

**PENGGUNAAN IRADIASI SINAR ULTRAVIOLET UNTUK
MENGHASILKAN MUTAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
Entrophospora sp. ISOLAT MV 5 TAHAN N TINGGI,
P TINGGI, DAN pH RENDAH**

(Skripsi)

Oleh

ITSNA AFIFATURRAHMAH



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

PENGGUNAAN IRADIASI SINAR ULTRAVIOLET UNTUK MENGHASILKAN MUTAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR *Entrophospora* sp. ISOLAT MV 5 TAHAN N TINGGI, P TINGGI, DAN pH RENDAH

Oleh

ITSNA AFIFATURRAHMAH

Sinar ultraviolet adalah mutagen yang efektif untuk membentuk suatu mutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan lama penyinaran ultraviolet untuk menghasilkan mutan Fungi Mikoriza Arbuskular *Entrophospora* sp. Isolat MV 5 tahan terhadap N tinggi, P tinggi, dan pH rendah. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Produksi Perkebunan dan Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung dari bulan Januari- April 2017.

Rancangan perlakuan yang digunakan adalah rancangan tunggal terstruktur dengan tiga ulangan. Perlakuan adalah lamanya penyinaran FMA *Entrophospora* sp. Isolat MV 5 dengan sinar ultraviolet (kontrol, 0, 5, 10, 20 menit) yang terbagi dalam 3 sub-penelitian yaitu N tinggi, P tinggi, dan pH rendah. Untuk setiap satuan percobaan spora FMA diisolasi sebanyak 150 spora dalam cawan plastik

dengan bantuan Mikroskop stereo kemudian dikeringkan. Spora FMA tersebut selanjutnya disinari ultraviolet berdasarkan perlakuan melalui alat UV Chamber dengan kondisi cawan tertutup dan jarak antara cawan dan sumber cahaya sejauh 15 cm. Terdapat waktu jeda penyinaran antar perlakuan adalah 10 menit. Spora yang telah diiradiasi kemudian diinkubasi pada suhu 20 °C selama 1x 24 jam. Kemudian, spora FMA dikecambahkan dalam *cell culture cluster* yang berisi larutan N 800 ppm, larutan P 2.000 ppm, dan pH 2,0 sebanyak 1 spora perlubang, selanjutnya *cell culture cluster* dibungkus polibag dan dengan suhu inkubasi 30 °C. Parameter yang diamati adalah persentase perkecambahan spora. Spora FMA yang berkecambah dianggap sebagai terduga mutan FMA. Data yang diperoleh tidak dianalisis ragam, tetapi data yang ditampilkan merupakan data asli dan nilai tengah atau rata-rata.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap taraf lama waktu penyinaran UV dapat menghasilkan perkecambahan spora FMA pada larutan N tinggi, P tinggi, dan pH rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terduga mutan FMA *Entrophospora* sp. tahan N tinggi, P tinggi, dan pH 2,0 diperoleh pada selang waktu penyinaran UV antara 5-10 menit.

Kata kunci : Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA), mutan, sinar ultraviolet (UV)

**PENGGUNAAN IRADIASI SINAR ULTRAVIOLET UNTUK
MENGHASILKAN MUTAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
Entrophospora sp. ISOLAT MV 5 TAHAN N TINGGI,
P TINGGI, DAN PH RENDAH**

Oleh

Itsna Afifaturrahmah

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

pada

JURUSAN AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi : **PENGGUNAAN IRADIASI SINAR
ULTRAVIOLET UNTUK MENGHASILKAN
MUTAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
Entrophospora sp. ISOLAT MV 5 TAHAN
N TINGGI, P TINGGI, DAN pH RENDAH**

Nama Mahasiswa : **Itsna Afifaturrahmah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1314121196

Jurusan/ PS : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Maria Viya Rini, M.Sc.
NIP 19660304 1990122001



Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D.
NIP 19810621 200501103

2. Ketua Jurusan Agroteknologi



Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 19630508 1988112001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

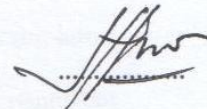
Ketua

: Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.



Sekretaris

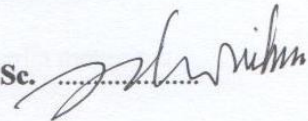
: Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M. Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 19611020 198603100 2

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Oktober 2017

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "PENGUNAAN IRADIASI SINAR ULTRAVIOLET UNTUK MENGHASILKAN MUTAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR *Entrophospora sp.* ISOLAT MV 5 TAHAN N TINGGI, P TINGGI, DAN PH RENDAH" merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 7 November 2017

Penulis,



Itsna Afifaturrahmah
NPM 1314121196

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kampung Kartaraharja, Kecamatan Tulang Bawang Udik, Kabupaten Tulang Bawang Barat, pada 07 November 1995 sebagai anak pertama dari pasangan Ibu Siti Halimah S. dan Bapak Suwarno.

Penulis mengawali pendidikan formalnya di Sekolah Dasar (SD) Negeri 3 Dayamurni pada tahun 2001-2007, dilanjutkan ke Madrasah Tsanawiyah (MTs) Al-Munawaroh Dayamurni pada tahun 2007-2010, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Tumijajar tahun 2010-2013. Pada tahun 2013 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Program Studi Agroteknologi melalui ujian tertulis Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada bulan Januari – Maret 2016, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) tematik selama 60 (enam puluh) hari di Kampung Tri Tunggal Jaya, Kecamatan Banjar Agung, Kabupaten Tulang Bawang. Pada bulan Juli – Agustus 2016, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di UPTD Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura, Laboratorium Proteksi Tanaman Trimurjo di Kecamatan Trimurjo, Kabupaten Lampung Tengah.

Penulis tercatat sebagai Sekbid. Kemuslimahan FOSI FP 2014-2015, tutor mata kuliah biologi dalam FILMA (Forum Ilmiah Mahasiswa) pada tahun 2015.

Penulis pernah menjadi Asisten Dosen mata kuliah Dasar-dasar Budidaya Tanaman pada tahun ajaran 2016/2017, Statistika Pertanian tahun ajaran 2016/2017, Produksi Tanaman Pangan pada tahun ajaran 2016/2017, serta mata kuliah Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit pada tahun ajaran 2016/2017 dan tahun ajaran 2017/2018. Penulis juga aktif dalam organisasi luar kampus IKAM TUBABA (Ikatan Mahasiswa Tulang Bawang Barat) tahun 2015-2016.

MOTTO

“Wahai, orang-orang yang beriman. Mohonlah pertolongan (kepada ALLAH) dengan sabar dan sholat. Sungguh, ALLAH beserta orang-orang yang sabar.”
(*Q.S. Al-Baqarah : 153*)

“Jika ingin menciptakan sesuatu, maka lakukanlah sesuatu.
Kalau engkau tak sanggup mengerjakan sesuatu, maka tinggalkan,
dan pindah kepada yang lebih engkau sanggupi.”
(*Syaikh Yusuf Dajwi*)

“Orang yang hidup hanya mencari sesuap nasi,
namun tidak diikat oleh kenikmatan bekerja, akan sukar merasakan bahagia,
semakin lama akan mundur tenaganya, serta kian kecewa hatinya.”
(*Buya Hamka*)

Bismillaahirrohmaanirrohiim

Karya ini kupersembahkan untuk Ibu-Bapak, Adik semata wayang,
keluarga besar yang menyayangi selalu,
berikut pula rekan, teman, sahabat, dan saudara
dalam setiap langkah perjuangan, serta
almameter yang kubanggakan

Semoga karya ini bermanfaat

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan nikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc., selaku pembimbing utama dan pembimbing akademik yang telah memberi ilmu pengetahuan, motivasi, semangat, bimbingan, dan arahan, serta nasihat dalam melakukan penelitian dan selama menyelami masa perkuliahan.
2. Bapak Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D., selaku pembimbing kedua yang telah memberi ilmu pengetahuan, saran, dan bimbingan dalam penelitian ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc., selaku penguji atas saran, kritik, dan bimbingan dalam penelitian ini.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.S., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
6. Kedua orang tua penulis, Ibu Siti Halimah S. dan Bapak Suwarno, dan adik penulis Annas Shoffy Muammar, serta keluarga besar yang telah memberi kasih-sayang, cinta, dan do'a serta dukungan kepada penulis.
7. Ibu Dr. Supriatin, S.P., M.Sc., yang telah memberikan saran kepada penulis.

8. Bapak Rahmatulloh dan Ibu Sri Murni sebagai orang tua asuh penulis.
9. Mbak Nelda Susanti, Dy. Uswatun Hasanah, Aprilia Firdha Damayanti, dan Lucky Fiestaminati yang menjadi kakak, teman, sahabat, rekan, sekaligus keluarga baru yang menjadi semangat besar bagi kehidupan penulis.
10. *Myco Family* (Mbak Anggun, Mbak Retta, Mbak Novri, Mbak Novi, Mbak Usnaqul, David, dan Silfi) yang selalu menyemangati.
11. Para Pemburu S.P. (Rully Yosita, Sari Dewi, Siti Istiqomah, Siti Maysaroh, Siti Nur Rohmah, Steffy Agustin, Tri Lestari, Umi Mahmudah, Vina Oktavia, dan Wiwin Ervinatun) yang selalu membersamai dalam setiap langkah perjuangan penulis.
12. Keluarga Agroteknologi Kelas D 2013, teman-teman KKN 2016 Kampung Tri Tunggal Jaya, keluarga D'BEAT, rekan FOSI FP, dan sahabat IKAM TUBABA, serta sahabat Alumni SMAN 1 Tumijajar atas seluruh kebersamaan dan rasa berbaginya.
13. Serta seluruh orang-orang baik yang ada di dekat penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu, semoga dalam lindungan-Nya selalu.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan mereka dengan sebaik-baik balasan dan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Aamiin.

Bandar Lampung, 7 November 2017

Penulis,

Itsna Afifaturrahmah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Landasan Teori	5
1.4 Kerangka Pemikiran	7
1.5 Hipotesis	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Fungi Mikoriza Arbuskular	10
2.2 <i>Entrophospora</i>	12
2.3 Mutasi	13
2.4 Sinar Ultraviolet (UV)	15
III. BAHAN DAN METODE	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Bahan dan Alat	17
3.3 Rancangan Percobaan dan Analisis Data	19
3.4 Pelaksanaan Penelitian	19
3.4.1 Isolasi Spora FMA	20
3.4.2 Penyiapan Larutan N tinggi, P tinggi, dan pH rendah	21
3.4.3 Penyinaran Ultraviolet (UV)	22
3.4.4 Inkubasi	22
3.4.5 Pengecambahan Spora.....	22

3.5 Variabel Pengamatan	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	24
4.1.1 Mutan FMA pada konsentrasi larutan N 800 ppm	24
4.1.2 Mutan FMA pada konsentrasi larutan P 2.000 ppm	25
4.1.3 Mutan FMA pada larutan pH 2,0	26
4.2 Pembahasan	28
V. SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Deskripsi FMA <i>Entrophospora</i> sp. Isolat MV 5	18
2. Persentase perkecambahan FMA <i>Entrophospora</i> sp. hasil penyinaran UV dalam larutan N 800 ppm pada 4 MSI	25
3. Jumlah isolat terduga mutan tahan terhadap kondisi N tinggi (800 ppm)..	25
4. Persentase perkecambahan FMA <i>Entrophospora</i> sp. hasil penyinaran UV dalam larutan P 2.000 ppm pada 4 MSI	26
5. Jumlah isolat terduga mutan tahan terhadap kondisi P tinggi (2.000 ppm)	26
6. Persentase perkecambahan FMA <i>Entrophospora</i> sp. hasil penyinaran UV dalam larutan pH 2,0 pada 4 MSI	27
7. Jumlah isolat terduga mutan tahan terhadap kondisi pH rendah (pH 2,0)..	27
8. Hasil analisis sifat kimia tanah dengan cara pemupukan N dan P berbeda pada 4 MSA (minggu setelah aplikasi)	28
9. Kriteria sifat kimia tanah hasil analisis yang dibandingkan dengan kriteria Mutert (1999)	28
10. Kriteria penilaian sifat-sifat kimia tanah	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Perkembangan spora pada <i>Entrophospora</i>	13
2. Spora FMA <i>Entrophospora</i> sp. MV 5 hasil isolasi	20
3. Kecambah spora FMA <i>Entrophospora</i> sp. isolat MV 5	33

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Mikoriza adalah suatu bentuk simbiosis mutualisme antara akar tanaman dengan fungi tertentu (Kartika, 2012). Hubungan yang terjadi pada akar tanaman dan fungi bersifat mutualisme karena tanaman dapat memberikan senyawa-senyawa organik karbon untuk pertumbuhan fungi. Sebaliknya, fungi memberi keuntungan pada tanaman berupa peningkatan serapan unsur hara, air, menghasilkan enzim, antibiotik dan senyawa lainnya yang diberikan pada tanaman inangnya. Melalui simbiosis tersebut, mikoriza menguntungkan bagi tanaman dalam membantu kerja perakaran tanaman sehingga mampu meningkatkan toleransi terhadap keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan seperti kondisi kekeringan dan salinitas (Brundrett *et al.*, 1996).

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) merupakan salah satu jenis fungi yang ditemukan secara alami pada tanah. FMA dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman melalui peningkatan serapan unsur hara makro maupun mikro. FMA memiliki hifa pada permukaan akar tanaman yang berfungsi sebagai perpanjangan akar untuk menjangkau hara dan air yang berada jauh dari akar tanaman (Smith and Read, 2008).

Keunggulan FMA sebagai agen pupuk hayati yaitu selain dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, perbanyakannya dan penggunaannya yang relatif mudah, aplikasi FMA tidak menimbulkan efek residu pada lingkungan, serta memperbaiki lahan kritis dengan meningkatkan agregasi tanah (Banuwa, 2013).

Efektifitas FMA di lapangan dipengaruhi oleh faktor biotik (tanaman inang, jenis FMA, dan mikroorganisme lain) dan faktor abiotik (suhu, pH tanah, kelembaban tanah, N-total, P-tersedia, dan konsentrasi logam berat). Faktor utama yang mempengaruhi FMA adalah pemupukan kimia berlebihan yang dilakukan pada praktik pertanian (Rao, 1994; Zarate dan Cruz, 1995). Pemberian pupuk akan menambah ketersediaan unsur hara sehingga tanah menjadi subur, sehingga ketersediaan unsur hara tersebut akan menekan perkembangan FMA.

Kandungan nitrogen (N) yang tinggi di dalam tanah akibat pemupukan Urea atau ZA dengan dosis tinggi pada tanaman akan menyebabkan penurunan populasi FMA (Johnson dan Pflieger, 1992). Selain itu, meningkatnya kandungan N-total di dalam tanah juga memiliki kecenderungan untuk menurunkan nilai pH tanah dengan kata lain memasamkan tanah (Firmansyah dan Sumarni, 2013).

Aplikasi pupuk P mempengaruhi perkembangan FMA. Khalidin *et al.* (2012) menyatakan bahwa aplikasi pupuk P terlalu tinggi dapat menekan perkembangan FMA. Pemupukan P berlebihan pada lahan pertanaman tebu menghambat perkembangan jumlah spora dan persen infeksi akar (Listyowati *et al.*, 2013).

Perkembangan FMA di dalam tanah juga dipengaruhi oleh pH (Gupta dan Kumar, 2000). Beberapa spesies FMA mempunyai kisaran toleransi terhadap pH yang sangat beragam. Akan tetapi, masih cukup sulit menentukan pH tanah yang

terbaik untuk perkembangan dan produksi FMA (Menge, 1984), karena pH berpengaruh langsung terhadap aktivitas enzim yang berperan dalam perkecambahan, perkembangan dan peran terhadap pertumbuhan tanaman (Maas dan Nieman, 1978).

Strategi yang diupayakan dalam mengoptimalkan fungsi kerja FMA terhadap kondisi N tinggi, P tinggi, dan pH rendah terus dilakukan. Salah satu upaya tambahan adalah melalui pendekatan genetika. Pendekatan genetika dapat memperbesar peluang dalam memperbaiki kemampuan FMA yang lebih unggul yaitu tahan terhadap kondisi N tinggi, P tinggi, dan pH rendah dengan mutasi oleh iradiasi salah satunya dengan sinar ultraviolet (UV).

Sinar ultraviolet merupakan mutagen yang cukup efektif untuk membuat mutan suatu mikroorganisme. Radiasi sinar ultraviolet gelombang panjang dapat mengarahkan beberapa jenis perubahan dalam struktur DNA tanaman dan dapat juga menyebabkan mutasi. Radha *et al.* (2012) melaporkan bahwa radiasi sinar UV pada jamur *Aspergillus niger* mampu meningkatkan protease 2 kali lebih tinggi dibanding tipe liar (*wild type*). Perbaikan sifat *Streptomyces viridifaciens* untuk menghasilkan antibiotik lebih tinggi dengan induksi sinar UV juga berhasil dilakukan. Keberhasilan ini terus memicu berbagai penelitian untuk memperoleh mutan mikroorganisme yang lebih unggul dalam berbagai kebutuhan dari skala kecil hingga skala industri dengan menggunakan sinar ultraviolet (Bapiraju *et al.*, 2004).

Penggunaan sinar UV sebagai mutagen telah banyak dilaporkan keberhasilannya. Sinar UV memiliki keunggulan yaitu murah, mudah dilakukan, aman dan efektif. Secara alamiah, mutasi dapat terjadi secara spontan oleh sinar ultraviolet. Hanya saja perlu pengaturan radiasi yang ketat untuk memperoleh karakter mutan yang dikehendaki pada rentang waktu penyinaran tertentu sehingga dapat menyebabkan perubahan fungsi metabolisme. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mutasi dengan menggunakan iradiasi sinar UV pada FMA *Entrophospora* sp. untuk mengetahui beberapa lama waktu penyinaran yang diperlukan untuk memperoleh mutan spora FMA yang tahan terhadap kondisi N tinggi, P tinggi, dan pH rendah.

Berdasarkan latar belakang dan masalah, maka dilaksanakan penelitian untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan berikut.

1. Berapakah lama penyinaran UV yang diperlukan untuk menghasilkan mutan FMA *Entrophospora* sp. yang tahan terhadap kondisi N tinggi?
2. Berapakah lama penyinaran UV yang diperlukan untuk menghasilkan mutan FMA *Entrophospora* sp. yang tahan terhadap kondisi P tinggi?
3. Berapakah lama penyinaran UV yang diperlukan untuk menghasilkan mutan FMA *Entrophospora* sp. yang tahan terhadap kondisi pH rendah?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan rumusan masalah, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut.

1. Menentukan lama penyinaran UV terbaik yang menghasilkan mutan FMA *Entrophospora* sp. tahan terhadap kondisi N tinggi.
2. Menentukan lama penyinaran UV terbaik yang menghasilkan mutan FMA *Entrophospora* sp. tahan terhadap kondisi P tinggi.
3. Menentukan lama penyinaran UV terbaik yang menghasilkan mutan FMA *Entrophospora* sp. tahan terhadap kondisi pH rendah.

1.3 Landasan Teori

Dalam rangka menyusun penjelasan teoretis terhadap pertanyaan yang dikemukakan, penulis menggunakan teori sebagai berikut.

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) terdapat secara alami di dalam tanah. Namun, tingkat populasi dan tingkat komposisi jenis sangat beragam dan dipengaruhi oleh karakteristik tanaman dan sejumlah faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban tanah, pH tanah, kandungan fosfor dan nitrogen (Soelaiman dan Hirata, 1995).

Penggunaan pupuk pada pertanian konvensional dapat mempengaruhi perkembangan simbiosis FMA dalam tanah. Pemupukan N dan P dalam dosis tinggi mempengaruhi perkembangan FMA di alam (Douds dan Shchenk, 1990). Menurut Islami dan Utomo (1995), ketersediaan hara terutama N dan P yang rendah akan mendorong pertumbuhan FMA. Sebaliknya, pemupukan N dengan

dosis yang terlalu tinggi dapat menurunkan kolonisasi FMA (Johnson dan Pflieger, 1992). Selain dapat meningkatkan kandungan N-total di dalam tanah, pemberian pupuk N juga memiliki kecenderungan untuk menurunkan nilai pH tanah (Firmansyah dan Sumarni, 2013).

Penggunaan pupuk P dalam dosis yang berlebihan dapat menekan kolonisasi mikoriza pada akar tanaman, sehingga perlu batas maksimal dalam pemberian pupuk P (Simanungkalit, 2006). Jumlah P tersedia dalam tanah mempengaruhi simbiosis FMA dengan tanaman. Apabila tanaman telah mendapatkan cukup mineral fosfat, maka populasi FMA di dalam tanah pun ikut berkurang. Hal ini juga dapat terjadi apabila sudah terdapat banyak unsur hara fosfat di dalam tanah (Raina *et al.*, 2000).

Dalam perkembangannya, FMA dipengaruhi oleh pH, suhu dan kelembaban. Meskipun, umumnya FMA lebih tahan terhadap perubahan pH tanah tetapi daya adaptasinya berbeda pada masing-masing spesies FMA, tergantung pada adaptasi FMA terhadap lingkungan. Keasamaan tanah (pH) dapat berpengaruh langsung terhadap aktivitas enzim yang berperan dalam perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman (Maas dan Nieman, 1978).

Sinar ultraviolet merupakan salah satu mutagen yang efektif. Sebagai mutagen yang dihasilkan dari perlakuan fisik, sinar ultraviolet memiliki daya penetrasi lebih rendah dibandingkan dengan sinar gamma dan sinar X. Namun, sinar ultraviolet dapat diserap maksimal oleh substansi dalam DNA. Mutagen sinar ultraviolet memiliki spektrum yang luas tentang peubah mengenai mutasi selain mengakibatkan perubahan susunan pasangan DNA (Hardianto *et al.*, 2015),

terbentuknya dimer timin dan pertautan satu rantai polimer dengan polimer lainnya (*cross links*) (Parekh *et al.*, 2000), dan replikasi serta delesi (Britt, 1995).

Radiasi sinar UV selama 30 menit yang secara langsung mengenai sel *Phaffia rhodozyma* menghasilkan mutan *P. rhodozyma* MUV-1 yang memiliki koloni besar dengan pertumbuhan cepat dan memiliki produksi pigmen karotenoid lebih tinggi daripada tipe aslinya (Pujiyanto *et al.*, 2006). Suswanto dan Ramadhan (2014) melakukan mutasi dengan radiasi sinar UV untuk memperoleh kandidat agens pengendali hayati cendawan endofit *Trichoderma harzianum* dengan lama penyinaran selama 6 menit, sehingga diperoleh mutan *Trichoderma harzianum* yang memiliki tingkat sporulasi yang lebih cepat dan tetap mempertahankan sifat antagonisnya terhadap *Septobasidium* spp. Penelitian yang dilakukan Patil dan Lung (2012) pada lama penyinaran UV selama 4 menit berhasil memperoleh mutan *Trichoderma harzianum* yang mampu mendegradasi kitin lebih kuat dan memiliki sifat waktu sporulasi lebih cepat.

1.4 Kerangka Pemikiran

Peran FMA sebagai pupuk hayati adalah meningkatkan produksi tanaman dengan penyerapan unsur hara makro maupun mikro melalui pembentukan hifa pada permukaan akar yang berfungsi sebagai perpanjangan akar terutama pada kondisinya miskin unsur hara dan pH rendah.

Keefektifan FMA dalam meningkat pertumbuhan tanaman tersebut mengalami hambatan di lapang karena tingginya kandungan N dan P di dalam tanah akibat pemupukan kimia yang berlebihan. Kondisi N tinggi dan P tinggi tersebut dapat

mempengaruhi populasi dan kolonisasi FMA. Selain itu, pH tanah yang rendah juga mempengaruhi perkembangan FMA. Ketidakefektifan FMA ini ditandai dengan tidak terbentuknya hifa yang ekstensif.

Spora FMA yang diisolasi dari inokulum MV 5 *Entrophospora* sp. diradiasi dengan sinar ultraviolet (UV) menggunakan alat UV Chamber pada lama waktu penyinaran yang berbeda. Saat radiasi berlangsung, sinar ultraviolet (UV) akan mengenai bagian tubuh spora FMA, sehingga ada bagian sel atau DNA dalam spora FMA yang akan mengalami mutasi dan terjadi perubahan susunan DNA sehingga akan mempengaruhi sifat dari spora FMA tersebut. Diharapkan akan diperoleh lama waktu iradiasi sinar UV yang dapat menghasilkan mutan spora FMA yang dapat tahan terhadap keadaan N tinggi, P tinggi, dan pH rendah.

Keberhasilan iradiasi sinar UV perlu diketahui melalui adanya kemampuan berkecambah spora. Spora FMA yang diiradiasi pada 4 jenis lama waktu penyinaran sinar UV 0, 5, 10, dan 20 menit dikecambahkan pada kondisi media yang berbeda-beda, yaitu N tinggi, P tinggi, dan pH rendah. Pada saat perkecambahan, spora FMA menghendaki kondisi lingkungan yang sesuai untuk berkecambah yaitu pada kondisi gelap dengan suhu 30° C. Dengan demikian, spora FMA yang diiradiasi dengan sinar UV pada berbagai lama waktu penyinaran yang berbeda-beda diharapkan mampu berkecambah pada larutan media N tinggi, P tinggi, dan pH rendah.

Spora FMA hasil diiradiasi UV dan mampu berkecambah pada kondisi N tinggi, P tinggi, dan pH rendah diduga sebagai mutan FMA tahan N tinggi, P tinggi, dan pH rendah. Hifa yang terbentuk dari spora FMA merupakan indikasi spora

berkecambah. Oleh karena itu, pengamatan perkecambahan spora FMA *Entrophospora* sp. dilakukan dengan mengamati secara mikroskopis dengan bantuan mikroskop stereo. Spora FMA tersebut adalah terduga mutan spora FMA *Entrophospora* sp. yang tahan terhadap kondisi N tinggi, P tinggi, dan pH rendah.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, maka disusun hipotesis sebagai berikut.

1. Terdapat penyinaran UV pada selang waktu antara 5-20 menit yang menghasilkan FMA *Entrophospora* sp. isolat MV 5 tahan terhadap kondisi N tinggi.
2. Terdapat penyinaran UV pada selang waktu antara 5-20 menit yang menghasilkan FMA *Entrophospora* sp. isolat MV 5 tahan terhadap kondisi P tinggi.
3. Terdapat penyinaran UV pada selang waktu antara 5-20 menit yang menghasilkan FMA *Entrophospora* sp. isolat MV 5 tahan terhadap kondisi pH rendah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fungi Mikoriza Arbuskular

Mikoriza merupakan simbiosis mutualisme antara fungi tanah dengan akar tanaman (Subiksa, 2002). Adanya simbiosis mutualistik antara fungi dengan perakaran tanaman tersebut membantu pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Hal ini disebabkan mikoriza efektif dalam meningkatkan penyerapan unsur hara makro dan mikro melalui jaringan miselium di dalam tanah (Anas, 1997). Selain itu, mikoriza juga berkemampuan mereduksi stress lingkungan, meningkatkan toleransi terhadap stres hara, baik kahat atau kelebihan, kekeringan, dan keracunan tanah dengan berbagai mekanisme (Simanungkalit, 2003).

Ada beberapa tipe mikoriza, yaitu endomikoriza, ektomikoriza, ericoid mikoriza, monotropoid mikoriza, mikoriza anggrek dan arbutoid mikoriza. Namun, secara umum tipe mikoriza yang banyak terjadi adalah endomikoriza dan ektomikoriza Smith dan Read (2008). Berdasarkan struktur dan cara fungi menginfeksi akar, mikoriza dikelompokkan dalam 3 (tiga) tipe, yaitu endomikoriza, ektomikoriza, dan ektendomikoriza.

- 1) Endomikoriza memiliki struktur berupa vesikel dan arbuskul. Vesikel adalah penggelembungan hifa yang berbentuk bulat dan berfungsi sebagai tempat

penyimpan cadangan makanan. Sedangkan, arbuskul merupakan sistem percabangan hifa yang kompleks, bentuknya seperti akar halus dan berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara jamur dan tanaman (Delvian, 2005), sehingga endomikoriza disebut juga vesikuler-arbuskular mikoriza yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai pupuk hayati (Setiadi, 2001).

- 2) Ektomikoriza memiliki sifat antara lain akar yang kena infeksi membesar, bercabang, rambut-rambut akar tidak ada, hifa menjorok ke luar dan berfungsi sebagai alat efektif dalam menyerap unsur hara berkembang di antara dinding-dinding sel jaringan korteks membentuk struktur seperti pada jaringan hartiq.
- 3) Ektendomikoriza merupakan bentuk antara (intermediet) mikoriza tipe ektomikoriza dan endomikoriza. Ciri-cirinya antara lain terdapat selubung akar yang tipis berupa jaringan hartiq, hifa dapat meninfeksi dinding sel korteks dan juga sel-sel korteksnya. Penyebarannya terbatas dalam tanah-tanah hutan sehingga pengetahuan tentang mikoriza tipe ini sangat terbatas.

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) tergolong ke dalam endomikoriza, karena pada saat menginfeksi di dalam sel jaringan tanaman tersebut membentuk organ arbuskular, sehingga endomikoriza sering juga disebut dengan istilah fungi mikoriza arbuskular. FMA selalu berasosiasi dengan tanaman tingkat tinggi dan keduanya saling memberikan keuntungan (Nuhamara, 1993). FMA dapat bersimbiosis dengan sebagian besar (97%) famili tanaman, antara lain tanaman pangan, hortikultura, kehutanan, perkebunan, dan tanaman pakan. Manfaat FMA dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu untuk tanaman, ekosistem, dan bagi manusia. Bagi tanaman, FMA sangat berguna untuk meningkatkan serapan hara, khususnya unsur fosfat (P). Kecepatan masuknya hara P ke dalam hifa FMA

dapat mencapai enam kali lebih cepat pada akar tanaman yang terinfeksi FMA dibandingkan dengan yang tidak terinfeksi FMA. Hal ini terjadi karena jaringan hifa eksternal FMA mampu memperluas bidang serapan. Hasil penelitian serapan hara lainnya dilaporkan oleh Kabirun (2002), Hasanudin (2003), dan Musfal (2008), yaitu FMA dapat meningkatkan serapan nitrogen (N) dan kalium (K).

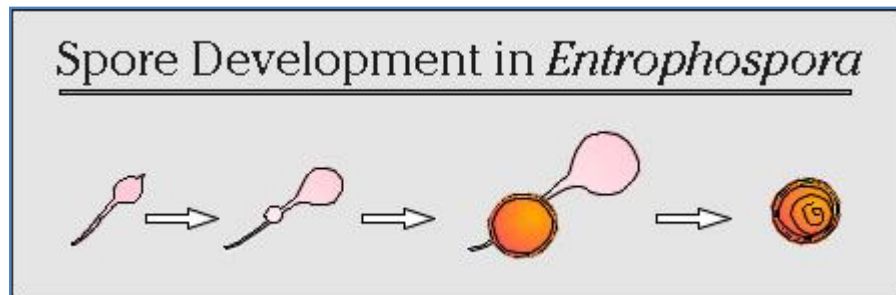
Terdapat banyak faktor abiotik dan biotik yang menentukan perkembangan FMA. Faktor biotik diantaranya adalah tanaman inang. Sedangkan, faktor abiotik atau lingkungan yang mempengaruhi perkembangan FMA adalah suhu, tanah, kadar air tanah, bahan organik tanah, intensitas cahaya dan ketersediaan hara, logam berat, serta fungisida. Lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman biasanya juga cocok untuk perkembangan spora FMA. Demikian pula, pada kondisi edafik yang dapat mendorong pertumbuhan akar juga sesuai untuk perkembangan hifa (Pujiyanto, 2001).

FMA dapat hidup dalam tanah yang berdrainase baik hingga yang tergenang seperti lahan sawah. Selain itu, FMA banyak dijumpai pada tanah dengan kadar mineral tinggi, baik pada hutan primer, hutan sekunder, kebun, padang alang-alang, pantai dengan salinitas tinggi, dan lahan gambut (Soelaiman dan Hirata, 1995). Karena lingkungan hidup FMA yang sangat luas, FMA sering dijadikan dasar dalam upaya perbaikan lahan kritis misalnya tanah masam.

2.2 Entrophospora

Entrophospora merupakan salah satu genus dari fungi mikoriza arbuskula dengan ukuran spora berkisar 121 µm. Proses perkembangan spora *Entrophospora* adalah

melalui *azygospora* yang berada di dalam blastik atau ditengah hifa miselium, sehingga akan terbentuk dua lubang yang simetris pada spora yang telah matang (Gambar 1). Warna spora kuning coklat, tetapi apabila spora belum matang warnanya akan tampak jauh lebih buram (INVAM, 2013).



Gambar 1. Perkembangan spora pada *Entrophospora* (INVAM, 2013).

2.3 Mutasi

Mutasi adalah perubahan informasi genetik yang terjadi pada bahan genetik suatu sel yang menyebabkan perubahan ekspresinya (Gumilan, 2001). Mutasi dapat terjadi secara alamiah karena faktor-faktor lingkungan seperti cahaya matahari maupun dengan cara induksi. Mutasi spontan disebabkan oleh fenomena alamiah seperti radiasi ultraviolet (Nasir, 2002). Penyebab terjadinya mutasi disebut mutagen. Mutagen dapat terbagi menjadi mutagen kimia dan mutagen fisika. Mutagen kimia adalah mutagen yang dihasilkan dari zat kimia yaitu asam nitrit, analog basa nukleotida, etil metan sulfonat (EMS), akridin, dan 2-metil-nitro-nitroso guanine (MNNG). Sedangkan, mutagen fisika adalah mutagen yang dihasilkan dari perlakuan fisik (radiasi). Mutagen yang menyebabkan mutasi terbagi menjadi radiasi ionisasi dan tanpa ionisasi. Contoh iradiasi ionisasi adalah proton, neutron, sinar x, alfa, gamma, dan beta. Sedangkan, iradiasi yang tidak mengionisasi adalah sinar ultraviolet (UV) (Fairbanks dan Andersen, 1999).

Mutasi merupakan salah satu metode pemuliaan untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman, salah satu teknologi alternatif untuk mendapatkan genotipe-genotipe baru. Mutasi dapat bersifat non letal, sub letal, atau letal. Mutasi dapat menyebabkan gen kehilangan fungsi atau memperoleh fungsi baru. Mutasi berupa timbulnya fungsi baru pada suatu gen nampaknya hanya berakibat pada kesalahan penyandi protein dan keadaan ini jika tidak bersifat letal, biasanya menimbulkan hasil berupa penampakan fenotipe yang berbeda dari keadaan normalnya, karena merupakan perubahan pada materi genetik, maka mutasi dapat diwariskan pada keturunannya (Hollander, 1995 dalam Ariyadi dan Dewi, 2009).

Mutasi menghasilkan mutan yaitu organisme apapun yang berbeda dari tipe aslinya (*wild type*). Mutasi terdiri atas beberapa jenis, yaitu :

1. Perubahan pasangan basa (*base pair change*), yang terjadi jika suatu pasangan basa pada untaian DNA berubah menjadi pasangan basa lain. Perubahan pasangan basa dapat diklasifikasikan menjadi 2, yaitu transisi dan transversi. Pada transisi, purin (A dan G) pasangan basa digantikan oleh purin lain atau pasangan basa pirimidin (C dan G). Sedangkan transversi, purin berubah menjadi pirimidin atau pirimidin menjadi purin.
2. Mutasi geser (*frameshift mutation*), terjadi ketika satu atau beberapa pasangan basa dapat dipindah atau ditambahkan pada DNA sehingga terjadi pergeseran pada pembacaan pada rangka DNA.
3. Delesi merupakan mutasi yang diakibatkan oleh hilangnya dua atau lebih nukleotida yang berdampingan. Ukuran rangkaian nukleotida yang hilang dapat mencapai ribuan bahkan ratusan ribu pasangan basa.

4. Insersi merupakan kebalikan dari delesi, yaitu adanya penambahan serangkaian basa ke dalam suatu gen.
5. Inversi merupakan penataan kembali struktur kromosom yang terjadi melalui pemutaran arah suatu ruas kromosom sehingga kromosom mutan akan mempunyai ruas yang urutan basanya merupakan kebalikan dari urutan basa kromosom liarnya.
6. Duplikasi adalah mutasi yang terjadi akibat penambahan ruas kromosom atau gen dengan ruas yang telah ada sebelumnya. Mutasi ini menyebabkan terjadinya pengulangan ruas-ruas DNA dengan urutan basa yang sama sehingga kromosom menjadi lebih panjang dibandingkan dengan kromosom tipe aslinya (Gumilan, 2001).

2.4 Sinar Ultraviolet (UV)

Energi terpancar tanpa media seperti sinar ultraviolet (UV) dari matahari disebut radiasi. Meskipun, sinar ultraviolet (UV) banyak dijumpai pada sinar matahari, tetapi sinar ultraviolet ini dipancarkan keluar oleh ozon di atmosfer. Sedangkan, energi yang digunakan untuk penyinaran bahan menggunakan sumber radiasi buatan seperti menggunakan alat UV Chamber disebut iradiasi (Winarno *et al.*, 1980).

Sinar ultraviolet merupakan jenis radiasi yang tidak menimbulkan ionisasi. Meskipun daya penetrasi ultraviolet rendah dibandingkan dengan sinar gamma dan sinar X, namun sinar ultraviolet dapat diserap maksimal oleh DNA (Chintya *et al.*, 2015). Sinar ultraviolet mempunyai kemampuan sebagai mutagen dan pada dosis tinggi dapat membunuh sel (Utami, 2014), tetapi tidak menyebabkan

kerusakan langsung pada DNA namun lebih pada hasil proses perbaikan DNA seluler yang terjadi pada DNA yang rusak sehingga menghasilkan perubahan yang tetap pada urutan dasar DNA (Gumilan, 2001).

Sinar ultraviolet merupakan salah satu dari tiga jenis radiasi sinar matahari yaitu inframerah (yang memberikan panas) dan cahaya yang terlihat. Radiasi ultraviolet dibagi tiga jenis menurut panjang gelombangnya. UV-A memiliki panjang gelombang antara 315-400 nm, UV-B berpanjang gelombang sedang antara 290-320 nm, dan UV-C bergelombang terpanjang antara 100-280 nm. Panjang gelombang sinar ultraviolet yang digunakan untuk membuat mutan suatu organisme adalah pada panjang gelombang 254-260 nm dengan lama waktu penyinaran tertentu (Lewis, 1997).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – April 2017 di Laboratorium Produksi Perkebunan dan Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah inokulum spora FMA *Entrophospora* sp. isolat MV 5 (Tabel 1) koleksi Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, aquades steril, kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4), urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), dan larutan HCl 1 N.

Sedangkan alat yang digunakan antara lain adalah saringan mikro (ukuran 150 μm dan 45 μm), cawan petri, cawan petri plastik (diameter 60 x15 mm), pinset spora, *hand tally counter*, labu ukur 1000 ml, gelas ukur 1000 ml, gelas beker 1000 ml, *magnetic stirrer*, UV Chamber (*UV Crosslinker*), inkubator *Biochemistry Incubator Model BJPX-Hartford*, plastik polibag, mikroskop stereo *Leica EZ 4*, pH-meter, *cell culture cluster* merk *Costar* dan *Falcon*, mikropipet 200 μl , kertas label, kamera, dan alat tulis.

Tabel 1. Deskripsi FMA *Entrophospora* sp. Isolat MV 5

Uraian	Deskripsi
Jenis FMA	<i>Entrophospora</i> sp. MV 5
Ciri-ciri	
1. Warna	Kuning tua
2. Bentuk	Bulat
3. Ornamen	Terdapat <i>sporiferus saccule</i>
Reaksi terhadap melzer	Bagian Tengah spora berwarna lebih gelap
Asal	Kebun Kelapa Sawit Bentar Krisik B., Medan, Sumatera Utara
Larutan perbanyakan	Pasir sungai zeolit
Tanaman inang	<i>Pueraria javanica</i> , p dan Jagung
Jumlah spora	2780/ 25g
Tanggal panen	17-11-2015
Gambar	
	(perbesaran 45 kali)

Sumber : Laboratorium Produksi Perkebunan Universitas Lampung, 2017.

3.3. Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Rancangan perlakuan yang digunakan adalah rancangan tunggal terstruktur dengan 3 (tiga) ulangan. Perlakuan yang diujikan adalah 4 (empat) waktu lama penyinaran ultraviolet (UV) yaitu kontrol (air), 0, 5, 10, dan 20 menit dan setiap perlakuan diulang sebanyak 3 (tiga) kali. Penelitian ini terbagi ke dalam 3 (tiga) sub penelitian, yaitu :

1. Sub penelitian larutan N tinggi (konsentrasi N 800 ppm)
2. Sub penelitian larutan P tinggi (konsentrasi P 2.000 ppm)
3. Sub penelitian larutan pH rendah (pH 2,0)

Data yang diperoleh tidak dianalisis ragam, tetapi data yang ditampilkan merupakan data asli dan nilai tengah atau rata-rata.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh lama waktu penyinaran sinar ultraviolet (UV) yang dapat menghasilkan mutan FMA *Entrophospora* sp. isolat MV 5 yang tahan N tinggi, P tinggi, dan pH rendah.

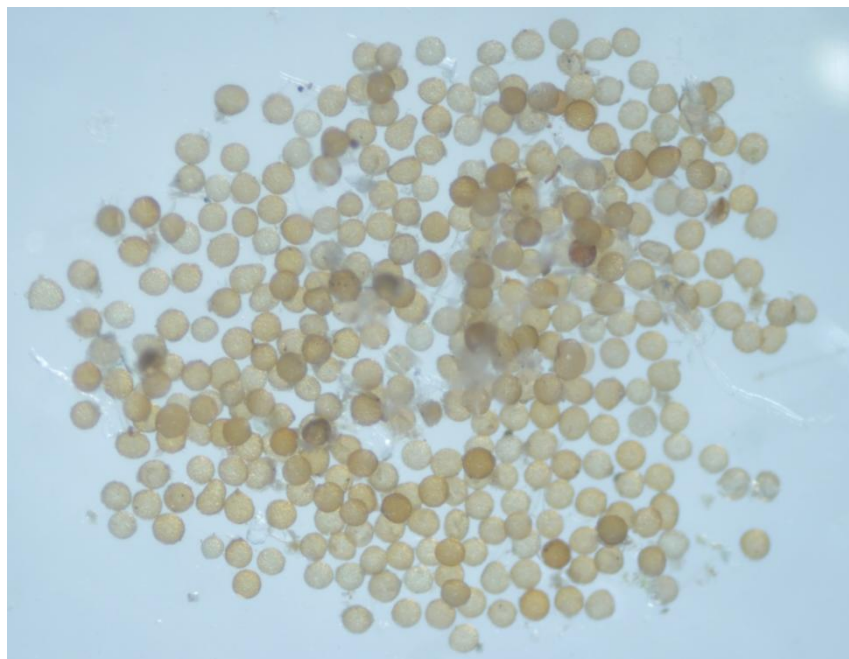
3.4.1 Isolasi Spora

Adapun cara isolasi spora FMA *Entrophospora* sp. isolat MV 5 sebagai berikut :

Inokulum MV 5 diambil sampel \pm 50 gram kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker 2.000 ml dan ditambahkan air sampai menjadi 1.000 ml. Inokulum dalam air tersebut diaduk selama \pm 20 detik. Setelah diaduk, suspensi didiamkan selama

± 10 detik sampai partikel yang besar mengendap dan spora terangkat ke atas. Kemudian, suspensi dituang ke dalam saringan mikro yang disusun bertingkat dengan urutan ukuran $150 \mu\text{m}$ di atas dan $45 \mu\text{m}$ di bawah (prosedur ini diulang sebanyak tiga kali). Selanjutnya dilakukan pembilasan dengan air keran secara perlahan untuk menjamin bahwa partikel-partikel yang kecil sudah terbawa oleh air. Hasil saringan tersebut dituangkan ke dalam cawan petri.

Spora yang berhasil disaring kemudian diamati dan diisolasi di bawah mikroskop stereo Leica EZ 4 pada perbesaran $35 \times$ menggunakan pinset spora dan sekaligus dihitung menggunakan *hand tally counter*. Spora yang diisolasi dikumpulkan ke dalam cawan petri plastik yang berukuran diameter 60 mm dan tinggi 15 mm sebanyak 150 spora per cawan. Spora kemudian dikeringkan dari air dengan menggunakan mikropipet $200 \mu\text{l}$ (Gambar 2).



Gambar 2. Spora FMA *Entrophospora* sp. isolat MV 5 hasil isolasi (perbesaran 45 kali)

Jumlah spora yang disiapkan dalam setiap cawan petri adalah sebanyak 150 spora, sehingga total cawan yang digunakan dalam penelitian sebanyak 15 cawan (5 perlakuan dengan 3 ulangan) termasuk dengan kontrol. Setiap perlakuan diwakili oleh 50 spora dari masing-masing cawan tersebut yang akan diuji kemampuan berkecambahnya pada larutan N tinggi, P tinggi, dan pH rendah. Sedangkan, perlakuan kontrol tidak diiradiasi UV dan dikecambahkan pada larutan air steril.

3.4.2 Penyiapan Larutan N tinggi, P tinggi, dan pH rendah

a. Larutan N tinggi (konsentrasi 800 ppm N)

Pembuatan larutan N tinggi dengan konsentrasi 800 ppm N dilakukan dengan melarutkan Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) sebanyak 1,73g ke dalam aquades steril, sehingga diperoleh volume 500 ml. Larutan dihomogenkan dengan *magnetic stirrer*.

Selanjutnya, larutan aquades ditambahkan hingga volume mencapai 1.000 ml.

Larutan diisikan ke dalam *cell culture cluster* menggunakan mikropipet 200 μl .

b. Larutan P tinggi (konsentrasi 2.000 ppm P)

Pembuatan larutan P tinggi dengan konsentrasi 2.000 ppm P adalah dengan melarutkan KH_2PO_4 sebanyak 8,81g ke dalam aquades sehingga diperoleh volume 500 ml, lalu dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya, aquades ditambahkan hingga volume mencapai 1.000 ml. Kemudian, larutan diisikan ke dalam *cell culture cluster* menggunakan mikropipet 200 μl .

c. Larutan pH rendah (pH 2,0)

Pembuatan larutan pH rendah adalah dengan 1000 ml aquades steril yang dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* dan diatur pH-nya menjadi 2,0

menggunakan pH meter dengan diberi penambahan HCl 1 N. Selanjutnya, larutan diisikan ke dalam *cell culture cluster* menggunakan mikropipet 200 μ l.

3.4.3 Penyinaran Ultraviolet (UV)

Cawan plastik yang berisi sebanyak 150 spora FMA kering diberi label sesuai dengan perlakuan lama penyinaran UV dengan panjang gelombang 254 nm.

Kemudian, cawan dililit menggunakan *parafilm* agar cawan dan tutupnya cawannya rekat dan tertutup rapat. Kemudian, spora diradiasi dengan sinar UV sesuai dengan waktu penyinaran yaitu 0 (tanpa disinari UV), 5, 10, dan 20 menit dengan jeda waktu antar perlakuan penyinaran adalah 10 menit dalam alat UV Chamber (*UV crosslinker*) dalam kondisi cawan tertutup dengan jarak antara cawan dan sumber sinar UV sejauh 15 cm.

3.4.4 Inkubasi

Spora FMA dalam cawan plastik hasil penyinaran UV diinkubasi dalam *Biochemistry Incubator* Model BJPX-Hartford pada suhu 20 °C selama 24 jam.

3.4.5 Pengecambahan Spora

Setelah diinkubasi, spora FMA hasil penyinaran UV dikecambahkan pada kondisi larutan berdasarkan sub penelitian yaitu larutan N 800 ppm. Sebanyak 50 dari 150 spora dalam 1 cawan petri yang telah diiradiasi dikecambahkan dengan cara memindahkan spora dari cawan menggunakan pinset spora ke dalam lubang *cell culture cluster* yang berisi larutan N 800 ppm di bawah mikroskop stereo Leica *EZ 4* pada perbesaran 35 x. Spora yang tersisa (100 spora) digunakan untuk sub penelitian P 2000 ppm dan larutan pH 2,0. Setiap lubang *cell* terisi sebanyak 1 spora FMA. Selanjutnya, pada tahap pengecambahan spora FMA, *cell culture*

cluster ditutup dan dibungkus dengan polibag hitam, diberi label, dan diletakkan dalam inkubator pada suhu 30 °C (Mansur, 2000).

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati adalah spora yang berkecambah dengan panjang hifa minimal adalah 2 kali dari diameter spora ($2x \emptyset$ spora). Pengamatan spora berkecambah dilakukan pada 4 minggu setelah inkubasi (MSI) di bawah mikroskop stereo Leica EZ 4 dengan perbesaran 35 kali. Spora yang berkecambah dihitung persentase perkecambahannya dengan rumus sebagai berikut.

$$\% \text{ spora berkecambah} = \frac{\text{Jumlah spora berkecambah}}{\text{Jumlah spora yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

Spora yang berhasil berkecambah pada larutan N 800 ppm, larutan P 2.000 ppm, dan larutan pH 2,0 setelah dilakukan iradiasi sinar UV dianggap sebagai terduga mutan FMA tahan N tinggi (800 ppm), terduga mutan FMA tahan P tinggi (2.000 ppm), dan terduga mutan FMA tahan pH rendah (pH 2,0).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa terduga mutan FMA *Entrophospora* sp. isolat MV 5 tahan N tinggi, P tinggi, dan pH rendah diperoleh pada selang waktu penyinaran UV antara 5-10 menit.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk penelitian yang selanjutnya untuk menguji cara iradiasi UV terhadap FMA *Entrophospora* sp. isolat MV 5 dengan cawan petri terbuka, dan menggunakan selang waktu penyinaran UV yang lebih sempit antara 5-10 menit, serta melakukan sekuensing DNA untuk mengetahui perubahan susunan DNA.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, I. 1997. *Bioteknologi Tanah*. Laboratorium Biologi Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor.
- Arif, A. 2008. Penggunaan vermikompos dalam meningkatkan mutu inokulum fungi mikoriza arbuskula. *AGRIPLUS*. 18: 244-257.
- Ariyadi, T. dan S. S. Dewi. 2009. Pengaruh sinar ultraviolet terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus* sp. sebagai bakteri kontaminan. *Jurnal Kesehatan* 2(2): 20-25.
- Atlas, R. M. 1994. *Micoorganism in our world*. University of Louisville. Louisville. Kentucky.
- Banuwa, I. S. 2013. *Erosi - Edisi Pertama*. Kencana Prenada Media Group. Jakarta. 206 hlm.
- Bapiraju, K.V.V.S.N, P. Sujatha, P. Ellaiah, and T. Ramana. 2004. Mutation induced enhanced biosynthesis of lipase. *African Journal Of Biotechnology*. 3 (11): 618-621.
- Britt, A. B. 1995. Repair of DNA damage induced by ultraviolet radiation. *Plant Physiol*. 108: 891-896.
- Brundrett, M. C., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, and N. Malajozuk. 1996. *Working with mycorrhizal in forestry and agriculture*. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR). Canberra. 374 pg.
- Chintya, R. D. dan F. C. Nisa. 2015. Pengaruh daya lampu dan lama iradiasi ultraviolet terhadap karakteristik sari buah murbei (*Morus alba L.*). *J.Pangan dan Agroindustri*. 3 (2): 610-619.
- Daniels, B. A. H. and J.M .Trappe. 1980. Factors affecting spora germination of the vesicular-arbuscular mychorrizal fungus, *Glomus epigaeus*. *Mycology*. 72 : 457-463.
- Delvian. 2005. *Respon pertumbuhan dan perkembangan cendawan mikoriza arbuskula dan tanaman terhadap salinitas tanah*. (Karya Ilmiah) Fakultas Pertanian. Universitas Sumateta Utara. Medan. 21 hlm.

- Douds, D. and N.C. Schenck. 1990. Increased sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhiza fungi by manipulation of nutrient regimens. *Applied and Environmental Microbiology*: 413-418.
- Fairbanks, D. J. and W. R. Andersen. 1999. *Genetics The continuity of life*. Brooks/Cole Pub. Cornell University. 820 pg.
- Firmansyah, I., dan Sumarni, N. 2013. Pengaruh Dosis Pupuk N dan Varietas Terhadap pH Tanah, N-Total Tanah, Serapan N, dan Hasil Umbi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) pada Tanah Entisols-Brebes Jawa Tengah. *J. Hort.* 23(4) : 358-364.
- Gazey C., L.K. Abbot, and A.D. Robson. 1993. VA mycorrhizal spores from three species of Acaulospora; germination, longevity and hyphal growth. *Mycol. Res.* 97(7): 785-790.
- Gumilan, A.S. 2001. Perbaikan galur *Bacillus* sp. 58 penghasil protease alkalin termotabil melalui mutagenesis sinar ultraviolet. Diakses melalui <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/12932/G01asg.pdf> pada tanggal 3 Mei 2017.
- Gupta, R.K. and P. Kumar. 2000. Mycorrhizal Plants in response to adverse environmental conditions. In *Mycorrhizal Biology* edited by Mukherji *et al.* Kluwer Academic. Plenum Publishers. Pg 67-84.
- Hardianto, D., Suyanto, E.E. Prabandari, L. Windriawati, E. Marwanta, dan Tarwandi. 2015. *Penicillin* production by mutan of *Penicillium chrysogenum*. *J. Bioteknologi Biosains Indonesia*. 2 (1): 15-19.
- Hasanudin. 2003. Peningkatan ketersediaan dan serapan N dan P serta hasil tanaman jagung melalui inokulasi mikoriza, azotobakter dan bahan organik pada Ultisol. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 5 (2): 83-89.
- Hidayat, C. 2014. Aplikasi PCR-RAPD dalam identifikasi FMA. *Jurnal Kajian Islam, Sains, dan Teknologi, Edisi Agustus 2014* 8(2). Hlm 32-54.
- INVAM. 2013. *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. Diakses melalui <http://caf.wvu.edu/fungi/taxonomy/classification.htm> pada tanggal 4 Mei 2017.
- Islami, T. dan W. H. Utomo, 1995. *Hubungan Tanah, Air, dan Tanaman*. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Juniper, S. and L.K. Abbott. 1993. Vesicular –arbuscular mycorrhizal and soil salinity. *Mycorrhiza* (4): 45-57.
- Johnson N.C. and F.L. Pflieger. 1992. Vesicular arbuscular mycorrhizae and cultural stresses; In. USA. *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. ASA

Publication.Inc. Madison. Wisconsin. *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*.54:71-99.

- Kabirun, S. 2002. Tanggap padi gogo terhadap inokulasi mikoriza arbuskular dan pemupukan fosfat di entisol. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3(2): 49–56.
- Kartika, A. B. 2012. Isolasi, Karakterisasi dan pengujian keefektifan fungsi mikoriza arbuskular terhadap bibit kelapa sawit pada tanah gambut bekas hutan. *Jurnal Agronomi*. 10(2): 63–70.
- Khalidin, T. Arabia, dan Frikinda. 2012. Pengaruh FMA dan pupuk kandang terhadap produksi dan kualitas rumput gajah (*Pennisetum purpureum schum*). *Jurnal Manajemen Sumberdaya*. 1(2): 179-183.
- Lewis, R. 1997. *Human Genetic Concepts aand Application*. Second Edition. WEB. USA. Pg 189-191.
- Listyowati, M.S., S. Yusnaini, M.V. Rini, dan M.A.S. Arif. 2013. Pengaruh sistem olah tanah dan pemberian mulsa bagas terhadap populasi fungsi mikoriza arbuskula pada perkebunan tebu. *J. Agrotropika* 18 (1):16-20.
- Madigan, M.T., J.M. Martinho, and J. Parker. 2000. *Brock biology of microorganism*. 9th ed. Prentice Hall International, Inc. New Jersey; xix + 991.
- Mansur, I. 2000. Diversity of Rhizobia nodulating the tree legumes *Acacia mangium* and *Paraserianthes falcataria* And their interaction with arbuscular mycorrhizal fungi in young seeding. [Dissertation]. Inggris: University of Kent at Canterbury.
- Menge, J.A. 1984. *Inoculum production*. Dalam Powell C.L. and Bagyaraj D.J. *Vesicular-Arbuscular Mychorriza*. Florida. CRC Press. Pg 187-203.
- Musfal. 2008. Efektivitas Cendawan Mikoriza Arbuskular (FMA) Terhadap Pemberian Pupuk Spesifik Lokasi Tanaman Jagung Pada Tanah Inceptisol. [Tesis]. Medan: Universitas Sumatera Utara. 79 hlm.
- Musfal. 2010. Potensi cendawan mikoriza arbuskular untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29 (4): 154-158.
- Mutert, E. 1999. Suitability of soil for oil palm in Southeast Asia. *Better Crops International* 13 (1) : 36-38.
- Nasir M., 2002. *Bioteknologi Molekuler Teknik Rekayasa Genetika Tanaman*. PT. Citra Aditya Bakti. Bandung.

- Nuhamara, S.T. 1993. Peranan mikoriza untuk reklamasi lahan kritis. Program Pelatihan Biologi dan Bioteknologi Mikoriza. *Universitas Sebelas Maret, Solo*.
- Parekh, S., V.A. Vinci, and R.J Strobel. 2000. Improvement of microbial strains and fermentation processes. *Appl Microbiol Biotechnol* 54 : 287-301.
- Patil, A.S. and Lung, A.G. 2012. Strain improvement of *Trichoderma harzianum* by UV mutagenesis for enhancing its biocontrol potential against aflatoxigenic *Aspergillus* sp. *The Experiment* 4(2): 228-242.
- Pujiyanto, S., Wijanarka, E. Kusdiyantini, dan T.A. Lestari. 2006. Produksi pigmen karotenoid oleh Khamir *Phaffia rhodozyma* yang diperlakukan dengan Radiasi Sinar UV. *Jurusan Biologi, UNDIP*. Hlm 50-55.
- Putra, M.A., Hassanuddin, dan Lisnawati. 2013. Uji Antagonisme *Fusarium oxysporum* f.sp. passiflora tipe mutasian terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. passiflora tipe liar di laboratorium. *Jurnal Online Agroteknologi*. 2(1): 256-265.
- Radha, S., R. H. Babu, A. Sridevi, N. B. L. Prasad, and G. Narasimba. 2012. Development of mutant fungal strains of *Aspergillus niger* for enhanced production of acid protease in submerged and solid state fermentation. *Euro. J. Exp. Bio.* 2(5): 1517-1528.
- Raina, B. P. Chamola, and K. G. Mukherji. 2000. *Evolutiouon of Mychorriza*. In K.G. Mukherji. B.P. Chamola, Jargjit Singh (Editor). *Mychorrizal Biology*. *Kluwer Academic Press. New York*. 153-172.
- Rao, S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Rini, M.V. 2011. Populasi fungi mikoriza arbuskula pada beberapa kebun kelapa sawit di Lampung Timur. *Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan BKS Barat*. Hlm 377 – 383.
- Safitri, N. 2017. Laporan Analisis Tanah. Laboratorium Analisis Polinela. Politeknik Negeri Lampung. 3 hlm.
- Setiadi, Y. 2001. Peranan mikoriza arbuskula dalam reboisasi lahan kritis di Indonesia. *Makalah Seminar Penggunaan Fungi Mikoriza Arbuskula dalam Sistem Pertanian Organik dan Rehabilitasi lahan Kritis*, 21-23 April 2001. Bandung. 9 hlm.
- Simanungkalit, R. D. M. 2003. Teknologi jamur Mikoriza Arbuskular: Produksi inokulan dan pengawasan mutunya. *Program dan Abstrak Seminar dan Pameran: Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-Ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan*. Hlm 11.

- Sieverding, E. 1991. *Vesicular Arbuskular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystem*. Eschbom. Deutsche GHTZ GmbH.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd eds. Elsevier. Amsterdam.
- Soelaiman, M.Z. and H. Hirata. 1995. Effect of indigenous arbuscular mycorrhizae fungi in paddy fields rice growth and NPK nutrition under different water regimes. *Soil Sci. Plant Nutr.* 41(3): 505–514.
- Srigede L. dan S. Zaetun. 2014. Paparan sinar ultraviolet (UV) dengan pengamatan waktu sterilisasi terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus* sp. *Media Bina Ilmiah* 8 (6) : 75-79.
- Subiksa, I. G. M. 2002. *Pemanfaatan mikoriza untuk penanggulangan lahan kritis*. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Suhardi. 1989. *Cendawan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA)*. Pedoman Kuliah Universitas Gadjah Mada. PAU- Bioteknologi Universitas Gadjah Mada. 178 hlm.
- Suswanto, I. dan T. H. Ramadhan. 2014. Perbaikan daya antagonis *Trichoderma harzianum* Rifai Terhadap *Streptobasidium* spp. melalui sinar UV. *Jurnal Agroteknos* 4 (3) : 147-151.
- Trizelia. 2005. Cendawan entomopatogen *B. bassiana* (Bals.) Vnill. (Deutromycotina Hyphomycetes) keragaman genetik, karakterisasi fisiologis, dan virulensinya terhadap *C. pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae). [Disertasi]. Sekolah Pasca Sarjana IPB. 125 hlm.
- Tanjung, A.F. 2009. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap perkecambahan spora fungi mikoriza arbuskula [Tesis]. Universitas Sumatera Utara. 67 hlm.
- Utami, S.L. 2014. Studi pendahuluan analisis mutasi pada penyinaran dengan sinar ultraviolet (UV) terhadap larva *Drosophila melanogaster* Meigen. Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. 9 hlm.
- Winarna, H. Santoso, M.A. Yusuf, Sumaryanto, dan E.S. Sutarta. 2014. Pertumbuhan tanaman kelapa sawit di lahan pasang surut. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, Palembang 26-27 September 2014. hlm 544-553.
- Winarno, F.G., S. Fardiaz, dan D. Fardiaz, 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Zarate, J. T. and R. E. Cruz. 1995. Pilot testing The effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the reforestation of marginal grassland. *Biotrop Spec. Biology and Biotechnology of Mycorrhizae Publ* (56): 131-137.