

SKRIPSI

**EKSPLORASI DAN KARAKTERISASI RHIZOBAKTERIA
PEMACU PERTUMBUHAN DAN AGENS HAYATI DARI
KOMPOS KASGOT (*Hermetia illucens* .L)**

***EXPLORATION AND CHARACTRIZATION OF GROWTH
PROMOTING RHIZOBACTERIA AND BIOLOGICAL AGENTS
FROM KASGOT COMPOST FROM *Hermetia illucens* (Linnaeus)***



EVI TAMALA

05081281621033

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRALAYA
2021**

SUMMARY

EVI TAMALA.Exploration and charactrization of growth promoting rhizobacteria and biological agents from kasgot compost from *Hermetia illucens* (Linnaeus) . (Supervised by **MULAWARMAN**).

Pak choi is a high valued leaves vegetables that require an optimal nutrient to enhance its productivity. The relatively low soil quality and the attack of pest cause a decrease in the productivity of pak choi as a crop in Indonesia. This research aims to explore and characterize the morphology, physiology and moleculer identity of PGPR bacteria contained in use maggot compost and use maggot isolate collection from Agricultural Microbiology Lab. Pusat Penelitian Biologi LIPI, and to see teh effects of the bacteria to inhibits the pathogenic activity of *Fusarium oxysporum* and increase the growth rate of pak choi. The research has done in Agricultural Microbiology Lab. LIPI from June 2020 to January 2021. Isolation from 4 use maggot compost sample has done with a different concentration; which is tree sacks (25%), six sacks (50%), nine sacks (75%), and twelve sacks (85%). The isolates characterization has done to the chosen isolates and 14 collected isolates based on their morphology and physiology characteristics. The morphology characteristic are colony shape, structure and Gram stain. The physiology characteristic are qualitative analysis of phosphatase dissolution. Protein reorganization, IAA hormone, deaminase ACC, siderophore, and biological agent ability (producing chitin, HCN and ammonia). The quantitative analysis has done to examine the concentration of produced IAA hormone. The characteristic resulted in the 11 most promising candidate of isolates based on the number of populatin and ability rate was identified microscopically, macroscopically and using moleculer identification. From the 11 isolate, five isolate detected as pathogen bacteria from the *Klebsiella* genus. The other six isolate were SP 3.7, FH 1.5, K9F.1, K9F.3, K9F.6 and K12F.3. The six isolate significantly increase the length, the wet and dry weight of the root and chlorophyll of pak choi crop. Amongst, four antagonist isolate significantly inhibit pathogen growth where the spout growth remains in an optimun condition.

Keywords: *Compost Kasgot*, PGPR, Biological Agent, Bioassay, Pak choi (*Brassica rapa*.L)

RINGKASAN

EVI TAMALA. Eksplorasi Dan Karakterisasi Rhizobakteria Pemacu Pertumbuhan Dan Agens Hayati Dari Kompos Kasgot *Hermetia illucens* (Linnaeus) oleh **MULAWARMAN**

Pak choi merupakan sayuran daun yang termasuk sayuran yang bernilai tinggi yang membutuhkan nutrisi yang baik dalam meningkatkan produktivitasnya. Kualitas tanah yang rata-rata relatif rendah dan serangan organisme pengganggu tanaman yang merupakan penyebab menurunnya produktivitas tanaman pak choi di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengkarakterisasi baik morfologi, fisiologi dan identifikasi molekuler bakteri PGPR yang terkandung dalam kompos kasgot dan isolat kasgot koleksi dari Laboratorium Mikrobiologi Pertanian Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, serta melihat pengaruhnya dalam menghambat aktivitas patogen tanaman *Fusarium oxysporum* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanaman pak choi. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pertanian Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dari bulan Juni 2020 sampai bulan Januari 2021. Dilakukan isolasi dari 4 sampel kompos kasgot yang memiliki perbedaan komposisi kasgot 3 karung (25%), 6 karung (50%), 9 karung (75%) dan 12 karung (85%). Kemudian dilakukan karakterisasi terhadap isolat terpilih dan 14 isolat koleksi laboratorium baik secara morfologi dan fisiologi. Karakterisasi secara morfologi dilakukan dengan pengamatan bentuk koloni, struktur koloni dan perwarnaan gram, sedangkan untuk karakterisasi fisiologi isolat terpilih dilakukan dengan analisis secara kualitatif dalam melaarkan fosfat, merombak protein, menghasilkan hormon tumbuh IAA, ACC deaminase, siderofor dan kemampuan sebagai agens hayati (menghasilkan kitinase, HCN, dan Amonia). Analisis kuantitatif dilakukan untuk mengetahui konsentrasi hormon IAA. Setelah dikarakterisasi, didapat 11 isolat terbaik, dipilih berdasarkan jumlah dan tingkat kemampuan yang dimilikinya, kemudian isolat tersebut diidentifikasi secara mikroskopis, makroskopis dan identifikasi molekuler. Dari 11 isolat ada 5 isolat yang dideteksi sebagai bakteri patogen dari genus *Klebsiella*. Enam isolat yang bukan patogen yaitu SP 3.7, FH 1.5, K9F.1, K9F.3, K9F.6 dan K12F.3. Keenam isolat secara signifikan mampu meningkatkan panjang dan berat kering basah akar, dapat meningkatkan panjang dan berat kering basah tajuk dan klorofil walaupun tidak signifikan. Empat isolat antagonis yang secara signifikan mampu menghambat pertumbuhan patogen dimana daya kecambah setiap perlakuan lebih optimal walau telah terkontaminasi oleh jamur patogen.

Kata Kunci : Kompos Kasgot, PGPR , Biokontrol, Bioassay, Pak choi (*Brassica rapa* L).

SKRIPSI

**EKSPLORASI DAN KARAKTERISASI RHIZOBAKTERIA
PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN DAN AGENS
HAYATI DARI KOMPOS KASGOT
(*Hermetia illucens* .L)**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Pertanian
Pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya**



**EVI TAMALA
05081281621033**

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

EKSPLORASI DAN KARAKTERISASI RHIZOBAKTERIA PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN DAN AGENS HAYATI DARI KOMPOS BEKAS MAGGOT (*Hermetia illucens* .L)

SKRIPSI

Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Pertanian Pada
Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

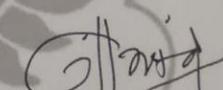
Oleh:

EVI TAMALA
05081281621033

Pembimbing I

Dr. Ir. MuJawarman, M.Sc.
NIP. 196709031993021001

Indralaya, Januari 2021
Pembimbing II



Tirta Kumala Dewi, M.Sc
NIP. 198604202010122001

Mengetahui
Dekan Fakultas Pertanian



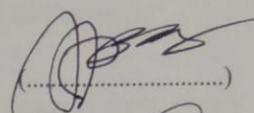
Dr. H. A. Muslim, M.Agr.
NIP 196412291990011001

Skripsi dengan Judul "Eksplorasi dan Karakterisasi Rhizobakteria Pemacu Pertumbuhan Tanaman dan Agens Hayati dari Kompos Kasgot" oleh Evi Tamala telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal dan telah diperbaiki sesuai dengan saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

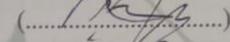
1. Dr. Ir. Mulawarman, M.Sc.
NIP 196709031993021001

Ketua



2. Dr. Ir. Arinafril
NIP 196504061990031003

Sekretaris



3. Dr. Ir. Suparman SHK
NIP 19600102198503101

Anggota



ILMU ALAT PENGABDIAN
Indralaya, 2020

Ketua



PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : EVI TAMALA

NIM : 05081281621033

Judul : Eksplorasi dan Karakterisasi Rhizobakteria Pemicu Pertumbuhan Tanaman dan Agens Hayati Dari Kasgot (*Hermetia illucens* L.)

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam Skripsi ini merupakan hasil pengamatan saya sendiri dibawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila di kemudian hari di temukan adanya unsur plagiasi dalam laporan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun



Indralaya,.....2021

Yang membuat pernyataan



05081281621033

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Evi Tamala lahir di Palembang pada tanggal 22 September 1996. Ayah penulis bernama Arifin dan ibu bernama Heri. Penulis terlahir sebagai anak kedua dari enam bersaudara.

Penulis menempuh pendidikan bermula di SD Negeri 2 Lingkis, SMP Negeri 4 Jejawi, SMA Negeri 1 Jejawi. Kemudian penulis melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi di Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya Indralaya Angkatan 2016.

Selama menjadi mahasiswa penulis mengikuti organisasi di kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman dan mengikuti organisasi KSR PMI Unit Universitas. Selain itu, penulis juga pernah bekerja di Asrama Haji sebagai panitia pelaksana Biometrik untuk keberangkan jamaah Haji, pernah menjadi pendamping Petani Kopi Organik Warkur Ranau Selatan Sumatra Selatan dan pernah ikut serta menjadi Asistensi Riset dalam projek LPDP yang ada di Laboratorium Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia Cibinong, Bogor

KATA PENGANTAR

Bismillahirahmanirahim. Alhamdulillah Puji Syukur Penulis Panjatkan Ke hadiran Allah SWT Atas Segala Rahmat dan Karunia yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis Dapat Menyelesaikan Skripsi ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Ir. Mulawarman, M.S. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tirta Kumala Dewi, M.Sc selaku pembimbing lapangan dari Laboratorium Mikrobiologi Pertanian Pusat Penelitian Biologi LIPI Cibinong-Bogor atas kesabaran dan perhatiannya telah memberikan arahan dan bimbingan mulai dari awal perecanaan, pelaksanaan hingga analisis hasil dari penelitian sampai akhir penyusunan dan penulisannya dalam bentuk Skripsi ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan juga untuk kedua orang tuaku Ayahanda Aripin dan Ibunda Heri, saudara – saudaraku, serta nenek dan kakek yang senantiasa memberikan doa'a, dukungan, semangat dan membantu penulis untuk melancarkan penyelesaian Skripsi ini.

Terima kasih penulis sampaikan kepada rekan-rekan Laboratorium dalam menyelesaikan Skripsi ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada bapak ibu peneliti dan teknisi Laboratorium Mikrobiologi Pertanian Pusat Penelitian Biologi LIPI Cibinong-Bogor serta kelurga besar jurusan ilmu hama dan penyakit tumbuhan mulai dari Dosen-dosen, kakak tingkat pak Arsi,S.P.,M.Si yang memberikan semangat, pengurus administrasi dan pegawai-pegawai yang membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Mudah-mudahan Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Indralaya, 2020

Penulis

Universitas Sriwijaya

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumus Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Hipotesis	5
1.5. Manfaat	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tanaman Pak choi (<i>Brassica rapa</i> .L)	7
2.1.1. Klasifikasi Tanaman Pak choi	7
2.1.2. Syarat Tumbuh Tanaman Pak choi	8
2.2. Hama dan Penyakit Tanaman Pak Choi	9
2.3. <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR)	10
2.3.1.PGPR	10
2.3.2.Manfaat PGPR	11
2.3.3.PGPR Kasgot	14
2.4. Pengendalian Penyakit Tanaman Pak choi dengan PGPR	15
2.4.1.Cara Aplikasi	15
2.4.2.Mode Of Action	15
2.4.3.Efektivitas	17
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu	18
3.2. Alat dan Bahan	18
3.3. Metode Penelitian	19
3.4. Cara Kerja	19

3.4.1. Persiapan Isolat Bakteri Kasgot	19
3.4.2. Sampling Sampel	20
3.4.3. TPC dan Isolasi Isolat Bakteri Kasgot	20
3.4.4. Karakterisasi Fisiologi Isolat Bakteri PGPR Kompos Kasgot dan Kasgot	21
3.4.4.1.. Uji Kualitatif Isolat Bakteri Kasgot	21
3.4.4.2.. Uji Kualitatif IAA	21
3.4.4.3.. Uji Kuantitatif IAA	22
3.4.4.4.. Uji <i>Optical Density</i> (OD)	23
3.4.4.5.. Uji Aktivitas Bakteri	23
3.4.4.6.. Uji Aktivitas Enzim ACC Deaminase	23
3.4.4.7.. Uji Aktivitas Siderofor	23
3.4.5. Karakterisasi Isolat Bakteri Biokontrol	24
3.4.5.1.. Uji Aktivitas Biokontrol	24
3.4.5.2.. Uji Aktivitas Enzim Kitinase	25
3.4.5.3.. Uji Aktivitas Produksi HCN	25
3.4.5.4.. Uji Aktivitas Produksi Amoniah	25
3.4.6. Seleksi Isolat PGPR dan Isolat Biokontrol	26
3.4.7. Identifikasi Molekuler dan Karakterisasi Isolat Bakteri	26
3.4.7.1.. Identifikasi Molekuler Isolat Bakteri	26
3.4.7.1.1. Ekstraksi DNA	26
3.4.7.1.2. Amplifikasi DNA	27
3.4.7.1.3. Elektroforesis	28
3.4.7.2.. Karakterisasi Morfologi Isolat Bakteri	28
3.4.7.2.1. Karakterisasi Morfologi Koloni Bakteri	28
3.4.7.2.2. Pewarnaan Gram	28
3.4.8. Bioassay	29
3.4.8.1.. Uji Aktivitas Isolat PGPR Pada Tanaman Pak choi	29
3.4.8.2.. Uji Kemampuan Isolat Biokontrol dalam Mengedalikan Penyakit Rebah Semai Tanaman Pak choi Akibat <i>Fusarium oxysporum</i>	30
3.5. Analisis Data	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	

4.1. Hasil	33
4.1.1. Karakteristik Kemampuan Isolat Kompos Kasgot dan Kasgot	33
4.1.1.1.. Total Populasi dan Isolasi Bakteri Kasgot	33
4.1.1.2.. Analisis Kualitatif Isolat Bakteri Kasgot	34
4.1.1.3.. Analisis Kuantitatif Hormon Tumbuh IAA	37
4.1.1.4.. Uji Aktivitas Bakteri	40
4.1.1.5.. Uji Aktivitas Enzim ACC Deaminase	42
4.1.1.6.. Uji Aktivitas Siderofor.....	42
4.1.2. Karakterisasi Isolat Antagonis	43
4.1.2.1.. Aktvitias Antagonis.....	43
4.1.2.2.. Aktivitas Enzim Kitinase	46
4.1.2.3.. Uji Aktivitas Produksi <i>Hidrogen Cyanide</i> (HCN).....	47
4.1.2.4.. Aktivitas Produksi Amonia.....	48
4.1.3. Identifikasi Molekuler dan Karakterisasi Isolat Bakteri Terpilih	48
4.1.3.1.. Identifikasi Molekuler Isolat Bakteri	48
4.1.3.1.1. Hasil Ekstraksi DNA Genom	48
4.1.3.1.2. Hasil Amplifikasi.....	49
4.1.3.1.3. Analisis Filogenetik Isolat Bakteri	51
4.1.3.2.. Karakterisasi Morfologi Isolat Bakteri	52
4.1.4. . Bioassay	53
4.1.4.1. Uji Aktivutas Isolat <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> Pada Tanaman Pak choi	53
4.1.4.2.. Uji Kemampuan Isolat Antagonis dalam Mengendalikan Penyakit Rebah Semai Tanaman Pak choi oleh <i>Fusarium Oxysporum</i>	57
4.2. Pembahasan.....	62
BAB 5. KESIMPULAN	
1.1. Kesimpulan	78
1.2. Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Isolat kasgot yang digunakan dalam penelitian	19
Tabel 3.2 Komposisi standar IAA 0-50 ppm	22
Tabel 4.1 Hasil uji aktivitas bakteri pelarut fosfat secara kualitatif.....	35
Tabel 4.2 Hasil uji aktivitas bakteri perombak protein secara kualitatif.....	36
Tabel 4.3 Hasil uji aktivitas siderofor terhadap isolat terpilih	43
Tabel 4.4 Hasil uji daya hambat bakteri terhadap enam patogen tanaman.....	45
Tabel 4.5 Konsentrasi dan kemurnian sampel hasil ekstraksi DNA	49
Tabel 4.6 Hasil identifikasi isolat bakteri terpilih	50
Tabel 4.7 Hasil karakterisasi morfologi isolat bakteri	52
Tabel 4.8 Karakterisasi isolat bakteri yang dipakai dalam bioassay.....	53
Tabel 4.9 Parameter Pengamatan Bioassay	55
Tabel 4.10 Berat basah dan berat kering tanaman pak choi.....	57
Tabel 4.11 Hasil karakterisasi isolat bakteri antagonis	58
Tabel 4.12 Hasil uji aktivitas isolat bakteri antagonis	61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Mekanisme Bakteri <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR)12
Gambar 3.1. Sampel Kompos (a) K3F, (b) K6F, (c) K9F dan (d) K12F	20
Gambar 4.1. Hasil perhitungan populasi koloni bakteri dengan metode <i>Total Plate Count</i>	33
Gambar 4.2 Zona bening yang dihasilkan oleh beberapa isolat pada media (a) <i>Pikovskaya</i> , (b) <i>Skim Milk Agar</i> dan (c) <i>Poly R</i>	34
Gambar 4.3 Koloni bakteri yang dihasilkan oleh beberapa isolat pada media (A) Natrium Agar, (B) <i>Triptic Soy Agar</i> dan (c) CMC	34
Gambar 4.4 Hasil uji kualitatif isolat hasil <i>Total Plate Count</i> pada masing-masing media (A) <i>Pikovskaya</i> , (B) <i>Skim Milk Agar</i> dan (c) <i>Poly R</i>	36
Gambar 4.5 Hasil uji kualitatif isolat hasil <i>Total Plate Count</i> pada masing-masing media (a) <i>Triptic Soy Agar</i> dan (b) CMC	36
Gambar 4.6 Kurva Standar IAA.....	38
Gambar 4.7 Diagram hasil analisis kuantitatif hormon tumbuh IAA dari isolat hasil uji silang aktivitas dari sampel kasgot	38
Gambar 4.8 Hasil Analisis Kuantitatif IAA Secara Spektrofotometri Pada Jam Ke-72 Dari Isolat Hasil Uji Silang Aktivitas Dari Sampel Kasgot	38
Gambar 4.9 Kurva Standar IAA	39
Gambar 4.10 Diagram Hasil Analisi Kuantitatif Hormon Tumbuh IAA Dari Isolat Hasil Uji Silang Aktivitas Dari Sampel Kompos Kasgot	39
Gambar 4.11 Hasil analisis kuantitatif iaa secara Spektrofotometri Ada Jam ke-72 dari isolat hasil uji multi aktivitas dari sampel kompos kasgot.....	40
Gambar 4.12 Hasil uji silang dari beberapa isolat (a) uji isolat pada media CMC, (b) uji isolat pada media TSA, (c) uji isolat pada media <i>Pikovskaya</i> Dan (d) Uji Isolat Pada Media <i>Skim Milk Agar</i>	41
Gambar 4.13 Hasil uji aktivitas enzim ACC Deaminase dari beberapa isolat (a) hari pertama pengamatan dan (b) hari ke tujuh pengamatan	42

Gambar 4.14 Hasil Uji Siderofor Isolat Bakteri Kasgot Pada Media CAS (a) Hari Pertama Pengamatan dan (b) Hari Ke Tiga Pengamatan	43
Gambar 4.15 Hasil uji antagonis isolat bakteri dengan jamur patogen (a) <i>Fusarium culmorum</i> , (b) <i>Fusarium oxysporum lycopersici</i> , (b) <i>Rhizoctonia solani</i>	46
Gambar 4.16 Hasil Uji Aktivitas Kitinase pada Isolat Antagonis (a) Isolat FH 1.5, (b) Isolat K9F.6, (c) Isolat K12F.3 dan (d) Isolat K9F.1	47
Gambar 4.17 Hasil Uji Produksi HCN pada Isolat Antagonis (a) Isolat FH 1.5, (b) Isolat K9F.6, (c) Isolat K12F.3 dan (d) Isolat K9F.1	47
Gambar 4.18 Hasil Produksi Amonia oleh Isolat Bakteri Antagonis (a) Kontrol (tanpa perlakuan isolat), (b) Perlakuan Isolat FH 1.5, (c) Perlakuan Isolat K9F.1, (d) Perlakuan Isolat K9F.6 dan (e) Perlakuan Isolat K12F.3	48
Gambar 4.19 Hasil Elektroforesis Identifikasi Molekuler Gen <i>16S rDNA</i> Menggunakan Primer 27F-1492R (Berukuran ~1500bp), dari sampel (a) Kontrol PCR mix tanpa DNA, (b) FH 1.1, (c) FH 1.2, (d) BSP 2.1, (e) BSP 2.2, (f) SP 3.6, (g) SP 3.7, (h) FH 1.5	50
Gambar 4.20 Hasil Analisis Filogenetik Isolat Bakteri Terpilih (●) menunjukkan isolat bakteri terpilih yang digunakan dalam penelitian. Nomor nodus menunjukkan nilai <i>bootstrap</i> . Skala (0,10) menunjukkan jumlah substitusi basa nukleotida yang terbentuk	51
Gambar 4.21 Diagram rerata panjang tajuk dan akar	54
Gambar 4.22 Diagram rerata kandungan klorofil daun	55
Gambar 4.23 Parameter Pengamatan Biossay	55
Gambar 4.24 Hasil pengamatan agronomi (a) Tanaman pak choi 4 MST dan (b) Tinggi Tajuk tanaman pak choi	55
Gambar 4.25 Diagram rerata berat basa dan kering tajuk.....	56
Gambar 4.26 Diagram rerata berat basah dan kering akar.....	57
Gambar 4.27 Hasil uji bioassay isolat biokontrol (a) P0:Kontrol, (b) P1:FH 1.5, (c) P2:K9F.1, (d) P3:K9F.6 dan P4:K12F.3.....	58
Gambar 4.28 Hasil pengamatan insindensi layu persemaian tanaman pak choi akibat <i>Fusarium oxysporum</i>	58

Gambar 4.29 Hasil pengamatan intensitas serangan oleh <i>Fusarium oxysporum</i> pada tanaman pak choi	59
Gambar 4.30 Hasil pengamatan persentase serangan oleh <i>Fusarium oxysporum</i> pada tanaman pak choi	60
Gambar 4.31 Hasil pengamatan efektivitas pengendalian oleh isolat antagonis pada tanaman pak choi	60
Gambar 4.32 Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman pak choi yang diberi perlakuan kontrol dan isolat antagonis.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Komposisi Media.....	85
Lampiran 2. Data Pengukuran Uji Kualitatif dan Kuantitatif	91
Lampiran 3. Nilai Absorbansi Kerapatan Kultur Inokulasi Setiap Aplikasi	93
Lampiran 4. Hasil Perwarnaan Gram	95
Lampiran 5. Hasil Uji Nanophotometer	96
Lampiran 6. Hasil <i>Alignment BLAST Gen</i>	96
Lampiran 7. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	111

SUMMARY

EVI TAMALA.Exploration and charactrization of growth promoting rhizobacteria and biological agents from kasgot compost from *Hermetia illucens* (Linnaeus) . (Supervised by **MULAWARMAN**).

Pak choi is a high valued leaves vegetables that require an optimal nutrient to enhance its productivity. The relatively low soil quality and the attack of pest cause a decrease in the productivity of pak choi as a crop in Indonesia. This research aims to explore and characterize the morphology, physiology and moleculer identity of PGPR bacteria contained in use maggot compost and use maggot isolate collection from Agricultural Microbiology Lab. Pusat Penelitian Biologi LIPI, and to see teh effects of the bacteria to inhibits the pathogenic activity of *Fusarium oxysporum* and increase the growth rate of pak choi. The research has done in Agricultural Microbiology Lab. LIPI from June 2020 to January 2021. Isolation from 4 use maggot compost sample has done with a different concentration; which is tree sacks (25%), six sacks (50%), nine sacks (75%), and twelve sacks (85%). The isolates characterization has done to the chosen isolates and 14 collected isolates based on their morphology and physiology characteristics. The morphology characteristic are colony shape, structure and Gram stain. The physiology characteristic are qualitative analysis of phosphatase dissolution. Protein reorganization, IAA hormone, deaminase ACC, siderophore, and biological agent ability (producing chitin, HCN and ammonia). The quantitative analysis has done to examine the concentration of produced IAA hormone. The characteristic resulted in the 11 most promising candidate of isolates based on the number of populatin and ability rate was identified microscopically, macroscopically and using moleculer identification. From the 11 isolate, five isolate detected as pathogen bacteria from the *Klebsiella* genus. The other six isolate were SP 3.7, FH 1.5, K9F.1, K9F.3, K9F.6 and K12F.3. The six isolate significantly increase the length, the wet and dry weight of the root and chlorophyll of pak choi crop. Amongst, four antagonist isolate significantly inhibit pathogen growth where the spout growth remains in an optimun condition.

Keywords: *Compost Kasgot*, PGPR, Biological Agent, Bioassay, Pak choi (*Brassica rapa*.L)

Pembimbing



Dr. Ir. Mulawarman, M.Sc.
NIP. 196709031993021001

ABSTRAK

EVI TAMALA. Eksplorasi Dan Karakterisasi Rhizobakteria Pemacu Pertumbuhan Dan Agens Hayati Dari Kompos Kasgot *Hermetia illucens* (Linnaeus) oleh **MULAWARMAN**

Pak choi merupakan sayuran daun yang termasuk sayuran yang bernilai tinggi yang membutuhkan nutrisi yang baik dalam meningkatkan produktivitasnya. Kualitas tanah yang rata-rata relatif rendah dan serangan organisme pengganggu tanaman yang merupakan penyebab menurunnya produktivitas tanaman pak choi di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengkarakterisasi baik morfologi, fisiologi dan identifikasi molekuler bakteri PGPR yang terkandung dalam kompos kasgot dan isolat kasgot koleksi dari Laboratorium Mikrobiologi Pertanian Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, serta melihat pengaruhnya dalam menghambat aktivitas patogen tanaman *Fusarium oxysporum* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanaman pak choi. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pertanian Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dari bulan Juni 2020 sampai bulan Januari 2021. Dilakukan isolasi dari 4 sampel kompos kasgot yang memiliki perbedaan komposisi kasgot 3 karung (25%), 6 karung (50%), 9 karung (75%) dan 12 karung (85%). Kemudian dilakukan karakterisasi terhadap isolat terpilih dan 14 isolat koleksi laboratorium baik secara morfologi dan fisiologi. Karakterisasi secara morfologi dilakukan dengan pengamatan bentuk koloni, struktur koloni dan perwarnaan gram, sedangkan untuk karakterisasi fisiologi isolat terpilih dilakukan dengan analisis secara kualitatif dalam melerutkan fosfat, merombak protein, menghasilkan hormon tumbuh IAA, ACC deaminase, siderofor dan kemampuan sebagai agens hayati (menghasilkan kitinase, HCN, dan Amonia). Analisis kuantitatif dilakukan untuk mengetahui konsentrasi hormon IAA. Setelah dikarakterisasi, didapat 11 isolat terbaik, dipilih berdasarkan jumlah dan tingkat kemampuan yang dimilikinya, kemudian isolat tersebut diidentifikasi secara mikroskopis, makroskopis dan identifikasi molekuler. Dari 11 isolat ada 5 isolat yang dideteksi sebagai bakteri patogen dari genus *Klebsiella*. Enam isolat yang bukan patogen yaitu SP 3.7, FH 1.5, K9F.1, K9F.3, K9F.6 dan K12F.3. Keenam isolat secara signifikan mampu meningkatkan panjang dan berat kering basah akar, dapat meningkatkan panjang dan berat kering basah tajuk dan klorofil walaupun tidak signifikan. Empat isolat antagonis yang secara signifikan mampu menghambat pertumbuhan patogen dimana daya kecambah setiap perlakuan lebih optimal walau telah terkontaminasi oleh jamur patogen.

Kata Kunci : Kompos Kasgot, PGPR , Biokontrol, Bioassay, Pak choi (*Brassica rapa* L.).

Pembimbing



Dr. Ir. Mulawarman, M.Sc.
NIP. 196709031993021001

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pak choi merupakan tanaman Spermatophyta yang memiliki batang dan daun yang tebal. Pak choi (*Brassica rapa* .L) merupakan tanaman sayuran daun yang memiliki tangkai berbentuk oval, berwarna hijau mudah sampai hijau tua yang mengkilap, tumbuh sedikit tegak, tersusun dalam spiral yang rapat, melekat pada batang. Batang daun berwarna putih sampai hijau muda, ke bawah tangkai semakin gemuk dan berdaging, tinggi tanaman mencapai 15-30 cm (Yogiandre *et al.*,2011)

Tanaman pak choi memiliki bunga yang terletak dibagian tengahnya, bunga tanaman ini berwarna kuning cerah, sistem perakaran tanaman ini adalah perakaran tunggang dengan cabang akar berbentuk bulang panjang (silinder) yang menyebar ke semua arah pada kedalaman antara 30-50 cm, perakaran tersebut berfungsi sebagai pangangkut air dan zat makanan dari tanah dan berfungsi sebagai penguat berdirinya batang tanaman (Salaswati, 2019).

Tanaman ini dapat tumbuh sepanjang tahun dengan suhu optimal 20-25° C.Tanaman pak choi mampu tumbuh didaerah dengan ketinggian 5 meter -1.200 meter diatas permukaan laut (mdpl) dengan pengaturan air yang baik. Tanaman ini membutuhkan air yang banyak dengan drainase yang baik. Tanah yang subur, gembur dan humus sangat baik untuk pertumbuhan tanaman pak choi, kisaran pH yang baik untuk tanaman ini yaitu 6-7. Wilayah Indonesia sangat cocok untuk ditanami tanaman pak choi ini dikarena iklim, cuaca dan tanahnya. Tanaman ini telah lama masuk ke indonesia, dimana pusat penyebarannya antara daerah Cipanas, Lembang, Pengalengan, Malang dan Tosari, terutama daerah dengan ketinggi diatas 1.000 meter di atas permukaan laut (Alifah, 2019).

Pak choi merupakan sayuran daun yang termasuk sayuran yang bernilai tinggi karena kandungan gizi yang terkandung didalamnya. Kandungan gizi yang terkandung pada pak choi antara lain betakaroten, kalori, protein, lemak, karbohidrat, serat, Ca, P, Fe, vitamin A, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, dan vitamin C (Perwtasari *et al.*, 2012), selain itu tanaman pak choi mengandung

vitamin E yang sangat baik untuk mencegah penuaan dini. Dengan banyaknya kandungan nutrisi tersebut, membuat tanaman ini bernilai ekonomi tinggi setelah kubis-kubisan dan brokoli.

Adanya berbagai faktor yang dapat mendukung pertumbuhan pak choi antara lain air, mineral dan unsur hara yang terkandung dalam tanah. Unsur hara tersebut berupa unsur makro dan mikro, unsur hara makro yang paling dibutuhkan yaitu N dan unsur mikronya yaitu Zn (Yasari *et al.*, 2009). Dalam budidaya biasanya petani hanya memberi unsur N dalam bentuk urea dan P dalam bentuk SP-36. Kebutuhan pupuk tanaman pak choi per hektar yaitu 300 kg urea (138 kg N), 200 kg SP-36 (72 kg P) dan 100 kg KCL (Pujiningsih *et al.*, 2019).

Faktor tersebut perlu untuk diperhatikan dalam meningkatkan produktivitas tanaman pak choi. Pemanfaat pupuk kimia dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dapat berdampak buruk terhadap lingkungan dan dapat berpengaruh terhadap hasil panen tanaman yang mampu mempengaruhi kesehatan manusia dikarenakan residu bahan kimia yang digunakan. Kualitas tanah rata rata relatif rendah dan serangan organisme pengganggu tanaman merupakan penyebab menurunnya produktivitas tanaman pak choi di Indonesia, ini berhubungan dengan karakteristik tanah di daerah tropika basah yang rentan dengan erosi dan kemiskinan hara.

Penggunaan pemberian tanah merupakan cara yang dapat ditempuh untuk mempercepat proses pemulihan kualitas tanah. Namun untuk menggunakan bahan pemberian tanah perlu dipilih bahan yang benar benar tepat dan dalam jumlah yang tepat sehingga didapat manfaat yang nyata. Penelitian dan pengembangan bahan pemberian tanah di Indonesia telah dilakukan sejak tahun 1970-an, namun untuk aplikasi pada tingkat petani masih rendah (Dariah *et al.* 2015). Pupuk kompos merupakan salah satu bahan organik yang mampu berperan sebagai bahan pemberian tanah, dikarenakan banyak mengandung nutrisi dan mikroorganisme yang baik dalam bidang pertanian.

Salah satu bahan tambahan yang dapat digunakan dalam pembuatan pupuk kompos yaitu kasgot atau biasa disebut kasgot. Kasgot merupakan bahan organik yang dihasilkan oleh ulat atau maggot dari serangga *Black soldier fly* yang biasa hidup di limbah organik. Secara umum kasgot merupakan campuran sisa

metabolisme atau kotoran maggot, residu substrat, eksoskeleton serangga (Klammsteiner *et al.*, 2020). Bentuk dari sisa metabolisme maggot ini seperti serpihan yang yang lembab dan hangat, untuk pemakaiannya perlu dikeringkan terlebih dahulu. Kualitas dari kasgot sangat berpengaruh oleh jenis substrat yang diberikan pada maggot (Kagata and Ohgushi 2012), ini dikarenakan residu substrat yang tidak dapat terurai dan untuk substrat yang dicerna melewati saluran pencernaan diubah oleh mikrobiota usus (Osimani *et al.*, 2018).

Kasgot yang dihasilkan oleh serangga ini banyak mengandung agen hayati yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan pupuk kompos, selain itu pupuk kompos yang berbahan dasar kasgot memiliki pH 7,78 dengan kadar N mencapai 3,36% (Zhu *et al.* 2015), sehingga mampu menjadi alternatif dalam meningkatkan kesuburan tanah. Selain itu, hama dan penyakit menjadi salah satu kendala dalam budidaya tanaman pak choi, hama yang sering menyerang tanaman pak choi antara lain ulat, siput, tritip, dan ulat bulu. Sedangkan penyakit yang sering menyerang tanaman ini yaitu kapang dan bakteri, tetapi kebanyak dari kapang yang menjadi masalah dalam budidaya tanaman pak choi. Salah satu jenis kapang tersebut yaitu dari spesies *Fusarium* sp. yang menyebakan penyakit rebah semai pada tanaman pak choi (Fadhilah *et al.*, 2014).

Agen hayati pada kompos berbahan kasgot contohnya bakteri yang dapat dijadikan salah satu cara dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ada beberapa bakteri yang juga mampu menjadi agens hayati pengendalian penyakit tanaman. Beberapa bakteri dalam bahan organik telah banyak diketahui mampu menghasilkan homon tumbuh IAA. Bakteri *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) merupakan bakteri yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan cara berasosiasi dengan tanaman. Bakteri PGPR mampu menghasilkan hormon tumbuh IAA dimana hormon ini mampu meningkat perakaran tanaman sehingga mudah dalam mengakses nutrisi dengan memperluas permukaan akar dan memperpanjang jangkauan akar. Sebagai imbalan dalam meningkatkan eksudat akar, tanaman menarik bakteri PGPR dan juga dengan meningkatkan eksudasi akar mampu melonggarkan dinding sel tanaman yang memberikan nutrisi untuk bakteri rhizosfer (Riera *et al.*, 2017). Beberapa strain bakteri PGPR mampu menghasilkan satu atau lebih enzim yang

memiliki kemampuan untuk mengontrol jangkauan kapang patogen (El-Tarably, 2006). PGPR yang mampu menghasilkan senyawa ekstraseluler seperti HCN, siderofor, amonia dan enzim litik intraseluler seperti kitinase, β 1, 3- glukanase, protease, dan selulase yang berfungsi untuk melisiskan dinding sel kapang patogen tumbuhan (Mushtaq *et al.*, 2019). Dengan adanya senyawa tersebut juga mampu mempengaruhi pembelahan spora dan perpanjangan hifa kapang patogen tanaman (Frankowski *et al.*, 2001). Bentuk pemanfaatan bakteri PGPR ini biasanya dalam bentuk pupuk organik hayati salah satunya yaitu pupuk kompos. Pemanfaatan kasgot dalam pembuatan kompos baru-baru ini telah banyak dilakukan, tetapi yang mengkaji agen hayati yang terdapat dalam kasgot belum banyak dilakukan. Laboratorium Mikrobiologi Pertanian Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia memiliki beberapa koleksi isolat bakteri yang diisolasi dari kasgot yang belum diketahui karakteristik dari isolat tersebut, isolatnya antara lain FH1.1, FH1.2, FH1.5, BSP2.2, SP3.6 dan SP3.7. Isolat-isolat tersebut merupakan isolat yang berasal dari kasgot yang di ambil di TPS Kompleks Mutiara Cibinong, Bogor. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengkarakterisasi baik morfologi, fisiologi dan identifikasi molekuler bakteri PGPR yang terkandung dalam kompos kasgot dan isolat kasgot koleksi dari Laboratorium Mikrobiologi Pertanian Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, serta melihat kemampuannya dalam menghambat aktivitas patogen tanaman *Fusarium oxysporum* dan melihat pengaruhnya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman pak choi.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

- 1) Bagaimana karakteristik morfologi, fisiologi dan identifikasi molekuler isolat rhizobakteria terpilih hasil eksplorasi dari kompos kasgot dan isolat kasgot koleksi Laboratorium Mikrobiologi Pertanian Pusat Penelitian Biologi LIPI Bidang Mikrobiologi Pertanian?
- 2) Apakah isolat rhizobakteria dari kompos kasgot dan isolat kasgot dapat digunakan sebagai agens hayati penyakit layu semai oleh *Fusarium oxysporum* pada tanaman pak choi?

- 3) Apakah kemampuan PGPR pada isolat rhizobakteria kompos kasgot dan isolat kasgot mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman pak choi?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

- 1) Mengkarakterisasi morfologi, fisiologi dan identifikasi molekuler isolat rhizobakteria terpilih hasil eksplorasi dari kompos kasgot dan isolat kasgot koleksi Pusat Penelitian Biologi LIPI Bidang Mikrobiologi Pertanian.
- 2) Mengetahui kemampuan isolat rhizobakteria dari kompos kasgot dan kasgot sebagai agens hayati dalam menghambat penyakit layu semai oleh *Fusarium oxysporum* pada tanaman pak choi.
- 3) Mengetahui kemampuan PGPR isolat rhizobakteria dari kompos kasgot dan isolat kasgot dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman pak choi.

1.4. Hipotesis

Adapun hipotesis yang dapat diajukan pada penelitian ini yaitu :

- 1) Diduga isolat rhizobakteria kompos kasgot dan kasgot mampu sebagai agens hayati, dan
- 2) Diduga kemampuan PGPR pada isolat rhizobakteria kompos kasgot dan kasgot mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman pak choi.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan :

- 1) Menjadi acuan dan dasar penelitian lanjutan dilihat dari hasil karakteristik beberapa isolat bakteri terpilih baik secara morfologi, fisiologi dan identifikasi molekuler,
- 2) Dapat menambah ilmu pengetahuan dan wawasan ilmu mikrobiologi pertanian mengenai bakteri rhizobakteria dari kompos kasgot dan kasgot yang mampu sebagai agens hayati, serta
- 3) Mampu dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Gordon, Solon, and Robert P. Weber. 1976. "Colorimetric Estimation of Indole-3-Acetic Acid." *Analytical Biochemistry* 72(1–2): 134–38.
- Acikgoz, Funda Eryilmaz. 2016. "Seasonal Variations on Quality Parameters of Pak Choi (*Brassica Rapa* L. Subsp. *Chinensis* L.)." *Advances in Crop Science and Technology* 4(4).
- Alifah, M S. 2019. "Respon Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.) Terhadap Pemberian Beberapa Dosis Pupuk Organik Cair Daun Gamal (gliricidia sepium)."
- Ardebili, Zahra Oraghi, Narges Oraghi Ardebili, and Seyed Mohammad Mahdi Hamdi. 2011. "Physiological Effects of *Pseudomonas Fluorescens CHAO* on Tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) Plants and Its Possible Impact on *Fusarium Oxysporum* f. Sp. *Lycopersici*." *Australian Journal of Crop Science* 5(12): 1631–38.
- Asker, Mohsen M.S., Manal G. Mahmoud, Khalid El Shebwy, and Mohamed S. Abd el Aziz. 2013. "Purification and Characterization of Two Thermostable Protease Fractions from *Bacillus Megaterium*." *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 11(2): 103–9.
- Atmaja, I Ketut Merta, I Wayan Tika, and I Anom S Wijaya. 2017. "Pengaruh Perbandingan Komposisi Bahan Baku Terhadap Kualitas Kompos Dan Lama Waktu Pengomposan." *Jurnal Beta (Biosistem Dan Teknik Pertanian)* 5(1): 2–7.
- Balkaya, A., O. Aydin, and S. Murat Dogru. 2018. "The Adaptation of Pak Choi (*Brassica Rapa* Var. *Chinensis*) Cultivars in Samsun Province, Turkey." *Acta Horticulturae* 1202(May): 55–61.
- Beffa, Trello et al. 1996. "Isolation of *Thermus* Strains from Hot Composts (60 to 80°C)." *Applied and Environmental Microbiology* 62(5): 1723–27.
- Brígido, Cláisse et al. 2013. "Expression of an Exogenous 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate Deaminase Gene in *Mesorhizobium* Spp. Reduces the Negative Effects of Salt Stress in Chickpea." *FEMS Microbiology Letters* 349(1): 46–53.
- Cardoso, Elke Jurandy Bran Nogueira et al. 2013. "Soil Health: Looking for Suitable Indicators. What Should Be Considered to Assess the Effects of Use and Management on Soil Health?" *Scientia Agricola* 70(4): 274–89.
- Castric, Peter A. 1974. "Hydrogen Cyanide , a Secondary Metabolite of *Pseudomonas Aeruginosal*." *Department of Biological Sciences, Dlrqltesrle University, Pittshrtgrll, Pennsyh~rrnirr 1521* (13).

- Cedeño-García, George A. et al. 2018. “*Plant Growth Promoting Rhizobacteria with ACC Deaminase Activity Isolated from Mediterranean Dryland Areas in Chile: Effects on Early Nodulation in Alfalfa.*” *Chilean Journal of Agricultural Research* 78(3): 360–69.
- Chen, Jeen Kuan, Chia Rui Shen, and Chao Lin Liu. 2010. “*N-Acetylglucosamine: Production and Applications.*” *Marine Drugs* 8(9): 2493–2516.
- Cheng, Fangjun et al. 2018. “*Characterization of Klebsiella Pneumoniae Associated with Cattle Infections in Southwest China Using Multi-Locus Sequence Typing (MLST), Antibiotic Resistance and Virulence-Associated Gene Profile Analysis.*” *Brazilian Journal of Microbiology* 49: 93–100.
- Compart, Stephane et al. 2005. “*PAS 100:2011 Specification for Composted Materials.*” *Applied and Environmental Microbiology* 71(9): 1–68.
- Daebeler, Anne et al. 2014. “*Interactions between Thaumarchaea, Nitrospira and Methanotrophs Modulate Autotrophic Nitrification in Volcanic Grassland Soil.*” *ISME Journal* 8(12): 2397–2410.
- Damayanti, Nutri Sri, Didik Wisnu Widjajanto, and Sutarno Sutarno. 2019. “Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Sawi Pakcoy (Brassica Rapa l.) Akibat Dibudidayakan Pada Berbagai Media Tanam Dan Dosis Pupuk Organik.” *Journal of Agro Complex* 3(3): 142.
- Dariah, Ai et al. 2015. “Pembaharuan Tanah Untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian.” *Pembaharuan Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian* 9(2): 67–84.
- Defago, G et al. 1990. “*Pseudomonads As Antagonists of Plant-Pathogens in the Rhizosphere - Role of the Antibiotic 2,4-Diacetylphloroglucinol in the Suppression of Black Root-Rot of Tobacco.*” *Symbiosis* 9(1–3): 327–41.
- Dickson, Nancy, Thomas Richard, and Robert Kozlowski. 1991. “*Composting To Reduce The Waste Stream-A Guide To Small Scale Food And Yard Waste Composting.*” NorthEast Regional Agricultural Engineering Service, Cornell University: 6–14.
- Dunbar, K I M R, and Robert A Heintz. 1997. 45 *Chemistry of Transition Metal Cyanide Compounds : Modern Perspectives.*
- Echer, Márcia M et al. 2015. “*Agronomic Performances of Pak Choi Grown with Different Soil Cover.*” *Horticultura Brasileira* 33(2): 261–66.
- El-Tarably, Khaled A. 2006. “*Rhizosphere-Competent Isolates of Streptomycete and Non-Streptomycete Actinomycetes Capable of Producing Cell-Wall-Degrading Enzymes to Control Pythium Aphanidermatum Damping-off Disease of Cucumber.*” *Canadian Journal of Botany* 84(2): 211–22.
- Fadhilah, Rubiati, Juni Safitri Muljowati, and Endang Sri Purwati. 2014. “Efektivitas Pelet Biofungisida Trichoderma Harzianum Mengendalikan Fusarium Sp. Penyebab Penyakit Rebah Semai Bibit Tanaman

- Caisim (*Brassica Rapa* Var. *Parachinensis* L.)" *Scripta Biologica* 1(3): 227.
- Fauziah, Seri Rezki. 2019. 8 Identifikasi Klebsiella Sp Pada Es Campur Yang Dijual DI Jalan William Iskandar Medan. Medan, Indonesia.
- Frankowski, Jens et al. 2001. "Purification and Properties of Two Chitinolytic Enzymes of *Serratia Plymuthica* HRO-C48." *Archives of Microbiology* 176(6): 421–26.
- Fuchs, Jacques G. 2010. "Interaction Between Beneficial and Harmful Microorganisms: From the Composting Process to Compost Application." *Microbes at Work: From Wastes to Resources*: 1–329.
- Fujino, Aiko et al. 2004. "Structural and Enzymatic Properties of 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate Deaminase Homologue from *Pyrococcus Horikoshii*." *Journal of Molecular Biology* 341(4): 999–1013.
- G.R. Dixon. 2006. *Vegetable Brassicas and Related Crucifers: Origins and Diversity of Brassica and Its Relatives*. ed. G.R. Dixon. Wallingford, UK: CABI.
- García-Fraile, Paula, Esther Menéndez, and Raúl Rivas. 2015. "Role of Bacterial Biofertilizers in Agriculture and Forestry." *AIMS Bioengineering* 2(3): 183–205.
- Getha, K, and S Vikineswary. 2002. "Antagonistic Effects of *Streptomyces Violaceusniger* Strain G10 on *Fusarium Oxysporum* f.Sp. *Cubense* Race 4: Indirect Evidence for the Role of Antibiosis in the Antagonistic Process." *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 28(6): 303–10.
- Glick, Bernard R. 2014. "Bacteria with ACC Deaminase Can Promote Plant Growth and Help to Feed the World." *Microbiological Research* 169(1): 30–39.
- Green, Michael R., and Joseph Sambrook. 2018. "Isolation and Quantification of DNA." *Cold Spring Harbor Protocols* 2018(6): 403–14.
- Haliza, Winda. 2016. "Karakteristik Kitinase Dari Mikrobia." *Buletin Teknologi Pasca Panen* 8(1): 1–14.
- Han, Yunlei et al. 2015. "1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate Deaminase from *Pseudomonas Stutzeri* A1501 Facilitates the Growth of Rice in the Presence of Salt or Heavy Metals." *J. Microbiol. Biotechnol.* (2015), 25(7), 1119–1128 25(7): 1119–28.
- Hubbe, Martin A., Mousa Nazhad, and Carmen Sánchez. 2010. "Composting as a Way to Convert Cellulosic Biomass and Organic Waste into High-Value Soil Amendments: A Review." *BioResources* 5(4): 2808–54.
- Husna, and Faisal danu Tuheteru dan Mahfudz. 2007. "Aplikasi Mikoriza Untuk Memacu Pertumbuhan Jati Di Muna." *Info Teknis, Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan APLIKASI* 5(1): 1–4.

- Igarashi, Yasuhiro et al. 2002. "Isolation of Actinomycetes from Live Plants and Evaluation of Antiphytopathogenic Activity of Their Metabolites." *Actinomycetologica* 16(1): 9–13.
- Kagata, Hideki, and Takayuki Ohgushi. 2012. "Positive and Negative Impacts of Insect Frass Quality on Soil Nitrogen Availability and Plant Growth." *Population Ecology* 54(1): 75–82.
- Kisiel, Anna, and Ewa Kępczyńska. 2016. "Medicago Truncatula Gaertn. as a Model for Understanding the Mechanism of Growth Promotion by Bacteria from Rhizosphere and Nodules of Alfalfa." *Planta* 243(5): 1169–89.
- Klammsteiner, Thomas et al. 2020. "Suitability of Black Soldier Fly Frass as Soil Amendment and Implication for Organic Waste Hygienization." *Agronomy* 10(10 October).
- Korasick, David A., Tara A. Enders, and Lucia C. Strader. 2013. "Auxin Biosynthesis and Storage Forms." *Journal of Experimental Botany* 64(9): 2541–55.
- Kurepin, Leonid V. et al. 2013. "Role of CBFs as Integrators of Chloroplast Redox, Phytochrome and Plant Hormone Signaling during Cold Acclimation." *International Journal of Molecular Sciences* 14(6): 12729–63.
- Laili, Nur, and Dwi Agustiyani. 2016. "Karakterisasi Dan Uji Aktivitas Biokontrol Bakteri Endofit Dari Lombok Terhadap Kapang Patogen *Fusarium Oxysporum* f.Sp. *Lycopersici*." *Prosiding Seminar Nasional II*: 707–17.
- Laili, Nur, and Sarjiya Antonius. 2017. "Production and Characterization of Extracellular Protease from *Bacillus* Sp. 140-B Isolated from Pineapple Plantation in Lampung, Indonesia." *KnE Life Sciences* 3(4): 170.
- Lehman, R. Michael et al. 2015. 7 Sustainability (Switzerland) Understanding and Enhancing Soil Biological Health: The Solution for Reversing Soil Degradation.
- Martina, Atria et al. 2015. "Dan Kemampuannya Mendegradasi Lignin Pada Lindi Hitam." 8(April): 27–31.
- Michaels, Ruth, and W A Corpe. 1965. "Cyanide Formation by *Chromobacterium Violaceum*." 89(1): 106–12.
- Mushtaq, S. et al. 2019. "Characterization of Plant Growth Promoting Activities of Bacterial Endophytes and Their Antibacterial Potential Isolated from Citrus." *Journal of Animal and Plant Sciences* 29(4): 978–91.
- Muthulakshmi, Chinnasamy et al. 2011. "Production, Purification and Characterization of Protease by *Aspergillus Flavus* under Solid State Fermentation." *Jordan J. Biol. Sci* 4(3): 137–148.
- Neilands, J. B. 1995. "Siderophores: Structure and Function of Microbial Iron

- Transport Compounds.” Journal of Biological Chemistry* 270(45): 26723–26.
- Nourozian, Javad, Hassan Reza Etebarian, and Gholam Khodakaramian. 2006. “*Biological Control of Fusarium Graminearum on Wheat by Antagonistic Bacteria.” Songklanakarin Journal of Science and Technology* 28(SUPPL. 1): 29–38.
- Osimani, Andrea et al. 2018. “*The Bacterial Biota of Laboratory-Reared Edible Mealworms (*Tenebrio Molitor L.*): From Feed to Frass.” International Journal of Food Microbiology* 272(March): 49–60.
- Pal, A K, A Chakraborty, and C Sengupta. 2018. “*Differential Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Chilli (*Capsicum Annum L.*) Seedling under Cadmium and Lead Stress.” 5: 182–90.*
- Perwitasari, Balia et al. 2012. “Pengaruh Media Tanam Dan Nutrisi Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakchoi (*Brassica Juncea L.*) Dengan Sistem Hidroponik.” *Agrovigor* 5(1): 1–12.
- Pila, I Made, Antara Putra, and Yohanes Setiyo. 2018. “Pengaruh Kadar Air Terhadap Proses Pengomposan Jerami Dicampur Kotoran Sapi.” 6: 48–54.
- Priest, Fergus G. 2015. *Bergey’s Manual of Systematics of Archaea and Bacteria Paenibacillus .*
- Prihatiningsih, Nur, Triwidodo Arwiyanto, Bambang Hadisutrisno, and Jaka Widada. 2015. “Mekanisme Antibiosis Bacillus Subtilis B315.” 15(1): 64–71.
- Pujiningsih, Dewi Septian, Anni Yuniarti, and Apong Sandrawati. 2019. “Pengaruh Pemberian Kombinasi Jenis Dan Dosis Pupuk Kandang Terhadap PH, N-Total, Serapan-N, Serta Hasil Tanaman Pakchoi (*Brassica Chinensis L.*) Pada Fluventic Eutrudepts.” *Agrikultura* 30(1): 33.
- Ribeiro, Carlos Marcelo, and Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso. 2012. “*Isolation, Selection and Characterization of Root-Associated Growth Promoting Bacteria in Brazil Pine (*Araucaria Angustifolia*).” Microbiological Research* 167(2): 69–78.
- Riera, Nadia et al. 2017. “*Characterization of Antimicrobial-Producing Beneficial Bacteria Isolated from Huanglongbing Escape Citrus Trees.” Frontiers in Microbiology* 8(DEC): 1–12.
- Rijavec, Tomaž, and Aleš Lapanje. 2016. “*Hydrogen Cyanide in the Rhizosphere: Not Suppressing Plant Pathogens , but Rather Regulating Availability of Phosphate.” 7(November): 1–14.*
- Ryckeboer, Jaak et al. 2003. “*Microbiological Aspects of Biowaste during Composting in a Monitored Compost Bin.” Journal of Applied Microbiology* 94(1): 127–37.
- Sadi, Gökhan, and Tülin Güray. 2009. “*Gene Expressions of Mn-SOD and GPx-1 in Streptozotocin-Induced Diabetes: Effect of Antioxidants.” Molecular*

- and Cellular Biochemistry* 327(1–2): 127–34.
- Sadi, Mirnaseri Seyedeh, and Ahmadzadeh Masoud. 2012. “Effect of Ph on Stability, Sunflower Growth Promotion and Biocontrol Potential of a Talc-Based Formulation of *Pseudomonas Fluorescens* UTPF61.” *Australian Journal of Crop Science* 6(3): 463–69.
- Safitri, Radna et al. 2018. “Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease Bacillus Thuringiensis Pada Oncom Merah Pasca Fermentasi 24 Jam Dan Identifikasi Molekuler Bakteri Berbasis Gen 16S RRNA.” *Seminar Nasional Edusainstek*: 31–39.
- Salaswati, Mila. 2019. Skripsi “Pengaruh Pemberian Pupuk Kompos Dan Poc Akar Bambu Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L.*).”
- Septian Rossita, Aqmarin, Kukuh Munandar, and Sawitri Komarayanti. 2016. “Komparasi Media Na Pabrikan Dengan Na Modifikasi Untuk Media Pertumbuhan Bakteri.” *Seminar Nasional* (1): 192–201.
- Shahzad, Sher M. et al. 2010. “Improving Nodulation, Growth and Yield of *Cicer Arietinum L.* through Bacterial ACC-Deaminase Induced Changes in Root Architecture.” *European Journal of Soil Biology* 46(5): 342–47.
- Spaepen, Stijn, Jos Vanderleyden, and Roseline Remans. 2007. “Indole-3-Acetic Acid in Microbial and Microorganism-Plant Signaling.” *FEMS Microbiology Reviews* 31(4): 425–48.
- Tania, N, Astina, and S Budi. 2012. “Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Jagung Semi Pada Tanah Podsolk Merah Kuning.” *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian* 1(1): 10–15.
- Tariq, Mohsin et al. 2017. “Antagonistic Features Displayed by Plant Growth Promoting Rhizobacteria Antagonistic Features Displayed by Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): A Review.” (January).
- Tenuta, Mario, and George Lazarovits. 2002. “Ammonia and Nitrous Acid from Nitrogenous Amendments Kill the Microsclerotia of *Verticillium Dahliae*.” *Phytopathology* 92(3): 255–64.
- Vejan, Pravin et al. 2016. “Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability-A Review.” *Molecules* 21(5): 1–17.
- Viti, C. et al. 2010. “Compost Effect on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria and Mycorrhizal Fungi Population in Maize Cultivations.” *Compost Science and Utilization* 18(4): 273–81.
- Wongfun, Nuttakan, Michael Plötze, Gerhard Furrer, and Helmut Brandl. 2014. “Weathering of Granite from the Damma Glacier Area: The Contribution of Cyanogenic Bacteria.” *Geomicrobiology Journal* 31(2): 93–100.
- Wright, Ernest. 1944. “Damping-Off In Broadleaf Nurseries Of The Great Plains Region.” *Journal of Agricultural Research, Washington, D. C.* 69(2).

- Wu, Qi et al. 2016. “*Nitrogen Use and Rice Yield Formation Response to Zeolite and Nitrogen Coupling Effects: Enhancement in Nitrogen Use Efficiency.*” *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 16(4): 999–1009.
- Zahir, Zahir A. et al. 2010. “*L-Tryptophan Application Enhances the Effectiveness of Rhizobium Inoculation for Improving Growth and Yield of Mungbean (*Vigna Radiata* (L.) Wilczek).*” *Pakistan Journal of Botany* 42(3): 1771–80.
- Zaidi, A., M. S. Khan, M. Ahemad, and M. Oves. 2009. “*Plant Growth Promotion by Phosphate Solubilizing Bacteria.*” *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 56(3): 263–84.
- Zhang, Ningwen et al. 2014. “*Morphology, Carbohydrate Composition and Vernalization Response in a Genetically Diverse Collection of Asian and European Turnips (*Brassica Rapa* Subsp. *Rapa*).*” *PLoS ONE* 9(12): 1–29.
- Zhao, Runbo et al. 2019. “*Recent Progress in the Electrochemical Ammonia Synthesis under Ambient Conditions.*” *EnergyChem* 1(2): 100011.
- Zhu, Feng Xiang et al. 2015. “*Housefly Maggot-Treated Composting as Sustainable Option for Pig Manure Management.*” *Waste Management* 35: 62–67.