

**UJI KETAHANAN EMPAT KLON KAKAO UNGGUL SULAWESI
TERHADAP *Lasiodiplodia pseudotheobromae* MELALUI
PENGENDALIANNYA MENGGUNAKAN BEBERAPA CENDAWAN
ENDOFIT**



Oleh:

Vietgar Membalik; G111 16 338; 2016

Pembimbing:

Asman, S.P., M.P

Prof. Dr. Ir. Nur Amin, Dipl. Ing. Agr

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**



**UJI KETAHANAN EMPAT KLON KAKAO UNGGUL SULAWESI
TERHADAP *Lasiodiplodia pseudotheobromae* MELALUI
PENGENDALIANNYA MENGGUNAKAN BEBERAPA CENDAWAN
ENDOFIT**

**OLEH:
VIETGAR MEMBALIK
G111 16 338**

SKRIPSI

**Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan
sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pertanian**

**di
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**



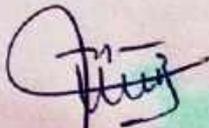
HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Uji Ketahanan Empat Klon Kakao Unggul Sulawesi terhadap *Lasiodiplodia pseudotheobromae* melalui Pengendaliannya Menggunakan Beberapa Cendawan Endofit

Nama Mahasiswa : Vietgar Membalik

Nomor Induk Mahasiswa : G111 16 338

Menyetujui,



Asman, S.P., M.P.
Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Nur Amin, Dipl. Ing. Agr
Pembimbing II

Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc

Ketua Departemen



gesahan : September 2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa, Skripsi berjudul “**Uji Ketahanan Empat Klon Kakao Unggul Sulawesi terhadap *Lasiodiplodia pseudotheobromae* melalui Pengendaliannya Menggunakan Beberapa Cendawan Endofit**” benar adalah karya saya dengan arahan tim pembimbing, belum pernah diajukan atau tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Saya menyatakan bahwa, semua sumber informasi yang digunakan telah disebutkan dalam text dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Makassar, 16 September 2020



Vietgar Membalik

NIM. G11116338



KATA PENGANTAR

**Assalamualaikum | Shalom Aleikh'm | Om Swastiastu
Sotthi Hotu | Salam Kebajikan | Salam Nusantara**

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa oleh karena kasih dan anugerah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul **“Uji Ketahanan Empat Klon Kakao Unggul Sulawesi terhadap *Lasiodiplodia pseudotheobromae* melalui Pengendaliannya Menggunakan Beberapa Cendawan Endofit”** ini dapat selesai dengan baik.

Ungkapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis hanturkan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan moril dan materiil dalam proses penyelesaian skripsi ini, diantaranya:

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta, Petrus Lili' Membalik dan Serilaga' Palimbong, yang selalu mendoakan, mendidik dan mengarahkan penulis untuk menjadi pribadi yang taat dan melakukan versi terbaiknya dalam setiap aspek kehidupan. Ungkapan terimakasih juga penulis haturkan kepada Saudara dan Saudari tersayang, Vivi Jayanti Membalik, Viklen Membalik dan Vila Santamanik Membalik yang selalu mendoakan, memberikan semangat dan selalu berbagi kasih dengan penulis. Ungkapan terimakasih tidak luput penulis haturkan kepada nenek tersayang yang selalu mendidik dan mendoakan penulis untuk menjadi pribadi yang lebih baik, juga kepada seluruh keluarga besar atas doa dan dukungannya.
2. Bapak Asman, S.P., M.P. selaku Pembimbing Akademik, Pembimbing Skripsi dan Pembimbing di setiap kompetisi serta sebagai sosok inspirator dan *role-model* bagi penulis, yang selalu sabar dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga dan pikiran demi membimbing dan mengarahkan penulis untuk menjadi mahasiswa yang mampu menggali potensi diri dan melakukan versi terbaik selama menjadi mahasiswa. Ungkapan terimakasih tidak luput penulis haturkan kepada Pembimbing II, Bapak Prof. Dr. Ir. Nur Amin, Dipl. Ing. Agr yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran demi membimbing penulis sejak awal penelitian hingga selesainya skripsi ini.



3. Ibu Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc., Bapak Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, M.Sc., dan Bapak Dr. Ir. Ahdin Gassa, M.Sc. selaku tim penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak dan Ibu dosen Fakultas Pertanian, terkhusus kepada Bapak dan Ibu dosen dari Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan yang telah berbagi ilmu dan didikan yang sangat berharga kepada penulis selama menempuh pendidikan. Ungkapan terimakasih tidak luput penulis haturkan kepada Para Pegawai dan Staf Laboratorium Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian.
5. Seluruh pejabat struktural Universitas Hasanuddin, terkhusus kepada Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan dan Alumni, Bapak Dr. Ir. Abdul Rasyid Jalil (2016-2017) dan Bapak Prof. Dr. drg. A. Arsunan, M.Kes (2018-2020) dan seluruh jajarannya, Wakil Rektor Bidang Perencanaan, Keuangan dan Infrastruktur, Bapak. Prof. Dr. Ir. Sumbangan Baja, M.Sc (2018-2020) dan seluruh jajarannya, serta Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan, Bapak Prof. Dr. Ir. Kaimuddin, M.Si (2016-2017) dan Ibunda Tercinta, Ibu Dr. Ir. Novaty Eny Dunga, M.P (2018-2020) dan seluruh jajarannya yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis dalam melakukan kegiatan-kegiatan bermanfaat selama menjadi mahasiswa.
6. Keluarga besar Unit Kegiatan Mahasiswa Keilmuan dan Penalaran Ilmiah Universitas Hasanuddin (UKM KPI UNHAS), Akademi Mahasiswa Berprestasi Universitas Hasanuddin, Akademi Mahasiswa Berprestasi Fakultas Pertanian, Persekutuan Pemuda Gereja Toraja Jemaat Tamalanrea (PPGT JT), PPGT-JT Kelompok 3&4, PPGT Jemaat Ledo, Persekutuan Mahasiswa Kristen Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Hasanuddin (PMK FAPERTAHUT UNHAS), Himpunan Mahasiswa Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin (HMPT), Ikatan Keluarga Mahasiswa Bidikmisi Universitas Hasanuddin (KAB Unhas), Komunitas Sahabat Fakir Miskin (SAFMI), Kominitas



Sekolah Mimpi (SEMPI), Komunitas Sion Ministry Makassar, Keluarga Besar Agroteknologi 2016, Keluarga Besar Phytophilia 2016, Keluarga Besar IPA II SMAN 1 Rantepao, Teman-teman KKN Dikti Kakao Bantaeng, Teman-teman ‘Murid yang Mengakar’, Teman-teman ‘Christian Scientist’, Teman-teman ‘Ummi Terangkanlah’, Teman-teman ‘Penghuni Lab. Penyakit’, Teman-teman ‘LPDP Hunter’, Teman-teman ‘Scholarship Hunter’, Teman-teman ‘Ubur-ubur Squad’, Teman-teman ‘MARS Squad’, Teman-teman ‘TK Ledo Buntao’, Teman-teman ‘Camping Tanralili’, dan teman-teman dari berbagai organisasi, komunitas dan grup yang luput disebut namanya. Terimakasih atas doa dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis bisa selalu termotivasi dan menjadi mahasiswa yang mampu menggali potensi diri.

7. Para pegawai dan staf di PT. Mars Symboscience di Tarengge, terkhusus kepada Kak Asdar, Kak Bardi, Kak Syahrul dan Pak Mayo yang telah memberikan dukungan moril dan materiil dalam terlaksananya penelitian ini dengan baik dan pelatihan-pelatihan yang diberikan kepada penulis melalui program *training* dan *internship* yang mampu meningkatkan pengetahuan dan *skill* penulis di bidang kakao. Ungkapan terimakasih juga dihaturkan kepada para petani di KT. Sumber Jaya Bantaeng yang telah memberikan dukungan dan banyak pelajaran dalam meningkatkan pengetahuan dan *skill* penulis di bidang kakao. Para pegawai dan staf di ICCRI Jember (*Indonesian Coffe & Cocoa Research Insitute*) yang telah memperkenalkan banyak hal tentang kakao kepada penulis.
8. Sahabat dekat penulis yang sampai saat ini selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir. Nama, kisah dan setiap dukungan dari kalian tidak penulis sampaikan pada setiap kalimat demi kalimat ini, namun akan selalu teringat dalam memori dan semoga tidak hilang dalam keterbatasan ingatan penulis. Semoga Tuhan selalu memberkati kalian dan membuat kita bertahan dalam persahabatan

yang baik sekarang dan seterusnya.

teman-teman dari berbagai daerah, organisasi, komunitas, grup, lomba, instansi, kelompok penelitian, surveyor, traveller, dan dari berbagai wadah



pengembangan diri lain, yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis dalam menggali potensi diri. Semoga Tuhan selalu memberkati kalian dan memberikan kepada kita ikatan emosional yang baik sekarang dan seterusnya. Ungkapan terimakasih tidak luput penulis haturkan kepada teman-teman yang telah membantu penulis melalui konsultasi karena kurangnya pemahaman penulis dalam setiap tahap penelitian yang dilaksanakan.

10. Teman-teman yang telah membantu secara khusus untuk terlaksananya penelitian dan penulisan skripsi ini, terimakasih kepada: Mersi Wijaya, Nur Lirianti Indra, Kak Asdar, Reynaldi Mari'pi, Ummul Khalifah, Musdhalifa, Andi Khusnul Fatima Bahar, Andi Alfian Darmawan, Arisya Yunira Arifin, Viklen Membalik, Reski Febriani, Rohani Islami, Azmi Nur Karimah, Yusril Hardiansyah, dan Agung Toding Rante.
11. Semua pihak yang namanya luput disebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bentuk doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Semoga Tuhan Yang Maha Kasih dan Maha Penyayang selalu memberikan berkat dan anugerah-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis berharap bahwa hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang membutuhkan dan berkontribusi dalam mencanangkan pembangunan berbasis pertanian.

Makassar, 16 September 2020

Vietgar Membalik



Uji Ketahanan Empat Klon Kakao Unggul Sulawesi terhadap *Lasiodiplodia pseudotheobromae* melalui Pengendaliannya Menggunakan Beberapa Cendawan Endofit

Vietgar Membalik, Asman, dan Nur Amin
(vietgarmembalikxi@gmail.com)

**Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian,
Universitas Hasanuddin, Makassar**

ABSTRAK

Penggunaan klon resisten dan pengaplikasian cendawan endofit merupakan langkah pengendalian yang efektif terhadap patogen penyebab penyakit nekrotik dan klorotik pada kakao, salah satunya adalah *Lasiodiplodia pseudotheobromae*. Penelitian ini dilakukan di *Experimental Farm* secara *in-vivo* dengan menggunakan Faktorial 2 Faktor dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK). Faktor A adalah jenis klon yang terdiri dari 4 taraf yaitu Klon S1, Klon S2, Klon MCC01, dan Klon MCC02. Faktor B adalah jenis endofit yang terdiri dari 6 taraf yaitu *Aspergillus* spp. dengan kode isolat T2S2LT, T245LT, T645LT, *Mixing Endofit*, Kontrol Negatif, dan Kontrol Positif. Pelaksanaan penelitian dimulai dari penyiapan alat dan bahan, pembibitan, pengaplikasian endofit (1×10^6 spora/mL) dan patogen ($0,6 \times 10^6$ spora/mL), pengamatan gejala dan analisis data. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh interaksi klon kakao dan cendawan endofit terhadap gejala nekrotik dan klorotik pada kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi Klon MCC01 dan *Aspergillus* spp. (*Mixing Endofit*) merupakan interaksi perlakuan terbaik dalam menekan gejala nekrotik (bercak) dengan persentase insidensi sebesar 0,85%, diikuti dengan persentase intensitas sebesar 0,19%, dan juga nekrotik (hawar) dengan persentase insidensi sebesar 2,62%, diikuti dengan persentase intensitas sebesar 0,43%. Sedangkan untuk gejala klorotik, hampir semua interaksi perlakuan efektif dalam menekan gejala, yang ditunjukkan dengan persentase insidensi dan intensitas sebesar 0,00%, kecuali interaksi perlakuan Klon MCC01 dan *Aspergillus* spp. (T245LT) dan interaksi perlakuan Klon MCC01 dan *Aspergillus* spp. (*Mixing Endofit*).

Kata Kunci: *Cendawan Endofit, Klon Resisten, Klorotik, Lasiodiplodia pseudotheobromae, Nekrotik.*



The Resistance of Four Sulawesi Superior Cocoa Clones to *Lasiodiplodia pseudotheobromae* through Controlling with Several Endophytic Fungi

Vietgar Membalik, Asman, and Nur Amin
(vietgarmembalikxi@gmail.com)

Department of Plant Pest and Diseases, Faculty of Agriculture, Hasanuddin
University, Makassar

ABSTRACT

The use of resistant clones and the application of endophytic fungi is an effective method to control pathogens that cause necrotic and chlorotic diseases in cocoa, one of which is *Lasiodiplodia pseudotheobromae*. This research was conducted in-vivo in Experimental Farm arranged in randomized block design in factorial. The first factor was four clones of cocoa (S1, S2, MCC01, and MCC02), and the second factor was six types of endophytes (*Aspergillus* spp. isolate T2S2LT, T245LT, T645LT, Endophytic Mixed, Negative Control, and Positive Control). This research was carried out starting from the preparation, nurseries, application of endophytes (1×10^6 spores / mL) and pathogens (0.6×10^6 spores / mL), symptoms observation, and data analysis. This research aims to determine the effect of the interaction of cocoa clones and endophytic fungi on necrotic and chlorotic symptoms in cocoa. The results showed that the interaction between MCC01 and *Aspergillus* spp. (Endophytic Mixed) is the best treatment interaction in suppressing necrotic symptoms (leaf spot) with an incidence percentage of 0.85%, followed by an intensity percentage of 0.19%, and also necrotic (leaf blight) with an incidence percentage of 2.62%, followed by a percentage intensity of 0.43%. As for chlorotic symptoms, almost all treatment interactions were effective in suppressing symptoms, as indicated by the incidence and intensity percentage of 0.00%, except for the interaction between the MCC01 and *Aspergillus* spp. (T245LT) and the interaction between MCC01 and *Aspergillus* spp. (Endophytic Mixed).

Keywords: *Chlorotic, Endophytic Fungi, Lasiodiplodia pseudotheobromae, Necrotic, Resistance Clones.*



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	6
2.1.1 Botani Tanaman Kakao.....	7
2.1.2 Morfologi Tanaman Kakao	8
2.1.3 Empat Klon Kakao Unggul Sulawesi	9
2.2 Cendawan <i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i>	11
2.2.1 Klasifikasi Ilmiah <i>L. pseudotheobromae</i>	12
2.2.2 Morfologi <i>L. pseudotheobromae</i>	12
2.2.3 Gejala Klinis Serangan <i>L. pseudotheobromae</i>	15
2.3 Potensi Cendawan Endofit sebagai Agen Pengendali Hayati	17
BAB 3. METODE PENELITIAN	18
3.1 Penyiapan Alat dan Bahan	18
3.2 Pelaksanaan Penelitian.....	18
3.2.1 Penyiapan Tanaman Uji	18
3.2.2 Pembuatan Media Tumbuh Cendawan	19
3.2.3 Penyiapan Cendawan Patogen <i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i> dan Endofit <i>Aspergillus</i> spp.....	19
Penghitungan Kerapatan Spora.....	19
Inokulasi Cendawan Endofit.....	20



3.2.6 Inokulasi Cendawan Patogen	20
3.3 Parameter Pengamatan.....	21
3.3.1 Insidensi Penyakit	21
3.3.2 Severitas Penyakit.....	21
3.3.3 Laju Perkembangan Insidensi Penyakit	23
3.3.4 Jumlah Daun	23
3.3.5 Tinggi Tanaman	23
3.3.6 <i>Streak</i> pada Batang.....	23
3.3.7 Mortalitas Tanaman	24
3.4 Analisis Data.....	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Hasil	25
4.1.1 Metode Penyemprotan	25
4.1.2 Metode Penyemprotan dan Penempelan	43
4.2 Pembahasan.....	67
4.2.1 Ketahanan terhadap Gejala Nekrotik (Bercak)	67
4.2.2 Ketahanan terhadap Gejala Nekrotik (Hawar).....	72
4.2.3 Ketahanan terhadap Gejala Klorotik.....	75
4.2.4 Pengaruh terhadap Pertumbuhan Tanaman.....	78
4.2.5 Pengaruh terhadap Kemunculan <i>Streak</i> pada Batang	80
4.2.6 Mortalitas Tanaman	82
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran dan Rekomendasi	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN.....	90



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbedaan ukuran konidia dan L/W Ratio pada beberapa spesies <i>Lasiodiplodia</i> (Correia et al, 2016).....	13
Tabel 2. Suhu optimum dan rasio pertumbuhan miselium beberapa spesies <i>Lasiodiplodia</i> (Correia et al, 2016).....	13
Tabel 3. Konsentrasi Spora dalam 1 mL Aquadest.	20
Tabel 4. Kategori Skala Serangan pada Daun	22
Tabel 5. Insidensi penyakit nekrotik (bercak) pada interaksi perlakuan Jenis Klon dan Endofit selama 5 kali pengamatan.....	25
Tabel 6. Severitas penyakit nekrotik (bercak) pada interaksi perlakuan Jenis Klon dan Endofit 5 MSI	27
Tabel 7. Insidensi penyakit nekrotik (hawar) pada interaksi perlakuan Jenis Klon dan Endofit selama 5 kali pengamatan	29
Tabel 8. Severitas penyakit nekrotik (hawar) pada perlakuan endofit 5 MSI.	32
Tabel 9. Insidensi penyakit klorotik pada bibit kakao selama 5 kali pengamatan dengan metode penyemprotan.....	34
Tabel 10. Severitas penyakit klorotik pada perlakuan endofit 5 MSI.....	37
Tabel 11. Rerata jumlah daun pada bibit kakao selama 5 kali pengamatan dengan metode penyemprotan.....	39
Tabel 12. Rerata tinggi tanaman pada bibit kakao selama 5 kali pengamatan dengan metode penyemprotan.....	41
Tabel 13. Insidensi penyakit nekrotik (bercak) pada bibit kakao selama 4 kali pengamatan dengan metode penyemprotan dan penempelan.....	43
Tabel 14. Severitas penyakit nekrotik (bercak) pada bibit kakao selama 4 kali pengamatan dengan metode penyemprotan dan penempelan.....	45
Tabel 15. Insidensi penyakit nekrotik (hawar) pada bibit kakao selama 4 kali pengamatan dengan metode penyemprotan dan penempelan.....	48
Tabel 16. Severitas penyakit nekrotik (hawar) pada bibit kakao selama 4 kali pengamatan dengan metode penempelan.	51
Insidensi penyakit klorotik pada bibit kakao selama 4 kali pengamatan dengan metode penempelan.....	54



Tabel 18. Severitas penyakit klorotik pada bibit kakao selama 4 kali pengamatan dengan metode penempelan.....	56
Tabel 19. Rerata jumlah daun pada bibit kakao selama 4 kali pengamatan dengan metode penempelan.	60
Tabel 20. Rerata tinggi tanaman pada bibit kakao selama 4 kali pengamatan dengan metode penempelan.....	62
Tabel 21. Rerata <i>Streak</i> pada batang (secara vertikal) pada pengamatan 4 MSI metode penyemprotan dan penempelan.	65
Tabel 22. Rerata <i>Streak</i> pada batang (secara horisontal) pada pengamatan 4 MSI metode penyemprotan dan penempelan.	66
Tabel 23. Mortalitas tanaman pada pengamatan 4 MSI metode penyemprotan dan penempelan.....	67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Kakao Klon MCC01	10
Gambar 2.	Kakao Klon MCC 02	10
Gambar 3.	Kakao Klon S1	11
Gambar 4.	Kakao Klon S2	11
Gambar 5.	Morfologi isolat <i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i> (a), konidia isolat CERC2312 (b), dan konidia isolat CERC2313 (c) (Li, 2016).	12
Gambar 6.	<i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i> (MFLUCC 18-1120, MFLUCC 18-0950) (Silva, 2019).....	14
Gambar 7.	<i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i> (MFLUCC 18-0951) (Silva, 2019).	14
Gambar 8.	Gejala Klinis Patogen <i>L. pseudotheobromae</i> yang diinokulasi pada <i>Hackberry</i> di China (Lu, 2019).....	15
Gambar 9.	Gejala Klinis Patogen <i>L. pseudotheobromae</i> yang diinokulasi pada <i>Hackberry</i> di China (Lu, 2019).....	16
Gambar 10.	Grafik perkembangan gejala nekrotik (bercak) pada interaksi perlakuan Jenis Klon dan Endofit selama 5 kali pengamatan.	28
Gambar 11.	Grafik perkembangan gejala nekrotik (hawar) pada interaksi perlakuan Jenis Klon dan Endofit selama 5 kali pengamatan.	33
Gambar 12.	Grafik perkembangan gejala nekrotik (hawar) pada interaksi perlakuan Jenis Klon dan Endofit selama 5 kali pengamatan.	38
Gambar 13.	Grafik perkembangan gejala nekrotik (bercak) pada interaksi perlakuan Jenis Klon dan Endofit selama 4 kali pengamatan.	47
Gambar 14.	Grafik perkembangan gejala nekrotik (hawar) pada interaksi perlakuan Jenis Klon dan Endofit selama 4 kali pengamatan.	53
Gambar 15.	Grafik perkembangan gejala klorotik pada interaksi perlakuan Jenis Klon dan Endofit selama 4 kali pengamatan.	59
Gambar 16.	Gejala nekrotik yang ditandai dengan bercak berwarna hijau kekuningan menyebar pada seluruh permukaan daun (a); dan Gejala nekrotik yang ditandai dengan bercak berwarna cokelat dengan gradasi kuning di sekitarnya.	69
	17. Gejala nekrotik yang ditandai dengan hawar pada pangkal daun (a); Gejala nekrotik yang ditandai dengan hawar pada pinggir daun (b);	



dan Gejala nekrotik yang ditandai dengan hawar pada pucuk daun (c).....	73
Gambar 18. Penampakan gejala klorotik pada tanaman (a); Gejala klorotik pada daun dengan kategori serangan >50%-100% dari permukaan daun (b); dan Gejala klorotik yang mengalami perubahan warna kuning pada fase penuaan daun (c).....	76
Gambar 19. <i>Streak</i> pada batang dengan rerata tertinggi (a); dan <i>Streak</i> pada batang dengan rerata terendah (b).....	81
Gambar 20. <i>Streak</i> pada batang dengan rerata tertinggi (a); dan <i>Streak</i> pada batang dengan rerata terendah (b).....	81
Gambar 21. Mortalitas tanaman stadium lanjut yang ditandai dengan daun berwarna kuning (a); dan Mortalitas tanaman yang ditandai dengan bagian daun berwarna kecokelatan (b). Mortalitas tanaman yang ditandai dengan munculnya hifa pada batang tanaman (c).....	83



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Penampakan Makroskopis dan Mikroskopis *Lasiodiplodia pseudotheobromae*. 90
- Lampiran 2. Penampakan Makroskopis dan Mikroskopis Cendawan Endofit (*Aspergillus* spp. | Kode Isolat: T2S2LT, T245LT dan T645LT). 90
- Lampiran 3. Dokumentasi Klon Kakao (S1, S2, MCC-01 dan MCC-02). 91
- Lampiran 4. Dokumentasi Pengamatan 1 Minggu Setelah Inokulasi (MSI) (25 Mei 2020) (Pengaplikasian dengan Metode Penyemprotan). 91
- Lampiran 5. Dokumentasi Pengamatan 2 Minggu Setelah Inokulasi (MSI) (01 Juni 2020) (Pengaplikasian dengan Metode Penyemprotan) 95
- Lampiran 6. Dokumentasi Pengamatan 3 Minggu Setelah Inokulasi (MSI) (08 Juni 2020) (Pengaplikasian dengan Metode Penyemprotan) 98
- Lampiran 7. Dokumentasi Pengamatan 4 Minggu Setelah Inokulasi (MSI) (15 Juni 2020) (Pengaplikasian dengan Metode Penyemprotan) 102
- Lampiran 8. Dokumentasi Pengamatan 5 Minggu Setelah Inokulasi (MSI) (22 Juni 2020) (Pengaplikasian dengan Metode Penyemprotan). 106
- Lampiran 9. Dokumentasi Pengamatan 1 Minggu Setelah Inokulasi (MSI) (29 Juni 2020) (Pengaplikasian dengan Metode Penempelan). 109
- Lampiran 10. Dokumentasi Pengamatan 2 Minggu Setelah Inokulasi (MSI) (06 Juli 2020) (Pengaplikasian dengan Metode Penempelan). 113
- Lampiran 11. Dokumentasi Pengamatan 3 Minggu Setelah Inokulasi (MSI) (13 Juli 2020) (Pengaplikasian dengan Metode Penempelan). 116
- Lampiran 12. Dokumentasi Pengamatan 3 Minggu Setelah Inokulasi (MSI) (20 Juli 2020) (Pengaplikasian dengan Metode Penempelan). 120
- Lampiran 13. Dokumentasi Gejala-gejala yang Muncul pada Setiap Klon Kakao (S1, S2, MCC-01 dan MCC-02) (Metode Penyemprotan). 123
- Lampiran 14. Dokumentasi Gejala-gejala yang Muncul pada Setiap Klon Kakao (S1, S2, MCC-01 dan MCC-02) (Metode Penempelan). 134
- Lampiran 15. *Streak* yang Muncul pada Setiap Batang Klon Kakao (S1, S2, MCC-01 dan MCC-02) (20 Juli 2020). 142
- Lampiran 16. Dokumentasi Re-Isolasi Masing-masing Perlakuan (Secara Makroskopis). 148



Lampiran 17. Dokumentasi Re-Isolasi Masing-masing Perlakuan (Secara Mikroskopis).....	155
Lampiran 18. Hasil Analisis Gejala Nekrotik (Bercak) pada Bibit Kakao selama 5 Kali Pengamatan dengan Metode Penyemprotan.....	165
Lampiran 19. Hasil Analisis Gejala Nekrotik (Hawar) pada Bibit Kakao selama 5 Kali Pengamatan dengan Metode Penyemprotan.....	171
Lampiran 20. Hasil Analisis Gejala Klorotik pada Bibit Kakao selama 5 Kali Pengamatan dengan Metode Penyemprotan.....	178
Lampiran 21. Hasil Analisis Jumlah Daun pada Bibit Kakao selama 5 Kali Pengamatan dengan Metode Penyemprotan.....	184
Lampiran 22. Hasil Analisis Tinggi Tanaman Bibit Kakao selama 5 Kali Pengamatan dengan Metode Penyemprotan.....	190
Lampiran 23. Hasil Analisis Gejala Nekrotik (Bercak) pada Bibit Kakao selama 4 Kali Pengamatan dengan Metode Penempelan.	196
Lampiran 24. Hasil Analisis Gejala Nekrotik (Hawar) pada Bibit Kakao selama 4 Kali Pengamatan dengan Metode Penempelan.	204
Lampiran 25. Hasil Analisis Gejala Klorotik pada Bibit Kakao selama 4 Kali Pengamatan dengan Metode Penempelan	213
Lampiran 26. Hasil Analisis Jumlah Daun pada Bibit Kakao selama 4 Kali Pengamatan dengan Metode Penempelan	222
Lampiran 27. Hasil Analisis Tinggi Tanaman Bibit Kakao selama 4 Kali Pengamatan dengan Metode Penempelan.	226
Lampiran 28. Hasil Analisis Rerata Streak Batang pada 4 MSI Metode Penempelan.....	230
Lampiran 29. Hasil Analisis Mortalitas Tanaman pada 4 MSI Metode Penempelan.....	233
Lampiran 30. Daftar Nilai Perbandingan pada Masing-masing Data Hasil Analisis	234



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu komoditas pertanian yang cukup banyak diproduksi dan dikonsumsi di Indonesia yaitu Kakao. Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman perkebunan yang memiliki peran strategis bagi perekonomian nasional, salah satunya adalah sebagai penyumbang devisa negara peringkat ketiga di sektor perkebunan setelah minyak dan gas. Indonesia merupakan negara produsen dan eksportir kakao terbesar ketiga dunia setelah Ghana dan Pantai Gading. Pada tahun 2017, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2018), diperkirakan 630,6 ribu ton biji kakao (95,97%) berasal dari perkebunan rakyat, 14,4 ribu ton (2,19%) dari perkebunan besar negara dan 12,07 ribu ton (1,84) berasal dari perkebunan besar swasta. Luas areal dan produksi perkebunan kakao pada tahun 2017 mengalami peningkatan sebesar 0,2% dari tahun 2016, yakni sebesar 1,72 hektar menjadi 1,724 juta hektar. Sebagian besar perkebunan kakao pada tahun 2017 diusahakan oleh perkebunan rakyat yaitu sebesar 1,69 juta hektar (97,84%), sementara perkebunan swasta mengusahakan 22,41 ribu hektar (1,29%) dan perkebunan besar negara hanya mengusahakan 17,74 ribu hektar (0,85%). Sulawesi Selatan merupakan salah satu dari lima provinsi produsen biji kakao terbesar di Indonesia. Berdasarkan informasi dari Badan Pusat Statistik (2018), kontribusi Sulawesi Selatan terhadap total produksi kakao pada tahun 2017 mencapai 17,32%.

Namun, usaha dalam peningkatan produksi dan produktivitas kakao tentu tidak lepas dari berbagai hambatan terutama oleh kehadiran Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Salah satu mikroorganisme yang kehadirannya mampu menurunkan produksi dan produktivitas kakao yaitu cendawan *Lasiodiplodia* sp. (Dwiastuti, 2017). Cendawan tersebut tersebar di beberapa belahan dunia dengan inang yang berbeda-beda. Terdapat beberapa spesies *Lasiodiplodia* seperti *Lasiodiplodia theobromae*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Lasiodiplodia crassispora*, *Lasiodiplodia brasiliense*, *Lasiodiplodia egyptiaca*, *Lasiodiplodia euphorbicola*, *Lasiodiplodia jatrophiensis*, dan *Lasiodiplodia jatrophiicola* (Correia et al, 2016).



Salah satu spesies *Lasiodiplodia* yang berperan sebagai cendawan patogen penyebab penyakit yaitu *L. pseudotheobromae*. *L. pseudotheobromae* merupakan patogen yang umum ditemukan pada berbagai tanaman dengan kisaran inang yang sangat luas. Cendawan *L. pseudotheobromae* berperan sebagai parasit lemah pada cabang dan ranting tanaman kakao dengan cara menginfeksi jaringan-jaringan yang lemah, menjadi patogen sekunder, atau masuk melalui luka-luka karena serangga. *L. pseudotrheobromae* dapat menyebabkan mati pucuk, busuk buah dan kanker batang pada tanaman kakao (Dwiastuti, 2017). Selain menyebabkan penyakit pada cabang dan ranting kakao, cendawan tersebut juga menyebabkan pembusukan buah-buahan dan umbi-umbian selama penyimpanan (Lu, 2014). Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa *L. pseudotheobromae* mampu menginfeksi berbagai jenis tanaman. Di negara seperti Brazil, *L. pseudotheobromae* ditemukan pada anggur, mangga, kacang, dan pepaya. Hal tersebut menunjukkan bahwa *L. pseudotheobromae* memiliki distribusi yang sangat luas. Mengenai patogenisitas, *L. pseudotheobromae* adalah spesies yang paling ganas dalam pembibitan mangga di Mesir dan Australia (Ismail *et al.*, 2012). Namun, dalam penelitian oleh Marques *et al* (2013) , *L. pseudotheobromae* memiliki tingkat virulensi yang relatif rendah pada bibit anggur. Beberapa spesies *Lasiodiplodia* yang diisolasi dari tanaman anggur di Brazil mampu tumbuh pada suhu antara 29,9 °C dan 31,2 °C. Tapi di sisi lain, berdasarkan penelitian dari Abdollahzadeh *et al.* (2010), Marques *et al.* (2013) dan Netto *et al.* (2014) menunjukkan bahwa hanya isolat *L. pseudotheobromae* yang mampu tumbuh pada suhu 10 °C. Penelitian terkait uji patogenisitas cendawan *L. pseudotheobromae* terhadap kakao sudah dilakukan oleh Asman (n.d) yang memperlihatkan bahwa 50% dari bibit kakao yang diinokulasi dengan *L. pseudotheobromae* mengalami penurunan pada dua dan tiga bulan setelah inokulasi yang menampilkan gejala streak pada batang dengan rerata streak 3,83 cm pada 2 MSI (Minggu Setelah Inokulasi) dan berkembang menjadi 5,30 cm pada 4 MSI (Minggu Setelah Inokulasi).



bagai upaya untuk mengatasi kerugian yang disebabkan oleh cendawan *L. pseudotheobromae* telah dilakukan, baik itu tindakan preventif maupun kuratif. Satu langkah kuratif yang banyak dilakukan oleh petani yaitu

pengaplikasian fungisida sintetik, namun penggunaan fungisida dapat berdampak buruk terhadap kesehatan manusia dan menyebabkan kerusakan lingkungan (Mahmud, 2019). Badan Litbang Pertanian (2012) menginformasikan bahwa langkah yang paling efektif dalam pengendalian OPT adalah mengembangkan kultivar kakao unggul yang tahan terhadap hama dan penyakit tanaman. Penggunaan klon-klon kakao tahan merupakan salah satu upaya pengendalian penyakit yang memungkinkan digunakan sebagai agen pengendalian secara kultur teknis, sebab selain tidak mencemarkan lingkungan (ramah lingkungan), juga mempunyai daya adaptasi yang tinggi (Aminullah, 2017). Berdasarkan informasi dari *Indonesian Coffe & Cocoa Research Institute (ICCRI)* atau Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (2020) tentang *Teknologi Perbenihan dalam upaya Produksi, Nilai Tambah dan Daya Saing Kopi dan Kakao*, Klon MCC01, Klon MCC02 dan Klon S1 merupakan klon yang tahan terhadap beberapa penyakit, salah satunya adalah VSD, sedangkan Klon S2 merupakan klon yang moderat terhadap VSD. Hal itu memperlihatkan bahwa setiap klon memiliki respon ketahanan yang berbeda-beda terhadap gejala penyakit.

Upaya pengendalian lain yang efektif dalam mengendalikan patogen tanaman adalah penggunaan mikroorganisme endofit. Mikroorganisme endofit merupakan agensia hayati yang mampu melindungi tanaman terhadap serangan serangga hama ataupun patogen baik melalui pembentukan senyawa antibiotik dan enzim litik, pembentukan metabolit sekunder, perangsangan pertumbuhan tanaman yang lebih tahan terhadap patogen, kolonisasi jaringan tanaman sehingga patogen sulit penetrasi dan hiperparasit (Yulianti, 2013). Salah satu mikroorganisme endofit adalah cendawan endofit yang mengkolonisasi inangnya tanpa menimbulkan penyakit. Cendawan endofit yang berasosiasi dengan kakao dapat menurunkan kerusakan yang disebabkan oleh patogen melalui penghambatan infeksi dan proliferasi dengan inang secara langsung (antibiosis, kompetisi dan mikoparasitik) dan atau secara tidak langsung melalui induksi respon ketahanan pada inang (Aneja *et al*, as cited in Asman, 2011).

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang ketahanan klon kakao unggul di Sulawesi terhadap *L. pseudotheobromae* melalui ujiannya beberapa cendawan endofit.



1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui ketahanan 4 klon kakao unggul Sulawesi (Klon S1, Klon S2, Klon MCC02, dan Klon MCC01) terhadap gejala nekrotik (bercak), nekrotik (hawar) dan klorotik yang disebabkan oleh cendawan patogen *Lasiodiplodia pseudotheobromae*.
2. Mengetahui pengaruh berbagai isolat cendawan endofit *Aspergillus* spp. terhadap gejala nekrotik (bercak), nekrotik (hawar) dan klorotik yang disebabkan oleh cendawan patogen *L. pseudotheobromae*.
3. Mengetahui interaksi antara jenis klon kakao unggul Sulawesi dan isolat cendawan endofit *Aspergillus* spp. terhadap gejala nekrotik (bercak), nekrotik (hawar) dan klorotik yang disebabkan oleh cendawan patogen *L. pseudotheobromae*.

1.3 Manfaat Penelitian

Apabila telah diketahui ketahanan 4 klon kakao unggul Sulawesi (Klon S1, Klon S2, Klon MCC02, dan Klon MCC01), pengaruh berbagai isolat cendawan endofit *Aspergillus* spp. ataupun interaksi antara jenis klon kakao unggul Sulawesi dan isolat cendawan endofit *Aspergillus* spp. berpengaruh dalam menurunkan insidensi dan severitas gejala nekrotik (bercak), nekrotik (hawar) dan klorotik yang disebabkan oleh cendawan patogen *L. pseudotheobromae*, maka klon dan isolat endofit yang efektif tersebut dapat dipelajari untuk dikembangkan sebagai upaya pengendalian hayati penyakit yang disebabkan oleh *L. pseudotheobromae*.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat salah satu klon kakao unggul Sulawesi (Klon S1, Klon S2, Klon MCC02, dan Klon MCC01) yang tahan terhadap gejala nekrotik (bercak), nekrotik (hawar) dan klorotik yang disebabkan oleh cendawan patogen *Lasiodiplodia pseudotheobromae*.

Adapun hipotesis yang diajukan adalah terdapat salah satu isolat cendawan endofit *Aspergillus* spp. yang mampu menekan gejala nekrotik (bercak), nekrotik (hawar) dan klorotik yang disebabkan oleh cendawan patogen *L. pseudotheobromae*.



3. Terdapat interaksi antara jenis klon kakao unggul Sulawesi dan isolat cendawan endofit *Aspergillus* spp. yang mampu menekan gejala nekrotik (bercak), nekrotik (hawar) dan klorotik yang disebabkan oleh cendawan patogen *L. pseudotheobromae*.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas pertanian yang cukup banyak diproduksi di Indonesia. Komoditas pertanian tersebut memiliki peranan yang cukup penting bagi perekonomian secara nasional jika ditinjau dari kontribusinya sebagai penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan dan penyumbang devisa negara. Selain itu, kakao juga berperan penting dalam pengembangan agroindustri dan mendorong pengembangan wilayah (Kementerian Pertanian, 2016). Berdasarkan informasi dari Direktorat Jenderal Perkebunan (2020), produksi kakao di Indonesia dari tahun 2016 sampai tahun 2020 mengalami pertumbuhan yang fluktuatif, secara berturut-turut sebagai berikut: 658.399 ton (2016), 590.684 ton (2017), 767.280 ton (2018), 783.978 ton (2019) dan 739.483 ton (2020). Sedangkan, luas areal kakao di Indonesia dari tahun 2016 sampai tahun 2020 mengalami penurunan yang cukup signifikan, secara berturut-turut sebagai berikut: 1.720.773 ha (2016), 1.658.421 ha (2017), 1.611.014 (2018), 1.600.648 (2019), dan 1.582.406 (2020).

Berdasarkan informasi dari Direktorat Jenderal Perkebunan (2020), provinsi Sulawesi Selatan merupakan provinsi penghasil komoditas kakao terbesar kedua di Indonesia. Kabupaten Luwu menempati posisi pertama dengan produksi kakao sebesar 22,62 ribu ton atau 19,12% dari produksi kakao di Sulawesi Selatan, diikuti oleh kabupaten Luwu Utara (17,39%), kemudian Kabupaten Bone, Luwu Timur, Pinrang dan Soppeng dengan produksi masing-masing sebesar 13,44 ribu ton (11,36%), 10,22 ribu ton (8,64%), 9,96 ribu ton (8,41%), dan 9,48 ribu ton (8,01%).

Tanaman kakao merupakan tanaman menyerbuk silang (*cross pollination*) sehingga terdapat keragaman di antara genotipe, baik secara morfologi seperti bentuk buah, warna buah, besar biji, maupun keragaman dalam tingkat ketahanannya terhadap hama dan penyakit. Program *breeding* yang dilakukan terhadap tanaman ini sangat ditentukan oleh seberapa besar keragaman genetik yang terdapat dalam sumber genetik yang digunakan. Semakin tinggi keragaman genetik maka semakin tinggi pula peluang untuk memperoleh sumber genetik yang akan diperbaki. Program *breeding* tersebut sangat penting



dalam hal pemanfaatan plasma nutfah kakao. Berbagai klon-klon unggul telah didapatkan seperti ICCRI 01, ICCRI 02, ICCRI 03, ICCRI 04, Sulawesi 1, Sulawesi 2, MCC P1, dan MCC 02 (Martono, n.d).

2.1.1 Botani Tanaman Kakao

Dalam susunan taksonomi, tanaman kakao termasuk Divisi: Spermatophyta, Subdibisi: Angiospermae, Kelas: Dicotyledonae, Subkelas: Dialypetalae, Ordo: Malvales, Familia: Sterculiaceae, Genus: *Theobroma*, dan Spesies: *Theobroma cacao* L. (Tjitrosoepomo, 1988 dalam Martono, n.d). Kakao menyebar di beberapa negara di antaranya Belize, Kolombia, Costa Rika, Pantai Gading, Republik Demokrasi Kongo, Dominika, Ekuador, Gabon, Ghana, Guinea, India, Indonesia, Jamaika, Madagaskar, Malaysia, Nigeria, Papua Nugini, Filipina, Samoa, Sao Tome et Principe, Sierra Leone, Srilanka, Suriname, Tanzania, Togo, Trinidad, Tobago, Uganda dan Venezuela (Martono, n.d).

Tanaman Kakao termasuk tanaman tahunan yang tergolong dalam kelompok tanaman caulofloris, yaitu tanaman yang berbunga dan berbuah pada batang dan cabang. Tanaman ini pada garis besarnya dapat dibagi atas dua bagian, yaitu bagian vegetatif yang meliputi akar, batang, daun dan bagian generatif yang meliputi bunga dan buah (Lukito *et al*, 2010 dalam Mantep, 2018). Habitat asli tanaman kakao adalah hutan tropis dengan naungan tanaman pelindung, curah hujan yang tinggi, dan suhu dan kelembaban yang relatif sepanjang tahun. Apabila dibudidayakan, tinggi kakao dapat mencapai 1,8 – 3,0 meter dalam tiga tahun, dan pada umur 12 tahun dapat mencapai 4,5 – 7,0 meter. Namun, tinggi tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti klon, severitas naungan, hara dan faktor-faktor tumbuh lainnya (Mantep, 2018). Subjenis tanaman kakao dapat dikelompokkan menjadi empat forma, yaitu: (1). *Forma Cacao*: sifat biji bulat, biji berkualitas tinggi, dan kotiledon berwarna putih, (2). *Forma Pentagonum*: berbiji bulat besar, kualitas biji bagus, dan kotiledon berwarna putih, (3). *Forma Leicoparcum*: biji membulat (plum), kualitas biji bagus, kotiledon berwarna putih atau ungu pucat, dan (4). *Forma Lacandonense*: kakao

berasal dari Meksiko (Martono, n.d).

kelompok kakao lainnya adalah hasil persilangan alami (*hybrida*) antara subjenis *T. Cacao*) dengan *Forestero* (subjenis *T. Sphaerocarpum*)



sehingga jenis ini sangat heterogen. Kakao hasil persilangan tersebut memiliki sifat morfologi, fisiologi, daya hasil dan mutu biji yang beragam. Beberapa klon dari kelompok ini disebut kakao mulia jika keping biji segarnya berwarna putih, sedangkan dinamai kakao lindak jika keping biji segarnya berwarna ungu. Kakao jenis ini menghasilkan biji kakao *fine flavour cocoa* dan ada yang termasuk dalam *bulk cocoa*. Biji kakao dapat diklasifikasikan ke dalam kelompok genetik *Forestero*, *Criollo*, dan *Trinitario*. *Forestero* ditandai dengan warna kotiledon ungu yang merupakan warna khas dari senyawa antosianin dalam biji kakao, *Criollo* dengan warna kotiledon putih, dan *Trinitario* yang merupakan keturunan *Forestero* dan *Criollo* (Martono, n.d).

2.1.2 Morfologi Tanaman Kakao

Tanaman kakao merupakan tanaman tahunan (*perennial*) dengan tinggi yang dapat mencapai 3-8 meter. Sebagai tanaman tahunan, kakao mempunyai akar tunggang dan akar serabut yang berkembang di sekitar permukaan tanah. Pertumbuhan akar serabut di permukaan tanah dapat mencapai panjang kurang lebih 30 cm, sedangkan akar tunggang dapat mencapai 8 meter ke arah samping dan 15 meter ke arah bawah (Martono, n.d). Sebagian besar akar lateral berkembang di dekat permukaan tanah (*surface root feeder*) pada kedalaman tanah kurang dari setengah meter, sehingga tanaman kakao kurang tahan terhadap kekeringan (Prawoto, 2010 dalam Hilyatunnisa, 2013). Batang tanaman kakao tumbuh tegak dan seringkali ditumbuhi tunas-tunas air (*chupon*) yang akan membentuk *jourquette* (cabang-cabang primer). Cabang-cabang tersebut dapat tumbuh ke atas (*orthotrop*) dan dapat tumbuh ke samping (*plagiotrop*) (Siregar, et al., 2000 dalam Dewi, 2012). Daun kakao memiliki warna yang bervariasi, mulai dari berwarna kuning, kuning cerah, coklat, merah kecokelatan, hijau kecokelatan, hijau kemerahan dan hijau. Panjang daun dapat mencapai 10-48 cm dengan lebar antara 4-20 cm. Daun kakao merupakan daun tunggal (*folium simplex*), pada tangkai daun hanya terdapat satu helaian daun. Ujung daun (*apex folii*) meruncing (*acuminatus*) dan pangkal daun (*basis folii*) berbentuk runcing tepi daun (*margo folii*) rata (*integer*) sampai agak bergelombang (Martono, n.d).



Bunga kakao tergolong bunga sempurna yang terdiri dari kelopak (*calyx*) sebanyak 5 helai berwarna merah muda dan benang sari (*androecium*) berjumlah 10 helai (Martono, n.d). Buah kakao termasuk buah buni yang mempunyai daging buah lunak, bentuknya lonjong dan mempunyai permukaan yang beralur dan berkerut (Dewi, 2012). Buah kakao memiliki warna yang berbeda-beda, tergantung kelompok genetiknya. Kakao jenis *Criolo* atau *Trinitario* memiliki buah yang berwarna merah, sedangkan jenis *Forestero* memiliki buah berwarna hijau dan termasuk juga sebagian jenis *Trinitario*. Buah kakao terdiri dari 3 bagian utama, yaitu kulit buah, plasenta, dan biji (Martono, n.d). Perubahan warna buah pada saat masak ditandai dengan perubahan warna kulit menjadi kuning, merah muda, atau jingga (Poedjiwidodo, 1996 dalam Dewi, 2012). Biji kakao terdiri dari 3 bagian pokok, yaitu kotiledon (80,10%), kulit (12%), dan lembaga (0,9%). Jumlah biji dalam setiap buah umumnya sekitar 20-60 biji tergantung dari jenis klon (Martono, n.d). Biji kakao yang dimanfaatkan sebagai benih memiliki sifat rekalsitran, yaitu benih yang berkadar air yinggi, tidak tahan kekeringan, tidak tahan suhu rendah dan berdaya simpan rendah. Perkecambahan yang terjadi termasuk perkecambahan epigeal, yang ditandai dengan bagian hipokotil terangkat ke atas permukaan tanah, sedangkan epikotil tumbuh ke dalam biji atau mendesak keping biji segera membuka (Susanto, 1994 dalam Dewi, 2012).

2.1.3 Empat Klon Kakao Unggul Sulawesi

Di Sulawesi Selatan, terdapat berbagai klon kakao yang telah dibudidayakan oleh petani dan beberapa klon kakao juga masih dalam tahap penelitian terkait produktivitasnya. Dalam penelitian ini, 4 klon unggul Sulawesi yang menjadi objek pengujian, yakni Klon Masamba Cocoa Clone (MCC) 01, Klon Masamba Cocoa Clone (MCC) 02, Klon Sulawesi 01 (S1) dan Klon Sulawesi 02 (S2). Penjelasan terkait klon tersebut, baik secara produksi, berat basah, berat kering, kandungan lemak, dan ketahanan terhadap hama dan penyakit tanaman mengacu kepada informasi dari *Indonesian Coffe & Cocoa Research Institute* (ICCRI) atau Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (2020) tentang

Perbenihan dalam upaya Produksi, Nilai Tambah dan Daya Saing Kakao, yakni sebagai berikut:



1. Klon MCC 01



Gambar 1. Kakao Klon MCC01

Berdasarkan SK Mentan No. 1983/Kpts/SR.120/10/2014, klon MCC 01 merupakan klon unggul lokal yang ditemukan oleh Alm. H. Muhtar. Produksi rata-rata klon tersebut mencapai 3,3 kg/pohon (3.672 kg/ha/tahun). Berat per biji kering sebesar 1,75 gram, kadar kulit biji sebesar 15,9% dan kadar lemak mencapai 49,67%. Klon tersebut bersifat moderat tahan hama Penggerek Buah Kakao, tahan penyakit VSD, dan tahan penyakit busuk buah.

2. Klon MCC 02



Gambar 2. Kakao Klon MCC 02

Berdasarkan SK Mentan No. 1982/Kpts/SR. 120/10/2014, klon MCC 02 merupakan klon unggul lokal yang ditemukan oleh H. Andi Mulyadi dan M. Nasir. Produksi rata-rata klon tersebut mencapai 2,82 kg/pohon (3.132 kg/ha/tahun). Berat biji kering sebesar 1,61 gram, kadar kulit biji 12,0% dan kadar lemak mencapai 49,2%. Klon tersebut tahan

terhadap hama Penggerek Buah Kakao, penyakit VSD dan penyakit busuk buah.



3. Klon S1



Gambar 3. Kakao Klon S1

Berdasarkan SK Mentan No. 694/Kpts/SR.120/12/2008, klon Sulawesi 01 merupakan klon dengan daya hasil mencapai 1.800–2.500 ton/ha/tahun. Berat biji kering mencapai 1,10 gram dengan kadar kulit sebesar 11,3%, dan kadar lemak mencapai 45,0-50,0%. Klon tersebut moderat terhadap busuk buah dan tahan terhadap VSD.

4. Klon S2



Gambar 4. Kakao Klon S2

Berdasarkan SK Mentan No. 695/Kpts/SR.120/12/2007, klon Sulawesi 02 merupakan klon dengan daya hasil mencapai 1.800-2.750 ton/ha/tahun. Klon tersebut memiliki berat biji kering sebesar 1,27 gram, kadar kulit sebesar 11,04% dan kadar lemak mencapai 55,07%. Klon tersebut tahan terhadap busuk buah dan moderat terhadap ketahanan VSD.

2.2 Cendawan *Lasiodiplodia pseudotheobromae*

Spesies *Lasiodiplodia* dapat ditemui di daerah tropis dan subtropis dan pada berbagai jenis inang monokotil, dikotil dan gymnospermae. Berdasarkan hasil penelitian dari Slippers (2017), spesies *Lasiodiplodia* termasuk endofit yang terdapat pada jaringan tanaman tanpa menampilkan gejala.



Sedangkan, penelitian dari Dissanayake (2015) menginformasikan bahwa spesies *Lasiodiplodia* dapat menyebabkan penyakit pada berbagai tanaman inang.

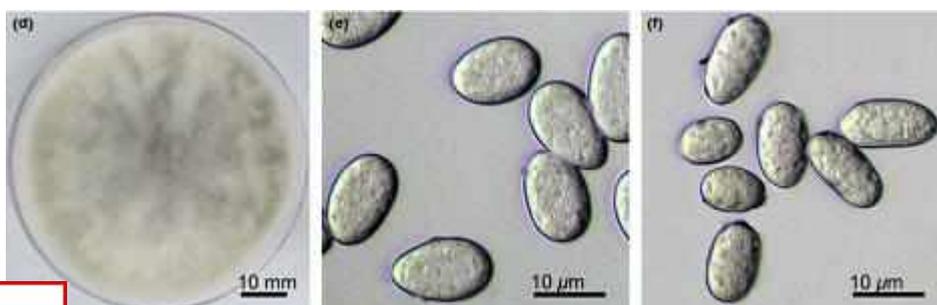
2.2.1 Klasifikasi Ilmiah *L. pseudotheobromae*

Lasiodiplodia memiliki banyak spesies yang menyebar di seluruh dunia dengan tanaman inang yang berbeda-beda, salah satunya yaitu *Lasiodiplodia pseudotheobromae*. Berdasarkan informasi dari Mycobank (n.d), klasifikasi ilmiah *L. pseudotheobromae* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Ascomycota
Kelas	: Dothideomycetes
Ordo	: Botryosphaerales
Famili	: Botryosphaeriaceae
Genus	: <i>Lasiodiplodia</i>
Spesies	: <i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i>

2.2.2 Morfologi *L. pseudotheobromae*

Koloni miselium dari *Lasiodiplodia* pada media MEA (*Malt Extract Agar*) tumbuh secara tidak merata dengan laju pertumbuhan yang cepat. Aerial miselium dari cendawan tersebut dapat tumbuh mencapai permukaan penutup cawan petri. Pada suhu 25°C, miselium akan berwarna putih pada awal pertumbuhan, berubah menjadi abu-abu setelah beberapa hari, dan selanjutnya berubah warna menjadi *grey-olive* kehitaman seiring pertambahan usia pertumbuhan cendawan. Berdasarkan hasil pengamatan dari Li (2016), konidia *Lasiodiplodia* lebih pendek dibandingkan dengan spesimen *Botryosphaeria*. Ukuran konidia dari cendawan *Lasiodiplodia* pada spesies yang sama dapat bervariasi.



5. Morfologi isolat *Lasiodiplodia pseudotheobromae* (a), konidia isolat CERC2312 (b), dan konidia isolat CERC2313 (c) (Li, 2016).



Hasil pengamatan dan studi pustaka dari Correia *et al.* (2016) menunjukkan bahwa spesies *Lasiodiplodia* yang diamati menampilkan ukuran konidia dan pertumbuhan pada suhu yang berbeda-beda.

Tabel 1. Perbedaan ukuran konidia dan L/W Ratio pada beberapa spesies *Lasiodiplodia* (Correia et al, 2016)

Species	Conidial size (μm)	L/W ratio	References
<i>Lasiodiplodia brasiliense</i>	22.3–28.7 × 11.9–16.7	1.8	This study
	22.7–29.2 × 11.7–17.0	1.8	Netto <i>et al.</i> (2014)
<i>L. crassispora</i>	27.2–29.6 × 15.3–16.9	1.8	This study
	27–30 × 14–17	1.8	Burgess <i>et al.</i> (2006)
<i>L. egyptiaca</i>	20.4–23.1 × 11.2–13.1	1.8	Present study
	20–24 × 11–13	1.8	Ismail <i>et al.</i> (2012)
<i>L. euphorbicola</i>	18.0–24.4 × 9.8–15.3	1.8	This study
	15–23 × 9–12	1.7	Machado <i>et al.</i> (2014)
<i>L. hormozganensis</i>	19.8–22.7 × 11.8–13.2	1.8	This study
	19.6–23.4 × 11.7–13.3	1.7	Abdollahzadeh <i>et al.</i> (2010)
<i>L. jatrophicola</i>	23.6–28.5 × 11.0–14.8	1.9	This study
	22–26 × 14–17	1.6	Machado <i>et al.</i> (2014)
<i>L. pseudotheobromae</i>	25.3–29.6 × 14.7–16.8	1.8	This study
	25.5–30.5 × 14.8–17.2	1.7	Alves <i>et al.</i> (2008)
<i>L. theobromae</i>	24.5–28.2 × 13.3–15.1	1.8	This study
	23.6–28.8 × 13–15.4	1.9	Alves <i>et al.</i> (2008)

Beberapa spesies *Lasiodiplodia* yang diisolasi dari tanaman anggur di Brazil mampu tumbuh pada suhu antara 29,9 dan 31,2 derajat celsius. Tapi di sisi lain, berdasarkan penelitian dari Abdollahzadeh *et al.* (2010), Marques *et al.* (2013) dan Netto *et al.* (2014) menunjukkan bahwa hanya isolat *Lasiodiplodia* *Pseudotheobromae* yang mampu tumbuh pada suhu 10 derajat celsius.

Tabel 2. Suhu optimum dan rasio pertumbuhan miselium beberapa spesies *Lasiodiplodia* (Correia et al, 2016)

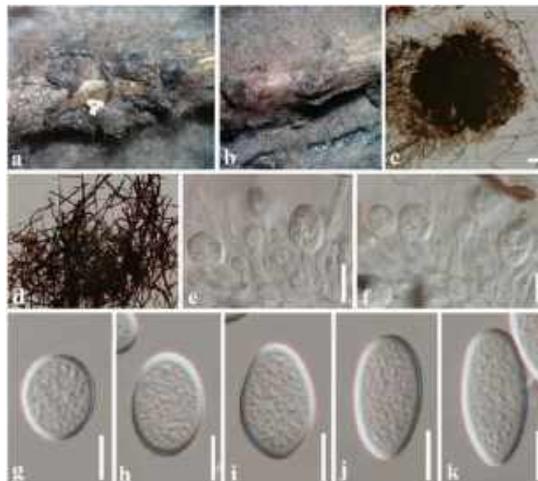
Species	n	Optimum	Mycelial growth rate (mm/day) ± SE
		temperature (°C) ± SE	
<i>Lasiodiplodia brasiliense</i>	4	31.2 ± 0.43 ab	36.9 ± 2.11 c
<i>L. crassispora</i>	4	30.3 ± 0.40 b	40.6 ± 1.10 ab
<i>L. egyptiaca</i>	3	29.9 ± 0.86 b	41.5 ± 3.18 ab
<i>L. euphorbicola</i>	4	32.6 ± 0.71 a	39.8 ± 1.93 bc
<i>L. hormozganensis</i>	3	30.9 ± 0.59 ab	39.9 ± 1.57 bc
<i>L. jatrophicola</i>	6	30.8 ± 0.60 ab	43.5 ± 2.16 a
<i>L. pseudotheobromae</i>	3	30.1 ± 0.55 b	40.3 ± 1.86 ab
<i>L. theobromae</i>	5	30.0 ± 0.33 b	41.1 ± 0.74 ab





Gambar 6. *Lasiodiplodia pseudotheobromae* (MFLUCC 18-1120, MFLUCC 18-0950) (Silva, 2019).

Gambar di atas merupakan penampakan *L. pseudotheobromae* secara mikroskopis dari tanaman spesies *Maglonia*. Gambar a dan b merupakan konidiomata pada ranting tanaman spesies *Magnolia*, gambar c dan d merupakan tampilan vertikal *Conidiomata*, gambar e merupakan *Peridium*, gambar f merupakan *Paraphyses*, gambar g merupakan Sel konidiogen, gambar h-j merupakan Konidia Hyaline, gambar k merupakan Conidia coklat pada permukaan inang., gambar l dan m merupakan Konidia coklat. Skala bar yang digunakan untuk melihat penampakan mikroskopis tersebut adalah sebagai berikut: c, d = 50 μm , e, f = 20 μm , g = 5 μm , h – m = 10 μm (Silva, 2019).



Gambar 7. *Lasiodiplodia pseudotheobromae* (MFLUCC 18-0951) (Silva, 2019).

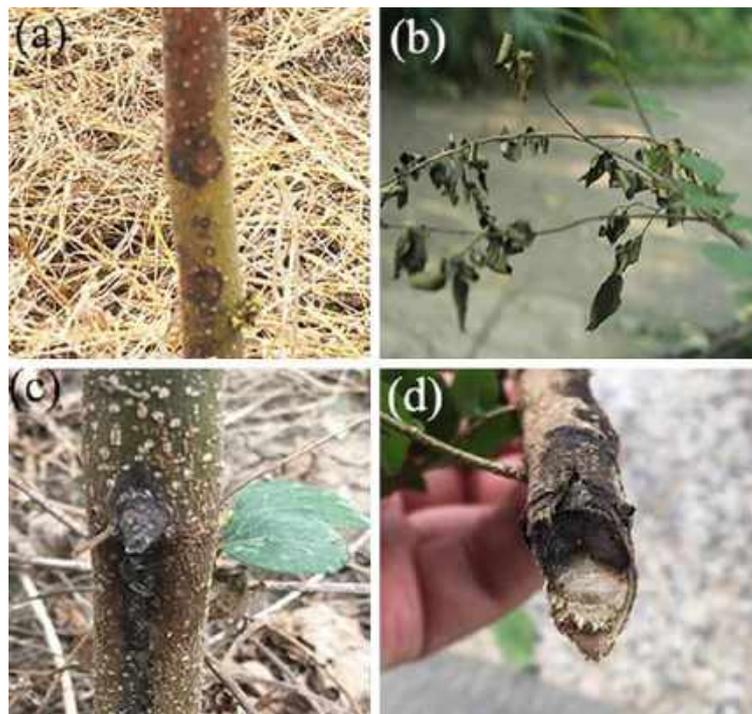
Gambar di atas merupakan penampakan mikroskopis *L. pseudotheobromae* yang diperoleh dari batang bambu. Gambar a dan b menunjukkan konidiomata pada batang bambu di media PDA, gambar c merupakan konidiomata, gambar d merupakan miselium, gambar e dan f merupakan paraphyses.



sel *conideogeous*, dan gambar g-k merupakan konidia. Skala bar yang digunakan untuk melihat penampakan mikroskopis cendawan tersebut adalah sebagai berikut: c = 50 μm , e, f = 10 μm , g – k = 10 μm (Silva, 2019).

2.2.3 Gejala Klinis Serangan *L. pseudotheobromae*

Lasiodiplodia pseudotheobromae merupakan patogen yang umum ditemukan pada berbagai tanaman inang. Selain menyebabkan penyakit pada ranting, cendawan tersebut juga menyebabkan pembusukan buah-buahan dan umbi-umbian selama penyimpanan (Lu, 2014). Penelitian terbaru terkait pengujian patogenitas cendawan *Lasiodiplodia pseudotheobromae* pernah dilakukan oleh Lu (2019), dimana cendawan patogen tersebut diinokulasikan pada 10 bibit 'hackberry' yang disimpan di greenhouse pada suhu 25°C dengan kelembaban 70-80%. Inokulasi dilakukan dengan cara menempel media PDA tumbuh cendawan pada batang yang berukuran 4 mm dengan menghadap ke bawah pada setiap luka.

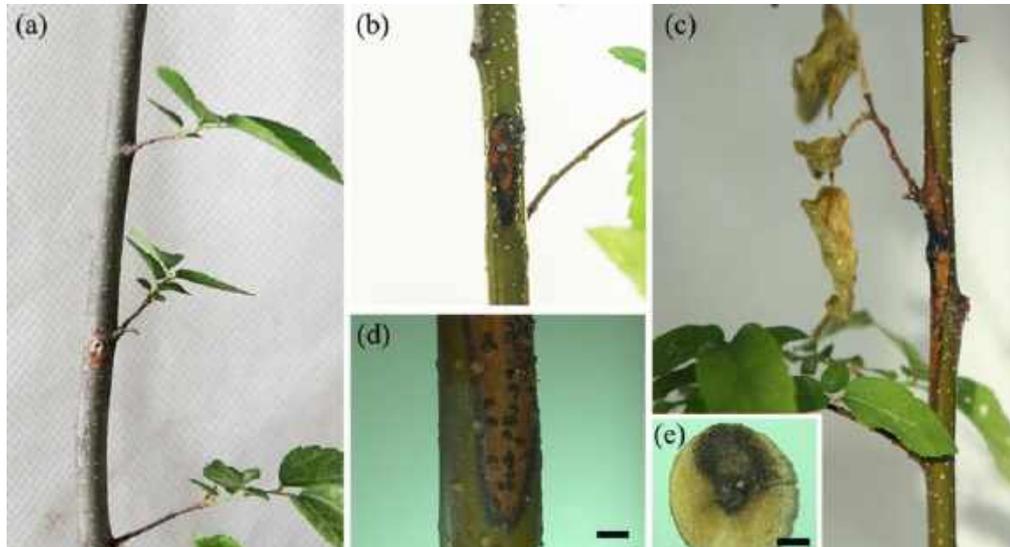


Gambar 8. Gejala Klinis Patogen *L. pseudotheobromae* yang diinokulasi pada Hackberry di China (Lu, 2019).



ka diperhatikan pada gambar di atas, gejala klinis yang terlihat pada tersebut ditandai dengan bintik-bintik coklat kemerahan berair (Gambar muda mengalami gejala klorotik (layu) (gambar b). Seiring

berkembangnya penyakit, bintik yang muncul pada batang semakin parah dengan berubahnya batang menjadi hitam-cokelat (gambar c), dan jika dibelah maka jaringan melintang *xylem* berwarna hitam-kecokelatan dan ranting menjadi layu.



Gambar 9. Gejala Klinis Patogen *L. pseudotheobromae* yang diinokulasi pada *Hackberry* di China (Lu, 2019).

Jika diperhatikan pada gambar b, batang tanaman mengalami nekrosis lokal dengan gejala bintik-bintik kecokelatan dengan ukuran sekitar 25 mm × 5 mm. Setelah 35 hari setelah tanam, gejala pada bibit meyebar secara longitudinal pada batang, berangsur-angsur berubah bentuk dari bulat menjadi sedikit lekung (gambar c,d). Daun juga mengalami layu (gambar c) dan *xylem* mengalami perubahan warna menjadi coklat tua (gambar e). Gambar a merupakan kontrol dengan PDA Steril yang tidak menunjukkan gejala sama sekali.

L. pseudotheobromae telah dilaporkan pada banyak inang. Di negara seperti Brazil, *L. pseudotheobromae* ditemukan pada anggur, mangga, kacang, dan pepaya. Ini menunjukkan bahwa *L. pseudotheobromae*, seperti *L. theobromae*, memiliki distribusi yang luas dan jangkauan host yang luas. Mengenai patogenisitas, *L. pseudotheobromae* adalah spesies yang paling ganas dalam pembibitan mangga di Mesir. Namun, dalam penelitian yang dilakukan oleh Correia (2016), *L. pseudotheobromae* memiliki tingkat virulensi yang relatif

pada tunas hijau yang terpisah dari anggur, mirip dengan yang diamati spesies ini diinokulasi dalam buah mangga (Correia, 2016).



2.3 Potensi Cendawan Endofit sebagai Agen Pengendali Hayati

Pengendalian penyakit tanaman yang banyak diupayakan saat ini adalah pemanfaatan mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanaman, salah satunya adalah cendawan endofit. Cendawan endofit dan tanaman inang bersimbiosis secara mutualisme melalui peningkatan ketahanan tanaman terhadap patogen penyebab penyakit, perlindungan tanaman dari serangan hama, membantu ketersediaan nutrisi, serta mendukung tanaman dalam menghadapi kondisi lingkungan ekstrim seperti kekeringan dan suhu tinggi (Harni, 2016). Cendawan endofit memperoleh substrat nitrogen dan karbohidrat dari tanaman inang, dimana substrat tersebut dikeluarkan oleh tanaman sebagai bagian dari sistem pembuangan tanaman dari zat-zat beracun. Substrat tersebut dimanfaatkan oleh cendawan endofit dalam kehidupannya (Liswarni, 2018).

Cendawan endofit berpotensi memproteksi inang terhadap patogen maupun hama melalui berbagai mekanisme yaitu kompetisi, induksi resistensi, antagonisme dan mikoparasitisasi. Cendawan endofit juga dapat menginduksi respon metabolisme inang, sehingga menjadi resisten terhadap patogen tanaman. Terdapat juga kemungkinan bahwa cendawan endofit pada tanaman sehat menjadi patogen ketika tanaman dalam kondisi lemah (Simanjuntak, 2006). Cendawan endofit yang berasosiasi dengan kakao dapat menurunkan kerusakan oleh patogen melalui penghambatan infeksi dan proliferasi dengan inang secara langsung (antibiosis, kompetisi dan mikoparasitik) dan atau secara tidak langsung melalui induksi respon ketahanan pada inang (Aneja *et al*, as cited in Asman, 2011).

Peranan cendawan endofit dalam melindungi inang tanaman dari serangan patogen telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Hasil penelitian Amin *et al* (2014) menemukan bahwa terdapat 6 genus cendawan endofit pada tanaman kakao yang tahan terhadap VSD M.05 yaitu *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Geotrichum* sp., *Aspergillus* sp., *Gliocladium* sp., dan *Colletotrichum* sp. Hasil penelitian dari Asman *et al* (2018) menemukan bahwa cendawan endofit pada genus *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., dan *Geotrichum* sp. mampu menurunkan

penyakit VSD pada 60 hari setelah inokulasi, sedangkan pada 90 hari inokulasi, cendawan endofit pada genus *Curvularia* sp., *Aspergillus* sp., dan *Geotrichum* sp. efektif dalam menekan insidensi penyakit VSD.

