

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN DANA PNB
FAKULTAS PERTANIAN**



**PENGENDALIAN *Phytophthora palmivora* Butler. PENYEBAB PENYAKIT BUSUK
BUAH KAKAO DENGAN MENGGUNAKAN
CENDAWAN ENDOFIT**

Oleh :

Ir. Yenny Liswarni, MP/NIDN. 0024016305

Dr.Ir. Nurbailis, MS/NIDN. 0006116113

Dr.Ir. Munzir Busniah, M.Si/NIDN. 0008066406

Resmi Junita/BP. 1310211133

**Dibiayai Oleh Dana DIPA Universitas Andalas Tahun Anggaran 2017, Sesuai Dengan
Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor : 16/PL/SPK/PNP/Faperta-Unand 2017
Tanggal 3 Juli 2017**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengendalian *Phytophthora palmivora* Butler. Penyebab penyakit busuk buah kakao dengan menggunakan cendawan endofit

Tema : Ketahanan Pangan

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Ir. Yenny Liswarni, MP.

b. NIDN : 0024016305

c. Jabatan Fungsional : Lektor

d. Program Studi : Proteksi Tanaman

e. No HP : 085263182268

f. Alamat surel (e-mail) : yenniliswarni@gmail.com

Anggota Peneliti (1) : Dr.Ir. Nurbailis, MS.

g. NIDN : 0006116113

h. Perguruan Tinggi : Universitas Andalas

Anggota Peneliti (2) : Dr. Ir. Munzir Busniah, M.Si.

i. NIDN : 0008066406

Perguruan Tinggi : Universitas Andalas

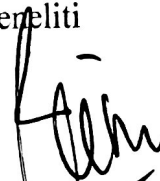
Nama Mahasiswa : Resmi Junita, BP 1310211133

Lokasi Penelitian : Laboratorium Pengendalian Hayati Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

Biaya penelitian : Rp. 12.5000.000

Padang, 28 Nopember 2017

Ketua Peneliti



(Ir. Yenny Liswarni, MP.)
NIP. 196301241987022001

Mengetahui
Dekan Fakultas Pertanian

(Dr. Ir. Munzir Busniah, M.Si.)
NIP. 195312161980031004

RINGKASAN

Salah satu faktor penyebab rendahnya produktivitas tanaman kakao adalah adanya serangan hama dan penyakit. Penyakit utama pada tanaman kakao di Sumatera Barat adalah penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* Butler. Penyakit busuk buah merupakan salah satu faktor penghambat produksi tanaman kakao. Selama musim hujan, serangan *P. palmivora* dengan mudah meningkat 50 % kemudian menurun kembali pada musim kemarau. Apabila buah-buah yang busuk tidak diambil, maka cendawan patogen dapat menjalar ke bantalan bunga dan dapat menyebabkan kanker batang.

Dalam strategi pengendalian hama dan penyakit terpadu (PHT), pemanfaatan potensi musuh alami mempunyai peranan penting dalam menekan kelimpahan populasi OPT. Diantara musuh alami yang dapat dimanfaatkan untuk pengendalian penyakit secara hayati adalah cendawan endofit. Cendawan endofit merupakan cendawan yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan gejala penyakit pada tanaman inangnya. Kehadiran cendawan endofit pada inang dan berasosiasi dengan inang mampu mengendalikan beberapa patogen. Penggunaan cendawan endofit yang terdapat secara alami dan berasal dari ekosistem yang sama dengan patogen yang akan dikendalikan akan lebih menjamin keberhasilan pengendalian. Banyak kelompok cendawan endofit yang mampu memproduksi senyawa antibiotik yang aktif melawan bakteri maupun cendawan patogenik terhadap manusia, hewan dan tumbuhan. Dengan demikian, eksplorasi cendawan endofit sangat penting untuk mendapatkan cendawan yang potensial untuk mengendalikan *P. palmivora*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan jenis cendawan endofit yang berpotensi digunakan sebagai agens biokontrol untuk mengendalikan penyakit busuk buah pada kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* Butler.

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan. Eksplorasi cendawan endofit dilakukan di lahan pertanaman kakao di Kotamadya Padang. Isolasi dan uji antagonis cendawan endofit dilakukan di Laboratorium Pengendalian Hayati, Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Koleksi Tanaman kakao yang dijadikan sampel adalah tanaman kakao yang sehat, bebas dari hama dan penyakit tanaman. Uji antagonis cendawan endofit dilakukan dengan metode biakan ganda dan metode uap. Hasil uji antagonis dari 47 isolat cendawan endofit dengan menggunakan metode biakan ganda didapatkan hasil 8 isolat cendawan endofit yang mampu menghambat perkembangan cendawan patogen *P. palmivora* dengan daya hambat lebih dari 30%, tujuh isolat cendawan endofit memiliki daya hambat 15-30% dan 32 isolat memiliki daya hambat kurang dari 15%. Isolat B124 dan B132 memiliki daya hambat tertinggi (57.00 dan 58.62%) dibandingkan dengan isolate lain. Hasil uji antagonis dari 8 isolat cendawan endofit dengan menggunakan metode uap didapat 2 isolat (B144 dan B143) yang mampu menghambat pertumbuhan cendawan patogen *P. palmivora* dengan daya hambat 43.33-43.52%.

PRAKATA

Puji syukur kami ucapkan kepada Allah SWT karena atas berkah dan rahmatNya kami bias menyelesaikan penelitian ini sampai tersusunnya laporan akhir ini. Kami berharap mudah-mudahan apa yang tertulis dalam laporan ini dapat berguna bagi masyarakat umum dan khususnya Universitas Andalas untuk menambah informasi di bidang ilmu pengetahuan terutama bidang pertanian dan khususnya dalam bidang hama dan penyakit tumbuhan. Kami menyadari apa yang tertulis dalam laporan ini mungkin banyak kekurangan sehingga kami sangat terbuka untuk menerima saran-saran maupun kritik dari para pembaca.

Kami mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Pertanian Universitas Andalas melalui lembaga penelitian atas dana yang telah diberikan sehingga penelitian ini selesai, dan juga kerja sama semua pihak sehingga penelitian bias berjalan lancar.

DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR LAMPIRAN.....	v
BAB I. Pendahuluan.....	1
BAB II. Tinjauan Pustaka.....	4
BAB III. Metode Penelitian.....	8
BAB V. Hasil dan Pembahasan.....	12
BAB VI. Kesimpulan.....	19
DAFTAR PUSTAKA.....	20
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jumlah isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari buah kakao.....	12
2. Daya hambat isolat cendawan endofit dari buah kakao terhadap cendawan <i>P. palmivora</i>	13
3. Pengujian daya hambat isolat cendawan endofit dari buah kakao terhadap cendawan <i>P. palmivora</i> 5 hari setelah inokulasi dengan persentase daya hambat >30%	14
4. Diameter koloni cendawan patogen <i>P. palmivora</i> dengan perlakuan isolat cendawan endofit.....	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pertumbuhan koloni cendawan endofit dari buah kakao.....	13
2. Uji biakan ganda cendawan endofit dengan <i>Phytophthora palmivora</i>	15
3. Bentuk koloni cendawan patogen <i>P. palmivora</i>	16

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanaman kakao (*Theobroma cacao L.*) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang mempunyai nilai ekonomis untuk dikembangkan. Tanaman ini merupakan salah satu komoditas ekspor yang cukup potensial sebagai penghasil devisa negara. Kakao menduduki urutan ke 3 pada sub sektor perkebunan setelah kelapa sawit dan karet. Kakao juga memiliki pasar yang cukup stabil dan harga yang relatif mahal, sehingga peningkatan kualitas hasil selalu dilakukan agar kakao tetap penting sebagai mata dagang non migas. Pada masa yang akan datang, komoditi biji kakao diharapkan menduduki tempat yang sejajar dengan komoditas perkebunan lainnya, seperti kelapa sawit dan karet. Setidaknya perkebunan kakao dapat menyediakan lapangan kerja bagi penduduk di sentra produksi.

Sumatera Barat merupakan salah satu sentra produksi kakao kawasan Indonesia bagian barat. Umumnya tanaman kakao dikelola oleh perkebunan rakyat (smallholder). Pada tahun 2012 produksi kakao Sumatera Barat 45.725 ton dengan produktivitas 897 kg/ha/tahun (Direktorat Jendral Perkebunan, 2013). Pada tahun 2013 produksi kakao Sumatera Barat meningkat menjadi 56.047 ton dengan produktivitas 912 kg/ha/tahun, sedangkan tahun 2014 produksinya 54.691 ton dengan produktivitas 897 kg/ha/tahun (Direktorat Jendral Perkebunan, 2014). Kabupaten Lima Puluh Kota merupakan salah satu sentra penanaman kakao di Sumatera Barat menghasilkan kakao 2.789 ton dengan produktivitas 908 kg/ha/tahun pada tahun 2012 (Direktorat Jendral Perkebunan, 2013), tahun 2013 produksinya 3.529 ton dengan produktivitas 883 kg/ha/ tahun (Direktorat Jendral Perkebunan, 2014). Terjadi fluktuasi produktivitas tanaman kakao di Sumatera Barat maupun di Kabupaten Lima Puluh Kota yang cenderung menurun.

Salah satu faktor penyebab rendahnya produktivitas tanaman kakao adalah serangan hama dan penyakit. Penyakit utama pada tanaman kakao di Sumatera Barat adalah penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora* Butler.), kanker batang (*Phytophthora palmivora* Butler), antraknose (*Colletotricum gloeosporioides* Penz.Sacc), Vascular Streak Dieback (*Oncobasidium theobromae* Talbot & Keane), cendawan upas (*Corticium salmonicolor* Beck. Et Br), dan cendawan akar (*Phellinus lamaoensis* (Murr) Hein, (*Ganoderma pseudeferum* (Wakef) Ov), Et Stein, (*Leptorus lignosus* (Klot) Hein et Pat) (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat, 2011). Penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *P. palmivora* merupakan salah satu faktor penghambat produksi tanaman kakao. Selama musim hujan, serangan *P. palmivora*

dengan mudah meningkat 50 % kemudian menurun kembali pada musim kemarau. Selain itu, apabila buah-buah busuk tidak diambil, cendawan patogen dapat menjalar ke bantalan bunga dan selanjutnya menyebabkan kanker batang (Junianto dan Sukamto, 1992).

P. palmivora merupakan salah satu patogen yang paling serius pada kakao di seluruh dunia, dan di Asia Tenggara. Serangan patogen ini mampu menurunkan produksi kakao hingga 44%. Besarnya kerugian akibat penyakit busuk buah kakao (BBK) karena usaha pengendalian yang dilakukan seringkali memberikan hasil yang tidak menguntungkan. (Rubiyo dan Amaria, 2013). Sebagian besar petani dan perkebunan besar masih menggunakan pestisida sintetik sebagai alternatif pertama untuk mengendalikan penyakit busuk buah kakao. Penggunaan pestisida secara terus-menerus dikhawatirkan akan menimbulkan masalah lain yang lebih berat, contoh penggunaan bahan kimia (pestisida) terhadap tanaman tidak seluruhnya dapat dihancurkan oleh mikroorganisme dalam tanah dan dapat menyebabkan polusi terhadap aliran-aliran air dan sungai sehingga dapat mempengaruhi biota air (Pelezar dan Chan, 2006).

Dalam strategi pengendalian hama dan penyakit terpadu (PHT), pemanfaatan potensi musuh alami mempunyai peranan penting dalam menekan kelimpahan populasi OPT. Diantara musuh alami yang dapat dimanfaatkan untuk pengendalian penyakit secara hayati adalah cendawan endofit. Cendawan endofit merupakan cendawan yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan gejala penyakit pada tanaman inangnya. Hubungan antara cendawan endofit dan tanaman inangnya merupakan hubungan simbiosis dimana kedua belah pihak untuk kehidupannya saling menguntungkan. Cendawan endofit memperoleh substrat nitrogen dan karbohidrat dari tanaman inang, dimana substrat ini dibuang keluar oleh tanaman sebagai bagian dari sistem pembuangan bagi tanaman dari zat-zat beracun. Substrat ini kemudian ditangkap oleh cendawan endofit untuk dipergunakan dalam kehidupannya. Kehadiran cendawan endofit pada inang dan berasosiasi dengan inang mampu mengendalikan beberapa patogen.

Pemanfaatan cendawan endofit untuk pengendalian penyakit di tingkat lapangan dapat dilakukan dengan memanfaatkan cendawan yang sudah ada di ekosistem setempat (indigenus) maupun dengan memasukkan cendawan ke dalam ekosistem dari luar melalui teknik introduksi dan inudasi. Pemanfaatan cendawan endofit indigenus yang sudah ada di ekosistem setempat merupakan taktik pengendalian utama dalam PHT. Penggunaan cendawan endofit yang terdapat secara alami dan berasal dari ekosistem yang sama dengan hama yang akan dikendalikan akan lebih menjamin keberhasilan pengendalian. Banyak kelompok cendawan endofit yang

mampu memproduksi senyawa antibiotik yang aktif melawan bakteri maupun fungi patogenik terhadap manusia, hewan dan tumbuhan, terutama genus *Coniothrium* dan *Microsphaeropsis* (Petrini 1992).

Peranan cendawan endofit dalam melindungi inang tanaman dari serangan penyakit telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Cendawan endofit mampu mengurangi serangan penyakit pada tanaman yang disebabkan oleh *Pythium*, *Rhizoctonia*, and *Fusarium*. Beberapa Spesies dari *Lecanicillium* mampu menginduksi ketahanan tanaman secara sistemik sehingga menyebabkan tingkat serangan penyakit embun tepung menjadi berkurang (Ownley, Gwinn dan Vega, 2010) Aplikasi cendawan endofit *Trichoderma* pada daun anggur untuk tujuan preventiv mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit downy mildew, *Plasmopara viticola* (Berk. & M.A. Curtis) Berl. & De Toni (Oomycota: Peronosporales) (Perazzolli et al. 2008). Induksi ketahanan tanaman secara sistemik setelah aplikasi cendawan endofit *T. harzianum* T39 Rifai (Ascomycota: Hypocreales) pada akar dan daun *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh juga mampu berperan sebagai agen biokontrol terhadap *Botrytis*. (Korolev et al. 2008). Dengan demikian, eksplorasi cendawan endofit sangat penting untuk menemukan cendawan yang potensial untuk mengendalikan *P. palmivora*. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan jenis cendawan endofit yang berpotensi digunakan sebagai agens biokontrol untuk mengendalikan penyakit busuk buah pada kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A.Cendawan *Phytophthora palmivora* Butler.

Penyakit busuk buah kakao merupakan penyakit paling penting di seluruh negara penghasil kakao (Semangun 2000). *Phytophthora* termasuk famili *Pythiaceae*, ordo *Peronosporales*, kelas *Oomycetes*. *P. palmivora* merupakan cendawan heterotalik, tidak menghasilkan stadium seksual dalam medium buatan. Miselium tidak berseptata dan mengandung banyak inti diploid. Hifa tidak berwarna, cendawan membentuk sporangium (*Zoosporangium*) berbentuk buah *pear* dengan ukuran 35-60 x 20-40 μm , mempunyai cabang yang banyak, berdiameter antara 5 - 8 μ . Pada jaringan tanaman, pertumbuhan hifa biasanya interseluler dan

membentuk haustorium di dalam sel inang. (Wahab, 2007). Sporangium dapat berkecambah secara langsung dengan membentuk pembuluh kecambah, tetapi dapat berkecambah secara tidak langsung dengan membentuk zoospora atau spora kembar yang dapat berenang. Cendawan dapat membentuk klamidospora yang bulat, dengan garis tengah 30-60 μm . Cendawan *P. palmivora* adalah cendawan tanah yang dapat bertahan lama di dalam tanah. *P. palmivora* dapat menginfeksi bermacam-macam tanaman seperti kakao, durian, pepaya. Cendawan ini dapat terbawa oleh percikan air hujan, terbawa angin maupun serangga (Semangun 2000).

Dua puluh isolat *P. palmivora* telah diisolasi dari berbagai bagian tanaman kakao yang dikumpulkan dari enam propinsi sentra produksi kakao di Indonesia. Diidentifikasi berdasarkan sifat morfologi dan secara molekuler menunjukkan bahwa semua isolat tersebut adalah *P. Palmivora*. Adapun ciri-ciri dari cendawan *P.palmivora* adalah : hifa hialin,tidak bersekat, sporangium berbentuk buah pear (ovoid), mempunyai papilla yang jelas dengan pedisel berukuran 4-6 μm , bersifat *caduceus* (mudah lepas dari sporangiofor), klamidospora berbentuk bulat. *P.palmivora* dapat tumbuh pada media Corn Meal Agar (CMA), Lima Bean Agar (LBA) dan V8 juice Agar. Sporangia lebih banyak diproduksi pada medium LBA. Koloni *P.palmivora* pada medium PDA berwarna putih. (Umayah dan Purwantara 2006).

Penyakit busuk buah kakao (BBK) yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora palmivora* Butler adalah penyakit utama pada kakao. Di Indonesia, penyakit ini mengakibatkan kerugian yang besar terutama di daerah yang beriklim basah. Selama musim hujan, serangan *P. palmivora* dengan mudah meningkat sampai 50 % kemudian menurun kembali pada musim kemarau. Selain itu, apabila buah-buah busuk tidak diambil, cendawan patogen dapat menyebar ke bantalan bunga dan selanjutnya menyebabkan kanker batang (Junianto dan Sukamto, 1992).

Pada permukaan buah yang memiliki kelembaban cukup tinggi akan terbentuk sporangiofor (tangkai sporangium) dan sporangium. Pembentukan sporangium dipengaruhi oleh cahaya. Pada intensitas cahaya yang tinggi akan terbentuk sporangium yang jumlahnya cukup banyak. Selanjutnya spora tersebut tersebar ketempat lain dan menyebabkan infeksi atau serangan baru (Hislop, 1964).

Penyakit busuk buah merupakan penyakit yang sangat merugikan karena secara langsung menyerang buah, sehingga dapat menurunkan produktivitas dan sekaligus menurunkan kualitas biji yang dihasilkan. Penyakit ini bersifat kosmopolit atau terdapat hampir di seluruh areal perkebunan tanaman kakao, kerugian akan lebih besar oleh serangan penyakit ini kalau kondisi

lingkungannya cocok (konduktif) untuk perkembangannya dan penanganan yang dilakukan tidak efektif .(Manti,2009)

P. palmivora dapat menyerang semua organ atau bagian tanaman, seperti akar, daun, batang, ranting, bantalan bunga, dan buah pada semua tingkatan umur, tetapi serangan pada buah paling merugikan, terutama pada buah yang belum matang. *P. palmivora* dapat menginfeksi seluruh permukaan buah, namun bagian paling rentan adalah pangkal buah. Buah yang telah terinfeksi patogen akan berwarna cokelat kehitaman pada permukaannya, menjadi busuk basah, dan selanjutnya gejala menyebar menutupi seluruh permukaan buah. Pada bagian yang menghitam akan muncul lapisan berwarna putih bertepung akan menutupi seluruh permukaan buah. (Opeke and Gorenz, 1974)

Berat ringannya serangan cendawan *P. palmivora* ditentukan oleh banyak faktor, antara lain kelembapan udara, curah hujan, cara bercocok tanam, banyaknya buah pada pohon, dan jenis tanaman. Kelembapan yang tinggi akan membantu pembentukan spora dan meningkatkan infeksi. Infeksi hanya dapat terjadi apabila pada permukaan buah terdapat air. Cara bercocok tanam seperti pemangkasan, kerapatan tanaman, pemberian mulsa, drainase, pemupukan dan pemungutan hasil sangat mempengaruhi penyakit (Semangun, 2000).

Pengendalian cendawan *P. palmivora* dengan mengurangi kelembapan kebun dengan memperbaiki drainase, memangkas pohon pelindung secara teratur, mengendalikan gulma. Lapisan mulsa atau serasah di sekitar pangkal batang dapat mengurangi percikan air yang membawa tanah yang terinfeksi cendawan (Semangun, 2000).

B. Cendawan Endofit Sebagai Agens Biokontrol

Dalam pengendalian penyakit, beberapa cendawan endofit mampu mengurangi serangan infeksi beberapa patogen. Cendawan endofit dari jenis *Chaetomium* sp dan *Phoma* sp telah berhasil mengurangi jumlah pustul dan luas serangan daun pada gandum yang disebabkan oleh *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. Selain itu, pencucian media dari *Chaetomium* dan isolat *Phoma* sp telah mengaktifasi reaksi pertahanan aktif dari tanaman, sehingga membatasi persebaran dan replikasi patogen (Dingle dan Mc Gee 2003). Selain itu, pada tanaman kentang aktivitas cendawan endofit *Hetreoconium chaetospira* juga mampu mengurangi penyakit akar gada sebesar 52 - 97% dan mengurangi kejadian penyakit kuning yang disebabkan oleh *Verticillium* sp sebesar 47 - 67% (Narisawa *et al* 2000).

Kolonisasi cendawan endofit pada inang tanaman akan berpengaruh terhadap keberadaan serangga, terutama yang memakan inang dan menjadi hama pada inang tersebut. Keberadaan serangga *Phenacoccus solani* (Homoptera : Psudococcidae) pada tanaman barley dapat ditekan secara total, sama dengan *Shipa maydis* (Homoptera : Aphididae) yang menyebabkan nekrosis pada tanaman barley. Beberapa tanaman barley yang telah diinokulasi dengan cendawan endofit tidak mengalami kerusakan yang parah oleh serangan kutu *Shipha maydis* (Homoptera : Aphididae) (Sabzalian *et al* 2004).

Sejak ditemukannya obat anti kanker dari isolasi cendawan endofit *Pestalotiopsis microspora* yang mengkolonisasi sejenis pohon cemara di Himalaya, penelitian tentang cendawan endofit semakin berkembang. Beberapa spesies cendawan endofit diidentifikasi sebagai sumber anti kanker, anti diabetes, insektisida dan anti kekebalan. Cendawan endofit juga mampu menghasilkan senyawa metabolit yang berperan melindungi inang tanaman dari kondisi lingkungan ekstrim, contohnya *Curvularia* sp yang ditemukan pada tanaman di daerah gunung merapi, Amerika Serikat. Selain itu, cendawan endofit juga melindungi inang dari serangan serangga, tungau, atau hewan lain yang hidup dan memakan inang tanaman (Maheswari 2006)

Persentase komunitas cendawan endofit sebenarnya dalam semua spesies tanaman mempunyai daya adaptasi pada ekologi dalam lahan penelitian dan aplikasinya. Banyak informasi kualitatif yang sekarang ada dalam pengaturan faktor- faktor dinamisasi dari cendawan endofit, namun hampir tidak diketahui dampak kuantitas relatif pada masing- masing faktor dengan komunitas endofit. Penelitian yang ditujukan untuk menjelaskan dasar biokimia dari simbiosis inang dan endofit masih kurang (Petrini 1992).

Munculnya cendawan endofit sebagai potensi terbesar untuk agen biokontrol, karena cendawan termasuk dalam sistem inang dan idealnya sesuai untuk digunakan sebagai pengenalan dari gen asing dalam jaringan tanaman. Spesies inang endofit dapat dimanipulasi dengan gen untuk memproduksi kandungan bahan aktif yang baik bagi inangnya yaitu sejenis teknologi gen langsung dari tanaman, misalnya sejenis bioinsektisida (Petrini 1992).

III. METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan. Eksplorasi cendawan endofit dilakukan di lahan pertanaman kakao di Kotamadya Padang. Isolasi dan uji antagonis cendawan endofit dilakukan di Laboratorium Pengendalian Hayati, Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.

2. Koleksi dan Isolasi Cendawan endofit

Koleksi cendawan endofit dilakukan dengan menggunakan metode *stratified purposive sampling*. Koleksi dilakukan di lahan pertanaman kakao di Kotamadya Padang. Tanaman kakao yang dijadikan sampel adalah tanaman kakao yang sehat, bebas dari hama dan penyakit tanaman.

Isolasi cendawan endofit dilakukan dengan menggunakan metode yang dilaporkan oleh Hazelin et al (2009). Bagian tanaman sampel yaitu buah kakao dipotong dengan ukuran sekitar 1 cm. Bagian tanaman tersebut disterilasi permukaan dengan cara merendam dalam larutan etanol 70% selama 1 menit kemudian dipindahkan kedalam 2,5% larutan sodium hipoklorit selama 3 menit, dikeringkan dan dimasukkan kembali kedalam larutan etanol 70% selama 30 detik. Terakhir dicuci dua kali dengan akuades steril. Potongan tanaman dikeringkan dengan kertas saring steril dan ditempatkan dalam cawan petri yang telah berisi media PDA. Masing-masing petri berisi 5 potongan jaringan tanaman. Cendawan yang tumbuh kemudian dipindahkan ke dalam cawan petri lain yang telah berisi media PDA

3. Perbanyak Cendawan endofit

Perbanyak cendawan endofit dilakukan dengan cara memindahkan biakan murni cendawan seluas 1 cm² ke dalam cawan petri yang berisi media PDA dan diinkubasi selama 3 minggu sampai konidia cendawan terbentuk. Biakkan ini siap untuk dipakai.

4. Isolasi Cendawan *Phytophthora palmivora* Butler.

Isolasi cendawan penyebab penyakit dari buah tanaman kakao yang bergejala dilakukan dengan metode tanam langsung di medium CMA dan PDA. Bagian tanaman yang terserang

dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm dengan menyertakan jaringan yang sehat. Potongan sampel tersebut kemudian disterilisasi permukaannya dengan cara memasukkan potongan tersebut ke dalam akuades-alkohol 70% - akuades dan dikeringanginkan. Selanjutnya potongan tersebut diletakkan di dalam cawan petri yang telah berisi medium CMA sebanyak 4 potongan/petri dan diinkubasi selama 3 hari pada suhu ruang. Setelah 3 hari inkubasi, cendawan yang tumbuh dipindahkan ke medium PDA sampai didapatkan biakan murni dari cendawan tersebut, sehingga bisa diamati karakter makroskopis dan mikroskopisnya (Ilma, 2009 ; Drenth and Sendall, 2001).

5.Uji Antagonis

Tujuannya adalah untuk mengetahui antagonis dari masing masing cendawan endofit terhadap cendawan *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao. Pengujian dilakukan dengan metode biakan ganda. Masing-masing koloni cendawan endofit dan patogen yang berukuran diameter 1 cm diletakkan pada cawan petri yang telah berisi media PDA. Jarak antar kedua koloni adalah 5 cm. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan koloni kedua cendawan dengan menghitung diameter koloni cendawan dan ada tidaknya zona bening diantara kedua koloni. Pengamatan terhadap persentase hambatan diukur dari hari pertama setelah ditanam ke media PDA sampai 5 hari, dengan menggunakan rumus :

$$P = \frac{r1 - r2}{r1} \times 100\%$$

Keterangan :

P : Daya hambat (%)

r1 : Jari-jari koloni patogen yang menjauhi koloni cendawan antagonis

r2 : Jari-jari patogen yang mendekati koloni cendawan antagonis

Data persentase hambatan cendawan antagonis dianalisa sidik ragam dan apabila terdapat perbedaan yang nyata maka dilakukan uji lanjut LSD taraf 5%.

6.Uji Senyawa volatil

Isolat cendawan endofit yang memiliki daya hambat tinggi selanjutnya diuji untuk melihat pengaruh senyawa volatile yang dihasilkan terhadap cendawan patogen. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode uap yang dilaporkan oleh Dennis and Webster (1971) dalam Amaria *et al.*, (2015). Masing-masing potongan biakan murni cendawan antagonis dan

patogen *P. palmivora* diambil dari biakan murni pada media PDA menggunakan *cork borer* (0,8 cm) kemudian diletakkan di tengah cawan petri yang telah berisi media PDA secara terpisah. Kedua dasar cawan kemudian direkatkan menggunakan *clinc wrap*. Selanjutnya kedua cawan petri tersebut ditangkupkan satu sama lain saling berhadapan. Cendawan *P. palmivora* berada di atas dan cendawan antagonis berada di bawah, dan diinkubasi pada suhu 27⁰C sampai cendawan patogen pada kontrol penuh. Pengamatan dilakukan dengan cara mengukur diameter koloni cendawan *P. palmivora* setiap 24 jam sampai biakan cendawan pathogen berumur lima hari atau sudah memenuhi cawan petri.

7. Identifikasi Cendawan endofit

Identifikasi cendawan dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Kunci identifikasi yang digunakan adalah kunci Barnett dan Hunter (1972) dan Poinar dan Thomas (1984).

Pengamatan

1. Daya Hambat

Pengamatan terhadap persentase hambatan diukur dari hari pertama setelah ditanam ke media PDA sampai 5 hari, dengan menggunakan rumus :

$$P = \frac{r1 - r2}{r1} \times 100\%$$

Keterangan :

P : Daya hambat (%)

r1 : Jari-jari koloni patogen yang menjauhi koloni cendawan antagonis

r2 : Jari-jari patogen yang mendekati koloni cendawan antagonis

Data diameter pertambahan koloni dan persentase hambatan cendawan antagonis dianalisa sidik ragam dan apabila terdapat perbedaan yang nyata maka dilakukan uji lanjut LSD taraf 5%.

2. Diameter Koloni cendawan patogen

Pengamatan luas koloni cendawan patogen dilakukan dengan cara mengukur diameter cendawan patogen setiap hari sampai pertumbuhan cendawan pathogen pada control telah memenuhi cawan petri.

3. Jenis Cendawan Antagonis

Isolat cendawan yang didapatkan diidentifikasi sampai tingkat genus. Identifikasi dilakukan terhadap isolat yang memiliki mekanisme antagonis terhadap cendawan *P. palmivora*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan Cendawan Endofit

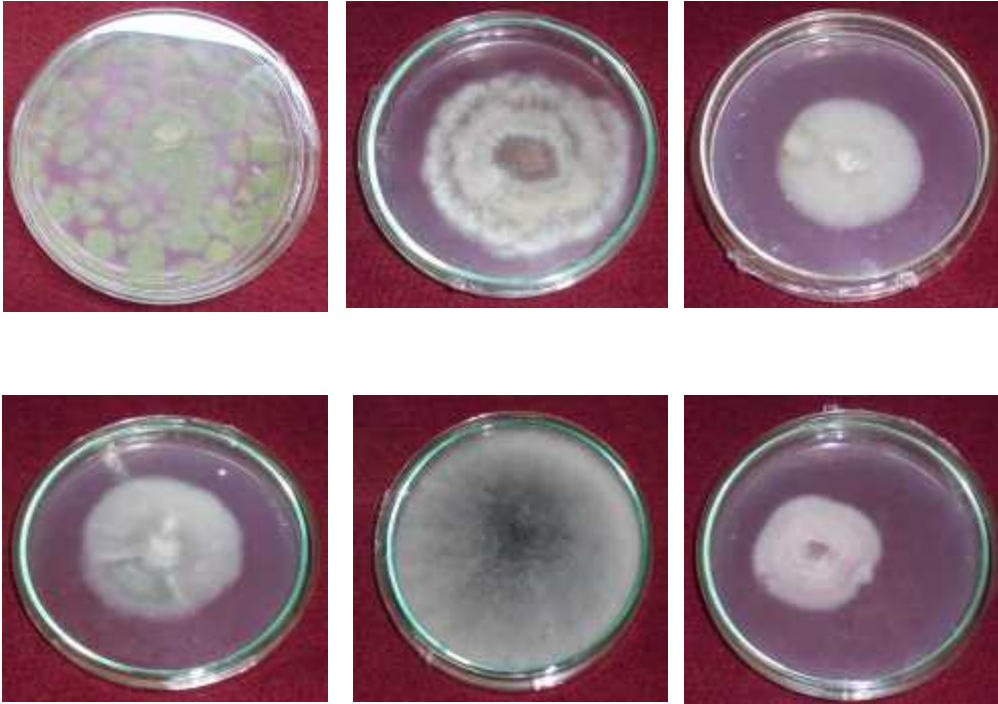
Menurut Redlin & Carris (1996), penyebaran cendawan endofit tersebar secara horizontal, masing-masing inang tanaman dikolonisasi oleh propagul cendawan yang berasal dari lingkungan. Penyebaran cendawan endofit mungkin disebabkan oleh angin dan vektor. Cendawan endofit mengkolonisasi beberapa bagian dari tanaman. Masing-masing cendawan endofit mempunyai jarak fisik, kimia, dan infeksi dengan jaringan inang tanaman. Keragaman tinggi dari fenolik dan tanaman resisten berasosiasi dengan persentase cendawan endofit. Sebagai contoh banyak asosiasi antar patogen potensial dalam suatu inang yang sama. Persentase endofit dan proliferasi endofit terus menerus dalam jaringan.

Hasil isolasi cendawan endofit dari empat buah kakao didapatkan 47 isolat (Tabel 1) dengan variasi pertumbuhan morfologi (Gambar 1).

Tabel 1. Jumlah isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari buah kakao

Sampel buah	Jumlah Isolat
1	14
2	13
3	11
4	9
Total	47

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 terlihat bahwa jumlah isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari buah kakao bervariasi antar buah. Akan tetapi variasi jumlah isolat yang didapat antar buah tidak terlalu besar. Faktor lingkungan, lokasi, jenis dan bagian tanaman inang diduga sangat mempengaruhi distribusi dan keanekaragaman cendawan endofit.



Gambar 1. Pertumbuhan koloni cendawan endofit dari buah kakao

Uji antagonis

Hasil uji antagonis dari 47 isolat cendawan endofit dengan menggunakan metode biakan ganda menunjukkan bahwa hanya ada 8 isolat yang mampu menghambat perkembangan cendawan patogen *P. palmivora* dengan daya hambat lebih dari 30%, Tujuh isolat cendawan endofit memiliki daya hambat 15-30% dan 32 isolat memiliki daya hambat kurang dari 15% (Tabel 2). Rata-rata daya hambat delapan isolat cendawan endofit dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Daya hambat isolat cendawan endofit dari buah kakao terhadap cendawan *P. palmivora*

Daya hambat (%)	Jumlah Isolat
0 – 15	32
>15 – 30	7
>30	8

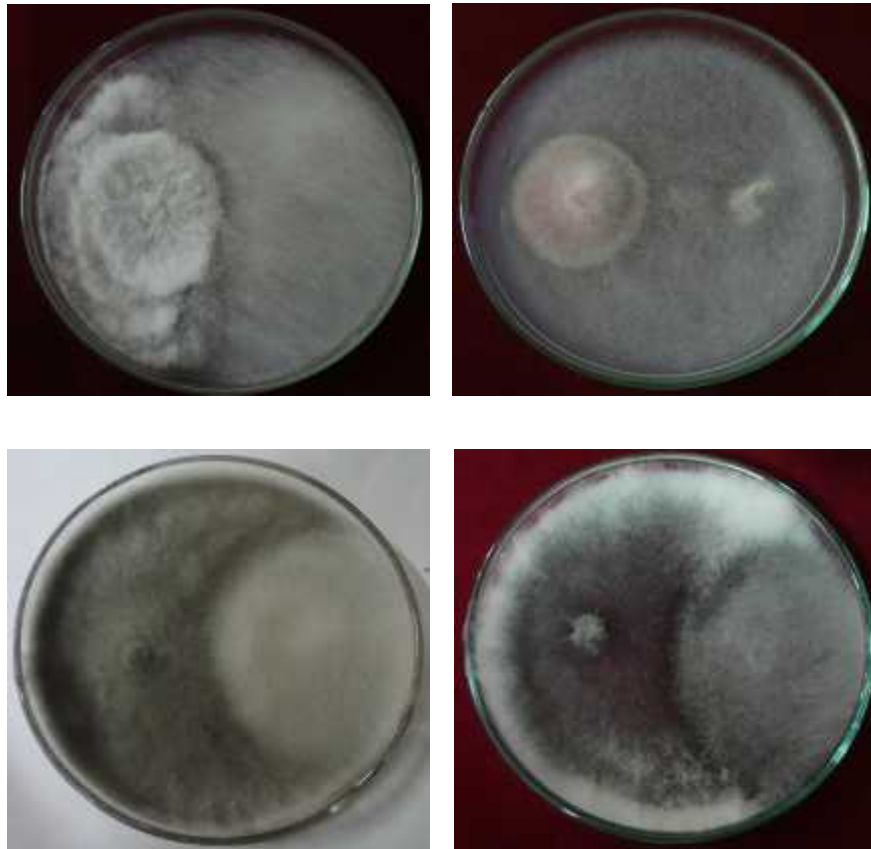
Daya hambat cendawan endofit terhadap cendawan patogen *P. palmivora* bervariasi antar isolat. Hasil analisis sidik ragam delapan isolat cendawan endofit yang memiliki daya hambat lebih dari 30% dapat dilihat pada Tabel 3. Daya hambat kedelapan isolat dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 3. Pengujian daya hambat isolat cendawan endofit dari buah kakao terhadap cendawan *P. palmivora* 5 hari setelah inokulasi dengan persentase daya hambat >30%

Isolat	Daya hambat (%)
B124	58.62 a
B132	57.00 a
B143	47.00 b
B146	45.39 b c
B142	40.00 c d
B144	39.00 d
B112	37.27 d
B431	37.00 d

Hasil pengamatan uji daya hambat delapan isolat cendawan endofit terhadap *P. palmivora*. yang telah dilakukan di laboratorium menunjukkan bahwa kedelapan isolat mampu menghambat perkembangan cendawan patogen dengan daya hambat berkisar antara 37-58.62%. Adanya perbedaan daya hambat ketujuh isolat yang diuji disebabkan karena adanya perbedaan kecepatan tumbuh dari masing-masing isolat dan kemampuannya berkompetisi dalam mendapatkan nutrisi dari media tumbuh. Menurut Melysa *et al.*, (2013) sifat antagonis muncul dikarenakan adanya persaingan yang terjadi antara dua jenis jamur yang ditumbuhkan berdampingan. Persaingan ini terjadi akibat adanya kebutuhan yang sama dari masing-masing jamur, yaitu kebutuhan tempat tumbuh dan nutrisi dari media yang digunakan

untuk tumbuh. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Mpika *et al* (2009) dan Husain *et al* (2012) bahwa ada perbedaan daya hambat isolat jamur antagonis terhadap jamur patogen *P. palmivora*.



Gambar 2. Uji biakan ganda cendawan endofit dengan *Phytophthora palmivora*

Mekanisme penghambatan cendawan antagonis selain kompetisi, juga dapat berupa antibiosis yang ditunjukkan dengan adanya zona bening. Dari 47 isolat yang diuji hanya empat isolat yang bersifat antibiosis. Terbentuknya zona bening ini diduga karena adanya senyawa metabolit yang dihasilkan cendawan antagonis dan bersifat antifungal. Menurut Yoza dan Sunarwati, (2010) menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* mampu memproduksi antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan hifa jamur patogen. Misalnya *Trichoderma viride*

menghasilkan antibiotik gliotoksin dan viridin dan *Trichoderma harzianum* dapat memproduksi enzim β -1, 3 glukonase dan kitinase yang dapat melisis hifa patogen. Enzim yang dihasilkan dapat merusak dinding sel jamur patogen dan akhirnya akan menyebabkan kematian sel. Aeny *et al.* (2011) melaporkan bahwa keberadaan jamur patogen akan merangsang *T. viride* untuk menghasilkan senyawa antibiotik viridin, yang ditunjukkan oleh adanya pigmen berwarna kuning kecoklatan. Adanya antibiotik ini menyebabkan hifa dan sporangium *P. palmivora* yang bersentuhan dengan koloni *T. viride* mengalami lisis. Dalam media PDA, keberadaan cendawan endofit ini menyebabkan terbatasnya tempat tumbuh dan nutrisi untuk pertumbuhan cendawan patogen. Kompetisi yang terjadi pada metode biakan ganda disebabkan adanya kebutuhan nutrisi seperti karbohidrat, protein, asam amino esensial, mineral dan elemen-elemen mikro seperti fosfor (P), magnesium (Mg), kalium (K), vitamin C (asam askorbat), beberapa vitamin B (tiamin, niasin, vitamin B6) (Mukarlina *et al.*, 2010). Gula dan karbohidrat dimanfaatkan oleh agen hayati sebagai sumber karbon yang berperan sebagai prekursor dari metabolit sekunder untuk menghambat perkecambahan spora pathogen (Soesanto, 2008).

Berdasarkan hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa akibat adanya senyawa metabolit yang dihasilkan menyebabkan terjadinya perubahan warna koloni *P. palmivora*. Miselia cendawan patogen yang semula berwarna krem berubah menjadi merah muda, abu-abu sampai hitam tergantung pada isolat cendawan endofit (Gambar 3).



Gambar 3. Bentuk koloni cendawan patogen *P. palmivora* tanpa antagonis (A) dan dengan antagonis (B)

Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa ada satu isolat cendawan endofit yang dapat tumbuh menempa atau di atas koloni cendawan *P. palmivora* (invasi) yang mengindikasikan

terjadinya mekanisme mikoparasitisme. Nurbailis (2008) melaporkan adanya mekanisme parasitisme jamur *Trichoderma* terhadap jamur patogen *Fusarium oxysporum* (*Foc*) ditunjukkan dengan kemampuan jamur *Trichoderma* melakukan penetrasi dan masuk ke dalam hifa *Foc*, kemudian tumbuh, berkembang dan membentuk konidia di dalam sel hifa patogen. Marlina dan Susanti (2013) menyatakan bahwa ketika mikoparasit itu mencapai inangnya, hifanya kemudian membelit atau menghimpit hifa inang tersebut dengan membentuk struktur seperti kait (*hook-like structure*), mikoparasit ini juga terkadang memenetrasi miselium inang dengan mendegradasi sebagian dinding sel inang.

Uji senyawa volatil

Hasil uji pengaruh senyawa volatil terhadap pertumbuhan cendawan patogen *P. palmivora* menunjukkan ada penghambatan pertumbuhan koloni cendawan patogen *P. palmivora*. Persentase penghambatan sangat tergantung pada isolat. (Tabel 4).

Tabel 4. Diameter koloni cendawan patogen *P. palmivora* dengan perlakuan isolate cendawan endofit

Isolat	Diameter koloni	% penghambatan
B144	5.08	43.52 a
B143	5.10	43.33 a
B146	5.25	41.67 a
B431	8.13	9.63 b
B142	8.20	9.26 b
B132	8.25	8.33 b
B124	8.50	5.55 b
B112	8.60	4.45 b
Kontrol	9.00	-

Hasil penelitian menunjukkan semua perlakuan memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghambat pertumbuhan diameter koloni cendawan patogen *P. palmivora* pada uji uap. Terhambatnya pertumbuhan koloni cendawan patogen *P. palmivora* tersebut membuktikan bahwa terdapat beberapa senyawa menguap yang dihasilkan oleh cendawan endofit yang digunakan. Cendawan endofit dapat mengeluarkan senyawa antibiotik atau alkaloid yang mudah

menguap. Berdasarkan hasil penelitian Ting *et al.* (2010) membuktikan bahwa jamur *Penicillium* sp. menghasilkan senyawa antijamur yang mudah menguap (volatil) yaitu glicidol, 2-asetil-5-metilfuran, asam asetat pentil ester, 1-propanol 2-metil, 1-butanol 2-metil, dan - pellantin. Beberapa senyawa volatil tersebut merupakan golongan senyawa fenol yang dapat menyebabkan kerusakan pada membran plasma jamur patogen. Hal ini juga diperkuat oleh Einhelig (1986) senyawa fenolat dapat menurunkan permeabilitas membran sel.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil uji antagonis dari 47 isolat cendawan endofit dengan menggunakan metode biakan ganda menunjukkan bahwa hanya ada 8 isolat yang mampu menghambat perkembangan cendawan patogen *P. palmivora* dengan daya hambat lebih dari 30%, tujuh isolat cendawan endofit memiliki daya hambat 15-30% dan 32 isolat memiliki daya hambat kurang dari 15%
2. Isolat B124 dan B132 memiliki daya hambat tertinggi (57.00 dan 58.62%) dibandingkan dengan isolat lain.
3. Hasil uji antagonis dari 8 isolat cendawan endofit dengan menggunakan metode uap didapat dua isolat (B144 dan B143) yang mampu menghambat pertumbuhan koloni cendawan patogen *P. palmivora* dengan daya hambat 43.33-43.52%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aeny,T.N. Juariyah.S.dan Maryono.T.2011. Potensi antagonis beberapa isolat *Trichoderma* terhadap *Phytophthora palmivora* penyebab busuk buah kakao. Prosiding seminar nasional sains dan teknologi IV.Bandar Lampung, 24-30 November 2011. 521-533
- Agung,P.2012. Inventarisasi Hama dan Penyakit Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* Linn.) Serta Tingkat Serangannya Di Kabupaten Lima Puluh Kota. [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat. 2011. Teknologi Budidaya Tanaman Kakao di Areal Kebun Kelapa [.http://www.sumbar.litbang.deptan.go.id](http://www.sumbar.litbang.deptan.go.id) [13 Juli 2014]

- Barnet, H.L. & Hunter, B.B. 1972. Illustrated Genera Of Imperfect Fungi (Third Edition) .
Minneapolis, Minnesota : Burgess Publishing Company.
- Bernal A, Andreu CM, Moya MM, Gonzalez, and Fernandez O. 2004. Use of *Trichoderma* spp–
like alternative ecological for the control of *Fusarium oxysporum schlecht* f.sp
cubense (E.F. SMITH) SNYD & HANS. Farming research center and faculty of
farming sciences. Central University of the Villas.
- Budiarti, Lina dan Nurhayati.2014. Kelimpahan Cendawan Antagonis pada Rhizosfer Tanaman
Kacang Panjang (*Vigna sinensis* (L.) Savi ex Hassk.) di Lahan Kering Indralaya
Sumatera Selatan Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014, Palembang
26 -27September 2014
- Carlile M.J, Watkinson S.C, Goodday GW. 2001. The Fungi 2nd. New York, London. Academy
Press. d/index.[11 September 20014].
- Cook, R. J. and Baker, K.F. 1993. Biological Control of Plant Pathogen. San Fransisco. Freeman
& Co.,v
- Denny, J.Bruck.2010. Fungal Entomopathogen in The Rhizosphere. Biocontrol 55 : 103-112
- Dharmaputra, O.S., A.W. Gunawan, R. Wulandari, T. Basuki. 1999. Cendawan
Kontaminan Dominan pada Bedengan Jamur Merang dan Interaksinya dengan
Jamur Merang secara In-Vitro. Jurnal Mikrobiologi Indonesia, 4(1): 14-18.
- Direktorat Jendral Perkebunan.2013. Statistik Perkebunan Kakao di Indonesia.Jakarta
-----,2014. Statistik Perkebunan Kakao di Indonesia.Jakarta
- Drenth A and Sendall B. 2001. Practical guide to detection and identification of *Phytophthora*.
CRC for Tropical Plant Protection Brisbane. Australia (1): 5-41
- Dwidjoseputro, D. 1975. Pengantar Mikologi. Bandung Penerbit Alumni..
- Hafsah,S dan Zuyasna. 2013. Uji Patogenisitas Beberapa Isolat Penyakit Busuk Buah Kakao
Asal Aceh dan Evaluasi Efektivitas Metode Inokulasi. Jurnal Agrista 17(1) : 42-48
- Harman, G. E. 2000. Changes in Perceptions Derived from Research on *Trichoderma harzianum*
T-22.Plant disease 84(4) : 377-295. Hislop, E. C. 1964. Black Pod Disease. Cacao
Grower Bulletin.
- Hislop, E. C. 1964. Black Pod Disease. Cacao Grower Bulletin

- Husain, F, Umrah dan Alwi M, 2012. Skrining *Aspergillus* Antagonis Terhadap *Phytophthora palmivora* Butler. Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao di Sulawesi Tengah. Universitas Tadulako. Biocelebes. 6 (2) : 56-65
- Junianto, Y.D., Sukamto, S. 1992. Efektivitas H₃PO₃ Terhadap Penyakit Busuk Buah (*Phytophthora palmivora* Butler). Pusat Penelitian Perkebunan Jember. Pelita Perkebunan, 7 (4)
- Manti, I. 2009. Jenis dan Tingkat Serangan Penyakit Busuk Buah Kakao di Kabupaten Padang Pariaman. <http://sumbar.litbang.deptan.go.id/in>
- Marlina A dan Susanti, F, 2013, Kemampuan Antagonis *Trichoderma* Sp. Terhadap Beberapa Jamur Patogen In Vitro Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh. J. Floratek 8: 45 -51
- Melysa, Nur Fajrin, Suharjono, Mutia Erti Dwi Astuti. 2013. Potensi *Trichoderma* sp. Sebagai Agen Pengendali *Fusarium* sp. Patogen Tanaman *Strawberry* (*Fragaria* Sp.) Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika, Tlekung, Kota Batu 2013.
- Mpika, I. B. Kébé, A. E. Issali, F.K. N'Guessan, S. Druzhinina, M. Komon-Zélazowska, C. P. Kubicek and S. Aké. (2009). Antagonist potential of *Trichoderma* indigenous isolates for biological control of *Phytophthora palmivora* the causative agent of black pod disease on cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Côte d'Ivoire. African Journal of Biotechnology 8 (20), 5280-5293.
- Noveriza, R. 2007. Kontaminasi Cendawan dan Mikotoksin pada Tumbuhan Obat. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika. Bogor.
- Nurbailis. 2008. Karakteristisasi Mekanisme *Trichoderma* spp. dalam Pengendalian *Fusarium oxysporum* f.sp cubense Penyebab Penyakit Layu Fusarium Pada Tanaman Pisang [Disertasi]. Padang. Program Pasca Sarjana Universitas Andalas. 102 hal.
- Nurhayati ,H, 2001. Pengaruh pemberian trichoderma sp terhadap daya infeksi dan ketahanan hidup sclerotium roflsii pada akar bibit cabai. Skripsi fakultas pertanian untad, palu
- Nuryatiningsih, SP. 2013. Efektivitas Jamur *Penicillium* Spp Untuk Pengendalian Hama *Lepidiotia Stigma* Pada Tanaman Tebu. Jakarta. Akses 29 Juni 2015
- Opeke Lk, Gorenz Am. 1974. *Phytophthora* pod rot ;symptoms and and economic importance. In: Gregory PH ed. *Phytophthora* disease of cocoa. Longman: London, pp 117-24

- Pawirosoemardjo, S and Purwantara, A. 1992. Laju infeksi dan intensitas serangan *Phytophthora palmivora* pada buah kakao dan batang pada beberapa varietas kakao. *Menara Perkebunan*, 60(2), 67-72
- Pelczar, M.J. and Chan, E.C.S. 2006. *Dasar - Dasar Mikrobiologi Jilid 2*. Jakarta. Universitas Indonesia Press.
- Poinar Jr, G.O and Thomas, G.M. 1984. *Laboratory Guide to Insect Pathogens and Parasites*. New York Plenum Press.
- Purwantisari, S dan Rini, B.H. 2009. Isolasi dan Identifikasi Jamur Indigenous Rhizosfer Tanaman Kentang dari Lahan Pertanian Kentang Organik di Desa Pakis, Magelang. Universitas Diponegoro. *Jurnal BIOMA*, 11(2) : 45-53 .
- Raka, I G, 2006, Eksplorasi dan Cara Aplikasi Agensia Hayati *Trichoderma* sp. Sebagai Pengendali Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT). Dinas Pertanian Tanaman Pangan, UPTD Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Holtikultura, Bali.
- Rao dan Subba, N.S (1994), *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan*. Jakarta UI Press,
- Redlin, Carris. 1996. Endophyte fungi in grasses and woody plants systematics, ecology and evolution. Di dalam : Redlin CS, Carris LM, editor. *Endophyte Fungi in Grasses and Woody Plants Systematics, Ecology and Revolution*. Minnesota : APS Press. hlm 223 p.
- Rifai. 1969. A Revision of Genus *Trichoderma*. *Mycological Papers*, No.116.
- Rizky, M. 2013. Inventarisasi dan tingkat serangan hama dan penyakit tanaman kakao (*Theobroma cacao* L) di kabupaten pesisir selatan. [Skripsi]. Padang. Universitas Andalas.
- Rubiyo dan Amaria W, 2013. Ketahanan Tanaman Kakao Terhadap Penyakit Busuk Buah (*Phytophthora Palmivora* Butl.) Resistance Of Cocoa To Black Pod Disease (*Phytophthora Palmivora* Butl.). *Perspektif* 12(1) : 23-36
- Salma, S dan L. Gunarto. 1999. Enzim Selulase dari *Trichoderma spp.* *Buletin AgriBio* Vol. (2) No. 2. Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Bogor.
- Semangun, H., 2000. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University. Yogyakarta. Press.
- Soesanto, L, 2008, *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*, Rajawali Pers, Jakarta

- Sudrajat D, Nana Mulyana dan Arief Adhari. 2014 . Seleksi Mikroba Rizosfer Lokal Untuk Bahan Bioaktif pada Inokulan Berbasis Kompos Iradiasi Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN.23-34
- Sukamto, S. 2008. Pengendalian Penyakit. pp. 154-169. In: Wahyudi, T., Panggabean, T.R., & Pujiyanto, Editor. Panduan Lengkap Kakao Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Jakarta. Penebar Swadaya.
- Suryani,D dan Zulfebriansyah, 2007. Komoditas Kakao: Potret Dan Peluang Pembiayaan. Economic Review No. 210 Desember 2007
<http://www.bni.co.id/Portals/0/Document/Komoditas%20Kakao.pdf>.
- Suwahyono, U, 2000, 'Pengendalian Penyakit Tanaman Secara Mikrobiologis: Menuju Komunitas Berkelanjutan', NEED: Lingkungan Manajemen Ilmiah, 2(8) :7-18
- Tandion, H., 2008. Pengaruh Jamur Antagonis *Trichoderma harzianum* dan Pupuk Organik Untuk Mengendalikan Patogen Tular Tanah *Sclerotium roflsii Sacc.* Pada Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*) di Rumah Kasa. <http://repository.usu.ac.id.pdf> Akses 29 Juni 2015
- Umayah A dan Purwantara,A . 2006. Identifikasi isolat *Phytophthora* asal kakao. Jurnal Menara Perkebunan , 74(2), 76-85
- Wahab, A.2007. Pengenalan Dan Pengendalian Penyakit Busuk Buah Kakao (*Phytophthora Palmipora*). Buletin Teknologi dan Informasi Pertanian. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Tenggara (31-39)
- Wahyudi, T, Panggabean T.R, Pujiyanto. 2008. Panduan Lengkap Kakao, Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Jakarta.
- Waluyo. L. 2007. Mikrobiologi Umum . UMM Press. Malang
- Winarsih, S., dan Syafrudin, 2001. Pengaruh Pemberian *Trichodema viridae* dan Sekam Padi terhadap Penyakit Rebah Kecambah di Persemaian Cabai. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian. 3 (1):. 37-55.
- Yoza R dan Sunarwati, D. 2010. Kemampuan *Trichoderma* Dan *Penicillium* Dalam Menghambat Pertumbuhan Cendawan Penyebab Penyakit Busuk Akar Durian (*phytophthora palmipora*). Secara In Vitro. Seminar Nasional Program dan Strategi Pengembangan Buah Nusantara. Jl. Raya Solok-Aripan Km 8 Solok Sumatera Barat 27301 Balai penelitian tanaman buah tropika solok.(176-189)

