syamsudin, S., Utami, S. N, H., dan Radjagukguk, B. 2010. Pengaruh Interaksi Hara Nitrogen dan Fosfor terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) pada Tanah Regosol dan Latosol. *Jurnal Berita Biologi*, 10 (3): 297-304.

Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Fifendy, M. 2017. *Mikrobiologi*. Kencana. Depok.

Fisher, N. M. and Goldsworthy, P. R. 1996. *Physiology of Topical Crop*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Gaherwar, S. and Kulkarni, P. 2017. Estimation of Chlorophyll Content of Some Green Leafy Vegetables for Their Biochemical Properties. *Indian J. Sci. Res*, 13 (2): 170-171.

Gaind S., Nain, L. and Patel V. B. 2009. Quality Evaluation of Co-Composted Wheat Straw, Poultry Droppings and Oil Seed Cakes. *Biodegradation*. 20 (3): 307- 317.

Gandjar, I., Ariyanti, dan Wellyzar, S. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.

Gardner, F.P., Pearce, R.B, and Mitchel, R.L. 2008. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.

Gaur, A. C. 1987. *Recycling of Organic Waste by Improved Technique of Composting and Other Methods*. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.

Golden, K. D. and Smith-Marshall, J. 2012. Characterization of Bromelain from *Morinda citrifolia* (Noni). *Journal of Scientific Research, 4* (2): 445-456.

Gonzalez, E. C., Diaz, M. R. G., Salas, L. D. M., and Castillo, M. P. S. 2019. Pre-Composting and Vermicomposting of Pineapple (*Ananas comosus*) and Vegetable Waste. *Journal of Applied Sciences*, 9 (17): 1-14.

Gautam, S.S., Mishra, S.K., Dash, V., Goyal, A.K., and Rath, G. 2010. Comparative Study of Extraction, Purification and Estimation of Bromelain From Stem and Fruit of Pineapple Plant. *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, 34: 67-76.

Hakim, N. 1987. *Kesuburan Tanah*. Universitas Lampung. Lampung.

Haldar, D. and Purkait, M. K. 2021. A review on the environment-friendly emerging techniques for pretreatment of lignocellulosic biomass: Mechanistic insight and advancements. *Chemosphere*, 264 (2).

Hardianti, R., Alfi, A., Rahayu, S., Yuni, Y., Asri, T., dan Mahanani, M. 2014. Efektivitas Waktu Pemberian *Trichoderma harzianum* dalam Mengatasi Serangan Layu Fusarium pada Tanaman Tomat Varietas Ratna. *Jurnal Lentera Bio*. 3 (1): 21-25.

Harris, R. W. 1992. Root-Shoot Ratios. *Journal of Arboriculture*, 18 (1): 39-42.

Harjadi, S. S. 2019. *Dasar-Dasar Agronomi*. Gramedia. Jakarta.

Haryadi, D., Yetti, dan H., Yoseva, S. 2015. Pengaruh Pemberian Beberapa Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kailan (*Brassica alboglabra* L.). *Jom Faperta*, 2 (2): 1-11.

Haryanto, E., Suhartini, T., dan Rahayu, E. 1996. Sawi dan Selada. PT. Penebar. Swadaya. Jakarta.

Hasan, M.R., Tahsin, A. K. M. M., Islam, M. N., Ali, M. A., dan Uddain, J. 2017. Growth and Yield of Lettuce (Lactuca Sativa L.) Influenced As Nitrogen Fertilizer and Plant Spacing. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 10 (6): 62-71.

Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Shjoerring, J., Moller, I. S. and White, P. 2012. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier. London.

Hepler, P., Vidali, L., and Cheung, A. Y. 2001. Polarized Cell Growth in Higher Plants. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 17 (1): 159-87.

Hernandez, A. M., Calderon, A., Medina, C., Torres, V. S., and Ocana, R. O. 2020. Implementation of Strategies to Optimize the Co-Composting of Green Waste and Food Waste in Developing Countries. A Case Study: Colombia. *Environmental Science and Pollution Research*, 24 (3): 1-7.

Hossain, M. M., Lee, S.I., and Kim, I. 2015. Effects of Bromelain Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Profiles, Faecal Microbial Shedding, Faecal Score and Faecal Noxious Gas Emission in Weanling Pigs. *Veterinární Medicína*, 60 (10): 544-552.

Ide, P. 2010. *Agar Jantung Sehat : Tip dan Trik Memilih Makanan agar Jantung Sehat.* PT Elex Meda Komputindo. Jakarta.

Irvan, M. 2013. Respon Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap Zat Pengatur Tumbuh Dan Unsur Hara. *Jurnal Agroteknologi*, 3 (2): 35-40.

Irawan, B., Kasiamdari, R.S., Sunarminto, B.H., Sutariningsih, E., dan Hadi, S. 2017. Effect of Fungal Inoculum Application on Changes in Organic Matter of Leaf Litter Composting. *Polish Journal Of Soil Science*, 52 (1): 143-152.

Irawan, B., Septitasari, A. W., Zulkifli, Z., and Handayani, T. T. 2019. 'Effect of Induced Compost by Cellulolitic (*Aspergillus fumigatus*) and Ligninolitic (*Geotrichum* sp.) Fungi Inoculum Application on Vegetative Growth of Red Chili (*Capsicum annuum* L.), *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 13 (2): 815–821.

Irawan, B., Afandi, A., Hadi, S. 2017. Effects Of Saprophytic Microfungi Application On Soil Fertility Based On Their Decomposition Properties. *Journal of Applied Biological Sciences*. 11 (2): 15-19.

Jabbar, S. K. *Uji Inokulum Fungi Trichoderma sp. (Ligninolitik) yang Ditumbuhkan Pada Media Beras terhadap Pengomposan Serasah Nanas (Ananas comosus (L.) Merr.).* Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Jawetz, E., Melnick, J. L., and Adelberg, E. A. 2013. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi 25*. Salemba Medika. Jakarta.

Jumin, H. B. 2014. *Dasar-dasarAgronomi*. RajaGrafido Persada. Jakarta.

Karim, I. 2014. *Kandungan Adf, Ndf, Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin Silase Pakan Komplit Berbahan Dasar Jerami Padi dan Beberapa Level Biomassa Murbei (Morus alba)*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Kimball, J.W. 1991. *Biology Fith Edition*. Gelora Aksara Pratama. Jakarta.

Kumar, R. and Wyman, C. E. 2008. An Improved Method to Directly Estimate Cellulase Adsorption on Biomass Solids. *Enzyme and Microbial Technology*, 42 (5): 426-433.

Kumar, A., Gaind, S., and Nain, L. 2008. Evaluation of Thermophilic Fungal Consortium for Paddy Straw Composting. *Biodegradation*, 19 (3): 395-402.

Kusmanto, K., Azies, A., dan Soemarah, T. 2010. Pengaruh Dosis Pupuk Nitrogen dan Pupuk Kandang Kambing terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Hibrida (*Zea mays* L.) Varitas Pioneer 21. *Jurnal Agrineca*,10 (2): 135-150.

Lakshmi, S. A. and Narasimha, G. 2012. Production of Cellulases by Fungal Cultures Isolated from Forest Litter Soil. *Journal Annals of Forest Research*, 55 (1) : 1-8.

Larone, D. H. 1995. *Medically Important Fungi - A Guide to Identification, 3rd*. ASM Press.Washington, D.C.

Lingga, P. dan Marsono, M. 2003. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penerbit Swadaya. Jakarta.

Liu, C. H., Liu, Y., Fan, C., and Kuang, S. Z. 2013. The Effects of Composted Pineapple Residue Return on Soil Properties and The Growth and Yield of Pineapple. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13 (2): 433-444.

Malhotra, H., Vandana, V., Sharma, S., and Pandey, R. 2018. *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance: Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess*. Springer. Singapore.

McCauley, A., Jones, C., and Jacobsen, J. 2011. *Plant Nutrient Functions and Deficiency and Toxicity Symptoms*. Montana State University. Bozeman.

Manuhuttu, A. P., Rehatta, H., dan Kailola, J. J. G. 2014. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Hayati Bioboost terhadap Peningkatan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa*. L). *Jurnal Agrologia*, 3 (1): 18-27.

Marschner, P. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. London.

Martajaya, M. 2002. *Pertumbuhan dan Hasil Jagung Manis (Zea mays Saccharata Stury) yang Dipupuk dengan Pupuk Organik dan Pupuk Anorganik Pada Saat yang Berbeda*. Universitas Mataram. Mataram.

Mas'ud, H. 2009. *Sistem Hidroponik dengan Nutrisi dan Media Tanam Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada*. Media Litbang. Palu.

Merisca, S. E. 2018. *Pengujian Dekomposisi Kultur Murni dan Pengaruh Inokulum Fungi Aspergillus fumigatus Pada Pengomposan Serasah Nanas (Ananas comosus).* Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Mulyatun, M. 2016. Sumber Energi Terbarukan dan Pupuk Organik dari Limbah Kotoran Sapi. *Jurnal Dimas*, 16 (1): 191-214.

Neta, J.L.V., Ledo, A., Lima, A.A.B., Santana, J.C.C., Leite, N.S., Ruzene, D.S., Silva, D.P., and de Souza, R.R. 2012. Bromelain Enzyme from Pineapple: In Vitro Activity Study Under Different Micropropagation Conditions. *Appl Biochem Biotechnol*, 168(2): 234-46.

Neoriky, R., Lukiwati, D. R., dan Kusmiyati, F. 2017. Pengaruh Pemberian Pupuk Anorganik dan Organik Diperkaya N, P Organik terhadap Serapan Hara Tanaman Selada (*Lactuca Sativa*. L). *Jurnal Agro Complex*, 1 (2): 72-77.

Novriani, N. 2014. Respon Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Asal Sampah Organik. *Jurnal Klorofil*, 9 (2): 19-25.

Nurdin, N., Kusharto, C. M., Tanziha, I., dan Januwati, M. 2009. Kandungan Klorofil Berbagai Jenis Daun Tanaman Dan Cu-Turunan Klorofil Serta Karakteristik Fisiko-Kimianya. *Jurnal Gizi Dan Pangan*, 4 (1): 13-19.

Nurhidayah, N., Masriany, M., dan Masri, M. 2013. Isolasi dan Pengukuran Aktivitas Enzim Bromelin dari Ekstrak Kasar Batang Nanas (*Ananas comosus*) Berdasarkan Variasi pH. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 1 (2): 1-7.

Nyakpa, M. Y., Lubis, A, M., Pulung, M.A., Arah, A.G., Munawar, A., Hong, G. B., dan Hakim, N. 1988. *Kesuburan Tanah*. Universitas Lampung. Lampung

Oosterhuis, D. M., Loka, D. A., Kawakami, E. M., and Pettigrew, W. T. 2014. The Physiology of Potassium in Crop Production Advances in Agronomy. University of Arkansas. Fayetteville.

Ortuno, M. M., Mora, P. S., Hernandz, R. H., Andres, J. V., and Falco, P. C. 2017. A New Tool for Direct Non-Invasive Evaluation of Chlorophyll A Content from Diffuse Reflectance Measurements. *Journal of Science of the Total Environment*, 609: 370-376.

Palta, J. P. 1990. Leaf Chlorophyll Content. *Remote Sensing Reviews*, 5 (1): 207-213.

Pardo, M.F., Lopez, L.M., Canals, F., Aviles, F.X., Natalucci, C.L. and Caffini, N.O. 2000. Purification of Balansain I, an Endopeptidase from Unripe Fruits of Bromelia balansae Mez (Bromeliaceae), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (9): 3795-3800.

Pavan, R., Jain, S., Shraddha, and Kumar, A. 2012. Properties and Therapeutic Application of Bromelain: A Review. *Biotechnology Research International*, (1): 1-6.

Plank, C. O. 1989. *Plant Analysis Handbook for Georgia*. University of Georgia College of Agriculture. Georgia.

Potthast, A., Rosenau, T., and Kosma, P. 2006. *Analysis of Oxidized Functionalities in Cellulose*. Springer. Berlin.

Pratiwi, S.T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Erlangga. Jakarta.

Ramadhani, W. S. dan Nuraini, Y. 2018. The Use of Pineapple Liquid Waste and Cow Dung Compost to Improve Availability of Soil N, P, and K and Growth of Pineapple Plant in an Ultisol of Central Lampung. *Journal Degrade*, 6(1): 1457- 1465.

Reis, M., Coelho, L., Beltrao, J., dan Domingos, D. 2014. Comparative Effects of Inorganic and Organic Compost Fertilization on Lettuce (*Lactuca sativa*). *International Journal of Energy, Environment and Economics*, 8: 108-117

Rukmana, R. 2005. *Bertanam Selada dan Andewi*. Penernit Kanisius. Yogyakarta.

Sannigrahi, P., Ragauskas, A. J., and Miller, S. J. 2010. Lignin Structural Modifications Resulting from Ethanol Organosolv Treatment of Loblolly Pine. *Energy and Fuels*, 24 (1): 683-689.

Santosa, P. B. dan Junaidah, J. 2015. Effect of the Combination of Some Fertilizers on Chlorophyll Content of Gemor (*Nothaphoebe coriacea*), Indonesia. *Asian Journal of Applied Sciences*, 3 (4): 699-703.

Sari, D. L. dan Nawawi. D. S. 2012. *Keragaman Kadar Lignin pada Jenis Kayu Daun Lebar*. Skripisi. IPB University. Bogor.

Sentana, S., Suyanto, M. A. S., Suprapedi, S., dan Sudiyana, S. 2010. Pengembangan dan Pengujian Inokulum Untuk Pengomposan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Rekayasa Proses*, 4 (2): 35-39.

Setyaningrum, H. D. dan Saparinto, C. 2011. *Panen Sayur Secara Rutin di Lahan Sempit*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Setyorini, D., Saraswati, R., dan Anwar, E.K. 2012. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.

Shrivastav, P., Prasad, M., Singh, T. B., Yadav, A., Goyal, D., Ali, A, and Dantu, P. K. 2020. *Role of Nutrients in Plant Growth and Development Contaminants in Agriculture*. Springer. Cham.

Siboro, E.S., Surya, E., dan Herlina, N. 2013. Pembuatan Pupuk Cair Dan Biogas Dari Campuran Limbah Sayuran. Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara, 2 (3): 40-43.

Singh, M., Masroor, M., Khan, A., and Naeem, M. 2014. Effect of Nitrogen on Growth, Nutrient Assimilation, Essential Oil Content, Yield and Quality Attributes in *Zingiber officinale* Rosc. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 79 (2): 1-8.

Sood, S., Singhal, R., Bhat, S., and Kumar, A. 2011. *Comprehensive Biotechnology (Second Edition)*. Elsevier. Amsterdam.

Sriwati, R., Chamzurni, T., Bukhari, B., dan Sanjani, A. 2013. *Trichoderma virens* Isolated From Cocoa Plantation in Aceh as Biodecomposer Cocoa Pod Husk. *Jurnal Natural Unsyiah*, 13 (1): 6-14.

Suarni, S dan S. Singgih. 2002. Karakteristik Sifat Fisik dan Komposisi Kimia Beberapa Varietas/Galur Biji Sorgum. *Jurnal Stigma*, 10 (2): 127-130.

Sudantha, I. M. 2010. Pengujian Beberapa Jenis Fungi Endofit dan Saprofit *Trichoderma* spp. terhadap Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Agroteksos*, 20 (2): 90-102.

Sumpena, U. 2001. *Budidaya Selada*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Sunarjono, H. 2014. *Bertanam 36 Jenis Sayuran*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Sunna, A. and Antranikan, G. 1997. Xylanolytic Enzyme from Fungiand Bacteria. *Crit. Rev. Biotechno*l,17 (1): 39-67.

Suparjo, Y. dan Handoko, H. 2010. Stimulasi Produksi Enzim Ligninolitik dari Phanerochaete Chrysosporium. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi*, 12 (4): 1-7.

Suprianto, E. 1998. *Evaluasi Beberapa Varietas dan Galur Padi pada Kondisi Kekeringan*. Skripsi. IPB. Bogor.

Sutanto, R. 2002. *Pertanian Organik: Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Sutedjo, M. 2008. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta.

Tam, R.K., and Magistad, O.C. 1935. Chemical Changes During Decomposition of Pineapple Trash Under Field Conditions, *Journal of the American Society of Agronomy*. 27: 813-825.

Tei, F., Benincasa, P., and Guiducci, M. 2002. Critical Nitrogen Concentration in Processing Tomato. *European Journal of Agronomy*, 18 (1): 45–55.

Tejada, M., and Gonzalez, J.L. 2006. Crushed cotton gin compost on soil biological properties and rice yield, *European Journal of Agronomy*. 25: 22-29.

Upadhyay, R.K., Dwivedi, P., and Ahmad, S. 2010, Screening of Antibacterial Activity of Six Plant Essential Oils Against Pathogenic Bacterial Strains. *Asian Journal of Medical Sciences*, 2(3): 152-158.

Ustuner, O., Wininger, S., Gadkar, V., Raviv, M., Dudai, N., Medina, S., and Kapulnik, Y. 2009. Evaluation of Different Compost Amendments with AM Fungal Inoculum for Optimal Growth of Chives. *Compost Science & Utilization*, 17 (4): 257-265.

Vyas, A., Vyas, D., and Vyas, K.M. 2005. Production and Optimization of Cellulases on Pretreated Groundnut Shell by *Aspergillus terreus* AV49. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 64 (4): 281–286.

Wenno, S. dan Sinay, H. 2019. Kadar Klorofil Daun Pakcoy (*Brassica Chinensis* L.) Setelah Perlakuan Pupuk Kandang dan Ampas Tahu Sebagai Bahan Ajar Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan. *Jurnal Biologi, Pendidikan Dan Terapan*, 5 (2): 130-139.

White, P. J. and Hammond, J. P. 2008. *The Ecophysiology of Plant-Phosphorus Interactions*. Springer. Dordrecht.

Widhiana, E.T., Ardiningsih, P., dan Destiarti, L. 2015. Produksi dan Karakterisasi Xilanase dari Fungi Xilanolitik Asidofilik. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4 (2): 44-49.

Wintermans, J. E. G. and De Mots, A. 1965 Spectrophotometric Characteristics of Chlorophyll a and b and Their Phaeophytins in Ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta*, 109 (2): 448-453.

Wu, K., Wang, S., Song, W., Zhang, J., Wang, Y., Liu, Q., Yu, J., Ye, Y., Li, S., Chen, J., Zhao, Y., Wang, J., Wu, X., Wang, M., Zhang Y., Liu, B., Wu, Y., Harberd, N. P., and Fu, X. 2020. Enhanced Sustainable Green Revolution Yield Via Nitrogen-Responsive Chromatin Modulation in Rice. *Journal of Science*, 37 (6478).

Yang, S. S. 1996. *Preparation and Characterization of Compost. In Proceedings of International Training Workshop on Microbial Fertilizers and Composting*. Taiwan Agricultural Research Institute Taichung. Taiwan.

Yang, W., Ajapur, V.K., Krishnamurthy, K., Feng, H., Yang, R., and Rababah, T.M. 2009. Expedited Extraction of Xylan From Corncob by Powder Ultrasound. *Int J Agric & Biol Eng*, 2(4): 76-83.

Ying, D., Chuanyu, C., Bin, H., Yueen, X., Xuejuan, Z., Yingxu, C., and Weixiang, W. 2012. Characterization and control of odorous gases at a landfill site: a case study in Hangzhou, China. *Waste Manag*, 32 (2): 317-326.

Yuwono, T. 2006. *Bioteknologi Pertanian*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.