



**EFEK PEMBERIAN FORMULA CAIR
MENGANDUNG METABOLIT SEKUNDER JAMUR
Metarhizium anisopliae TERHADAP PERTAMBAHAN
DAUN BARU TANAMAN KELAPA**

Skripsi

Disusun sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Biologi

oleh

Sa'diyah

4411415046

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul “Efek Pemberian Formula Cair Mengandung Metabolit Sekunder Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Pertambahan Daun Baru Tanaman Kelapa”. ini benar-benar karya saya sendiri bukan jiplakan dari karya orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai etika keilmuan yang berlaku baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang atau pihak lain yang terdapat dalam skripsi ini telah dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 1 November 2019

Sa'diyah

NIM.4411415046

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

“Efek Pemberian Formula Cair Mengandung Metabolit Sekunder Jamur
Metarhizium anisopliae terhadap Pertambahan Daun Baru Tanaman Kelapa”.

Disusun oleh

Sa'diyah

4411415046

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 1
November 2019.

KetuaSekretaris

Ketua

Sekretaris

Dr. Sugianto, M.Si.
NIP. 196102191993031001

Dr. dr. Nugrahaningsih W. H., M.Kes
NIP. 196907091998032001

Penguji I

Penguji II

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
NIP. 196205241987102001

Drs. Eling Purwantoyo, M.Si.
NIP. 196007081992031002

Anggota Penguji/ Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P.
NIP. 196304071990032001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Dari alam kembali ke alam

Memanfaatkan limbah hayati untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman budidaya guna mendukung pertanian ramah lingkungan.

PERSEMBAHAN

Untuk Jurusan Biologi FMIPA UNNES dan masyarakat Desa Jerukwangi Jepara.

ABSTRAK

Sa'diyah. 2019. Efek Formula Cair Mengandung Metabolit Sekunder *Metarhizium anisopliae* Terhadap Pertambahan Daun Baru Tanaman Kelapa. Skripsi. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P.

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan tanaman industri yang berperan penting dalam perekonomian di Indonesia. Terjadi penurunan produksi tanaman kelapa di Desa Jerukwangi akibat serangan hama. Penelitian ini berupaya memberikan alternatif agensia pengendali hayati yang ramah lingkungan, yaitu dengan menggunakan mikroorganisme. Salah satunya dengan memanfaatkan jamur *Metarhizium anisopliae* yang dibuat dalam bentuk formula cair metabolit sekunder. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis efek formula cair yang mengandung metabolit sekunder *Metarhizium anisopliae* terhadap pertambahan daun muda tanaman kelapa. sebanyak 20 sampel tanaman kelapa yang berumur \pm 5 tahun yang dibagi menjadi 2, 10 tanaman kontrol dan 10 tanaman perlakuan. Penelitian dilakukan dengan cara menginfus batang tanaman kelapa menggunakan infus formula cair yang mengandung metabolit sekunder jamur *Metarhizium anisopliae* sebanyak 1800cc, dan dilakukan pengamatan. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa pada tanaman perlakuan muncul daun muda sebanyak 3 sampai 6 daun selama 6 bulan. Pada tanaman kontrol (tidak diberi perlakuan) muncul daun muda hanya 3 sampai 4 daun saja selama 6 bulan. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu formula cair yang mengandung metabolit sekunder *Metarhizium anisopliae* yang diaplikasikan dengan cara infus pada batang tanaman kelapa, cenderung berpengaruh terhadap pertambahan daun muda tanaman kelapa.

Kata kunci : tanaman kelapa, formula cair, *Metarhizium anisopliae*

PRAKATA

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Efek Pemberian Formula Cair Mengandung Metabolit Sekunder Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Pertambahan Daun Baru Tanaman Kelapa”. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian payung Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P. Penyusunan Skripsi ini dilakukan guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Biologi di Universitas Negeri Semarang. Dibalik terselesaikannya skripsi ini, Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk menyelesaikan studi strata 1 Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang..
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
4. Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P selaku dosen pembimbing yang dengan sabar memberikan bimbingan, semangat, arahan serta ilmu yang sangat berharga dalam penulisan skripsi ini.
5. Dra. Ely Rudyatmi, M.Si. dan Drs. Eling Purwantoyo, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran serta ilmu yang sangat berharga dalam penulisan skripsi ini.
6. Dr. Niken Subekti, S.Si., M.Si. selaku dosen wali Jurusan Biologi Angkatan tahun 2015 Universitas Negeri Semarang.
7. Segenap dosen Jurusan Biologi yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat selama perkuliahan.
8. Ibu Asfiatin dan kakak – kakak serta keluarga yang telah memberikan semangat, pesan, motivasi, doa dan mendukung secara moral dan materiil kepada penulis.

9. Pihak BPTPHP Salatiga, Bapak Muji Slamet, SP. Bapak Saridi, yang telah membantu pembuatan bahan dalam penelitian ini.
10. Sahabat-sahabat rombel 1 dan 2 Biologi angkatan 2015 yang selalu memberikan doa, semangat dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
11. Kepada teman-teman seperjuangan yaitu Rahmawati, Zunia Tias, Dian Wijayanti, Taufik Rifai, dan Jeni Eka. yang telah membantu dalam melakukan penelitian selama di Jepara.
12. David Bagus, Kiki Septi, Pramita lulu, Safira Adlin, Fitriana Dian, Nur Asiyah, Alya Pramesty, Winda Rahmawati, Nadya Audina yang selalu memberikan semangat, motivasi dan keceriaan setiap harinya mendukung penulis dalam melakukan penyusunan skripsi.
13. Seluruh pihak terkait yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang turut membantu, menyemangati dan mendoakan selama penyusunan skripsi.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih kepada pembaca yang telah berkenan membaca skripsi ini. Penyusunan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, 1 November 2019

Penulis

Sa'diyah

NIM. 4411415046

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Penegasan Istilah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>)	4
2.2 <i>Metarhizium anisopliae</i>	8
2.3 Metabolit Sekunder	11
2.4 Formula Cair	14
2.7 Kerangka Berfikir	15
2.8 Hipotesis	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	16
3.2 Populasi dan Sampel	16
3.3 Variabel Penelitian	16
3.4 Alat dan Bahan	16
3.5 Prosedur Penelitian	17
3.6 Analisis Data	18

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	19
4.2 Pembahasan	20
V. PENUTUP	
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Kelapa Dalam	5
2.2. Kelapa Genjah	6
2.3. Kelapa Hibrida	7
2.4. Kelapa Kopyor	7
2.5. Koloni jamur <i>Metarhizium anisopliae</i>	8
2.6. Konidia jamur <i>Metarhizium anisopliae</i>	8
2.7. Kerangka berfikir	16
3.1. Sketsa perlakuan infus terhadap tanaman kelapa	21
4.1. Grafik akumulasi rata-rata pertambahan daun baru tanaman kelapa kontrol dan perlakuan setiap bulan	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi kegiatan penelitian	29
2. Data munculnya daun baru tanaman perlakuan larutan metabolit sekunder <i>Metarhizium anisopliae</i>	30
3. Data munculnya daun baru tanaman kontrol	31
4. Grafik suhu pembandingan di wilayah Jepara bulan April – Oktober 2018	32
5. Uji normalitas data jumlah daun baru	33
6. Uji data jumlah daun baru menggunakan Mann-Whitney	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman Kelapa (*Cocos nucifera*) tumbuh baik di Indonesia dan menjadi salah satu tanaman industri yang memegang peranan penting dalam perekonomian di Indonesia. Tanaman kelapa merupakan tanaman yang serbaguna, karena hampir seluruh bagian dari tanaman ini dapat diolah dan dimanfaatkan oleh manusia (Indriyanti *et al.*, 2017).

Desa Jerukwangi merupakan salah satu penghasil buah kelapa di kecamatan Bangsri Jepara. Kelapa termasuk ke dalam hasil kebun yang melimpah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistika (BPS) Jateng, Kabupaten Jepara dengan 16 kecamatan, terdapat luas panen tanaman kelapa sebesar 10.353,51 (Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kab. Jepara, 2017). Populasi tanaman kelapa melimpah, namun terdapat berbagai kendala yang menghambat pertumbuhan tanaman kelapa. Salah satu kendalanya adalah hama yang menyerang tanaman kelapa.

Serangga *Oryctes rhinoceros* selama ini, masih dianggap sulit dikendalikan dengan cara fisik, maupun kimiawi, mengingat cara dan keadaan lingkungan hidupnya yang kurang menguntungkan untuk dikendalikan dengan cara tersebut (Mulyono, 2007). Untuk mengurangi penggunaan insektisida kimiawi perlu adanya alternatif pengendalian yang aman dan ramah lingkungan, salah satunya dengan cara pengendalian hayati.

Salah satu teknik pengendalian hayati yang dapat dilakukan yaitu dengan pemanfaatan jamur entomopatogen. Kelebihan dari penggunaan jamur entomopatogen sebagai pengendali hama diantaranya, yaitu mempunyai siklus hidup relatif pendek, reproduksi yang tinggi, dan mampu membentuk spora yang tahan terhadap pengaruh lingkungan (Indriyanti *et al.*, 2016). Salah satu contoh dari jamur entomopatogen yaitu jamur *Metarhizium anisopliae* (Heriyanto & Suharno, 2008).

Jamur *Metarhizium anisopliae* pada saat ini sudah diproduksi dalam bentuk formulasi tepung, yaitu konidia jamur *Metarhizium anisopliae* yang

diformulasi di media kaolin dan diduga memiliki kerapatan dan viabilitas konidia yang rendah, hal ini disebabkan karena media kaolin merupakan media penyimpan konidia, dan berfungsi untuk mendormansikan konidia jamur (Manurung *et al*, 2012). Jamur *Metarhizium anisopliae* juga dapat diolah dalam bentuk formula cair yang dicampurkan dengan air kelapa atau limbah cair organik seperti air cucian beras, yang kemudian diaplikasikan pada tanaman (Soesanto, 2017).

Metabolit sekunder adalah senyawa metabolit yang berasal dari senyawa organik suatu makhluk hidup yang memiliki kemampuan bioaktif digunakan untuk mengendalikan hama, penyakit suatu tanaman atau lingkungan. Kandungan metabolit sekunder dari formula cair jamur *M. Anisopliae* yaitu mengandung beberapa senyawa, diantaranya senyawa pendegradasi pati, pendekomposisi khitin, pendekomposisi lemak dan glikogen, antagonis ke jamur patogen, enzim khitinase, protease dan berbagai senyawa lainnya (Soesanto, 2017).

Penggunaan metabolit sekunder *M. anisopliae* belum ada percobaan untuk diaplikasikan pada tanaman kelapa yang terserang hama. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian tentang efek pemberian larutan metabolit sekunder *M. anisopliae*. untuk mengetahui pertambahan jumlah daun baru tanaman kelapa.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana efek pemberian formula cair yang mengandung *M. anisopliae* terhadap pertambahan daun baru tanaman kelapa ?

1.3 Penegasan Istilah

Untuk menghindari perbedaan pengertian dalam penelitian ini, perlu penegasan istilah yang terdapat dalam judul penelitian ini. Istilah yang perlu ditegaskan adalah sebagai berikut:

1. *Metarhizium anisopliae*

Metarhizium anisopliae adalah jamur parasit pada serangga yang efektif mengendalikan serangga hama dari ordo Orthoptera, Lepidoptera, Homoptera, dan Coleoptera (Murad *et al.*, 2006). Pada penelitian ini jamur *Metarhizium anisopliae* dibuat dalam bentuk formula cair yang dikemas

menjadi larutan yang mengandung metabolit sekunder *Metarhizium anisopliae* yang digunakan untuk menginjeksi batang tanaman.

2. Formula Cair

Pada penelitian ini menggunakan formula cair yang mengandung metabolit sekunder jamur *Metarhizium anisopliae*.

Metabolit sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari BPT-BUN Salatiga, berbentuk larutan yang berwarna putih.

3. Tanaman Kelapa

Tanaman kelapa merupakan tanaman tahunan, memiliki batang yang keras dan pada umumnya tidak bercabang (monopodial) dan berakar serabut. Pertumbuhan tanaman kelapa dimulai dengan pertumbuhan daun muda yang baru. Tanaman kelapa yang digunakan pada saat penelitian adalah varietas tanaman genjah yang terdapat di desa Jeruk Wangi, Jepara.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efek pemberian formula cair yang mengandung metabolit sekunder jamur *M. anisopliae* terhadap pertumbuhan daun baru pada tanaman kelapa.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi kepada pihak-pihak yang terkait yaitu petani kelapa, mengenai efek pemberian formula cair yang mengandung metabolit sekunder jamur *M. anisopliae* terhadap pertumbuhan daun baru pada tanaman kelapa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelapa

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera*) tumbuh baik di Indonesia. Luas area perkebunan tanaman kelapa di Indonesia saat ini mencapai 3,6 juta ha dengan jumlah produksi 3 juta ton dan jumlah produktifitas 1,128 kg/ha (Direktorat Jendral Perkebunan Jateng, 2014).

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Kelapa

Klasifikasi tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L.) (Anuar *et al.*, 2013) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Super divisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Subkelas : Arecidae
Ordo : Arecales
Famili : Arecaceae
Genus : Cocos
Spesies : *Cocos nucifera* L

Keberadaan kelapa perlu dilestarikan dan dikembangkan lebih lanjut agar dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan rakyat. Bagian dari tanaman kelapa yang memiliki sumber ekonomi hingga saat ini mulai dari akar, batang, daun, dan buah (Tenda & Kumaunang, 2007). Tanaman kelapa di Indonesia secara umum terdapat tiga varietas, yaitu varietas genjah (*dwarf variety*), varietas dalam (*tall variety*) dan varietas hibrida. Namun menurut genotipnya, kelapa dibedakan menjadi empat jenis, yaitu kelapa Dalam (*tall variety*), kelapa Genjah (*dwarf variety*), kelapa Hibrida, dan kelapa Kopyor (Anuar *et al.*, 2013).

2.1.2 Varietas Tanaman Kelapa

Berikut ini merupakan macam-macam varietas tanaman kelapa:

2.1.2.1 Varietas Dalam

Varietas ini mulai berbuah agak lambat, yaitu antara 6-8 tahun setelah tanam dan umurnya dapat mencapai 100 tahun lebih. Adapun keunggulan dari varietas ini yaitu, produksi kopra lebih tinggi, yaitu sekitar 1 ton kopra/ha/tahun pada umur 10 tahun, produktivitas sekitar 90 butir/pohon/tahun, daging buah tebal dan keras dengan kadar minyak yang tinggi, lebih tahan terhadap hama dan penyakit (Rahman 2010). Morfologi kelapa varietas *Dalam* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Kelapa *Dalam* (Sumber: Marhaeni, 2013)

Manfaat kelapa *Dalam* yaitu untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat, karena hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan mulai dari daging buah, sabut, tempurung, air kelapa, batang, lidi, bahkan akarnya juga bernilai ekonomis (Deme *et al.*, 2012).

Kelebihan dari jenis kelapa *Dalam* diantaranya adalah memiliki daging buah yang tebal, keras dan lebih tahan terhadap hama dan penyakit. Selain itu, produksi kopranya lebih tinggi, sekitar 1,5 ton kopra/ha. Pada umumnya lebih toleran terhadap kondisi iklim dan jenis tanah. Selain itu kualitas kadar minyak dan sabut lebih baik diantara varietas kelapa yang lainnya (Marhaeni, 2013)

Beberapa spesies dari varietas kelapa *Dalam* yaitu : Kelapa Dalam Tengah (DTA), Kelapa Dalam Lubuk Pakam (DLP), Kelapa Dalam Jepara (DJP), Kelapa

Dalam Bali (DBI), Kelapa Dalam Palu (DPU), Kelapa Dalam Kima Atas (DKA), Kelapa Dalam Mapanget (DMT), Kelapa Dalam Sawarna (DSA), Kelapa Dalam Banyuwangi (DBG), dan Kelapa Dalam Rennel (DRL) (Kriswiyanti, 2013).

2.1.2.2 Kelapa Genjah

Kelapa tipe Genjah memiliki waktu berbunga kelapa ini sekitar 3 - 4 tahun setelah tanam, buah masak berkisar 11 - 12 bulan setelah proses reproduksi yang umumnya adalah menyerbuk sendiri. Kelapa ini dapat mencapai 35 - 40 tahun, kualitas kopra dan minyak serta sabut kurang baik (Sembiring *et al.*, 2013). Morfologi kelapa varietas Genjah dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Kelapa Genjah (Sumber: Kriswiyanti, 2013)

Kelapa Genjah yang memiliki warna gading dan kuning lebih tahan terhadap serangan hama *O. rhinoceros* dibandingkan dengan kelapa Genjah Kopyor yang berwarna coklat dan hijau (Sembiring *et al.*, 2013). Contoh dari varietas Genjah adalah kelapa Gading, kelapa Raja, kelapa Puyuh, kelapa Raja Malabar, dan kelapa Genjah Genuk (Anuar *et al.*, 2003).

2.1.2.3 Varietas Hibrida

Kelapa varietas hibrida diperoleh dari hasil persilangan antara varietas genjah dengan varietas dalam. Hasil persilangan itu merupakan kombinasi sifat-sifat yang baik dari kedua jenis varietas asalnya (Eliza *et al.*, 2010). Sifat-sifat unggul yang dimiliki oleh kelapa hibrida adalah lebih cepat berbuah, sekitar 3-4

tahun setelah tanam, produk kopra tinggi, sekitar 6-7 ton /Ha/tahun pada umur 10 tahun, produktivitas sekitar 140 butir/ pohom/ tahun, daging tebal, keras dan kandungan minyaknya tinggi, produktivitas tandan buah sekitar 12 tandan dan berisi sekitar 10-20 butir buah kelapa, daging buahnya mempunyai ketebalan sekitar 1,5cm (Rahman 2010). Morfologi kelapa varietas Hibrida dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Kelapa Hibrida (Sumber: Marhaeni, 2008)

2.1.2.4 Kelapa Kopyor

Jenis kelapa yang bernilai ekonomi tinggi. Kelapa Kopyor merupakan hasil mutasi kelapa yang ditemukan di antara populasi kelapa normal dimana kelapa alam ini memiliki daging buah yang lunak dan rasanya gurih. Kelapa Kopyor tersebar di pulau Jawa, Bali dan Sumatera. Jenis kelapa ini memiliki endosperma yang abnormal, yaitu sebagian besar endospermanya terlepas dari tempurung (Nejat *et al.*, 2015). Morfologi kelapa varietas Kopyor dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Kelapa Kopyor (Sumber: Indriyanti *et al.*, 2016)

2.2 *Metarhizium anisopliae*

Jamur *M. anisopliae* banyak ditemukan di dalam tanah, bersifat saprofit, dan umumnya dijumpai pada berbagai stadia serangga yang terinfeksi, tumbuh pada suhu 18,3°-29,5° C dan kelembapan 30-90% (Deptan, 2008). Koloni dan konidia jamur *Metarhizium anisopliae* dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6

2.2.1 Klafifikasi *Metarhizium anisopliae*

Kingdom	: Mycetes
Divisi	: Amastigomycotina
Kelas	: Deuteromycetes
Ordo	: Moniliales
Famili	: Moniliaceae
Genus	: <i>Metarhizium</i>
Spesies	: <i>Metarhizium anisopliae</i>



Gambar 2.5. koloni jamur *Metarhizium anisopliae* (Deptan, 2008).



Gambar 2.6. Konidia jamur *Metarhizium anisopliae* (Deptan, 2008).

Karakteristik struktur sel jamur *Metarhizium anisopliae* yaitu mempunyai miselium yang bersekat konidia bersel satu berwarna hialin dan berbentuk bulat, konidia berukuran panjang 4-7 μm dan lebar 1,43-3,2 μm . Koloni jamur berwarna putih kemudian berubah menjadi hijau gelap dengan semakin bertambahnya umur

(Nuraida, 2009). Temperatur optimum untuk pertumbuhan *Metarhizium anisopliae* berkisar 22-27 °C, konidia akan membentuk kecambah pada kelembaban diatas 90%. Patogenisitas akan menurun apabila kelembaban udara dibawah 86% (Prayogo, 2012).

Morfologi dari *Metarhizium anisopliae* yang telah banyak diketahui yaitu konidiofor tumbuh tegak, spora berbentuk silinder atau lonjong dengan panjang 6-16 mm, warna hialin, bersel satu, massa spora berwarna hijau zaitun. *Metarhizium anisopliae* tumbuh pada pH 3,3-8,5 dan memerlukan kelembaban tinggi. Radiasi sinar matahari dapat menyebabkan kerusakan pada spora. Suhu optimum bagi pertumbuhan dan perkembangan spora berkisar pada 25-30°C. *Metarhizium anisopliae* mempunyai miselia yang berseptata, dengan konidia yang berbentuk lonjong. *Metarhizium anisopliae* bersifat saprofit pada media buatan, awal mula pertumbuhannya adalah tumbuhnya konidium yang membengkak dan mengeluarkan tabung-tabung kecambah (Prayogo, 2012)

Tabung kecambah tersebut memanjang selama 30 jam. Beberapa cabang tersebut membesar kearah atas membentuk konidiofor yang pendek, bercabang, berdekatan dan saling melilit. Konidia terbentuk setelah satu minggu pertumbuhan, mula-mula berwarna putih kemudian berangsur menjadi hijau apabila telah masak. Pembentukan konidia terdiri dari kuncup dan tunas yang memanjang pada kedua sisi konidiofor tersebut. Umumnya sebuah rantai konidia bersatu membentuk sebuah kerak dalam media (Sitinjak, 2018).

Metarhizium anisopliae dapat tumbuh dan berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor seperti:

2.2.1.1 Suhu dan kelembaban

Suhu dan kelembaban ini sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkecambahan konidia *M. anisopliae* serta patogenesitasnya. Batasan suhu yang untuk pertumbuhan jamur yaitu 5-35° C, pertumbuhan optimal terjadi pada suhu 25-30° C. Konidia akan tumbuh baik pada kelembaban 80-92% (Windarti, 2010).

2.2.1.2 Cahaya matahari

Perkembangan konidia *M. anisopliae* akan terhambat jika terkena cahaya matahari secara langsung. Gelombang ultraviolet B dapat merusak membran nukleus dan mendenaturasi protein pada *M. anisopliae*, sedangkan konidia yang

terlindung dari cahaya matahari memiliki viabilitas yang tinggi. Konidia yang disimpan pada suhu 8° C dengan kondisi yang gelap masih mampu berkecambah 90%, sedangkan pada keadaan terang hanya 50% (Windarti, 2010).

2.2.1.3 pH

Tingkat pH untuk pertumbuhan *M. anisopliae* berkisar 3,38,5. Pertumbuhan optimal terjadi pada pH 7, dalam penelitian Windarti (2010). pH medium untuk pertumbuhan *M. anisopliae* rata-rata 7.

2.2.2 Pengendalian Hayati dengan Jamur Entomopatogenik

Cendawan entomopatogen adalah organisme heterotrof yang hidup sebagai parasit pada serangga dan merupakan salah satu jenis bioinsektisida yang dapat digunakan untuk mengendalikan hama tanaman. Penggunaan jamur entomopatogen sebagai musuh alami dalam usaha pemberantasan hama dan vector penyakit memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan penggunaan insektisida sintetis yaitu tidak pathogen terhadap tanaman, mampu mengendalikan hama pada semua instar, tidak menimbulkan resisten dan mampu menyebarkan infeksi terhadap hama lain. Akan tetapi pada proses aplikasi terdapat kelemahan jamur entomopatogen yaitu efek infeksi membutuhkan waktu yang relative lebih lama dan membutuhkan tenaga ahli dalam penyediaan dan aplikasi jamur. (Sitinjak, 2018)

Jamur entomopatogen memiliki siklus hidup yang seiring dengan fase hidup serangga Persebaran jamur ini melalui spora berupa konidia. Disaat konidia ini menempel pada lapisan kutikula serangga target dan berkecambah. Jamur ini dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar yaitu jamur yang menyerang menggunakan racun untuk melumpuhkan pertahanan alami tubuh serangga dan jamur yang cenderung menyerang serangga, contohnya adalah *Metarhizium anisopliae* dengan senyawa destrucsin dan *Beauveria bassiana* dengan senyawa beuvericin sehingga mampu mengendalikan berbagai jenis ordo serangga (Shahid *et al.* 2012).

2.3 Metabolit Sekunder

Senyawa metabolit sekunder merupakan senyawa kimia yang umumnya mempunyai kemampuan biokatifitas dan digunakan sebagai pelindung tumbuhan dari gangguan hama untuk tumbuhan tersebut atau lingkungan. Senyawa metabolit sekunder digunakan sebagai zat warna, racun, aroma makanan, dan obat tradisional pada kehidupan sehari-hari (Meta, 2011).

2.3.1 Kelompok senyawa metabolit sekunder

Ada 3 kelompok besar senyawa metabolit sekunder :

2.3.1.1 Alkaloid

Alkaloid didefinisikan sebagai senyawa yang bersifat basa, mengandung atom nitrogen yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Alkaloid seringkali beracun bagi manusia dan banyak yang mempunyai kegiatan fisiologi yang menonjol, jika digunakan secara luas dalam bidang pengobatan. Alkaloid biasanya tidak berwarna, seringkali bersifat optis aktif, kebanyakan berbentuk kristal hanya sedikit yang berbentuk cairan (misalnya nikotina) pada suhu kamar (Rizal, 2011). Contoh dari kelompok yang mengandung nitrogen adalah alkaloid dan glukosinolat. Alkaloid dapat diketahui secara langsung dari tanaman karena memberikan rasa pahit di lidah. Senyawa ini dapat beracun bagi makhluk hidup namun dalam kondisi tertentu bermanfaat dalam pengobatan (Gunawan & Mulyani, 2004).

2.3.1.2 Flavonoid

Senyawa-senyawa flavonoid bertanggung jawab terhadap zat warna ungu, merah, biru dan sebagian zat warna kuning dalam tumbuhan. Senyawa ini terbuat dari gula sederhana dan memiliki cincin benzena, hidrogen, dan oksigen dalam struktur kimianya. Senyawa golongan fenol adalah golongan senyawa dengan struktur aromatik yang mengandung gugus OH pada rantai aromatik. Pada fenol gugus OH langsung terikat pada inti benzene. Contohnya asam fenolat, kumarina, lignin, flavonoid, dan tanin (Gunawan & Mulyani, 2004).

2.3.1.3 Terpenoid

Golongan senyawa ini dapat dipisahkan dari tumbuhan sumbernya melalui destilasi uap atau secara ekstraksi dan dikenal dengan nama minyak atsiri. Beberapa contoh minyak atsiri, misalnya minyak yang diperoleh dari cengkeh,

bunga mawar, serai (sitronela), cukaliptus, peppermint, kamfe, sedar (tumbuhan cedrus) dan terpenin. Senyawa organik bahan alam golongan minyak atsiri sangat banyak digunakan dalam industri wangi – wangian (perfumery). Terpenoid mengandung karbon dan hidrogen serta disintesis melalui jalur metabolisme asam mevalonat. Contoh dari terpenoid yaitu monoterpena, seskui-terpena, diterpena, triterpena, dan polimer terpena (Gunawan & Mulyani, 2004).

2.3.2 Biosintesis metabolit sekunder

Disampaikan oleh Herbert (2000), bahwa senyawa metabolit sekunder diproduksi melalui jalur di luar biosintesis karbohidrat dan protein. Pembentukan metabolit sekunder melalui tiga jalur utama yaitu :

2.3.2.1 Jalur asam malonat asetat

Senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan melalui jalur asam malonat diantaranya: asam lemak (laurat, miristat, palmitat, stearat, oleat, linoleat, linolenic), gliserida, poliasetilen, fosfolipida, dan glikolipida.

2.3.2.2 Jalur asam mevalonat asetat

Senyawa metabolit sekunder dari jalur ini diantaranya adalah *Essential oil*, *Squalent*, Monoterpenoid, Menthol, Korosinoid, Streoid, Terpenoid, Sapogenin, Geraniol, ABA, dan GA3.

2.3.2.3 Jalur asam shikimat

Metabolit sekunder yang disintesis melalui jalur asam shikimat diantaranya adalah Asam Sinamat, Fenol, Asam benzoic, Lignin, Koumarin, Tanin, Asam amino benzoic dan Quinon.

2.3.3 Macam metabolit sekunder Agensia Pengendali Hayati

Macam dari metabolit sekunder untuk masing-masing APH tidak sama, yaitu untuk APH yang sama, tetapi berbeda strain atau isolatnya. Setiap APH mempunyai kandungan tersendiri, dan hal ini akan terkait erat dengan sifat aktif menyerang OPT sasaran. Semakin tinggi kandungan metabolit sekundernya, maka semakin maksimal kerja metabolit sekunder APH terhadap OPT sasaran. Beberapa contoh APH dengan kandungan metabolit sekundernya :

2.3.3.1 *Metarhizium anisopliae*.

Metabolit sekunder *Metarhizium anisopliae* mengandung beberapa senyawa, di antaranya senyawa pendegradasi pati, pendekomposisi khitin, pendekomposisi lemak dan glikogen, antagonis ke jamur patogen, khitinolisis, sitokalasin C dan D (zigosporin A), siklodepsipeptida destruksin A, B, C, dan D, L-prolil-L-leusin anhidrid, L-prolil-L-valin anhidrid, dan Desmetil destruksin B (Vinale *et al.*, 2014).

2.3.3.2 *Beauveria bassiana*

Kandungan metabolit sekunder di dalam *B. bassiana* di antaranya bassianin, bassiacridin, siklosporin-A, asam oksalat, beauverolides, tenellin and oosporein, antibakteri, antijamur, antinematodal, mikotoksin, sitotoksis, beauvericin, enniatins, isarolides, dan bassianolide (insecticidal). Metabolit sekunder *B. Bassiana* mampu menghambat pertumbuhan beberapa jamur patogen tanaman dengan konsentrasi rendah. Jamur patogen tanaman yang dihambat pertumbuhannya oleh metabolit sekunder *B. bassiana*, antara lain jamur *Alternaria tenuis*, *Aspergillus niger*, *A. parasiticus*, *Fusariumavenaceum*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, dan *Penicillium sp* (Vinale *et al.*, 2014).

2.3.3.3 *Trichoderma sp*

Kandungan metabolit sekunder di dalam *Trichoderma sp* , yaitu antrakuinon, pachybasin, chrysophanol, emodin, trichodermol, antibiotika, enzim, toksin, manitol, asam 2-hidroksimalonat, metil benzoate, sorbisilin, nektriapiron, vermopiron, trikoharzin, kompaktin, koasam suksinat, asam itakonon, asam karolat, dan penkolida. Selain itu, beberapa enzim juga dihasilkan oleh APH ini. Peran enzim sangat penting di dalam menunjang salah satu mekanisme antagonis, yaitu mikoparasit atau hiperparasit. Enzim yang terdapat di dalam metabolit sekunder *Trichoderma sp.*, di antaranya protease, selulase, selobiase, khitinase, dan 1,3- β -glukanase (Vinale *et al.*, 2014).

Sifat metabolit sekunder agensia pengendali hayati yaitu mudah larut dalam air, sehingga dapat menyatu dengan air dan tidak membutuhkan perata atau

perekat. Tidak meninggalkan residu di dalam jaringan tanaman, sehingga produk pertanian aman terhadap bahaya residu. Tidak mudah menguap, membuat metabolit sekunder APH tahan lama di alam. Jumlah metabolit sekunder yang dibutuhkan hanya sedikit, tetapi memberikan manfaat yang besar. Mudah diaplikasikan dengan beragam cara dan dalam berbagai kondisi karena tidak terpengaruh oleh perbedaan lokasi dan cuaca atau iklim. Dapat dipadukan dengan pemupukan organik ketika diaplikasikan, sehingga dapat menghemat biaya kerja. Manfaat ganda dapat diakibatkan oleh aplikasi metabolit sekunder APH, baik terhadap hama dan penyakit tanaman sasaran maupun pertumbuhan dan produksi tanaman inangnya. (Soesanto, 2017)

2.4 Formula Cair

Keragaman genetik antar varietas mengakibatkan terdapatnya keanekaragaman senyawa kimia yang terkandung dalam varietas. Setiap varietas mempunyai keanekaragaman, kandungan, dan komposisi senyawa kimia, terutama metabolit sekunder. Kandungan dan komposisi senyawa tersebut dapat menjadi ciri khas dan keunggulan suatu varietas. Berbagai hasil penelitian menunjukkan jamur *Metarhizium anisopliae* dimanfaatkan dalam pengendalian hama (Soesanto, 2017).

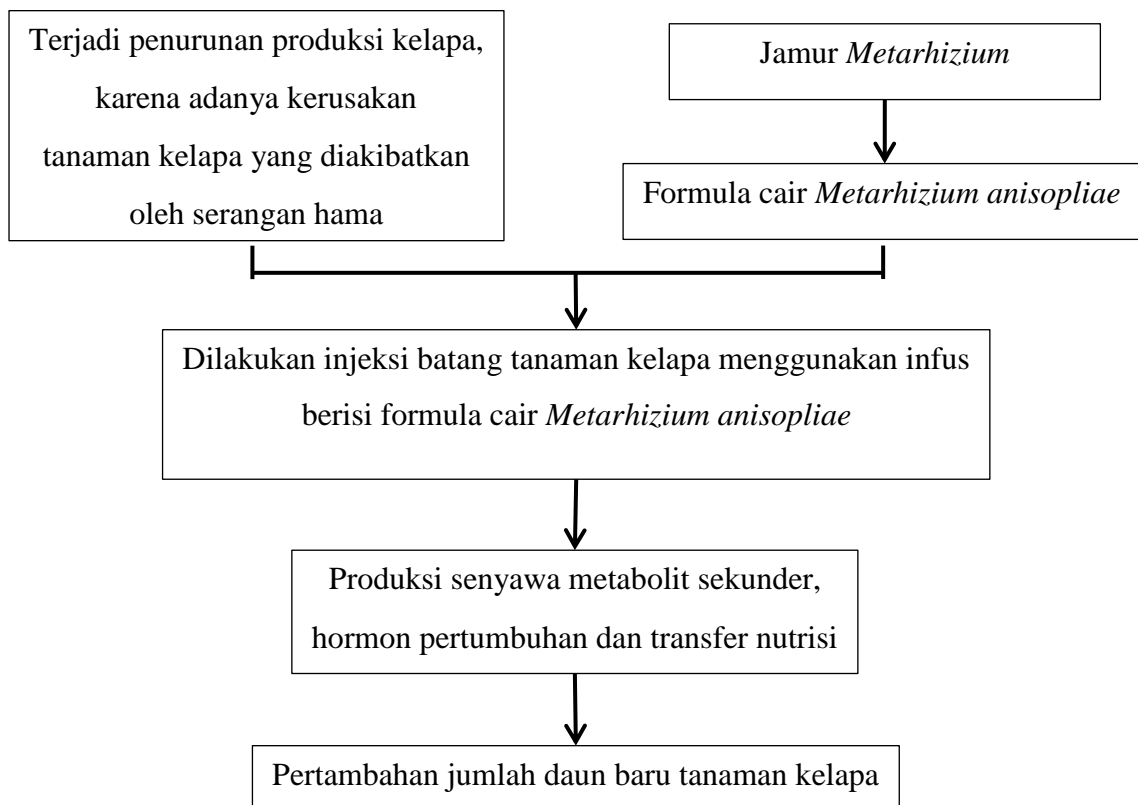
Formula cair *Metarhizium anisopliae* dibuat dengan mencampur limbah cucian beras dan air kelapa. Larutan kemudian ditambahkan 10 gr/L gula dan direbus sampai mendidih. Larutan didinginkan dan dimasukkan kedalam jerigen yang telah steril. Larutan kemudian ditambahkan dengan isolat *Metarhizium anisopliae* dan dikocok menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 7 hari. (Soesanto, 2017).

Formula cair yang mengandung metabolit sekunder *Metarhizium anisopliae* diaplikasikan dengan cara infus batang dilakukan pada beberapa tanaman, terutama yang memiliki batang keras. Penelitian yang dilakukan Balai Proteksi Tanaman Perkebunan Pontianak, aplikasi infus metabolit sekunder *Metarhizium anisopliae* pada pohon kakao secara signifikan memberikan pengaruh terhadap menurunnya tingkat serangan busuk buah kakao. Keadaan buah kakao pada kebun perlakuan setelah aplikasi pada pengujian ini lebih baik secara kualitas dan kuantitas jika dibandingkan dengan kebun kontrol. (Balai Proteksi Tanaman Perkebunan Pontianak, 2018).

Metabolit sekunder *Metarhizium anisopliae* dalam bentuk formula cair telah diaplikasikan dengan berbagai metode antara lain metode siram, semprot, infus akar dan infus batang (DITJENBUN, 2017). Pemanfaatan formula cair telah banyak diaplikasikan diberbagai tempat dan telah diproduksi secara masal (Soesanto, 2017). Formula cair yang diaplikasikan pada tanaman kopi dapat meningkatkan jumlah daun, tinggi tanaman, dan diameter batang (BBPPTP Surabaya, 2016). Formula cair juga dapat meningkatkan jumlah daun, tinggi tanaman, dan diameter batang bibit kakao (Harni *et al.*, 2017).

2.5 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir pada penelitian ini disajikan pada Gambar 2.7



Gambar.2.7. Kerangka berfikir penelitian

2.6 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka maka hipotesis yang dapat dirumuskan adalah formula cair jamur *Metarhizium anisopliae* yang mengandung metabolit sekunder berpengaruh terhadap pertambahan daun baru tanaman kelapa.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, disimpulkan bahwa pemberian formula cair yang mengandung metabolit sekunder jamur *Metarhizium anisopliae* cenderung meningkatkan jumlah pertumbuhan daun baru tanaman kelapa.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh pemberian formula cair yang mengandung metabolit sekunder *Metarhizium anisopliae* dengan berbagai konsentrasi dan dengan metode lain untuk mengetahui pertumbuhan jumlah daun baru tanaman kelapa. Tanaman kontrol hendaknya diberi formula cair tanpa *Metarhizium anisopliae*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abhilash, P. C., R. K. Dubay, V. Tripathi, V. K Gupta, & H. B. Singh. 2016. Plant Growth- Promoting Microorganisms for Environmental Sustainability. *Trends in Biotechnology*. 1-4.
- Advinda, L. 2018. *Dasar- Dasar Fisiologi*. Yogyakarta: CV Budi Utama
- Ahmad, R.Z.. 2008. *Pemanfaatan Cendawan Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Kesehatan Ternak*. Balai Besar Penelitian Peteriner. Jurnal Litbang Pertanian, 27(3), 2008
- Anuar W. A., M. H. Fahmi, I. M. Badrulhisham, B.H. Bakhtiar, R. A. Mohd, & A.B. Idris. 2013. The Potensial Of Black Ant (*IDolichoderus* sp.) As a Biological Control Agents Of The Coconut Leaf Beetlen (*Brontispa longissima*). Vol.22 No.2: 1-14
- Aslam, M. M., J. Karanja, & S. K. Bello, 2019. *Piriformospora indica* colonization reprograms plants to improved P-uptake, enhanced crop performance, and biotic/abiotic stress tolerance. *Physiological and Molecular Plant Pathology*.
- BPS [Badan Pusat Statistik] Jepara. 2017. *Produktivitas Kelapa di Kabupaten Jepara 2015*. Semarang
- DITJENBUN [Direktorat Jenderal Perkebunan]. 2018. *Kajian Taksasi Kehilangan Hasil Akibat OPT Kakao*. Kalimantan Barat : Balai Proteksi Tanaman Perkebunan Pontianak.
- Deme, P., A., Tirupathi, K. Sanjit, J. Padmaja, & S. U. Vijaya. 2012. LC-MS/MS Determination of Organophosphorus Pesticide Residues in Coconut Water. *Science Journal*. 10(2): 1-8
- DIRJENBUN [Direktorat Jenderal Perkebunan]. 2017. *Pedoman Teknis Pengembangan Tanaman Kelapa Tahun 2015*. Jakarta : Direktorat Jenderal Perkebunan. Badan Pusat Statistik.
- Direktorat Jenderal Perkebunan Provinsi Jawa Tengah. 2012. Tersedia di <http://www.direktoratjendralperkebunan.go.id> [diakses tanggal Februari 2017].
- Eliza, M., Yudarfis., I. Herwita,& D. Ireng, 2016. *Pengaruh Pemberian Air Kelapa dan Frekuensi Pemberian Terhadap Pertumbuhan Benih Cengkeh*. Balai Penelitan Tanaman Obat dan Rempah. Bul. Littro 27(2) : 123-128
- Eliza, S., Tarumun, & Yusmini. 2010. Pengaruh Faktor Produksi Terhadap Produksi Kelapa Hibrida Pola Plasma Di Kabupaten Indragiri Hilir. *Indonesian Journal of Agricultural Economics (IJAE)*,1:1.

- Erawati, D., Nuning, & I, Widiyastuti. 2016. Teknologi Pengendali Hayati *Metarhizium anisopliae* Dan *Beauveria bassiana* Terhadap Hama Kumbang Kelapa Sawit (*Oryctes rhinoceros*). *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Jember*. 978-602-14917-2-0
- Gunawan, D. & S. Mulyani. 2004. *Ilmu Obat Alam (Farmakognosi) Jilid I*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Gracia J.E., J.B. Posadas, A. Petricari, & R.E. Lecuona. 2011. *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin Promotes Growth and Has Endophytic Activity in Tomato Plants. in Argentina. *Biological Research* 5 (1): 22-27 : 1992-0067
- Harrison, N. A., E. D. Robert, O. Carlos, E. H. Ericka, N. Mari'a, E. Simon, & D. M. D. Michell. 2014. Candidatus Phytoplasma palmicola associated with a lethal yellowing-type disease of coconut (*Cocos nucifera* L.) in Mozambique. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 64:1890-1899
- Herbert, R.B. 2000. *Biosintesis Metabolit Sekunder*. Edisi ke-2 Terjemahan Bambang Srigandono. Semarang: IKIP press.
- Herdiana, B.G. 2010. *Pembuatan dan Pengujian Formula Metarhizium majus UICC 295 dengan Media Pembawa Substat Beras (Oryza sativa) Terhadap Larva Oryctes rhinoceros*. [Skripsi]. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan alam. Universitas Indonesia. 77 hal.
- Herlina, L., K. K. Pukan, & D. Mustikaningtyas. 2016. Kajian Bakteri Endofit Penghasil IAA (*Indole Acetic Acid*) untuk Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Sain dan Teknologi*. 14(1):51-58.
- Indriyanti, D. R., Masiroh, & B. Priyono, 2016. Keefektifan *Metarhizium Anisopliae* Yang Dibiakkan Di Media Beras Dan Yang Disimpan Di Media Kaolin Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes Rhinoceros*. *Jurnal Fmipa Universitas Negeri Semarang*.
- Indriyanti, D. R., A. R. Pertami, & P. Widiyaningrum. 2016. Intensitas Serangan *Oryctes rhinoceros* pada tanaman kelapa di Jepara. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol.14 No.1
- Indriyanti, D. R., N. Indah, & M. Slamet. 2017. The Effect of Water Content of Medium Containing *Oryctes rhinoceros* Larvae on *Metarhizium anisopliae* Pathogenicity. *Biosaintifika Journal of Biology & Biology Education*. 9(2):363-369
- Jantarach, J. & D. Thanaboripat. 2010. The efficacy of ethyl acetate extract of *Trichoderma* culture broth on growth inhibition and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* IMI 242684. *KMITL Sci. Tech. J.* 10(1): 19–29.

- Khan, M. S., A. Zaidi, & J. Musarrat. 2014. *Phosphate Solubilizing Microorganisms*. Switzerland : Springer International Publishing.
- Kriswiyanti, E. 2013. Karakteristik Ragam Kultivar Kelapa (*Cocos nucifera*) yang Digunakan Sebagai Bahan Upakara Padudusan Alit di Bali (Characteristic Variation of Coconut (*Cocos nucifera* L.) a Material of Upakara Padudusan Alit Ceremonial in Bali). *Berita Biologi*,11(3):1-7
- Latifian, M., & R. Bahar. 2012. Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillmin, *Beauveria brongniartii* Saccardo and *Metarhizium anisopliae* Metsch to adult *Oryctes elegans* Prell and effects on feeding and fecundity. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4 (14) : 1026-1032.
- Liao, X., B. Lovett, W. Fang, & R. J. S. Leger. 2017. *Metarhizium robertsii* produces indole-3-acetic acid, which promotes root growth in *Arabidopsis* and enhances virulence to insects. *Microbiology*. 163:980–991.
- Lukito, A.M., Y. Mulyono, H.I. Tetty & N. Riawan. 2010. *Buku Pintar Budidaya Kakao* (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia). Agro Media Pustaka, Jakarta.
- Madigan, M. T., J. M. Martinko, K. S. Bender, D. H. Buckley. & D. A. Stahl. 2015. *Brock biology of microorganisms. 14th edition*. Boston: Pearson.
- Manurung, E.M., M.C. Tobing, L. Lubis, & H. Priwiratama. 2012. Efikasi Beberapa Formulasi *Metarhizium anisoplie* terhadap Larva *Oryctes rhinoceros* L. (*Coleoptera: Scarabaeidae*) di Insektarium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*,1(1).
- Marhaeni, L. S. 2008. Inventarisasi Hama dan Penyakit Penting Pada Tanaman Kelapa. *Jurnal Budidaya Tanaman*. 7(2):112-117
- Mulyono. (2007). Kajian Patogenisitas Cendawan *Metarhizium anisopliae* Terhadap Hama *Oryctes rhinoceros* L. Tanaman Kelapa Pada Berbagai Waktu Aplikasi. *Thesis*. Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Munaan, A., Suharyono & Noveriza. 1996. Peneliti-an pengendalian hayati *oryctes rhinoceros* di Jawa Timur. *Jurnal Littri* 1(6):301-309
- Murad, A.M., R.A. Laumann, T.A. Lima, R.B.C. Sarmiento, E.F. Noronha, T.L. Rocha, M.C. Valadares-Inglis & O.L. Franco. 2006. Screening of entomopathogenic *Metarhizium anisopliae* isolates and proteomic analysis of secretion synthesized in response to cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*) exo-skeleton, p. 365-370. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, Vol. 142, Issues 3-4, March-April 2006.

- Nejat, N., M. C. David, V. Ganesan, Z. Mark, R. James, & N. Neda. 2015. Transcriptomics-based analysis using RNA-Seq of the coconut (*Coconut nucifera*) leaf in response to yellow decline phytoplasma infection. *Original Paper*. 15(2):1-12
- Nuraida & A. Hasyim. 2009. *Isolasi, identifikasi, dan karakterisasi jamur entomopatogen dari rhizosfir pertanaman kubis*. J. Hortikultura 19(4): 419–432.
- Prayogo, Y., T. Wedanimbi, & Marwoto. 2005. Prospek Cendawan Entomopatogen *Metarhizium Anisopliae* Untuk Mengendalikan Ulat Grayak (*Spodoptera litura*) Pada Kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(1).
- Prayogo, Y. 2012. *Efikasi Cendawan Entomopatogen Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) dan Metarhizium anisoplae Terhadap Kepik Hijau (Nezara viridula L.)*. J. HPT Tropika 2(1): 1-14.
- Rini R. T. 2014. Pengaruh Air Kelapa (*Cocos nucifera*) terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Juncea*). *Biopendix*.1.(1) : 86-89
- Salisbury, F.B. & C.W. Ross. 2000. Fisiologi Tumbuhan Jilid 3. *Perkembangan tumbuhan dan fisiologi Tumbuhan (Terjemahan D. R. Lukman dan Sumaryono)*. Penerbit ITB Bandung.
- Sembiring, N., M. T. Uly, & Lisnawita. 2013. Tingkat Serangan Ulat Kantong *Metisa Plana Walker* (Lepidoptera: *Psychidae*) terhadap Umur Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kebun Matapao PT. Socfin Indonesia. *Jurnal Agroekoteknologi*. 1(4): 2337- 6597
- Sitinjak, E. S. 2018. Uji Efektifitas Jamur Entomopatogenik *Metarhizium anisopliae* dan *Beauvaria bassiana* Terhadap Mortalitas Larva Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros*) Pada Chipping Batang Kelapa Sawit. *Skripsi*. Universitas Medan Area : Medan
- Soesanto, L. 2017. *Pengantar Pestisida Hayati : Adendum Metabolit Sekunder Agensia Hayati*. Raja Grafindo Persada : Jakarta
- Sudantha, I.M., & Suwardji. 2012. “Pemanfaatan Bioaktivator dan Biokompos (Mengandung Jamur dan Mikoriza) Untuk Meningkatkan Kesehatan, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai Di Lahan Kering. *Agroteksos*. 21 (1).
- Taufiq, A., & T. Sundari. 2012. Respon Tanaman Kedelai terhadap Lingkungan Tumbuh. *Buletin Palawija*. 23:13-26.
- Tenda, E.T & J. Kumaunang, 2007. Keragaman Fenotipik Kelapa Dalam di Kabupaten Pacitan, Tulungagung dan Lumajang Jawa Timur. *Buletin Palma*, 32: 22-29.

- Vinale, F., G. Manganiello, M. Nigro, P. Mazzei, A. Piccolo, A. Pascale & S. Woo. 2014. A novel fungal metabolite with beneficial properties for agricultural applications. *Molecules*. 19(7): 9760–9772.
- Vinale, F., K. Sivasithamparam, E.L. Ghisalberti, S.L. Woo, M. Nigro, R. Marra & M. Lorito. 2014. Trichoderma secondary metabolites active on plants and fungal pathogens. *The Open Mycology Journal*. 8(1), 127–139.
- Windarti, P. W. 2010. Pengaruh Suspensi Jamur *Metarhizium anisopliae* Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Anopheles aconitus*. (SKRIPSI). Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta.