

**SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN KEGIATAN**

Nomor : 54.13/HM.240/I.1/3/2016.K

Tanggal : 7 Maret 2016

Antara

**SATKER BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
PERTANIAN KANTOR PUSAT JAKARTA**

dengan

**UNIVERSITAS ANDALAS**

Kegiatan

**FORMULASI BAKTERI PERAKARAN PEMACU  
PERTUMBUHAN TANAMAN DENGAN PUPUK  
KANDANG DAN PESTISIDA NABATI SERAI WANGI  
UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT VSD TANAMAN  
KAKAO**

FOKUS PENELITIAN: I  
KODE OUTPUT: C.1

FORMULASI BAKTERI PERAKARAN PEMACU  
PERTUMBUHAN TANAMAN DENGAN PUPUK  
KANDANG DAN PESTISIDA NABATI SERAI  
WANGI UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT  
VSD TANAMAN KAKAO



DR. JUMSU TRISNO, SP., MS.i

BIDANG PRIORITAS : KAKAO

UNIVERSITAS ANDALAS PADANG  
2016

# LAPORAN AKHIR PENELITIAN

## FORMULASI BAKTERI PERAKARAN PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN DENGAN PUPUK KANDANG DAN PESTISIDA NABATI SERAI WANGI UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT VSD TANAMAN KAKAO

Peneliti Utama : Dr. JUMSU TRISNO, SP., MS.i  
NIP : 196911211995121001  
INSTITUSI PENGUSUSUL : Universitas Andalas Padang  
INSTITUSI YANG TERLIBAT : Balai Penelitian Tanaman  
Rempah dan Obat  
BIDANG PRIORITAS : FOKUS I ; C 1  
PROPOSAL : TAHUN I (PERTAMA)

## LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PENELITIAN

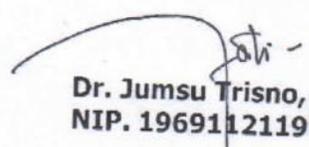
- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1. Judul Kegiatan            | : Formulasi BP3T dengan Pupuk Kandang dan Pestisida Nabati Serai Wangi Untuk Pengendalian Penyakit VSD Tanaman Kakao |
| 2. Institusi pengusul        | : UNIVERSITAS ANDALAS  |
| 3. Alamat                    | : Kampus Limau Manis Padang  |
| 4. Diusulkan Melalui         | : Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  |
| 5. Sifat Usulan Kegiatan     | : Baru   |
| 6. Nama Penanggung Jawab     | : DR. JUMSU TRISNO, SP., MS.i  |
| 7. Personalia                |  |
| 1. Peneliti                  | : 3 orang  |
| 2. Asisten Peneliti          | : 3 orang  |
| 3. Teknisi                   | : 3 orang  |
| 8. Tahun Dimulai Kegiatan    | : 2016   |
| 11. Biaya Kegiatan TA 2016   | : Rp. 208.110.000.000.-  |
| 12. Jangka Waktu Pelaksanaan | : 10 bulan   |
| Mulai dilaksanakan           | : 7 Maret 2016   |
| Berakhir                     | : 9 Desember 2016  |

Padang, 7 Desember 2016

Dekan Fakultas Pertanian  
Universitas Andalas Padang

  
Prof. Ir. ARDI, MS.c.  
NIP. 195312161980031004

Penanggung Jawab Kegiatan

  
Dr. Jumsu Trisno, SP., MS.i  
NIP. 196911211995121001

Mengetahui:  
Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Universitas Andalas

  
Dr. Ir. Ing. Uyung Gatot Syafrawi Dinata, MT  
196607091992031003

## Personalia Penelitian

No	Nama	Pendidikan	Gol/Pangkat	Jabatan Fungsional	Bidang Keahlian	Posisi dalam tim Peneliti	Tugas dalam Penelitian	Alokasi Waktu (jam/mgg)
1.	Dr. Jumsu Trisno, SP. M.Si	S3	IV-B/Pembina Tk.I	Lektor Kepada	Bioteknologi Pengendalian Hayati	Penanggung Jawab	Koordinasi semua kegiatan	15
2.	Dr. Haliatur Rahma, S.Si, MP	S3	III-C/ Penata	Lektor	Bakteriologi dan Pengendalian Hayati	Peneliti 2	Formulasi Biopestisida berbahan aktif BP3T	10
3.	Dr. Rita Noveriza, MSc	S3	IV-A/Pembina	Peneliti Madya	Fitopatologi/ Pesticida Nabati	Peneliti 3	Formulasi biopestisida berbahan aktif serai wangi dan aplikasi	10
4.	Ir. Martinius, MS	S2	IV-A/Pembina	Lektor Kepala	Mikologi	Peneliti 4	Formulasi biofertilizer berbahan aktif BP3T	10
5.	Dr. Sri Yuliani	S3	III-C/Penata	Peneliti Muda	Biomaterial/Nano teknologi	Asisten Peneliti	Formulasi nano emulsi serai wangi	8
6.	Ir. Reflin, MS	S2	III-D/ Penata Tk. I	Lektor	Mikologi/ Pesticida Nabati	Asisten Peneliti	Aplikasi Pesticida Nabati di Lapang	10

No	Nama	Pendidikan	Gol/Pangkat	Jabatan Fungsional	Bidang Keahlian	Posisi dalam tim Peneliti	Tugas dalam Penelitian	Alokasi Waktu (jam/mgg)
7.	Rahil Ade Rifqah, SP, MP	S2	Honores	-	Pengendalian Hayat	Asisten Peneliti	Aplikasi BP3T untuk Peningkatan Pertumbuhan dan Ketahanan Tanaman	10
8.	Syarifuddin	SMA	Honorier	-	Teknis lapangan	Teknisi	Penyiapan pupuk kandang dan kegiatan di Rumah Kaca	12
9.	Selviana Angraini, SP	S1	Honorier	-	Perlindungan tanaman	Teknisi	Penyiapan BP3T di Laboratorium	12
10.	Erman	SMA	Honorier	-	Teknis lapangan	Teknisi	Penyiapan lahan dan aplikasi pestisida di lapang	12

## I PENDAHULUAN

Penyakit VSD (*Vascular streak dieback*) merupakan penyakit mematikan tanaman kakao, karena menyerang jaringan pembuluh titik tumbuh. Perkembangan dan penyebaran penyakit ini di Indonesia sangat cepat, karena penyakit VSD ini pertama kali di temukan pada tahun 1983 di pulau sebatik (Kalimantan Timur), dan pada tahun 2013 hampir semua pertanaman kakao terinfeksi penyakit tersebut (Harni dan Khaerati, 2013; Dhana *et al.* 2013). Di Sumatera Barat penyakit ini pertama kali dilaporkan pada tahun 2015 dengan insidensi 58,82% - 100% dan intensitas 24,29% - 44,7% (Trisno *et al.* 2016). Kerugian akibat penyakit VSD di seluruh dunia dapat mencapai 30.000 ton per tahun setara dengan US\$ 28 juta (World Cocoa Asosiasi, 2001). Di Indonesia, khususnya Sumatera Barat potensi kehilangan hasilnya belum ada laporannya. Akan tetapi dari survei dan wawancara dengan petani, banyak kebun-kebun petani yang sudah dimusnahkan dan diganti dengan tanaman lain, karena adanya penyakit yang menyebabkan daun-daun gugur, tanaman gundul dan tidak lagi menghasilkan. Disisi lain, perawatan kebun yang kurang baik dapat mempercepat penyebaran penyakit di lapang. Pertanaman kakao di Indonesia umumnya adalah perkebunan rakyat, dimana dalam pengelolaan dan perawatan belum dilakukan dengan baik.

Berbagai upaya pengendalian penyakit tersebut sudah dilakukan, akan tetapi belum efektif. Wahap dan Sulle (2008) melaporkan penyakit VSD dapat dikendalikan dengan cara (1) menempatkan bibit pada lokasi yang terisolasi dan karantina selama 6 bulan, (2) pemangkasan cabang yang sakit satu kali sebulan dan drainase yang baik, (3) Penanaman klon tahan dan (4) penggunaan fungisida *propiconazole* dan *biloxazole*. Harni dan Baharuddin (2014) menambahkan penyakit ini sulit dikendalikan karena berada dalam jaringan pembuluh. Oleh sebab itu perlu dicarikan teknologi yang memanfaatkan potensi alami yang dimungkinkan dapat mengendalikannya. Penggunaan minyak cengkeh dan ekstrak Serai Wangi potensial untuk pengendalian penyakit VSD karena dapat menekan perkembangan penyakit 38,6% dan 31,6%. Herman *et al* (2014) melaporkan pemanfaatan Trichoderma untuk pengendalian jamur *O. theobromae* juga sangat potensial. Hasil pengujian

menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* isolat UNTAD dapat menekan perkembangan jamur *O. theobromae* sampai 85,75 %.

Dari data penyebaran dan perkembangan penyakit tersebut serta pengelolaan kebun yang kurang baik, sangat memungkinkan penyakit VSD ini akan menghancurkan produksi kakao di Indonesia. Oleh sebab itu, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian menjadikan tanaman kakao menjadi komoditi prioritas penelitian. Salah satu prioritas adalah mengelola perkembangan penyakit VSD melalui pemanfaatan sumberdaya hayati. Penelitian ini menawarkan cara pengelolaan penyakit VSD dengan pemanfaatan bakteri pemacu pertumbuhan tanaman untuk meningkatkan ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit VSD serta pemanfaatan pestisida nabati dari tanaman serai wangi dapat dimanfaatkan untuk membatasi penyebaran spora jamur penyebabnya.

Pemanfaatan bakteri perakaran untuk meningkatkan ketahanan tanaman sudah banyak dilaporkan seperti penggunaan *P. flourescens* LPK1.9, *B. Subtilis* TD1.3 dan *B. Subtilis* TD1.8 untuk tanaman cabai terhadap penyakit virus daun kuning keriting dengan penekanan perkembangan penyakit sampai 75% (Trisno *et al*, 2013), *Serratia marsescens* dan *Basillus* sp untuk tanaman jagung terhadap penyakit layu pembuluh (stewart) (Rahma *et al*. 2014). *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Enterobacter* spp. mempunyai kemampuan meningkatkan ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit VSD. Hasil penelitian Vanhove *et al* (2016) menunjukkan bahwa aplikasi *T. Harzianum* langsung ke daun tanaman yang bergejala dapat mengurangi intensitas penyakit VSD dan aplikasi *Basillus* sp, *Enterobacter* spp ke bibit tanaman kakao dapat berfungsi sebagai elisitor induksi ketahanan bibit tanaman kakao terhadap penyakit VSD. *T. asperellum* endofit yang diaplikasikan pada saat “grafting” (penyambungan) dapat mengurangi insidensi penyakit pada klon MCC1 dan MO4 sebesar 71,46 % dan 69,10 % (Rosmana, *et al* 2016), akan tetapi *T. asperellus* tidak potensial sebagai elisitor induksi ketahanan bibit kakao terhadap VSD (Vanhove,*et al*, 2016)

Bahan organik lokal sebagai bahan perbanyakan massal bakteri perakaran sangat tersedia di lapang. Pemanfaatan bahan organik lokal ini selain sebagai formulasi massal bakteri, juga dapat mempercepat proses pematangan bahan organik yang dimanfaatkan tanaman sebagai biofertilizer. Ketersediaan formulasi

biopestisida dan biofertilizer dari bakteri tersebut akan dapat meningkatkan ketahanan Tanaman kakao terhadap penyakit VSD di lapang. Disisi lain, pemanfaatan pestisida nabati dari tanaman serai wangi dapat dimanfaatkan untuk membatasi penyebaran spora jamur penyebabnya. Tanaman serai wangi dilaporkan merupakan salah satu pestisida nabati yang potensial untuk mengendalikan patogen tumbuhan (Noveriza, 2013).

Serai wangi, diketahui dapat mengendalikan beberapa OPT. Berdasarkan hasil penelitian tahun 2014 menggiling bunga cengkeh sampai dengan ukuran nanometer dapat meningkatkan kandungan eugenol sebesar 9,9%. Insektisida nabati berbahan aktif eugenol formulasi CKH (Cengkeh): LAS (Linear Alkylbenzen Sulfonate Sodium) = 25 : 25 dan CKH (Cengkeh) : TEA (Trietanolamin) = 35 : 15 pada konsentrasi 5 ml/l dapat menurunkan populasi *N. lugens* dengan nilai EI > 70% dan relatif aman bagi musuh alami. Menurut Harni dan Baharuddin (2014), minyak cengkeh, serai wangi, dan bawang putih dapat menurunkan persentase dan intensitas serangan penyakit VSD pada tanaman kakao. Persentase penurunan intensitas serangan terbesar dan nyata diperoleh pada perlakuan minyak cengkeh dan serai wangi, masing-masing 38,6% dan 31,6% dan keduanya potensial digunakan sebagai fungisida nabati untuk mengendalikan penyakit VSD. Sedangkan untuk pengendalian patogen virus, menurut Mariana dan Noveriza (2013) minyak serai wangi konsentrasi 1,2% dapat menurunkan jumlah lesio yang muncul sehingga memiliki potensi menekan perkembangan *Potyvirus*. Menurut Nakahara *et al.* (2003), kandungan utama minyak atsiri serai wangi adalah geraniol dan citronellal. Citronellal dapat menghambat cendawan *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Eurotium* 100% pada dosis 112 mg/L.

Nano pestisida terdiri atas partikel kecil dari bahan aktif pestisida atau struktur kecil dari bahan aktif yang berfungsi sebagai pestisida (Bergeson, 2010). Nano emulsi dan nano enkapsulasi adalah salah satu teknik nano pestisida yang sudah banyak digunakan dan efektif untuk pengendalian penyakit tanaman (Bouwmeester *et al.*, 2009; Bergeson, 2010).

Nanoemulsi adalah sistem emulsi yang *transparent*, tembus cahaya dan merupakan dispersi minyak air yang distabilkan oleh lapisan film dari surfaktan atau

molekul surfaktan, yang memiliki ukuran droplet berkisar 50 – 500 nm (Shakeel, *et al.*, 2008). Ukuran droplet nanoemulsi yang kecil membuat nanoemulsi stabil secara kinetik sehingga mencegah terjadinya sedimentasi dan kriting selama penyimpanan (Solans, *et al.*, 2005). Selain itu, nanoemulsi dengan sistem emulsi minyak dalam air (o/w) merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan kelarutan dan stabilitas komponen bioaktif yang terdapat dalam minyak (Yuliasari dan Hamdan, 2012).

Berdasarkan dari potensi yang besar dari BP3T seperti *P. flourescen*, *Basillus* sp dan *Serratia marsecens* dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap berbagai patogen tanaman, maka penggunaan bakteri tersebut dimungkinkan juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit VSD. Disamping itu, Pemanfaatan nano emulsi dari minyak atsiri serai wangi juga akan meningkatkan kemampuannya dalam mengendalikan atau menekan perkembangan patogen penyebab penyakit VSD. Maka penelitian ditujukan untuk mendapatkan formula BP3T-Pupuk Kandang yang mampu menekan perkembangan penyakit VSD 50 %. Setelah tanaman ditingkatkan pertumbuhan dan ketahanannya dengan formula BP3T-Pupuk kandang, aplikasi nano emulsi minyak atsiri serai wangi dapat membatasi penyebaran patogen dan menekan perkembangan penyakit VSD 30 %. Dari paket aplikasi formula BP3T-Pupuk Kandang dan minyak atsiri serai wangi diharapkan dapat menekan perkembangan penyakit VSD 75 %.

#### **A. Tujuan Kegiatan**

Mendapatkan (1) formulasi bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (BP3T) dengan bahan organik lokal yang dapat digunakan sebagai biopestisida dan biofertilizer. (2) formulasi pestisida nabati dari tanaman serai wangi, dan (3) kombinasi aplikasi formula dilapangan dari formulasi yang didapatkan, untuk pengendalian penyakit VSD (*Vascular streak deaback*) tanaman kakao.

##### Tujuan tahun I

- Mendapatkan jenis BP3T dan pupuk kandang potensial untuk formulasi biopestisida dan biofertilizer
- Mendapatkan formulasi dan dosis aplikasi pestisida nabati di lapang

#### Tujuan tahun II

- Mendapatkan formulasi BP3T-pupuk kandang yang efektif sebagai biopestisida dan biofertilizer untuk pengendalian penyakit VSD kakao di lapang
- Mendapatkan paket kombinasi teknologi aplikasi formulasi biopestisida BP3T dan pestisida nabati Serai Wangi untuk pengendalian penyakit VSD Kakao di lapang

#### Tujuan tahun III

- Diseminasi dan aplikasi teknologi ditingkat petani
- Mendapatkan formulasi biopestisida BP3T dan pestisida nabati Serai Wangi siap aplikasi massal

Secara umum hasil penelitian ini dapat meningkatkan produksi kakao nasional dan Sumatera Barat khususnya. Menyediakan alternatif pestisida yang dapat diperbanyak sendiri, ditingkat petani dengan memanfaatkan bahan organik lokal sekaligus dapat digunakan sebagai biofertilizer. Menyediakan pestisida yang ramah lingkungan sehingga sesuai dengan kebijakan kementerian pertanian yang mengembangkan industri pertanian yang berkelanjutan. Dapat menurunkan biaya produksi sehingga meningkat pendapatan petani.

#### **B. Luaran yang diharapkan**

Luaran yang ditargetkan: (1) Formulasi biopestisida berbahan aktif BP3T dan formulasi pestisida nabati serai wangi untuk pengendalian penyakit VSD tanaman kakao. (2) Paket teknologi aplikasinya di lapangan.

##### Luaran tahun I

- Jenis BP3T dan pupuk kandang potensial untuk formulasi biopestisida dan biofertilizer
- Formulasi dan dosis aplikasi pestisida nabati serai wangi yang mampu mengendalikan penyakit VSD 30 % di lapangan

##### Luaran tahun II

- Formulasi BP3T-pupuk kandang yang efektif sebagai biopestisida dan biofertilizer yang dapat menekan perkembangan penyakit VSD 50 %.

- Paket kombinasi teknologi aplikasi formulasi biopestisida BP3T dan pestisida nabati Serai Wangi yang dapat menekan perkembangan penyakit VSD 75 %.

#### Luaran tahun III

- Dua kelompok tani terlatih SLPHT penyakit VSD
- Formulasi biopestisida BP3T dan pestisida nabati Serai Wangi siap aplikasi massal

## II. METODOLOGI

Penelitian ini dirancang selama 3 tahun dengan alur seperti Gambar 1.

Tahapan penelitian dirancang sebagai berikut:

A.. Tahun I : BP3T dan Bahan Organik Potensial Sebagai Biopestisida dan Biofertilizer serta Formula Pestisida Serai Wangi Untuk Pengendalian Penyakit VSD Tanaman Kakao

### A.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah 5 jenis BP3T koleksi Jumsu Trisno (*P. fluorescens* LPK1.9, *Basillus subtilis* TD1.3 dan *B. Subtilis* TD1.8) dan Haliatur Rahma (*Serratia marsescens* dan *Basillus* sp), minyak serai wangi, ekstrak nano emulsi serai wangi, pupuk kandang sapi dan pupuk kandang ayam.

### Percobaan 1.

Jenis BP3T dan bahan organik potensial untuk meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kakao.

#### 1.a. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas, kampus Limau Manis Padang, dari bulan April – Desember 2016.

#### 1.b. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 2 seri percobaan pupuk kandang (sapi dan ayam) dan 5 jenis BP3T, masing-masing perlakuan diulang 6 kali. Perlakuan adalah : (**Seri 1**) pupuk kandang sapi + BP3T (1). *P.flourescens* LPK1.9, (2). *B.subtilis* TD1.3, (3). *B.subtilis* TD1.8, (4). *S. marsescens* dan (5). *Basillus* sp). (**Seri 2**) pupuk kandang ayam + BP3T (1). *P.flourescens* LPK1.9, (2). *B.subtilis* TD1.3, (3). *B.subtilis* TD1.8, (4). *S. marsescens* dan (5). *Basillus* sp).

#### 1.c. Pelaksanaan

(a). Penyiapan BP3T dan Bahan Organik

BP3T berasal dari koleksi Dr. Jumsu Trisno (3 isolat) dan Dr. Haliaturahma (2 isolat) yang potensial sebagai penginduksi pertumbuhan tanaman. Isolat diremajakan dan diperbanyak dalam media air kelapa. Bahan organik pupuk kandang dan ayam berasal dari petani dilahan penelitian.

## (b). Aplikasi BP3T dan Bahan Organik

Bahan organik (pupuk kandang sapi dan ayam) diinkubasi dengan BP3T sesuai perlakuan selama 1 bulan untuk mendapatkan kandidat biofertilizer. Pupuk kandang plus BP3T dijadikan media tumbuh bibit tanaman kakao. Bibit kakao yang digunakan adalah bibit hasil ukulasi umur 3 bulan.

### 1.d. Analisis Kandungan Bahan Organik

PENELITIAN SEBELUMNYA	HASIL -: BP3T Potensial menginduksi ketahanan tanaman -: Serai wangi : Pestisida nabati untuk beberapa patogen tanaman			
Tahun 2016	Lokasi Penelitian	Metode/Rancangan	Indikator Capaian	Luaran
Percobaan 1 BP3T dan Bahan Organik Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kakao	Rumah Kaca Fak, Pertanian UNAND	RAL dengan 2 taraf (Pukan dan B3T) 6 Perlakuan : 6 ulangan	-: Pertumbuhan bibit kakao -: Kandungan Bahan organik	Formula BP3T dan Bahan Organik Sbg Biofertilizer
Percobaan 2 BP3T dan Bahan Organik Potensial Meningkatkan Ketahanan Tanaman Kakao : Patogen	Rumah Kaca Fak, Pertanian UNAND	RAL dengan 2 taraf (Pukan dan B3T) 6 Perlakuan : 6 ulangan	-: Intensitas penyakit -: Pertumbuhan Tanaman	Formula BP3T dan Bahan Organik Sbg Biopestisida
Percobaan 3 Pestisida Nabati Serai Wangi dan Metode Aplikasi	Lapangan : Kebun Petani Terinfens VSD	RAK dengan 2 Taraf (Formula dan Konsentrasi) 6 perlakuan : 6 ulangan	-: Penurunan intensitas penyakit -: Konsentrasi aplikasi efektif	-: Formula Pestisida Nabati Serai wangi -: Konsentrasi aplikasi
Tahun 2017				
Percobaan 1 Dosis dan Formula BP3T : Induksi Ketahanan Terhadap VSD	Lapangan : Kebun Petani Terinfens VSD	RAK dengan 2 Taraf (Formula dan Konsentrasi) 6 perlakuan : 6 ulangan	-: Penurunan intensitas penyakit -: Formula BP3T dan Serai wangi	-: Formula BP3T sebagai biopestisida dan biofertilizer
Percobaan 2 Aplikasi BP3T dan Formula Serai Wangi	Lapangan : Kebun Petani Terinfens VSD	RAK dengan 2 Taraf (Formula BP3T dan Serai Wangi ) 6 perlakuan : 6 ulangan	-: Konsentrasi aplikasi efektif	-: Formula Pestisida Nabati Serai wangi -: Konsentrasi aplikasi
Tahun 2018				
Diseminasi dan aplikasi massal formula B3T dan Serai Wangi	Kelompok Tani	Sekolah Lapang PHT Kakao (2 Kelompok Tani)	-: Pemahaman dan pengetahuan petani -: Pengurangan gejala penyakit VSD -: Konsentrasi aplikasi efektif	Paket Teknologi Pengelolaan VSD

Gambar 1. Digram alir tahapan penelitian, rancangan dan indikator capaian.

### 1.e. Parameter pengamatan

Parameter pengamatan yang digunakan adalah (1). Pertumbuhan tanaman yang terdiri dari : tinggi bibit, jumlah dan lebar daun, bobot basah dan kering tajuk, bobot basah dan kering akar bibit. Tinggi tanaman dan jumlah daun diamati setiap

bulan selama 6 bulan, sedangkan bobot basah dan kering diakhir penelitian. Analisis data dengan menghitung efektifitas perlakuan dibandingkan kontrol.

(2). Populasi BP3T, dihitung dengan menggunakan metode pengenceran dari media tumbuh. Pengamatan dilakukan pada awal penelitian, 3 bulan setelah aplikasi dan 6 bulan setelah aplikasi (akhir penelitian). Analisis perkembangan populasi BP3T dibandingkan dengan perlakuan kontrol. (3). Kandungan bahan organik biofertilizer, dianalisis pada awal penelitian kandungan Nitrogen, Phospat dan Kalsium.

## **Percobaan 2.**

Jenis BP3T dan bahan organik yang potensial meningkatkan ketahanan bibit kakao terhadap penyakit VSD

### 2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas, kampus Limau Manis Padang, dari bulan April – Desember 2016.

### 2.2. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 2 seri percobaan pupuk kandang (sapi dan ayam) dan 5 jenis BP3T, masing-masing perlakuan diulang 6 kali. Perlakuan adalah : (**Seri A**) pupuk kandang sapi + BP3T (1). *P.flourescens* LPK1.9, (2). *B.subtilis* TD1.3, (3). *B.subtilis* TD1.8, (4). *S. marsescens* dan (5). *Basillus* sp). (**Seri B**) pupuk kandang ayam + BP3T (1). *P.flourescens* LPK1.9, (2). *B.subtilis* TD1.3, (3). *B.subtilis* TD1.8, (4). *S. marsescens* dan (5). *Basillus* sp).

### 2.3. Pelaksanaan Penelitian

#### (1). Penyiapan BP3T dan Pupuk Kandang

Penyiapan BP3T dan bahan organik mengikuti prosedur yang sama dengan percobaan 1.

#### (2). Aplikasi BP3T dan Bahan Organik

Bahan organik (pupuk kandang sapi dan ayam) diinkubasi dengan BP3T sesuai perlakuan selama 1 bulan untuk mendapatkan kandidat biopestisida yang

mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen. Pupuk kandang plus BP3T dijadikan media tumbuh bibit tanaman kakao. Bibit kakao yang digunakan adalah bibit hasil ukulasi umur 3 bulan.

### (3). Perbanyak dan Inokulasi Jamur Patogen (*Ceratobasidium theobromae*)

Patogen *C. theobromae* diisolasi dari ranting dan daun tanaman kakao VSD di Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat. Isolasi jamur dilakukan dengan metode *moist chamber* dengan modifikasi inkubasi dalam kotak hitam dengan suhu 20°C dan metode tanam langsung pada media WA dan PDA. Penyiapan populasi jamur dilakukan dengan penumbuhan pada media PDA diperkaya ekstrak tulang daun kakao. Inokulasi dilakukan 1 bulan setelah aplikasi bahan organik plus BP3T menggunakan metoda injeksikan pada jaringan daun dengan populasi 10<sup>6</sup> basidiospora/ml (Handoko *et al*, 2014).

### 2.4. Analisis Produksi asam salisilat

Analisis ini bertujuan untuk melihat kemampuan isolat BP3T dalam mengendalikan patogen, dengan kemampuannya memproduksi Asam Salisilat (AS). Analisis menggunakan metode Meyer *et al* (1992).

### 2.5. Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan yang digunakan adalah (1). Perkembangan penyakit VSD yang terdiri dari : masa inkubasi (gejala pertama), persentase dan intensitas serangan. Analisis data dengan menghitung efektifitas perlakuan dibandingkan kontrol. (2). Mekanisme ketahanan tanaman dengan analisis produksi asam salisilat yang dihasilkan akar dan daun tanaman. (3). Populasi BP3T, dihitung dengan menggunakan metode pengenceran dari media tumbuh. Pengamatan dilakukan pada awal penelitian, 3 bulan setelah aplikasi dan 6 bulan setelah aplikasi (akhir penelitian). Analisis perkembangan populasi BP3T dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

## **Percobaan 3.** Formula pestisida nabati Serai Wangi dan metode aplikasi lapang.

### 3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proteksi Tanaman Balitro dan Laboratorium Nano Balai Besar Pasca Panen, Bogor (untuk penyiapan formula serai

wangi) dan lahan petani kakao terserang penyakit VSD di Kabupaten Padang Pariman dan Limapuluh Kota Propinsi Sumatera Barat. Waktu penelitian bulan Maret-Desember 2016.

### 3.2. Penyiapan Formula Serai Wangi

Tanaman serai wangi diperoleh dari Kebun Percobaan Balitro Laing Solok, Sumatera Barat. Formula minyak serai wangi mengikuti metoda Wang dan Liu (2007) dan formula nanoemulsi minyak serai wangi modifikasi metoda Bouchemal *et al.* (2004).

### 3.3. Uji Formulasi Serai Wangi Secara Invitro

#### 3.3.1. Metode Penelitian

Penelitian dalam bentuk eksperimen laboratorium dengan perlakuan aplikasi dosis nanoemulsi minyak serai wangi yang berbeda. Dosis aplikasi yang digunakan adalah; 0,1; 0,5; 1,0 dan 1,5 % dengan pembandingan aplikasi pestisida mancozep 0,5% (Dithen M45) dan tanpa perlakuan (kontrol). Perlakuan disusun dengan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 ulangan, masing-masing ulangan terdiri dari 3 bagian/daun tanaman). Penelitian terdiri dari dua seri percobaan aplikasi nanoemulsi serai wangi, (1) pada petiol daun, dan (2) helaian daun tanaman kakao yang bergejala VSD.

#### 3.3.2. Penyiapan jamur *C. theobromae*

Jamur *C. theobromae* merupakan jamur obligat sehingga penelitian ini tidak menggunakan biakan isolat murninya. Sumber inokulum jamur adalah dari daun yang menunjukkan gejala VSD. Daun bergejala VSD yang digunakan adalah klorosis ringan yang berasal dari cabang tanaman yang sama. Perbanyakkan jamur dari daun yang bergejala menggunakan metoda moist chamber menggunakan kotak hitam dan inkubasi suhu ruang 21°C. Perbanyakkan jamur dari petiol daun menggunakan metode tanam langsung pada media agar-agar air dan diinkubasi pada suhu ruang.

#### 3.3.3. Aplikasi Nano Emulsi Minyak Serai Wangi Pada Petiol Daun

Pengujian aplikasi Nano Emulsi pada petiol dengan metode perendaman pada suspensi dan ditanam langsung pada media agar-agar air yang sudah

dicampur suspensi pestisida sesuai perlakuan. Daun dengan gejala klorosis ringan (VSD) dari lapangan dipotong petiolnya sampai pangkal helaian daun. Potongan petiol disterilisasi permukaan dengan air steril, kemudian alkohol 70% dan dibilas terakhir dengan air steril. Potongan petiol direndam dalam suspensi sesuai perlakuan selama 1 menit dan dikering anginkan. Selanjutnya, potongan petiol ditanam langsung pada media agar-agar air dan diinkubasi suhu ruang. Amati pertumbuhan koloni jamur dari jaringan masing-masing petiol pada hari ke 1 – 3 setelah inkubasi.

#### **3.3.4. Aplikasi Nano Emulsi Minyak Serai Wangi Pada Helaian Daun**

Pengujian aplikasi Nano Emulsi pada helaian daun dengan metode penyemprotan suspensi pada seluruh permukaan (atas dan bawah) daun sesuai perlakuan. Daun dengan gejala klorosis ringan (VSD) dari lapangan dipotong petiolnya sampai pangkal helaian daun. Helaian disterilisasi permukaan dengan air steril, kemudian alkohol 70% dan dibilas terakhir dengan air steril. Suspensi nano emulsi diaplikasikan menggunakan sprayer tangan keseluruhan permukaan daun secara merata. Selanjutnya, daun diinkubasi moist chamber dalam kotak hitam. Kotak hitam diisi air dengan ketinggian 1,5 cm, kotak diberi penyangga (dapat menggunakan kotak yang lebih kecil). Kertas saring yang sudah dibasahi diletakkan diatas kotak penyangga, dan selanjutnya helaian daun diletakkan diatas kertas saring. Masing-masing kotak hitam dimasukkan 3 helai daun. Kotak hitam selanjutnya diinkubasi pada suhu ruangan suhu 21°C. Amati pertumbuhan jamur *C. theobromae* pada 1 – 3 hari setelah inkubasi.

#### **3.3.5. Parameter Pengamatan dan Analisis Data**

Parameter pengamatan adalah perbedaan pertumbuhan koloni jamur masing-masing perlakuan dibandingkan kontrol. Pertumbuhan jamur *C. theobromae* dinilai menggunakan skala 0-4 dan dihitung dengan rumus :  $P = \left[ \frac{\sum (n_i \times v_i)}{N \times V} \right] \times 100\%$ .  $n_i$ : sampel ke  $i$ ;  $v_i$  : nilai skala ke  $i$ ;  $N$ : jumlah sampel,  $V$ : nilai skala tertinggi. Skala pertumbuhan jamur pada petiol, skala (0) : tidak ada pertumbuhan jamur, (1): koloni jamur tumbuh sedikit dipermukaan potongan petiol; (2): koloni jamur tumbuh memenuhi permukaan potongan petiol; (3): pertumbuhan koloni jamur mencapai media agar air, dan (4): Pertumbuhan koloni jamur mencapai media dan hifa tumbuh di media.

Skala pertumbuhan jamur pada helain daun, Skala (0): tidak ada tumbuh koloni jamur; (1): koloni jamur tumbuh pada permukaan potongan pangkal tulang daun; (2): koloni jamur tumbuh di pangkal tulang daun, disepanjang tulang daun utama; (3): koloni jamur tumbuh di pangkal tulang daun, sepanjang tulang daun utama, dan anak tulang daun, dan (4). Jamur tumbuh diseluruh tulang daun dan helaian daun.

Data masing-masing perlakuan dihitung efektifitas penekanan pertumbuhan koloni jamur menggunakan rumus  $EP = [(PK - PP)/PK] \times 100\%$  ; EP: efektifitas penekanan pertumbuhan jamur; PK: nilai pertumbuhan koloni jamur pada kontrol; PP: nilai pertumbuhan koloni jamur pada perlakuan.

### **3.4. Uji Aplikasi Lapangan**

#### **3.4.1. Rancangan Percobaan**

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 2 taraf perlakuan (konsentrasi formula dan jenis formula), masing-masing taraf dengan 6 ulangan.. Perlakuaannya adalah (1) formula minyak seraiwangi konsentrasi 0,1%, (2) formula minyak seraiwangi konsentrasi 0,5%, (3) formula minyak seraiwangi konsentrasi 1%, (4) formula minyak seraiwangi konsentrasi 1,5%, (5) formula nanoemulsi seraiwangi 0,1%, (6) formula nanoemulsi seraiwangi 0,5%, (7) formula nanoemulsi seraiwangi 1%, (8) formula nanoemulsi seraiwangi 1,5%, (9) fungisida sintetik berbahan aktif ditiokarbamat, (10) kontrol (tanpa perlakuan). Pada masing-masing perlakuan diamati 15 pohon kakao.

#### **3.4.2. Pelaksanaan Aplikasi**

Perlakuan disemprotkan menggunakan sprayer pada semua bagian tanaman dengan jumlah volume 250 ml per pohon. Penyemprotan dilakukan setiap satu bulan selama 6 bulan.

#### **3.4.3. Perawatan Tanaman**

Perawatan tanaman kakao mengikuti cara petani, yaitu penyiangan, pemangkasan setiap 3 bulan, dan pemupukan pupuk organik dilakukan setiap 6 bulan.

### 3.4.4. Parameter Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap gejala serangan, perkembangan penyakit dengan menghitung area under disease progress curve (AUDPC), persentase serangan, intensitas serangan setiap bulan, dan tingkat efikasi formula di akhir pengamatan.

#### Jadwal Palang dan Indikator Kinerja

Tahapan Kegiatan	Variabel Indikator	Target Minimal Capaian	Waktu capaian
Tahun I			
<b>Percobaan 1.</b> Jenis BP3T dan bahan organik potensial untuk meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kakao.			
Perbanyakkan BP3T	-: Peremajaan isolat BP3T -: Isolat BP3T dengan media air kelapa	-: Kultur murni isolat BP3T -: BP3T dalam formula air kelapa	April 2016
Penyiapan Bahan Organik dengan perlakuan BP3T (sesuai Perlakuan)	-: Pupuk kandang sapi dan ayam tersedia -: Isolat BP3T diinkubasi dalam pupuk kandang sapi & ayam	-: BP3T dalam formula bahan organik (Pukan sapi dan ayam)	Mei 2016
Analisis Kandungan Bahan organik	-: Kandungan NPK dan lainnya dalam pukan plus BP3T	-:Kandungan bahan organik formula BP3T:Pupuk kandang	Mei 2016
Aplikasi Bahan organik + BP3T (Biofertilizer)	-: Aplikasi Biofertilizer BP3T -: Bibit kakao hasil okulasi (3 bln)	-: Demplot tanaman sesuai perlakuan	Juni 2016
Pengamatan pertumbuhan tanaman	-: Perbedaan pertumbuhan tanaman	-: Data pertumbuhan -: Perkembangan populasi BP3T	November 2016
Analisis data	-: Data-data terkelompok	Kesimpulan formula BP3T-bahan organik potensial biofertilizer	Desember 2016

Tahapan Kegiatan	Variabel Indikator	Target Minimal Capaian	Waktu capaian
Tahun I			
<b>Percobaan 2.</b> Jenis BP3T dan bahan organik yang potensial meningkatkan ketahanan bibit kakao terhadap <b>VSD</b>			
Perbanyakkan BP3T	-: Peremajaan isolat BP3T -: Isolat BP3T dengan media air kelapa	-: Kultur murni isolat BP3T -: BP3T dalam formula air kelapa	April 2016
Penyiapan Bahan Organik dengan perlakuan BP3T (sesuai Perlakuan)	-: Pupuk kandang sapi dan ayam tersedia -: Isolat BP3T diinkubasi dalam pupuk kandang sapi & ayam	-: BP3T dalam formula bahan organik (Pukan sapi dan ayam)	Mei 2016
Aplikasi Bahan organik + BP3T (Biopestisida)	-: Aplikasi Biopestisida BP3T -: Bibit kakao hasil okulasi (3 bln)	-: Demplot tanaman sesuai perlakuan	Juni 2016
Penyiapan patogen uji dan inokulasi	-: Isolat murni <i>C. theobromae</i> -: Inokulum <i>C. theobromae</i> dalam media perbanyakkan	-: <i>C. theobromae</i> (kultur misellia dan basidiospora)	Juni 2016
Pengamatan perkembangan gejala penyakit	-: Gejala dan Perkembangan penyakit	-: Data gejala dan perkembangan penyakit -: Data perkembangan populasi BP3T -: Data mekanisme ketahanan	November 2016
Analisis kemampuan menghasilkan Asam salisilat dan sianida	-: Data-data terkelompok	Kesimpulan formula BP3T- bahan organik potensial Biopestisid	Desember 2016
Tahun I			
<b>Percobaan 3.</b> Formula pestisida nabati Serai Wangi dan metode aplikasi lapang.			
Penyiapan formula serai wangi	-: minyak serai wangi -: nano emulsi serai wangi	Formula serai wangi dan formula nano emulsi serai wangi	Maret 2016

Tahapan Kegiatan	Variabel Indikator	Target Minimal Capaian	Waktu capaian
Penyiapan lahan uji lapang	-: Lahan dengan gejala VSD di 2 kabupaten	Tersedia lahan; MoU dengan petani	Maret 2016
Aplikasi perlakuan	-: Formula serai wangi dari minyak dan nano	-:	November 2016
Pengamatan Perkembangan gejala penyakit VSD	-: Penurunan perkembangan gejala VSD di lapangan	Data pengaruh aplikasi formula serai wangi	November 2016
Analisis data	-: Data-data terkelompok	Kesimpulan formula / dosis serai wangi potensial	Desember 2016

### III HASIL PENELITIAN

#### A. Persiapan Umum Untuk Mendukung Keberhasilan Penelitian

##### A.1. Survei dan konfirmasi patogen penyebab VSD

Kegiatan ini dilakukan untuk mengkonfirmasi penyakit dan patogen penyebabnya. Survei dilakukan di dua kabupaten (Padang Pariaman dan Limapuluh Kota), yang akan dijadikan lokasi uji aplikasi di lapangan. Hasil survei didapatkan bahwa tanaman kakao di dua kabupaten ini sudah terserang penyakit VSD dengan gejala khas penyakit VSD yang dijumpai di lapangan seperti (a) daun klorosis, (b) ada 3 titik noda (bercak) pada ujung petiol daun dan tempat kedudukan daun, (c) jaringan pembuluh berwarna kecoklatan sampai hitam (Gambar 3).



Gambar 3. Karakteristik gejala penyakit VSD pada tanaman kakao dan karakter hifa (monoloid) *C. theobromae*.

Bagian tanaman yang bergejala VSD (daun dan ranting) dibawa ke laboratorium untuk identifikasi patogen penyebab. Isolasi patogen penyebab dilakukan dengan metode moist chamber pada kotak hitam dan diinkubasi suhu 21°C dan metode tanam langsung pada media agar agar air (WA). Hasil identifikasi dari jamur patogen yang tumbuh dapat dipastikan penyakit VSD disebabkan oleh

*Ceratobasium theobromae*, dengan ciri khas hifa membentuk cabang 90° dan dibagian awal cabang ada sekat dolipore (Gambar 4).

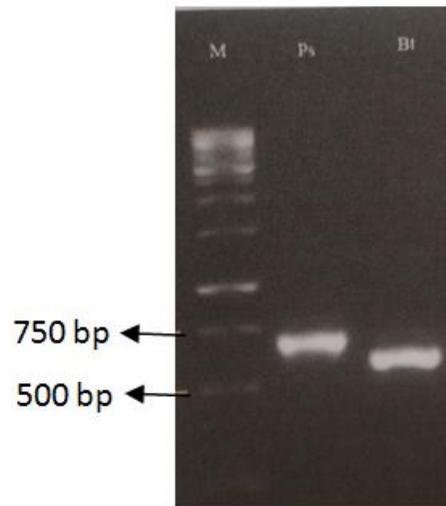


Gambar 4. Pertumbuhan koloni jamur dari jaringan tanaman bergejala VSD dan karakter hifa jamur *C. theobromae*.

Konfirmasi identifikasi jamur penyebab penyakit VSD juga dilakukan secara karakter molekuler dengan teknik Polymerase Chain Reaction (PCR) menggunakan primer ITS 3 dan ITS 4. Hasil amplifikasi PCR menghasilkan produk (pita) berukuran antara 500 – 650 bp (Gambar 5). Produk PCR sekuensing urutan DNA nya, dan dianalisis dengan program NCBI BLAST (<http://www.ncbi.nlm.gov>). Hasil analisis didapatkan bahwa jamur penyebab adalah *Ceratobasidium theobromae* dengan kesamaan genetik 91 %.

#### **Kesimpulan :**

1. Berdasarkan karakter gejala penyakit, morfologi makroskopis dan mikroskopis jamur serta karakter molekuler (DNA) jamur penyebab penyakit VSD di Sumatera Barat adalah *C. theobromae*.
2. Data identifikasi jamur penyebab ini sudah diseminarkan pada seminar nasional Perhimpunan Agroekoteknologi Indonesia (PAGI) tanggal 21 – 22 Juli 2016 di Universitas Sebelas Maret Surakarta, dan sudah dipublikasi di jurnal Fitopatologi Indonesia Volume 12 No 4 2016 (Gambar 6).



Gambar 5. Hasil amplifikasi produk PCR dengan primer ITS 3 dan IT4 terhadap jamur penyebab penyakit VSD tanaman kakao di Sumatera Barat.

JURNAL  
**FITOPATOLOGI**  
 INDONESIA  
 ISSN: 0215-7950

Volume 12, Nomor 4, Juli 2016  
 Halaman 142-147  
 DOI: 10.14692/jfi.12.4.142

### TEMUAN PENYAKIT BARU

#### ***Vascular Streak Dieback: Penyakit Baru Tanaman Kakao di Sumatera Barat***

*Vascular streak dieback: a new disease of cacao in West Sumatera*

Jumsu Trisno\*, Refin, Martinius  
 Universitas Andalas, Padang 25163

ABSTRAK

Gambar 6. Halaman depan publikasi ilmiah identifikasi jamur penyebab penyakit VSD di Sumatera Barat

## **A.2. Perbanyak sumber inokulum *C. theobromae***

Jamur *C. theobromae* adalah jamur obligat (tidak dapat diperbanyak dengan media pertumbuhan buatan PDA). Untuk keperluan penelitian ini diperlukan sumber inokulum untuk inokulasi buatan, maka dilakukan percobaan untuk mendapatkan sumber inokulum. Metode moist chamber pada kotak hitam dapat merangsang pertumbuhan jamur dari daun dan bagian tanaman yang bergejala, metode ini digunakan untuk perbanyak sumber inokulum. Dari hasil moist chamber ini didapatkan jamur akan tumbuh pada ujung daun bergejala VSD dan dari tulang daun yang terluka. Untuk perbanyak sumber inokulum dilakukan pemotongan daun dan melukai tulang daun. Hasilnya dari setiap ujung potongan dan perlukaan tulang daun akan tumbuh koloni jamur. Koloni-koloni ini dijadikan sebagai sumber inokulum.

Percobaan dilakukan juga terhadap daun dengan kualitas gejala yang berbeda (gejala klorosis ringan, sedang dan parah/kuning). Hasil percobaan menunjukkan bahwa daun dengan gejala klorosis ringan menghasilkan koloni jamur yang lebih tebal dibandingkan yang lainnya.

Percobaan juga dilakukan terhadap lamanya daun sampel disimpan (1 – 5 hari disimpan dengan penambahan silikagel). Hasil percobaan didapatkan daun sampel yang sudah disimpan tidak menghasilkan pertumbuhan koloni jamur yang optimal. Koloni jamur akan tumbuh setelah 3 hari inkubasi dengan populasi yang sangat kecil (koloni sangat tipis).

**Kesimpulan** : Untuk perbanyak sumber inokulum *C. theobromae* dapat dilakukan dengan metode *moist chamber* pada kotak hitam dengan daun sampel bergejala klorosis ringan dan masih segar (tanpa disimpan).

## **A.3. Inokulasi jamur *C. theobromae***

Percobaan inokulasi buatan *C. theobromae* dilakukan dengan beberapa cara disesuaikan dengan asal inokulum dari metode perbanyak. Percobaan I. Metode penempelan inokulum pada permukaan daun. Tulang daun permukaan atas ditusuk dengan jarum pentul steril 3 – 5 tusukan. Koloni jamur dari biakan tanam langsung potongan petiol pada media agar-agar air dipotong dengan mengikutkan potongan petiol. Potongan tersebut ditempelkan pada permukaan daun dengan bantuan

selotip. Daun yang diinokulasi dibungkus dengan kantong plastik untuk menjaga kelembaban.

Percobaan II. Metode injeksi inokulum ke dalam jaringan tulang daun utama. Koloni jamur dari metode perbanyakan moist chamber kotak hitam diambil dan disuspensikan dengan air steril. Suspensi dimasukkan dalam alat injeksi, dan seterusnya diinjeksikan ke jaringan tulang daun dengan volume 0,1 ml/injeksi. Maasing-masing daun dengan 3 kali/lobang injeksi.

Hasil pengamatan gejala menunjukkan metode injeksi menunjukkan gejala mirip gejala awal VSD setelah 2 bulan inokulasi (Gambar 5). Sedangkan metode penempelan inokulum pada permukaan atas daun sampai 3 bulan setelah inokulasi belum ada menunjukkan gejala klorosis pada daunnya. Untuk tahapan percobaan selanjutnya akan dilakukan inokulasi buatan dengan metode injeksi pada tulang daun.



Gambar 7. Gejala serangan penyakit VSD hasil inokulasi buatan pada bibit kakao

**B. Percobaan I :** Jenis BP3T dan bahan organik potensial untuk meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kakao.

**B.1. Pertumbuhan BP3T dalam bahan organik (Pupuk kandang sapi dan ayam)**

Pupuk kandang sapi yang digunakan berasal dari kandang sapi yang 100 % makanannya dari rumput sedangkan pupuk kandang ayam dari peternakan ayam potong.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa 6 jenis BP3T tumbuh dan berkembang dengan baik pada pupuk kandang sapi. Inkubasi 2 minggu didapatkan populasi

pertumbuhan optimalnya  $10^7$  cfu/g tanah. Populasi BP3T pada pupuk kandang ayam setelah 3 minggu inkubasi baru mencapai  $10^3$  cfu/g tanah.

Berdasarkan hasil ini formulasi BP3T untuk aplikasi percobaan tahapan selanjutnya menggunakan formulasi BP3T dengan pupuk kandang sapi.

## B.2. Pertumbuhan bibit.

Percobaan ini sudah dilakukan 2 kali. Pertama aplikasi BP3T pada benih tanggal 15 Juli 2016. Hasil yang didapatkan tidak sesuai dengan yang diharapkan.

Pada perlakuan BP3T dengan pupuk kandang hanya 35 % benih yang mampu berkecambah dan 20% pada kontrolnya. Sedangkan pada perlakuan BP3T dengan pupuk kandang ayam hanya 3 benih yang berkecambah dan tidak normal. Bibit yang tumbuh dipelihara sampai saat ini tumbuh dan berkembang dengan baik, sedangkan bibit dengan pupuk kandang ayam tidak baik dan mati (Gambar 8).



Gambar 8. Pertumbuhan bibit kakao dengan aplikasi BP3T – pupuk kandang sapi dan ayam. (a) aplikasi BP3T-pukan Ayam dan (b) aplikasi BP3T-pukan sapi.

B.3. **Percobaan II** benih disemai dan aplikasi tanggal 14 Agustus 2016.

### B.3.1. Induksi Daya Kecambah Benih Kakao

Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa aplikasi BP3T dengan pupuk kandang sapi lebih baik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao dibandingkan dengan pupuk kandang ayam (Gambar 9). Hasil sementara dapat dilihat dari kecepatan dan persentase daya kecambah serta pertumbuhan bibit kakao (Tabel 1).



Gambar 9. Pertumbuhan bibit kakao dengan BP3T – pupuk kandang sapi dan ayam. (a) aplikasi BP3T-pukan sapi dan (b) aplikasi BP3T-pukan ayam.

Tabel 1. Daya kecambah benih dan pertumbuhan bibit kakao dengan aplikasi formula BP3T-pupuk kandang sapi dan ayam

Perlakuan	Daya kecambah (%)	Pertumbuhan Bibit (17 HSS)	
		Tinggi (cm)	Jumlah daun / (rata-rata)
<b>Pupuk Kandang Sapi-BP3T</b>			
GN3	97,14 (10 HSS)*	16,05	3-5 (4,6)
LPK1-9		16,42	3-8 (4,5)
<b>TD1-8</b>		<b>17,57</b>	<b>4-6 (4,3)</b>
<b>ANO-6</b>		<b>17,98</b>	<b>3-5 (4,1)</b>
ARI		14,96	3-5 (3,7)
AJI4		16,07	3-5 (4,1)
Kontrol		13,64	2-6 (4,2)
<b>Pupuk Kandang Ayam</b>			
GN3	95% (17 HSS)	Benih umumnya baru berkecambah, belum ada daun yang muncul	
LPK1-9			
TD1-8			
ANO-6			
ARI			
AJI4			
Kontrol			

\* hanya pada kontrol 2 tanaman yang belum berkecambah

### B.3.2. Induksi pertumbuhan bibit kakao

Kemampuan formula BP3T-pupuk kandang dalam menginduksi bibit kakao dinilai berdasarkan indikator tinggi bibit, jumlah daun, panjang daun terpanjang, lebar daun terlebar, berat basah dan berat kering bibit beragam dan berbeda tidak nyata antara perlakuan. Perlakuan AJ14+ (*Basillus* sp) berbeda nyata dengan kontrol. Hasil analisis datanya ditampilkan pada Tabel 2 dan 3 dan perbandingan pertumbuhan bibit pada Gambar 10 dan 11.

Tabel 2. Pertumbuhan bibit kakao dengan perlakuan formula BP3T-pupuk kandang sapi pada saat penyemaian benih (3 bst).

Perlakuan	Pertumbuhan Bibit Tanaman Kakao			
	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Berat basah (g)	Berat kering (g)
GN3	23.50 ± 0.50	8.40 ± 0.49	4.07 ± 2.08	2.87 ± 0.46
LPK1-9	24.00 ± 0.82	8.00 ± 1.26	4.72 ± 0.93	2.09 ± 0.02
TD1-8	24.67 ± 0.47	7.20 ± 1.17	5.04 ± 0.56	2.25 ± 0.18
ANO6	24.50 ± 2.50	8.00 ± 0.63	5.75 ± 0.77	2.56 ± 0.25
AR1	25,10 ± 0.50	6.60 ± 3.38	5.04 ± 2.64	2.33 ± 0.39
<b>AJ14+</b>	<b>26.00 ± 1.00</b>	<b>8.20 ± 1.33</b>	<b>5.94 ± 1.04</b>	<b>2.36 ± 0.12</b>
Kontrol	23.00 ± 0.93	8,20 ± 0.98	5.61 ± 1.00	2.31 ± 0.09

Tabel 3. Pertumbuhan bibit kakao dengan perlakuan formula BP3T-pupuk kandang ayam pada saat penyemaian benih (4 mst).

Perlakuan	Pertumbuhan Bibit Tanaman Kakao			
	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Panjang daun terpanjang (cm)	Lebar daun terlebar (cm)
GN3	11.3	4.4	2.78	1.2
LPK1-9	11.54	3.8	2.18	1.58
TD1-8	12.3	4.4	3.72	2.06
ANO6	13.4	6	5.08	2.42
AR1	11.1	2.6	4.28	2.02
<b>AJ14+</b>	<b>14.28</b>	<b>5.2</b>	<b>7.44</b>	<b>3.44</b>
Kontrol	4.9	3.4	3.4	1.46



Gambar 10. Pertumbuhan bibit kakao dengan perlakuan formula BP3T-pupuk kandang sapi (3 bulan setelah aplikasi). (a) AJ14+, (b) TD1.8, (c) GN3, (d) kontrol, (e) LPK1.9, (f) ANO6, dan (g) ARI



Gambar 11. Pertumbuhan bibit kakao dengan perlakuan formula BP3T-pupuk kandang ayam (3 bulan setelah aplikasi).

### B.3.3. Pertumbuhan populasi BP3T dan produksi hormon IAA (Auksin)

Pertumbuhan populasi BP3T dalam formula pupuk kandang, setelah 3 bulan setelah introduksi sangat beragam (Tabel 4).

Perlakuan	Populasi BP3T ( $10^7$ cfu/g tanah)	Hormon IAA ( $\mu\text{g/mL}$ )
GN3	4,0	5,82
LPK1-9	3,0	8,12
TD1-8	67,0	6,99
ANO6	5,0	5,15
AR1	3,0	11,15
<b>AJ14+</b>	<b>7,0</b>	<b>13,36</b>
Kontrol	-	-

#### Kesimpulan percobaan I :

- Formulasi BP3T–pupuk kandang sapi lebih baik dibandingkan formulasi BP3T-pupuk kandang ayam dalam menginduksi pertumbuhan bibit kakao
- Aplikasi beberapa formula BP3T-pupuk kandang sapi mampu menginduksi pertumbuhan bibit kakao
- Isolat AJ14+ (*Basillus* sp) dalam formulas pupuk kandang sapi merupakan BP3T yang lebih baik dibandingkan isolat lainnya dan kontrol dalam menginduksi pertumbuhan bibit kakao.

**C. Percobaan II :** Jenis BP3T dan bahan organik potensial untuk meningkatkan Ketahanan bibit tanaman kakao terhadap penyakit VSD.

### **C.1. Aplikasi formula BP3T dan Pupuk Kandang**

Aplikasi BP3T-Pupuk Kandang sesuai perlakuan diberikan pada saat pesemaian. Kegiatan percobaan II dilakukan bersamaan dengan percobaan I. Bibit yang tumbuh baik dengan pertumbuhan yang sama dipilih untuk uji ketahanan terhadap penyakit VSD.

### **C.2. Inokulasi jamur *C. theobromae***

Inokulasi jamur *C. theobromae* dilakukan setelah bibit berumur 1,5 bulan pada saat munculnya daun flas. Inokulasi dilakukan dengan menemperkan biakan jamur patogen ( hasil moist chamber inkubasi kotak hitam) pada bagian permukaan bawah daun. Permukaan bawah daun ditusuk dengan jarus steril kemudian biakan jamur ditempelkan pada bekas tusukan. Tanaman diinkubasi dirumah kaca, untuk menjaga kelembaban dengan melembabkan lantai rumah kaca setiap pagi dan sore hari serta menyumkup tanaman dengan paranet warna hitam. Untuk mengefektifkan inokulasi, bagian tanaman yang sakit juga diletakkan diantara tanaman pada saat sore hari selama 1 minggu.

C.3. Kemampuan BP3T dalam menginduksi ketahanan bibit kakao terhadap penyakit VSD (*C. theobromae*).

Kemampuan BP3T dalam menginduksi ketahanan bibit kakao dinilai dari penurunan (1) insidensi penyakit VSD (masa inkubasi, persentase dan intensitas serangan).(2) pertumbuhan bibit dan (3) produksi asam salisilat.

#### **C.3.1. Insidensi Penyakit VSD**

Kemampuan BP3T dalam mempengaruhi insidensi penyakit VSD pada bibit kakao menunjukkan hasil yang bervariasi (Tabel 4). Perlakuan LPK1.9 (*Pseudomonas fluorescens*) berbeda nyata dengan kontrol..

Tabel 5. Insidensi penyakit VSD pada bibit kakao dengan perlakuan formula BP3T-pupuk kandang sapi (3 BSA)

Perlakuan	Insidensi penyakit VSD pada bibit kakao		
	Tanaman terserang (%)	Intensitas daun terserang (%)	Efektifitas penekanan intensitas serangan (%)
GN3	100	71.33	-43.29
<b>LPK1-9</b>	<b>100</b>	<b>39.11</b>	<b>21.43</b>
TD1-8	100	59.28	-19.08
ANO6	100	100	-100,8
AR1	100	61.14	-22.82
AJ14+	100	80.5	-61.71
Kontrol	100	49.78	-

### C.3.2. Induksi pertumbuhan bibit tanaman

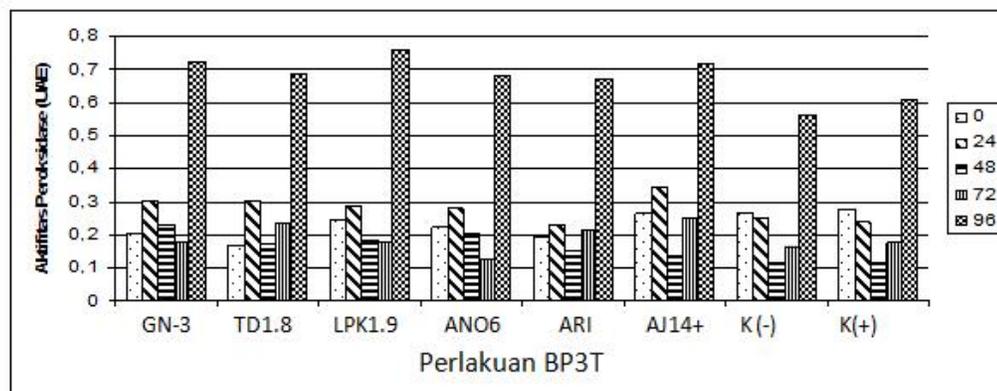
Kemampuan BP3T dalam menginduksi pertumbuhan bibit kakao yang terinfeksi penyakit VSD menunjukkan hasil yang bervariasi (Tabel 5). Perlakuan LPK1.9 (*Pseudomonas fluorescens*) berbeda nyata dengan kontrol dan perlakuan lainnya dan efektifitas penekanan intensitas serangan 21,43 %.

Tabel 6. Kemampuan formula BP3T-pupuk kandang sapi dalam menginduksi pertumbuhan bibit kakao yang terinfeksi penyakit VSD.

Perlakuan	Pertumbuhan Bibit Tanaman Kakao (3 BST)			
	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Berat basah (g)	Berat kering (g)
GN3	23.30 ± 2.22	7.2 ± 1.92	3.37 ± 0.46	1.24 ± 0.40
<b>LPK1-9</b>	<b>24.96 ± 1.70</b>	<b>7.2 ± 2.17</b>	<b>4.40 ± 0.50</b>	<b>1.40 ± 0.55</b>
TD1-8	23.88 ± 2.01	6.6 ± 1.52	4.61 ± 0.80	1.51 ± 0.31
ANO6	19.54 ± 1.79	5.4 ± 0.97	2.79 ± 0.35	1.32 ± 0.35
AR1	22.34 ± 1.23	7.0 ± 1.87	3.07 ± 0.58	1.09 ± 0.44
AJ14+	23.75 ± 2.82	5.5 ± 1.73	3.98 ± 1.03	1.47 ± 0.43
Kontrol	21.60 ± 4.13	6.2 ± 2.28	3.94 ± 1.90	1.33 ± 0.42

### C.3.3. Produksi enzim peroksidase dan asam salisilat

Kemampuan BP3T dalam menginduksi ketahanan tanaman ditandai dengan dihasilkannya enzim peroksidase dan asam salisilat dari tanaman yang terinduksi. Aplikasi beberapa BP3 T menghasilkan kadar peroksidase yang berbeda dari bibit tanaman kakao yang terinduksi (Gambar 12). Aplikasi LPK1.9 (*Pseudomonas fluorescens*) menghasilkan peroksidase yang tertinggi dan berbeda nyata dengan tanaman kontrol. Peroksidase merupakan salah satu elisitor untuk mengaktifkan asam salisilat dan PR gene, yang berfungsi untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen.



Gambar 12. Aktifitas peroksidase pada tanaman yang diintroduksi 6 isolat rhizobakteria indigenus cabai dan tanpa introduksi

### Kesimpulan Percobaan II:

Formula BP3T –pupuk kandang sapi dari isolat **LPK1.9** (*Pseudomonas fluorescens* LPK1.9) merupakan jenis BP3T dan bahan organik yang potensial sebagai induksi ketahanan bibit kakao terhadap penyakit VSD.

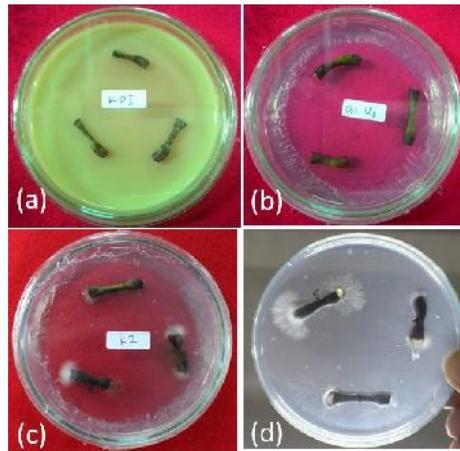
## D. Percobaan III. Aplikasi Formula Serai Wangi Untuk Pengendalian Penyakit VSD

### D.1. Aplikasi Secara Invitro

#### D.1.1. Aplikasi Formula serai wangi terhadap pertumbuhan jamur *C. theobromae* pada jaringan petiol daun.

Tabel 7. Pertumbuhan koloni dan efektifitas penekanan jamur *C. theobromae* pada jaringan petiol daun tanaman kakao dengan perlakuan formula nano emulsi dan minyak serai wangi

Dosis aplikasi Formula Serai wangi (%)	Pertumbuhan koloni jamur <i>C. theobromae</i> pada jaringan petiol daun tanaman kakao			
	1 HSA		3 HSA	
	Pertumbuhan (%)	Efektifitas penekanan (%)	Pertumbuhan (%)	Efektifitas penekanan (%)
<b>Nanoemulsi</b>				
Kontrol	33,33	-	77,78	-
Pestisida (mancozep)	0,00	100	0,00	100
0,1	0,00	100	19,44	75,01
0,5	0,00	100	0,00	100
1,0	0,00	100	0,00	100
1,5	0,00	100	0,00	100
<b>Formula Minyak</b>				
Kontrol	33,33	-	94,44	-
Pestisida (mancozep)	0,00	100	0,00	100
0,1	0,00	100	0,00	100
0,5	0,00	100	0,00	100
1,0	0,00	100	0,00	100
1,5	0,00	100	0,00	100



Gambar 13. Hasil uji nano emulsi minyak serai wangi terhadap pertumbuhan jamur *C. theobromae*; (a) aplikasi pestisida (mancozep), (b) aplikasi nano emulsi minyak serai wangi, (c) dan (d) perlakuan kontrol, tanda panah menunjukkan pertumbuhan jamur.

#### D.1.1. Aplikasi Formula serai wangi terhadap pertumbuhan jamur *C. theobromae* pada helaian daun.

Tabel 8. Pertumbuhan koloni dan efektifitas penekanan jamur *C. theobromae* pada helaian daun tanaman kakao dengan perlakuan formula nano emulsi dan minyak serai wangi

Dosis aplikasi Formula Serai wangi (%)	Pertumbuhan koloni jamur <i>C. theobromae</i> pada jaringan helaian daun tanaman kakao			
	1 HSA		3 HSA	
	Pertumbuhan (%)	Efektifitas penekanan (%)	Pertumbuhan (%)	Efektifitas penekanan (%)
Nanoemulsi				
Kontrol	72,22	-	80,56	-
Pestisida (mancozep)	11,11	84,62	69,44	13,80
0,1	33,33	53,85	72,22	10,35
0,5	33,33	53,85	77,78	3,45
1,0	33,33	53,85	69,44	13,80
1,5	50,00	30,77	61,11	24,14

Dosis aplikasi Formula Serai wangi (%)	Pertumbuhan koloni jamur <i>C. theobromae</i> pada jaringan helaian daun tanaman kakao			
	1 HSA		3 HSA	
	Pertumbuhan (%)	Efektifitas penekanan (%)	Pertumbuhan (%)	Efektifitas penekanan (%)
Formula Minyak				
Kontrol	88,89	-	91,67	-
Pestisida (mancozep)	0,0	100	36,11	60,61
0,1	88,89	0,0	75,00	18,18
0,5	77,78	12,50	86,00	6,19
1,0	11,11	87,50	75,00	18,18
1,5	22,22	75,00	72,20	21,24

## D.2. Aplikasi Lapang

Aplikasi lapang dilakukan dilahan petani di dua Kabupaten: Padang Pariaman dan Limapuluh Kota. Di kabupaten Padang Pariaman di Nagari Gadur Kecamatan 2 x 11 anam lingkungan dan di Kabupaten Limapuluh Kota di Jorong Belubus Nagari Koto Tinggi Kecamatan Guguak.

Aplikasi formula I pada tanggal 12 Juli dan aplikasi II pada tanggal 13 Agustus 2016. Kondisi pertumbuhan tanaman kakao di dua lokasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 10 dan intensitas serangan penyakit VSD pada Tabel 4.



Gambar 14. Kondisi pertanaman kakao dilapangan lahan uji aplikasi

Tabel 9. Intensitas serangan VSD sebelum aplikasi dan 1 bulan setelah aplikasi formula nano emulsi dan minyak serai wangi pada 2 lokasi pertanaman kakao di Sumatera Barat.

Perlakuan Dosis (%) Formula Serai Wangi	Intensitas Serangan (%)		
	Sebelum Aplikasi	1 bulan Setelah Aplikasi	5 bulan setelah aplikasi
<b>Padang Pariaman</b>			
Nano Emulsi			
0,1	51,67	45,00	39,58
0,5	55,00	53,33	38,00
1,0	63,33	55,00	48,33
1,5	61,67	61,67	54,99
Minyak (EC)			
0,1	56,67	88,33	35,37
0,5	55,00	65,00	50,00
1,0	51,67	60,00	41,67
1,5	65,00	63,33	38,33
Fungisida (MANCOZEP)	58,33	66,67	45,00
Kontrol	58,33	71,6	50,00
<b>Limapuluh Kota</b>			
Nano Emulsi			
0,1	38,33	36,67	47,5
0,5	40,00	36,67	47,5
1,0	46,67	41,67	47,5
1,5	46,67	46,68	45,0
Minyak (EC)			
0,1	41,67	41,67	45,0
0,5	45,00	45,00	45,0
1,0	46,67	41,67	50,0
1,5	40,00	40,00	45,0
Fungisida (MANCOZEP)	45,00	41,67	40,0
Kontrol	43,33	43,33	50,0

Tabel 10. Persentase penurunan intensitas serangan VSD sebelum aplikasi, 1 bulan dan 5 bulan setelah aplikasi formula nano emulsi dan minyak serai wangi pada 2 lokasi pertanaman kakao di Sumatera Barat.

Perlakuan Dosis (%) Formula Serai Wangi	Persentase Penurunan Intensitas Serangan (%)		
	1 bulan setelah aplikasi	5 bulan Setelah Aplikasi	Efikasi Formula Pestisida
<b>Padang Pariaman</b>			
Nano Emulsi			
0,1	12,91	23,40	63,84
0,5	03,04	30,91	116,43
1,0	13,15	23,69	65,85
1,5	0,00	10,83	24,15
Minyak (EC)			
0,1	-56,84	37,59	163,19
0,5	-18,18	09,09	-36,34
1,0	-16,12	19,35	35,52
1,5	02,57	41,03	187,31
Fungisida (MANCOZEP)	-14,30	22,85	60,00
Kontrol	-22,75	14,28	0,00
<b>Limapuluh Kota</b>			
Nano Emulsi			
0,1	4,33	-23,42	-55,41
0,5	8,33	-18,75	-21,80
1,0	10,71	-1,78	88,44
1,5	0,00	3,58	123,24
Minyak (EC)			
0,1	0,00	-7,99	48,08
0,5	0,00	0,00	100,00
1,0	10,71	-7,14	53,64
1,5	0,00	-12,50	18,79
Fungisida (MANCOZEP)	7,4	11,11	172,18
Kontrol	0,0	-15,39	0,00

### E. Formulasi BP3T untuk aplikasi lapangan

Dari hasil percobaan I dan II didapatkan pupuk kandang sapi merupakan bahan perbanyak BP3T lebih baik dibandingkan pupuk kandang ayam. Jenis BP3T yang potensial sebagai penginduksi pertumbuhan bibit kakao dan potensial sebagai biofertilizer didapatkan isolat **AJ14+ (*Bacillus sp*)**, sedangkan jenis BP3T yang potensial sebagai penginduksi ketahanan bibit kakao terhadap serangan penyakit VSD adalah isolat **LPK1.9 (*Pseudomonas fluorescens LPK1.9*)** dan potensial sebagai biokontrol.

BP3T – pupuk kandang sapi potensial tersebut diformulasi untuk aplikasi lapangan dengan penambahan bahan pembawa. Hasil penelitian anggota tim peneliti (Dr. Sri Yuliani) bahan pembawa terbaik didapatkan adalah tepung dari onggol ubi kayu. Pada penelitian ini bahan pembawa yang digunakan adalah tepung tapioka (ubi kayu). Betuk formula BP3T potensial dengan bahan pembawa dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Formula BP3T potensial biofertilizer dan biokontrol dengan bahan pembawa tepung tapioka (ubi kayu). (A): Biakan BP3T dalam pupuk kandang, (B): Tepung tapioka, (C) dan (D) : formula granular BP3T potensial.

## 12. KESIMPULAN

Dari 3 percobaan yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

### Percobaan 1

Pupuk kandang sapi lebih baik sebagai bahan Formulasi BP3T dibandingkan pupuk kandang ayam. Jenis BP3T AJ14+ (*Basillus* sp) formula pupuk kandang sapi potensial sebagai penginduksi pertumbuhan bibit kakao dapat dijadikan kandidat Biofertilizer.

### Percobaan 2

Jenis BP3T LPK1.9 (*Pseudomonas fluorescens* LPK1.9) formula pupuk kandang sapi potensial sebagai penginduksi ketahanan bibit kakao terhadap penyakit VSD dan dapat dijadikan kandidat biokontrol.

Formula BP3T potensial untuk aplikasi lapangan didapatkan dalam bentuk granular dengan bahan pembawa tepung tapioka

### Percobaan 3

Pestisida nabati serai wangi baik formula namo dan minyak (EC) dapat menekan pertumbuhan koloni jamur pada jaringan petiol dengan efikasi 100% dan helaian daun dengan efikasi 30,70 – 87,50 %.

Formula namo emulsi lebih efektif dibandingkan formula minyak (EC) dalam menekan pertumbuhan koloni jamur *C. theobromae* secara in vivo dan menekan perkembangan penyakit VSD dilapang dengan dosis 1%.

## 10. Daftar Pustaka

- Bergeson LL. 2010. Nanosilver: US EPA's pesticide office considers how best to proceed. *Environ. Qual. Manage.* 19:79-85.
- Bouchemal K, Briancon S, Perrier E, Fessi H. 2004. Nano-emulsion formulation using spontaneous emulsification: solvent, oil, and surfactant optimization. *International Journal of Pharmaceutics* 280: 241-251.
- Bouwmeester H, Dekkers S, Noordam MY, Hagens WI, Bulder AS. 2009. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 53:52-62.
- Grainge, M. dan Ahmed, S. 1988. *Handbook of Plants with Pest Control Properties*. New York.: John Wiley and Sons.
- Handoko A, Abadi AL, dan Aini LQ. 2014. Karakterisasi penyakit penting pada pembibitan durian di Desa Plangkongan Kabupaten Magetan dan pengendaliannya dengan bakteri antagonis. *J.HPT.* 2(2): 12-22.
- Harni, R dan Baharuddin. 2014. Kefektifan minyak cengkeh, seraiwangi dan ekstrak bawang putih terhadap penyakit Vascular streak dieback (*Ceratobasidium theobromae*) pada kakao. *J.TIDP* 1(3): 167-174
- Mariana M dan Noveriza R. 2013. Potensi minyak atsiri untuk mengendalikan *Potyvirus* pada Tanaman Nilam. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 9(1):53-58. DOI: 10.14692/jfi.9.2.53
- Nakahara, K; Alzoreky NS, Yoshihashi T, Nguyen HTT, Trakoontivakorn G. 2003. Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus* (citronella grass). *JARQ* 37 (4): 249-252.
- Prakash A. dan Rao. J. 1997. *Botanical Pesticides in Agriculture*. New York.: Lewis Publisher.
- Prijono D., J.I. Sudiar, dan Irmayetri. 2006. Insecticidal Activity of Indonesian Plant Extracts Against the Cabbage Head Caterpillar, *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera:Pyralidae). *J. ISSAAS* 12(1):25-34.
- Rahma H, Zainal A, Sinaga MS, Surahman M, dan Giyanto. 2014. Potensi bakteri endofit dalam menekan penyakit layu stewart (*Pantoea stewartii* subsp. *stewartii*) pada tanaman jagung. *J. HPT Tropika* 14(2): 121-127.
- Regnault-Roger C. 2005. New Insecticides of Plant Origin for The Third Millenium In: Regnault\_Roger BJR, Philogene C, Vincent. C, (Eds.). *Biopesticides of Plant Origin*: Lavoisier Publishing Inc. p 17-35.
- Rosmana A, Nasaruddin, Hindarto, Hakkar AA, dan Agriansyah N. 2016. Endophytic association of *Trichoderma asperellum* within *Theobroma cacao* suppresses vascular streak dieback incidence and promote side graft growth. *Mycology* 44(3):180-186
- Shakeel, F., Baboota, S., Ahuja, A., Ali, J., Faisal, M.S., & Shafiq, S. 2008. Stability evaluation of celecoxib nanoemulsion containing tween 80. *Thai Journal Pharm. Sci.* 32, 4-9.

- Solans, C., Izquierdo, P., Nolla, J., Azemar, N., & Garcia-Celma, M.J. 2005. Nanoemulsions. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 102-110.
- Trisno J, Habaza T, Jamsari dan Hidayat SH. 2013. Penapisan kemampuan isolat rizobakteri indigenus dalam meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit virus daun kuning keriting. Prosiding Seminar Nasional dan Rapat tahunan dekan bidang ilmu pertanian BKS wilayah Barat. Pontianak 14 – 20 Maret 2013: 889-902.
- Trisno J, Reflin dan Martinius. 2016. *Vascular Streak Dieback (VSD) Penyakit Baru Tanaman Kakao di Sumatera Barat*. J. Fitopatol. Indo. 12(4):142 - 147.
- Yuliasari S, Hamdan. 2012. Karakterisasi nanoemulsi minyak sawit merah yang disiapkan dengan high pressure homogenizer. Prosiding InSiNas 25-28.
- Vanhove W, Vanhoudt N, and Damme PV. 2016. Biocontrol of vascular streak dieback (*Ceratobasidium theobromae*) on cacao (*Theobroma cacao*) through induced systemic resistance and direct antagonism. *Biocontrol Science and Technology*, 26(4):492-503.
- Wang and Liung. 2007. Foliar uptake of pesticides present status and future challenge. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 87, 1–8.