

**POPULASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI
DALAM SUSPENSI EKSTRAK TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

(Skripsi)

Oleh

ANIS PUJI ANDAYANI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

POPULASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI DALAM SUSPENSI EKSTRAK TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Oleh

ANIS PUJI ANDAYANI

Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia sebesar 8.417.300 pada tahun 2017 dengan hasil produksi kelapa sawit sebesar 25.093.400 ton. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang dihasilkan sebesar 22-23% dari produksi kelapa sawit dan masih kurang pemanfaatannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah populasi dan karakteristik bakteri yang terkandung dalam TKKS dalam bentuk suspensi ekstrak TKKS yang dibuat pada kondisi aerob. Jumlah populasi dibedakan berdasarkan bentuk dan warna koloni bakteri secara makroskopis yang tumbuh pada media *Plate Count Agar Peptone* (PCAP). Selain itu, karakteristik yang diketahui antara lain uji gram, uji oksidatif fermentatif (O/F), uji *softrot*, uji hipovirulen, dan uji hipersensitif. Hasil penelitian didapatkan 84 isolat bakteri yang berhasil diisolasi dan diketahui karakteristiknya. Jumlah populasi tertinggi pada pengambilan sampel 18 hari setelah pembuatan (HSP) yaitu sebanyak

$197,96 \times 10^{12}$ CFU mL⁻¹ dan terendah pada 15 HSP yaitu sebanyak $0,02 \times 10^{12}$ CFU mL⁻¹. Karakteristik koloni bakteri yang didapatkan pada suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit terdapat warna putih, putih keruh, merah, kuning, orange, putih kekuningan, kuning pekat, hingga bening. Bentuk koloni bakteri yang didapatkan bulat dan tidak beraturan. Sebagian besar bakteri yang didapatkan 71,43% bersifat gram positif, 90,48% bersifat fermentatif, 75% bersifat *softrot* negatif, 82,14% bersifat virulen, dan 94,05% bersifat negatif pada uji hipersensitif.

Kata Kunci: isolat bakteri, karakteristik bakteri, suspensi ekstrak TKKS

**POPULASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI
DALAM SUSPENSI EKSTRAK TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

Oleh

ANIS PUJI ANDAYANI

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **POPULASI DAN KARAKTERISASI
BAKTERI DALAM SUSPENSI EKSTRAK
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis
guineensis* Jacq.)**

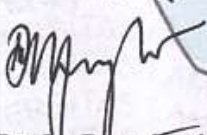
Nama Mahasiswa : **Anis Puji Andayani**

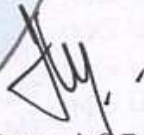
Nomor Pokok Mahasiswa : 1514121154

Jurusan : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian




Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.
NIP 196308041987032002


Ivayani, S.P., M.Si.
NIP 198812292015042001

2. Ketua Jurusan Agroteknologi

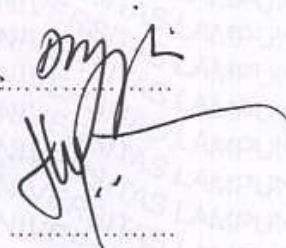


Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 196305081988112001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.....



Sekretaris : Ivayani, S.P., M.Si.

Penguji

Bukan Pembimbing : Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D.....



Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 5 November 2019

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“POPULASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI DALAM SUSPENSI EKSTRAK TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)”** merupakan hasil karya sendiri, bukan orang lain. Semua yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari skripsi ini terbukti merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Penelitian ini didanai oleh dana hibah profesor DIPA Universitas Lampung tahun 2018 atas nama Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc., Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D., dan Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.

Bandar Lampung, Desember 2019
Penulis



Anis Puji Andayani
NPM 1514121154

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, 16 November 1997 sebagai anak ketiga dari lima bersaudara dari pasangan bapak Mei Edi Andayani dan ibu Jariyah.

Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Nurul Fu'ad pada tahun 2003, Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Karang Maritim pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 16 Bandar Lampung pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 6 Bandar Lampung pada tahun 2015.

Pada tahun 2015, penulis diterima sebagai mahasiswi di Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada bulan Januari sampai dengan bulan Maret 2018 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Tiyuh Bujung Dewa, Kecamatan Pagar Dewa, Kabupaten Tulang Bawang Barat. Pada bulan Juli sampai dengan bulan Agustus 2018, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Pusat Penelitian Karet Balai Penelitian Getas Salatiga, Jawa Tengah.

Penulis memilih Proteksi Tanaman sebagai konsentrasi dari perkuliahan. Penulis selama menjadi mahasiswi berkesempatan menjadi asisten praktikum Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan pada tahun ajaran 2017/2018, Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman pada tahun ajaran 2018/2019, Pengendalian Penyakit Tanaman pada

tahun ajaran 2018/2019, dan Pestisida Pertanian pada tahun ajaran 2019/2020.

Penulis aktif di Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (PERMA AGT) yaitu

sebagai Anggota Bidang Eksternal pada tahun ajaran 2016/2017.

Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar, maka
kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan

(Imam Syafi'i)

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

(Q.S Al-Mujadilah : 11)

Jangan hanya melihat dan meratapi kesuksesan orang lain,
tetapi bergeraklah dan gapai kesuksesanmu sendiri

(Anis Puji Andayani)

Dengan penuh rasa syukur Alhamdulillah kepada Allah Subhanahuwata'ala

kupersembahkan karyaku ini untuk:

Keluargaku tercinta ibu, bapak, adik, mbah, saudara-saudara atas kasih sayang,
nasihat, dan motivasinya kepada penulis dan tak lupa untuk semua orang yang
bertanya “Kapan Wisuda?”

Serta

Keluarga Besar

AGROTEKNOLOGI UNIVERSITAS LAMPUNG

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“POPULASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI DALAM SUSPENSI EKSTRAK TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian maupun dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama atas bimbingannya, saran, dan motivasi yang telah diberikan sampai penulisan skripsi ini selesai serta membiayai penelitian melalui Dana Hibah Profesor Tahun 2018;

4. Ivayani, S.P., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Kedua atas bimbingan, nasihat, saran, dan motivasi selama penelitian sampai penulisan skripsi ini selesai;
5. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D selaku Dosen Penguji sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran, nasihat, dan motivasi selama penelitian berlangsung hingga penyelesaian penulisan skripsi;
6. Orang tua tercinta bapak Mei Edi Andayani dan ibu Jariyah, adikku Jamalludin serta semua anggota keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan secara moral dan materil;
7. Tim penelitian Yeyen Ilmiasari S.P., Rully Yosita S.P., Dwi Marsenta Yulianti, Rahma Meuly Annisa, dan Anggi Winandasari terimakasih atas kebersamaan, kerjasama, dukungan, dan motivasinya selama penelitian hingga penyelesaian penulisan skripsi;
8. Teman-teman penelitian Biotek 15 Ridho Asmara, Tari Yati, Usi Enggar Amalia, Dwi Marsenta Yulianti, Rahma Meuly Annisa, Anggi Winanda Sari, Ikhwan Dwikesuma, Imam Al Mu'arif, Adriyana Budiarti, Firnando, Mutiara Ulfa, Mia Murniati, Viki Ari Saputri atas kebersamaan, bantuan, nasihat, dan motivasi selama penelitian hingga penyelesaian penulisan skripsi;
9. Eryka Merdiana S.P., Bihikmi Semenguk S.P., Lita Theresia Pasaribu S.P., Ika Rachma Pangesti S.P., M.Si., serta mba-mba dan abang-abang biotek yang telah membantu, memberi nasihat dan motivasi selama penulis penelitian hingga menyelesaikan penulisan skripsi;

10. Septi Puspita Sari, David, dan Leni Syanofri yang selama ini selalu menemani, memberi motivasi, nasihat, dan dukungan selama penelitian sampai penulis menyelesaikan skripsi ini;
11. Sahabat sekelik Dharma Ningsih, Rini Anggaraeni, Syaicha Fachrun Nisa, Adriyana Budiarti, Agung Nugroho, Bagas Sadewa, Devi Rosmala, Dwi Setiawan, Fauzan Ag Roni, Ima Kurnia, M. Asifa Usudur, Rani Enggar Dini, Siti Munawaroh, Wasri Yaman, dan Anggelia Fitri atas kebersamaan, motivasi, nasihat, dan perjuangannya selama masa perkuliahan hingga sampai penyelesaian penulisan skripsi ini;
12. Seluruh mahasiswa/i Agroteknologi 2015 khususnya Agroteknologi kelas C atas kebersamaan, kerjasama, dan kasih sayang yang telah diberikan selama ini.

Bandar Lampung, Desember 2019

Anis Puji Andayani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Mikroorganisme Lokal.....	6
2.2 Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	8
2.3 Karakteristik Bakteri	9
2.4 Fase Pertumbuhan Bakteri	10
III. BAHAN DAN METODE.....	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	13

3.3.1 Pembuatan Larutan MOL asal Tandan Kosong Kelapa Sawit	13
3.3.2 Pengambilan Sampel dan Isolasi Bakteri dari Suspensi Ekstrak Tandan Kosong Kelapa Sawit	14
3.3.3 Pemurnian	14
3.3.4 Peremajaan	15
3.4. Pengamatan	15
3.4.1 Populasi Bakteri	15
3.4.2 Karakteristik Bakteri	15
3.4.2.1 Bentuk dan Warna.....	15
3.4.2.2 Uji Gram menggunakan KOH 3%	16
3.4.2.3 Uji Oksidatif Fermentatif (O/F)	16
3.4.2.4 Uji <i>Softrot</i> pada Umbi Kentang	17
3.4.2.5 Uji Hipovirulen	17
3.4.2.6 Uji Hipersensitif.....	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil Penelitian	19
4.1.1 Populasi Bakteri	19
4.1.2 Bentuk dan Warna Bakteri	21
4.1.3 Uji Gram KOH 3%	22
4.1.4 Uji Oksidatif Fermentatif (O/F)	23
4.1.5 Uji <i>Softrot</i>	25
4.1.6 Uji Hipovirulen	27
4.1.7 Uji Hipersensitif.....	28
4.2 Pembahasan.....	30
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1. Simpulan	34
5.2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Populasi bakteri yang didapatkan dalam suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit.....	19
2. Kode isolat yang didapatkan dalam suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit beserta karakteristiknya	40
3. Komposisi media Oksidatif/ Fermentatif (O/F)	46
4. Komposisi media <i>Yeast Peptone Agar</i> (YPA)	46
5. Komposisi media <i>Plate Count Agar Peptone</i> (PCAP).....	46
6. Komposisi media <i>Potato Peptone Glucose Agar</i> (PPGA).....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bahan-bahan pembuatan larutan MOL (a) tandan kosong kelapa sawit, (b) air cucian beras, (c) air kelapa, (d) gula merah, (e) larutan MOL pada alat pembuat MOL (Drum)	13
2. Populasi bakteri yang didapatkan dalam suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit.....	20
3. Bakteri yang tumbuh pada sampel 27 HSP di media PCAP	20
4. Isolat bakteri dari suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit, (a) isolat bakteri berwarna kuning dan berbentuk bulat, (b) isolat bakteri berwarna putih dan berbentuk bulat, (c) isolat bakteri berwarna putih keruh dan berbentuk tidak beraturan.....	21
5. Isolat bakteri yang bersifat gram negatif.....	22
6. Sifat gram isolat bakteri yang terdapat dalam suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit.....	23
7. Hasil uji O/F isolat bakteri asal tandan kosong kelapa sawit pada satu hari setelah inokulasi, (a) isolat bakteri oksidatif, (b) isolat bakteri fermentatif.....	24
8. Reaksi isolat bakteri asal suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit terhadap uji oksidatif fermentatif.....	25
9. Uji <i>softrot</i> pada satu hari setelah inokulasi, (a) reaksi positif pada uji <i>softrot</i> umbi kentang, (b) reaksi negatif pada uji <i>softrot</i> umbi kentang	26
10. Reaksi <i>softrot</i> isolat bakteri yang berasal dari suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit.....	27

11. Uji hipovirulen pada 14 hari setelah inokulasi pada kecambah mentimun, (a) reaksi virulen, (b) reaksi hipovirulen.....	27
12. Reaksi isolat bakteri asal suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit terhadap kecambah mentimun pada uji hipoviruln	28
13. Reaksi positif uji hipersensitif daun tembakau	29
14. Reaksi isolat bakteri asal suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit terhadap uji hipersensitif daun tembakau	29

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2017 yaitu 8.417.300 hektar dengan produksi kelapa sawit yang dihasilkan sebanyak 25.093.400 ton. Luas perkebunan kelapa sawit mengalami peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya yaitu sebesar 6.462.100 hektar. Lampung memiliki luas perkebunan kelapa sawit sebesar 256.000 hektar pada tahun 2017 dengan produksi minyak kelapa sawit sebanyak 512.600 ton (Badan Pusat Statistik, 2018).

Produksi kelapa sawit yang melimpah dapat menghasilkan tandan kosong yang tidak sedikit. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah limbah pabrik kelapa sawit yang jumlahnya melimpah. Selama ini, TKKS dibakar lalu digunakan sebagai pupuk. Namun, berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 15 tahun 1996 untuk mencegah polusi udara sehingga TKKS banyak digunakan sebagai mulsa untuk pengendali gulma. TKKS yang digunakan sebagai mulsa memerlukan biaya transportasi dan tenaga kerja yang tinggi. Hal tersebut perlu dilakukan pengomposan agar mengurangi biaya transportasi dan tenaga kerja (Triyadi *et al.*, 2015).

Setiap pengolahan satu ton tandan buah segar (TBS) akan dihasilkan TKKS sebanyak 22-23% atau sebanyak 220-230 kg TKKS. Limbah ini belum dimanfaatkan secara baik oleh sebagian pabrik besar kelapa sawit dan masyarakat di Indonesia. Pengolahan atau pemanfaatan TKKS masih terbatas. Sebagian besar pabrik kelapa sawit di Indonesia masih membakar TKKS meskipun cara ini sudah dilarang pemerintah (Salmina, 2016).

Tandan kosong kelapa sawit diduga memiliki bakteri (mikroorganisme lokal) yang melimpah. Mikroorganisme lokal (MOL) dapat tumbuh di setiap bahan organik yang mengandung nutrisi dengan kadar air cukup (Amalia dan Widiyaningrum, 2016). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Suhastyo *et al.* (2013) bahwa larutan MOL berbahan dasar bonggol pisang, keong mas, dan urine kelinci terdapat mikroba yang berbeda-beda. Mikroba yang didapatkan yaitu *Staphylococcus* sp., *Bacillus* sp., *Rhizobium* sp., *Aeromonas* sp., *Aspergillus niger*, *Pseudomonas* sp., *Vorticillum* sp., dan beberapa mikroba yang tidak teridentifikasi. TKKS tersusun atas kadar air, lignin, holoselulosa, selulosa, hemiselulosa, dan zat ekstratif sebagai sumber energi mikroorganisme untuk hidup (Dewanti, 2018).

Saat ini belum banyak dilaporkan tentang populasi dan karakteristik bakteri yang terkandung dalam suspensi ekstrak berbentuk larutan MOL berbahan dasar TKKS. Larutan MOL mengandung unsur hara makro, mikro, dan mengandung mikroorganisme yang berpotensi sebagai perombak bahan organik, perangsang pertumbuhan, dan agen pengendali hama dan penyakit tanaman (Handayani *et al.*, 2015). Informasi ini sangat diperlukan sebagai dasar studi lebih lanjut tentang

peranan dari bakteri yang terkandung dalam larutan MOL khususnya pemanfaatannya sebagai agensia pengendali hayati patogen dan pemacu pertumbuhan tanaman.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari populasi bakteri yang terkandung dalam suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit.
2. Mempelajari karakteristik bakteri yang terkandung dalam suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit.

1.3 Kerangka Pemikiran

Mikroorganisme lokal adalah sekelompok mikroorganisme yang aktif dan berada di suatu tempat, yang didapat dari sisa tanaman atau limbah lainnya. Larutan mikroorganisme lokal adalah cairan yang terdapat dari bahan-bahan alami sebagai media hidup dan berkembangnya mikroorganisme (Yeremia, 2016). Bahan-bahan alami yang dapat digunakan yaitu antara lain bonggol pisang, sisa sayuran, termasuk tandan kosong kelapa sawit.

Suspensi tandan kosong kelapa sawit mengandung berbagai jenis bakteri dengan bentuk dan warna yang berbeda-beda. Hasil penelitian Rupaedah *et al.* (2019) terdapat 15 bakteri berhasil diisolasi dari tandan kosong kelapa sawit. Bentuk koloni bakteri yang didapatkan yaitu berbentuk bulat dan tidak beraturan. Warna bakteri yang didapat yaitu putih, putih kekuningan, putih mengkilat, putih susu, dan merah tua. Sedangkan hasil penelitian Zainudin *et al.* (2013) didapatkan 27

bakteri berhasil diisolasi dari kompos tandan kosong kelapa sawit. Bakteri yang didapatkan tersebut antara lain *Bacillus* sp., *Exiguobacterium acetylicum*, *Paenibacillus* sp., *Termobi* sp., *Thermonospora* sp., *Ureibacillus thermosphaericus*, *Cellulomonas* sp., *Rhizobium* sp., dan *Pseudoxanthomonas byssovorax*.

Tandan kosong kelapa sawit dalam bentuk kompos mengandung bakteri dengan karakteristik yang berbeda-beda. Lai *et al.* (2017) melaporkan bahwa 10 isolat bakteri terpilih dari hasil isolasi kompos tandan kosong kelapa sawit memiliki karakteristik dengan bentuk bakteri batang. Pada uji gram, terdapat delapan isolat bakteri bersifat gram positif dan dua isolat bakteri bersifat gram negatif. Koloni bakteri yang didapatkan berwarna kuning sebanyak lima isolat bakteri, coklat sebanyak dua isolat bakteri, dan putih pucat sebanyak tiga isolat bakteri.

Waktu fermentasi larutan MOL dapat mempengaruhi hidupnya bakteri yang terdapat pada larutan MOL tersebut. Hasil penelitian Marsiningsih *et al.* (2015) larutan MOL berbahan dasar ampas tahu dan urine sapi memiliki populasi bakteri tertinggi pada waktu fermentasi satu minggu. Pada waktu fermentasi tiga minggu dan lima minggu populasi bakteri mengalami penurunan dikarenakan ketersediaan nutrisi berkurang. Hal tersebut berbeda dengan hasil penelitian Seni *et al.* (2013) yang menyatakan populasi bakteri tertinggi pada larutan MOL berbahan dasar daun gamal pada waktu fermentasi tiga minggu. Pada waktu fermentasi satu minggu, bakteri pada tahan penyesuaian dan setelah tiga minggu populasi bakteri menurun dikarenakan kecepatan bakteri membelah diri semakin berkurang dan tidak sebanding dengan bakteri yang mati.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit memiliki populasi bakteri yang melimpah.
2. Suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit terdapat bakteri dengan berbagai karakteristik yang berbeda beda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroorganisme Lokal (MOL)

MOL merupakan populasi mikro yang didominasi dengan spesies berbeda berada di daerah atau lokasi tertentu karena perbedaan suhu dan kelembaban. MOL didapatkan dari hasil fermentasi limbah sayuran dan buah serta ditambahkan karbohidrat sebagai sumber karbon dari mikroba (Adrizal *et al.*, 2017). Menurut Juanda *et al.* (2011) MOL merupakan kumpulan mikroorganisme yang bisa dikembangbiakan, yang berfungsi sebagai starter dalam pembuatan bokasi atau kompos. Pemanfaatan limbah pertanian seperti buah-buahan tidak layak konsumsi dapat diolah menjadi MOL. Pembuatan MOL dapat meningkatkan nilai tambah limbah, serta mengurangi pencemaran lingkungan.

Larutan MOL merupakan hasil fermentasi dengan bahan baku berbagai sumber daya yang tersedia di sekitar lingkungan, seperti nasi, daun gamal, keong mas, bonggol pisang, air kencing, limbah buah-buahan, limbah sayuran, dan lain-lain. Bahan-bahan tersebut merupakan tempat yang disukai oleh mikroorganisme sebagai media untuk hidup dan perkembangannya mikroorganisme yang berguna dalam mempercepat penghancuran bahan-bahan organik atau sebagai tambahan nutrisi bagi tanaman. Larutan MOL mengandung unsur hara makro, mikro, dan

mengandung mikroorganisme yang berpotensi sebagai perombak bahan organik, perangsang pertumbuhan, dan agen pengendali hama dan penyakit tanaman (Handayani *et al.*, 2015).

Pembuatan larutan MOL menggunakan 3 komponen utama yaitu karbohidrat, glukosa, dan sumber mikroorganisme. Karbohidrat yang digunakan dapat menggunakan bahan-bahan sekitar seperti singkong. Glukosa dapat menggunakan gula yang mudah didapatkan. Sumber mikroorganisme yang digunakan dapat berupa limbah sayuran, buah-buahan, maupun urine sapi (Wiswasta *et al.*, 2016).

Bakteri pada larutan MOL pada fermentasi satu minggu mendapatkan bakteri yang melimpah dibandingkan pada fermentasi tiga minggu maupun lima minggu. Hal tersebut dikarenakan masih tersedianya nutrisi untuk bakteri dan semakin lama fermentasi semakin menurun nutrisi yang tersedia. Selain lama fermentasi, konsentrasi larutan mempengaruhi banyaknya bakteri yang hidup karena kebutuhan nutrisi yang tersedia berbeda (Marsiningsih *et al.*, 2015). Namun, menurut Seni *et al.* (2013) menyatakan bahwa populasi bakteri yang terus bertambah pada waktu tiga minggu dan setelahnya mengalami penurunan populasi bakteri. Hal tersebut dikarenakan pada tiga minggu pertama bakteri sangat aktif membelah dirinya dengan tersedianya nutrisi yang mendukung. Setelah fermentasi tiga minggu kecepatan bakteri untuk membelah diri berkurang dan tidak sebanding dengan bakteri yang mati.

2.2 Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah utama dari industri pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit. Persentase limbah TKKS adalah 23% dari tandan buah segar, sedangkan persentase serat dan cangkang biji masing-masing 13% dan 5,5% dari tandan buah segar. Komponen utama dari limbah padat kelapa sawit adalah selulosa dan lignin sehingga limbah ini disebut juga limbah lignoselulosa (Fuadi dan Pranoto, 2016).

Kandungan unsur hara yang terdapat pada bahan kering tandan kosong kelapa sawit yaitu bahan kering 38%, total C 49,6%, N 0,93%, P_2O_5 0,27%, K_2O 3,42%, MgO 0,23%, CaO 0,36%, Mn 12 ppm, B 13 ppm, Zn 23 ppm, Cu 8 ppm, Fe 224 ppm, dan Na sebesar 126 ppm (Salates *et al.*, 2004).

Minyak sawit dan minyak inti sawit menghasilkan sisa olahan TKKS sebesar 20-23% dari bahan baku TBS. Pabrik kelapa sawit yang menghasilkan 60 ton TBS/jam akan menghasilkan TKKS sebesar 220 ton/hari. TKKS yang dihasilkan pemanfaatannya belum optimal. Sebagian TKKS dipergunakan sebagai mulsa, namun menimbulkan serangan hama kumbang badak pada areal perkebunan kelapa sawit. Selain itu, TKKS dibakar untuk digunakan sebagai pupuk. Pembakaran TKKS dapat meningkatkan polusi udara sehingga harus dibuat menjadi kompos sebelum diaplikasikan (Hasibuan, 2012).

TKKS tersusun dari beberapa zat penting yang dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi bahan lain yang lebih bernilai ekonomi. Komponen penyusunnya antara lain: kadar air 8,56%, lignin 25,83%, holoselulosa 56,49%, selulosa 33,25%,

hemiselulosa 23,24%, dan zat ekstratif 4,19% (Dewanti, 2018). Kandungan tersebut dapat menjadi sumber energi bagi mikroorganisme untuk hidup. Selain itu, menurut Rosli *et al.* (2017) TKKS merupakan produk berupa padatan yang berasal dari industri pengolahan kelapa sawit. Kandungan yang terdapat pada TKKS terdiri dari selulosa 44,2%, hemiselulosa 33,5%, dan lignin 20,4%.

Lai *et al.*, (2017) melaporkan bahwa 10 isolat bakteri terpilih dari hasil isolasi kompos tandan kosong kelapa sawit memiliki karakteristik berbentuk batang. Pada uji gram, 8 isolat bakteri bereaksi gram positif dan 2 isolat bakteri bereaksi gram negatif. Koloni bakteri yang didapatkan berwarna kuning sebanyak 5 isolat bakteri, coklat sebanyak 2 isolat bakteri, dan putih pucat sebanyak 3 isolat bakteri.

2.3 Karakteristik Bakteri

Bakteri yang dibiakkan pada media agar padat akan membentuk koloni yang bervariasi. Morfologi koloni berdasarkan warna, bentuk, ukuran, serta pinggirannya. Permukaan koloni bermacam yaitu berlendir, kasar, maupun seperti telur mata sapi. Berdasarkan struktur dinding sel, terdapat bakteri dengan dinding sel tebal (gram positif) dan berdinding sel lebih tipis (gram negatif). Membran luar gram negatif mengandung senyawa lipopolisakarida (LPS). Telah banyak dilaporkan peranan LPS dari beberapa jenis patogen tanaman. LPS dapat merusak membran sel tanaman dan menyebabkan gejala kebasahan. Selain itu, perlakuan LPS dapat menginduksi ketahanan atau proteksi terhadap reaksi hipersensitif pada tanaman (Habazar dan Rivai, 2004).

Pada uji Oksidatif Fermentatif (O/F) *Pseudomonas syringae* bereaksi positif pada uji oksidatif dan bereaksi negatif pada uji fermentatif. Reaksi positif ditandai dengan perubahan warna hijau menjadi kuning yang dimulai dari permukaan media yang tidak tertutup minyak paraffin setelah masa inkubasi 7-14 hari. Reaksi positif pada uji oksidatif membuktikan bahwa *P. syringae pv. glycinea* membutuhkan oksigen untuk tumbuh dan memproduksi asam, sehingga bakteri termasuk dalam golongan bakteri aerob (Masnilah *et al.*, 2013).

Hasil karakterisasi bakteri *indigenus* tanah menunjukkan bahwa terdapat kesamaan ciri morfologi dari kesepuluh isolat yang diuji yaitu bentuk koloni bakteri tidak beraturan dan berukuran besar dengan permukaan yang halus mengkilap. Dominasi warna koloni bakteri yang diperoleh adalah putih (Batubara *et al.*, 2015). Sedangkan larutan MOL berbahan dasar bonggol pisang, keong mas, maupun urin kelinci memiliki karakteristik bakteri yang berbeda. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu terdapat bakteri yang berbentuk bulat dan tidak beraturan, memiliki warna koloni putih, benih, hingga putih keruh. Terdapat bakteri yang bersifat gram negatif dan gram positif, serta terdapat bakteri yang bersifat patogen atau bakteri dapat menyebabkan penyakit bila kondisi memenuhi syarat (Suhastyo *et al.*, 2013).

2.4 Fase Pertumbuhan Bakteri

Fase pertumbuhan bakteri terdiri dari fase lag atau fase lamban, fase logaritma (eksponensial) atau fase pertumbuhan cepat, fase stasioner atau fase statis, dan fase kematian atau fase penurunan. Fase lag bakteri merupakan penyesuaian bakteri dengan lingkungannya. Fase logaritma yaitu bakteri dengan aktifnya

membelah diri sehingga pertumbuhannya cepat. Fase stasioner merupakan fase kekurangan nutrisi untuk hidup bakteri sehingga beberapa bakteri akan mati. Fase kematian bakteri mengalami percepatan sehingga laju pertumbuhan bakteri tidak sesuai dengan laju kematian bakteri (Pelczar dan Chan, 2013).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian dan Laboratorium Teknik Pertanian serta di rumah kaca, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dari bulan September 2018 sampai dengan bulan Mei 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah drum pembuat larutan MOL, cawan petri steril, *erlenmeyer*, tabung reaksi, lampu bunsen, *laminar air flow*, penggaris, jarum ose, ependorf 1,5 ml, jarum ent, aluminium foil, plastik wrap, *microwave*, kertas label, nampan, plastik tahan panas, tisu, kaca preparat, autoklaf, polibag, mikropipet, spidol, *rotamixer*, pinset, timbangan, botol kaca ± 150 ml dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air kelapa, tandan kosong kelapa sawit, gula merah, air cucian beras, media *Plate Count Agar* (PCA; OXOID[®]; Inggris), *Yeast Exstrct Agar* (HIMEDIA[®]; India), *Peptone* (OXOID[®]; Inggris), KOH 3%, media OF Basal Medium (HIMEDIA[®]; India), minyak parafin steril, alkohol 70%, Na₂HPO₄.2H₂O (MERCK[®]; Jerman), NaCl

(HIMEDIA[®]; India), KH₂PO₄ (MERCK[®]; Jerman), *Glucose* (MERCK[®]; Jerman), *Agar Bacteriological* (OXOID[®]; Inggris), air, agar batang dan akuades.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Pembuatan Larutan MOL Asal Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sebanyak 2,5 kg tandan kosong kelapa sawit dicacah halus, lalu dicampurkan dengan gula merah 0,5 kg, air cucian beras 2,5 liter, dan air kelapa 2,5 liter lalu dimasukkan ke dalam alat pembuatan larutan MOL (Drum). Drum dibiarkan terbuka agar mendapatkan udara, untuk membuat kondisi aerob (Gambar 1).



Gambar 1. Bahan-bahan pembuatan larutan MOL (a) tandan kosong kelapa sawit, (b) air cucian beras, (c) air kelapa, (d) gula merah, (e) larutan MOL pada alat pembuat MOL (Drum).

3.3.2 Pengambilan Sampel dan Isolasi Bakteri dari Suspensi Ekstak Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sampel larutan MOL diambil dari alat pembuat MOL sebanyak 10 ml.

Pengambilan sampel sebanyak sembilan kali dengan tingkat periode waktu tiga hari setelah pembuatan larutan MOL (HSP). Sampel kemudian diencerkan dengan tingkat pengenceran 10^{-8} dan 10^{-10} . Setelah itu, sampel yang telah diencerkan diambil sebanyak 50 μ l dan disebar pada cawan petri plastik steril (diameter 9 cm) yang berisi media *Plate Count Agar Peptone* (PCAP). Media ini terdiri dari 17,4 g media *plate count agar* (PCA; OXOID[®]; Inggris) dengan tambahan *peptone* (OXOID[®]; Inggris) 2,5 g, agar batang 2 g, dan 1000 ml akuades ke dalam erlenmeyer, kemudian dipanaskan menggunakan *microwave* hingga campuran larut. Setelah itu disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit.

3.3.3 Pemurnian

Bakteri yang didapatkan diamati warna dan bentuk bakteri secara makroskopis yang selanjutnya dimurnikan (Pujiyanto *et al.*, 2015). Pengamatan dilakukan selama satu minggu atau tujuh hari. Bakteri yang tumbuh pada media PCAP setelah penyebaran, diambil dan dimurnikan ke dalam media *Yeast Peptone Agar* (YPA) dengan dua ulangan. Media YPA terdiri dari 10 g *Peptone* (OXOID[®]; Inggris), 5 g *Yeast Exstrct Agar* (HIMEDIA[®]; India), dengan agar batang 20 g, dan 1000 ml akuades ke dalam erlenmeyer, kemudian dipanaskan menggunakan *microwave* hingga campuran larut. Setelah itu disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit. Pemurnian dilakukan dengan

mengambil koloni bakteri yang dibedakan dengan bentuk dan warna koloni menggunakan jarum ose. Hasil dari pemurnian akan digunakan untuk uji selanjutnya.

3.3.4 Peremajaan

Bakteri hasil dari pemurnian harus diremajakan maksimal dua hari sekali. Jika bakteri ingin diuji, maka bakteri diremajakan sehari sebelum diuji. Peremajaan dengan memindahkan koloni bakteri dari media pemurnian ke media baru. Media yang digunakan sama seperti media pemurnian yaitu media YPA.

3.4 Pengamatan

3.4.1 Populasi Bakteri

Pengamatan jumlah populasi dilakukan pada sampel bakteri setiap pengambilan sampel yang telah disebar pada media PCAP dan diamati selama tujuh hari setelah disebar. Jumlah koloni dihitung secara manual dan kumulatif.

3.4.2 Karakteristik Bakteri

3.4.2.1 Bentuk dan Warna

Koloni bakteri yang didapatkan dibedakan berdasarkan bentuk dan warna makroskopisnya.

3.4.2.2 Uji Gram menggunakan KOH 3%

Sebanyak satu ose bakteri diambil dan diletakkan di atas kaca objek kemudian ditetesi dengan larutan KOH 3% sebanyak satu tetes. Setelah itu, dicampurkan menggunakan jarum ose lalu ditarik perlahan. Jika hasil yang didapatkan terdapat lendir yang tidak putus, maka bakteri tersebut bersifat gram negatif. Akan tetapi, bila lendir tidak dapat terbentuk dan terputus, maka bakteri bersifat gram positif (Anggraini *et al.*, 2016).

3.4.2.3 Uji Oksidatif Fermentatif (O/F)

Uji O/F dilakukan untuk mengetahui bakteri bersifat oksidatif atau fermentatif. Masing-masing bakteri akan diinokulasi ke dalam media O/F yang terbuat dari O/F basal medium sebanyak 9,38 g dan glukosa 10 g untuk akuades 1000 ml. Media dimasukkan ke dalam dua tabung lalu bakteri ditusukkan ke dalam media menggunakan jarum ent. Bakteri yang digunakan yaitu bakteri berumur satu hari diremajakan pada media agar miring *Potato Peptone Glucose Agar* (PPGA) yang terbuat dari kentang 200 g^l⁻¹, *peptone* (OXOID[®]; Inggris) 5 g^l⁻¹, Na₂HPO₄·2H₂O (MERCK[®]; Jerman) 3 g^l⁻¹, NaCl (HIMEDIA[®]; India) 3 g^l⁻¹, KH₂PO₄ (MERCK[®]; Jerman) 0,5 g^l⁻¹, *Glucose* (MERCK[®]; Jerman) 5 g^l⁻¹, *Agar Bacteriological* (OXOID[®]; Inggris) 15 g^l⁻¹, agar batang 5 g^l⁻¹, dan 1000 ml akuades. Media yang telah berisi bakteri tersebut salah satunya ditutup dengan minyak parafin 1 ml. Jika perubahan warna menjadi kuning hanya terjadi pada tabung yang berisi media O/F yang tidak diberi minyak parafin, maka bakteri bersifat oksidatif dan bersifat fermentatif jika perubahan warna kuning pada media O/F yang diberi minyak parafin ataupun keduanya (Masnilah, 2013).

3.4.2.4 Uji *Softrot* pada Umbi Kentang

Uji ini dilakukan dengan pembusukkan umbi kentang. Masing-masing isolat bakteri digoreskan sebanyak satu ose pada bagian tengah umbi kentang yang telah dipotong dan dicuci dengan air mengalir selama 35 menit. Umbi kentang diletakkan pada cawan petri dengan alas tisu yang dibasahi dengan air steril dan diinkubasi selama 2-3 hari. Reaksi positif ditunjukkan dengan pembusukkan umbi kentang tersebut (Oviana *et al.*, 2015).

3.4.2.5 Uji Hipovirulen

Uji hipovirulen dilakukan pada kecambah ketimun. Benih diinkubasi selama tiga hari dalam kondisi aseptik pada suhu 25°C yang sebelumnya telah direndam etanol 70% dan larutan NaOCl 2%. Setelah itu, benih dikecambahkan pada nampan yang telah dilapisi dengan kertas merang lembab dan kemudian nampan ditutup menggunakan plastic *wrap* selama tiga hari dan dipindahkan pada media agar air (*Water Agar*) yang terbuat dari 1 liter akuades dengan agar batang sebanyak 20 gr dan disterilisasikan menggunakan autoklaf. Setiap cawan petri berisi tiga kecambah dengan tiga ulangan, lalu satu ose bakteri dicampur dengan air steril 1 ml dihomogenkan dan diambil sebanyak 10 µl diletakkan bagian hipokotil kecambah ketimun. Pengamatan dilakukan selama dua minggu dan dihitung indeks keparahan penyakit (DSI) dengan rumus:

$$DSI = \frac{\sum N}{Z}$$

Keterangan:

N = kategori serangan per individu

Z = jumlah individu yang digunakan

Kategori keparahan penyakit sebagai berikut:

0 = sehat, tanpa bercak pada hipokotil

1 = 1 atau 2 bercak coklat terang dengan ukuran pada kecambah < 0,25 cm

2 = bercak coklat terang (ukuran 0,25-0,5 cm) daerah basah pada kecambah <10%

3 = bercak coklat terang sampai gelap (ukuran >1 cm) luas daerah basah pada kecambah 10-100%

4 = kecambah mengalami kelayuan dan kematian

Nilai DSI < 2 menunjukkan bersifat hipovirulen (Suryantini *et al.*, 2011).

3.4.2.6 Uji Hipersensitif

Uji hipersensitif dilakukan untuk mengetahui apakah bakteri bersifat patogenik atau non-patogenik. Pembuatan suspensi bakteri dengan mengambil satu ose bakteri yang dicampurkan dengan 1 ml air steril dan dihomogenkan. Suspensi bakteri diinjeksi sebanyak 300 μ l menggunakan suntikan ke dalam jaringan bagian belakang helaian daun tembakau secara perlahan sehingga suspensi dapat menyebar ke dalam jaringan. Respon tanaman akan terlihat dalam waktu 24-48 jam. Pengamatan dilakukan dengan melihat terjadi nekrosis atau tidak pada daerah daun tembakau yang disuntikkan bakteri (Zuraidah, 2013).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat disimpulkan:

1. Jumlah populasi bakteri asal suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit tertinggi didapatkan pada pengambilan sampel 18 HSP yaitu sebanyak $197,96 \times 10^{12}$ CFU mL⁻¹ dan jumlah populasi terendah pada pengambilan sampel 15 HSP yaitu sebanyak $0,02 \times 10^{12}$ CFU mL⁻¹.
2. Karakteristik koloni bakteri yang didapatkan pada suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit terdapat warna putih, putih keruh, merah, kuning, orange, putih kekuningan, kuning pekat, hingga bening, sedangkan bentuknya bulat dan tidak beraturan.
3. Sebagian besar bakteri yang didapatkan 71,43% bersifat gram positif, 90,48% bersifat fermentatif, 75% bersifat *softrot* negatif, 82,14% bersifat virulen, dan 94,05% bersifat negatif pada uji hipersensitif.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kemampuan bakteri terhadap pemacu pertumbuhan tanaman serta sebagai agensia pengendali hayati patogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrizal, Heryandi, Y., Amizar, R., dan Mahata, M. E. 2017. Evaluation of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr) waste fermented using different local microorganism solutions as poultry feed. *Pakistan Journal of Nutrition* 16(2): 84-89.
- Amalia, D. W. dan Widiyaningrum, P. 2016. Penggunaan EM4 dan MOL limbah tomat sebagai bioaktivator pada pembuatan kompos. *Life Science* 5(1): 18-24.
- Anggraini, R., Aliza, D., dan Mellisa, S. 2016. Identifikasi bakteri *Aeromonas hydrophila* dengan uji mikrobiologi pada ikan lele (*Clarias gariepinus*) yang dibudidayakan di kecamatan Baitussalam kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah* 1(2): 271-286.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Statistik Indonesia 2018*. Badan Pusat Statistik. Jakarta. 719 hlm.
- Batubara, U. M., Susilawati, I. O., dan Riany, H. 2015. Isolasi dan karakterisasi bakteri indigenous tanah di kawasan kampus Universitas Jambi. *Prosiding Semirata 2015 Bidang MIPA BKS-PTN Barat*, Pontianak 15-17 September 2015 hlm. 243-250.
- Chandra, T. J. dan Mani, P. S. 2011. A study of 2 rapid tests to differentiate gram positive and gram negative aerobic bacteria. *Journal of Medical and Allied Sciences* 1(2): 84-85.
- Danaatmadja, Y., Subandiyah, S., Joko, T., dan Sari, C. U. 2009. Isolasi dan karakterisasi *Ralstonia solanaceae*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 15(1): 7-12.
- Dewanti, D. P. 2018. Potensi selulosa dari limbah tandan kosong kelapa sawit untuk bahan baku bioplastik ramah lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 19(1): 81-87.
- Fuadi, A. M. dan Pranoto, H. 2016. Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan glukosa. *Chemica* 3(1): 1-5.

- Habazar, T. dan Rivai, F. 2004. *Bakteri Patogenik Tumbuhan*. Andalas University Press. Padang. 441 hlm.
- Handayani, S. H., Yunus, A., dan Susilowati, A. 2015. Uji kualitas pupuk organik cair dari berbagai macam mikroorganisme lokal (MOL). *El-Vivo* 3(1): 54-60.
- Hasibuan, Z. H., Sabrina, T., dan Sembiring, M. B. 2012. Potensi bakteri azotobacter dan hijauan *Mucuna bracteata* dalam meningkatkan hara nitrogen kompos tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Agroekoteknologi* 1(1): 237-253.
- Juanda, Irfan, dan Nurdiana. 2011. Pengaruh metode dan lama fermentasi terhadap mutu MOL (Mikroorganisme Lokal). *J.Floratek* 6: 140-143.
- Lai, C. M. T., Chua, H. B., Danquah, M. K., dan Saptoru, A. 2017. Isolation of thermophilic lignin degrading bacteria from oil-palm empty fruit bunch (EFB) compost. *29th Symposium of Malaysian Chemical Engineers (SOMChE) 2016*, Sarawak 1-3 Desember 2016 hlm. 1-11.
- Marsiningsih, N. W., Suwastika, A. A. N. G., dan Sutari, N. W. S. 2015. Analisis kualitas larutan Mol (mikroorganisme lokal) berbasis ampas tahu. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 4(3): 180-190.
- Masnilah, R., Abadi, A. L., Astono, T. H., dan Aini, L. Q. 2013. Karakterisasi bakteri penyebab penyakit hawar daun edamame di Jember. *Berkala Ilmiah Pertanian* 1(1): 10-14.
- Oviana, T., Aeny T. N., dan Prasetyo, J. 2015. Isolasi dan karakterisasi penyebab penyakit busuk buah pada tanaman nanas (*Ananas comosus* [L.] Merr.). *J. Agrotek Tropika* 3(2): 220-225.
- Pelczar, M. J. dan Chan, E. C. S. 2013. *Dasar-Dasar Mikrobiologi 1*. Diterjemahkan oleh Hadioetomo, R. S., Imas, T., Tjitrosomo, S. S., dan Angka, S. L. UI Press. Jakarta. 443 hlm.
- Priharta, A. A. Y. D. 2008. Isolasi dan identifikasi bakteri endofit dalam batang tanaman *Artemisia annua* L. yang diuji potensi antibakterinya terhadap *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Skripsi Universitas Sanata Dharma*. Yogyakarta. 102 hlm.
- Pujiyanto, S., Sunarno, dan Widayarsi, A. 2015. Isolasi dan karakterisasi bakteri endofit penghasil inhibitor α -glukosidase dari tanaman pare (*Momordica charantia* L.). *Prosiding SNST ke-6*, Semarang 10 Juni 2015 hlm. 65-71.

- Rosli, N. S., Harun, S., Jahim, J. Md. dan Othaman, R. 2017. Chemical and physical characterization of oil palm empty fruit bunch. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 21(1): 188-196.
- Rupaedah, B., Purwoko, D., Saffarida, A., Tajuddin, T., Wahid, A., Sugianto, M., Suja'I, I., dan Suyono, A. 2019. Skrining dan identifikasi mikroba ligninolitik pada pengomposan alami tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia* 6(1): 139-148.
- Saletes, S., Caliman, J. P., dan Raham, D. 2004. Study of Mineral Nutrient Losses Form Oil Palm Empty Fruit Bunches During Temporary Storage. *Journal of Oil Palm Research* 16(1): 11-21.
- Salmina. 2016. Studi pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit oleh masyarakat di Jorong Koto Sawah Nagari Ujung Gading Kecamatan Lembah Melintang. *Jurnal Spasial* 3(2): 33-40.
- Seni, I. A. Y., Atmaja, I. W. D., dan Sutari, N. W. S. 2013. Analisis kualitas larutan Mol (Mikroorganisme Lokal) berbasis daun gamal (*Gliricidia sepium*). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 2(2): 135-144.
- Suhastyo, A. A., Anas, I., Santosa, D. A., dan Lestari, Y. 2013. Studi mikrobiologi dan sifat kimia mikroorganisme lokal (MOL) yang digunakan pada budidaya padi metode SRI (*System of Rice Intensification*). *Saintek* 10(2): 29-39.
- Supriyanto, Priyatmojo, A., dan Arwiyanto, T. 2009. Penapisan PGPF untuk pengendalian penyakit busuk lunak lidah buaya (*Aloe vera*) di tanah gambut. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 15(2): 71-82.
- Suryantini, R., Priyatmojo, A., Widyastuti, S. M., dan Kasiamdari, R. 2011. Karakteristik *Rhizoctonia* spp. dari tanah di bawah tegakan tusam (*Pinus Merkusii* Jungh. Et De Vriese). *Jurnal Budidaya Tanaman* 7(1): 8-13.
- Triyadi, C., Rahman, Y., dan Trisakti, B. 2015. Pengaruh tinggi tumpukan pada pengomposan tandan kosong kelapa sawit menggunakan pupuk organik aktif dari limbah cair pabrik kelapa sawit di dalam komposter menara drum. *Jurnal Teknik Kimia USU* 4(4): 25-31.
- Wiswasta, I. G. N. A., Widnyana, I. K., Raka, I. D. N., dan Cipta, I. W. 2016. Mikroorganisme lokal (MOL) sebagai pupuk organik cair dari limbah pertanian dan kaitannya dengan ketersediaan hara makro dan mikro. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, Denpasar 29-30 Agustus 2016 hlm. 892-900.

- Yeremia, E. 2016. Pengaruh konsentrasi mikroorganisme lokal (MOL) dari rebung bambu terhadap pertumbuhan tanaman sawi caisim (*Brassica juncea* L.) *Skripsi*. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta. 129 hlm.
- Zainudin, M. H. M., Hassan, M. A., Tokura, M., dan Shirai, Y. 2013. Indigenous cellulolytic and hemicellulolytic bacteria enhanced rapid co-composting of lignocellulose oil palm empty fruit bunch with palm oil mill effluent anaerobic sludge. *Bioresource Technology* 147: 632-635
- Zuraidah. 2013. Pengujian beberapa bakteri penghambat pertumbuhan *Xantomonas oryzae* pv. *Oryzae* pada tanaman padi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi* 5(1):18-24.