

SKRIPSI

**PENGARUH KOMBINASI *BIOCHAR*, PUPUK KANDANG AYAM,
DAN NPK TERHADAP LAJU PERKEMBANGAN PENYAKIT
VASCULAR STREAK DIEBACK (VSD) DAN BUSUK BUAH PADA
TANAMAN KAKAO DI KEC. LUYO, SULAWESI BARAT**

**ST. NURALISA
G011 18 1418**



**DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

SKRIPSI

**PENGARUH KOMBINASI *BIOCHAR*, PUPUK KANDANG AYAM,
DAN NPK TERHADAP LAJU PERKEMBANGAN PENYAKIT
VASCULAR STREAK DIEBACK (VSD) DAN BUSUK BUAH PADA
TANAMAN KAKAO DI KEC. LUYO, SULAWESI BARAT**

**St. Nuralisa
G011 18 1418**



**Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian Pada
Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar**

**DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Pengaruh Kombinasi *Biochar*, Pupuk Kandang Ayam, dan NPK terhadap Laju Perkembangan Penyakit *Vascular Streak Dieback* (VSD) dan Busuk Buah pada Tanaman Kakao di Kec. Luyo, Sulawesi Barat

Nama : St. Nuralisa
Nim : G011181418

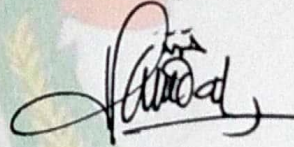
Disetujui Oleh

Pembimbing I



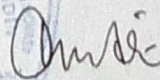
Muhammad Junaid, S.P., M.P., Ph.D.
Nip. 19761231 200812 1 004

Pembimbing II



Hamdayanty, S.P., M. Si.
Nip. 19901028 201903 2 020

Ketua Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan



Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc.
Nip. 19650316 198903 2 002

Tanggal Pengesahan : 16 Agustus 2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Pengaruh Kombinasi Biochar, Pupuk Kandang Ayam, dan NPK terhadap Laju Perkembangan Penyakit *Vascular Streak Dieback* (VSD) dan Busuk Buah pada Tanaman Kakao di Kec. Luyo, Sulawesi Barat

Nama : St. Nuralisa

Nim : G011181418

Disetujui Oleh

Pembimbing I



Muhammad Junaid, S.P., M.P., Ph.D.

Nip. 19761231 200812 1 004

Pembimbing II



Hamdayanty, S.P., M. Si.

Nip. 19901028 201903 2 020

Ketua Program Studi Agroteknologi



Dr. H. Abd Haris B., M.Si.

Nip. 19670811 199403 1 003

Tanggal Pengesahan : 16 Agustus 2022

DEKLARASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : St. Nuralisa
Nim : G01181418
Program Studi : Agroteknologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Pengaruh Kombinasi *Biochar*, Pupuk Kandang Ayam, dan NPK terhadap Laju Perkembangan Penyakit *Vascular Streak Dieback* (VSD) dan Busuk Buah Pada Tanaman Kakao Di Kec. Luyo, Sulawesi Barat.

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 16 Agustus 2022

Yang menyatakan



PERSANTUNAN

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa diberikan sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Kombinasi Biochar, Pupuk Kandang Ayam, dan NPK terhadap Laju Perkembangan Penyakit Vascular Streak Dieback (VSD) dan Busuk Buah Pada Tanaman Kakao Di Kec. Luyo, Sulawesi Barat”**. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana (S1) pada Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Tak lupa Shalawat dan salam peneliti panjatkan kepada junjungan Nabi besar Rasulullah Muhammad Shallahu ‘alaihi wa sallam, sebagai salah satu tauladan yang telah membimbing manusia dari alam gelap gulita menuju cahaya.

Selama penulisan skripsi ini tentunya peneliti banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak yang telah mendukung dan membimbing peneliti, oleh karena itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis Bapak Yusuf dan Ibu Habasia serta Nenek Kakek penulis H. Musa dan Hj. Dina yang telah mendidik dan membesarkan peneliti dengan penuh kasih sayang dan segala pengorbanan tanpa pamrih serta senantiasa mendoakan dengan ikhlas dan memberikan dukungan baik itu motivasi, wejangan maupun materil dengan segenap ketulusannya selama ini. Terima kasih mah pah, peneliti bukanlah orang yang hebat berkat doa yang senantiasa di lantunkan, sehingga peneliti bisa mencapai tahap ini. Saya ucapkan terima kasih kepada saudara terkasih peneliti Ardiansyah Yusuf, Hasnita, Fitriah yang selalu memberikan *support* dan bantuan serta hiburan kepada peneliti saat mengalami kesulitan dalam pengerjaannya. Terima kasih kepada Keluarga Besar peneliti yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi dan mendoakan keberhasilan penulis.
2. Bapak Dr. Muh. Junaid, S.P., M.Si selaku pembimbing pertama dan Ibu Hamdayanty, S.P., M.Si. selaku pembimbing kedua yang dengan penuh kesabaran dan pengertian dalam memberikan arahan serta petunjuk kepada peneliti sejak awal hingga penyelesaian skripsi ini. Peneliti merasa sangat beruntung dapat menerima ilmu dan bimbingan dari kedua pribadi yang sangat menginspirasi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, M.Sc., Dr. Ir. Ahdin Gassa, M.Sc dan Asman, S.P., M.P. Selaku dosen penguji skripsi yang telah meluangkan waktu dan energinya untuk tugas akhir peneliti serta memberikan masukan berupa saran dan kritikan yang membenaun bagi peneliti demi menyempurnakan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Fatahuddin, M.P dan Dr. Muh. Junaid, S.P., M.Si selaku Panitia Seminar dan Ujian Skripsi Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.
5. Kepada seluruh Bapak/Ibu dosen yang pernah mengajar penulis yang selalu berupaya menyalurkan ilmu dan kebaikannya. Juga kepada seluruh staf/pejabat baik di rektorat, fakultas, dan jurusan yang melayani dengan sigap dan menjalankan tanggung jawabnya dengan baik, sehingga peneliti mampu menjalankan kegiatan kampus, dan pengurusan administrasi dengan lancar. Terkhusus kepada Pak Ardan, Pak

Kamaruddin, Pak Ahmad, Ibu Rahmatia S.H, Ibu Nurul dan Ibu ani yang banyak membantu dan mengarahkan peneliti dalam administrasi di jurusan.

6. Ithaka Institute, terkhusus kak Luki Anisa Nurul Fathia S.P., M.Sc yang telah membantudan memfasilitasi penelitian peneliti yang dilaksanakan di wonomulyo sulawesi barat. Serta terima kasih kepada Bapak Syamsudin selaku pemilik perkebunan kakao yang dengan senantiasa membantu dengan ikhlas sehingga penelitian dapat terlaksana. Serta teman-teman yang ikut serta dalam penelitian yaitu, Andi S.P., Andi Arifai, S.P dan Nurfaikah, S.P. Terima kasih telah membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitiannya di lapangan.
7. Teman dekat penulis Andri Yani, Munirah, Syamsidar, dan Fita Pandari yang kebersamai masa perkuliahan dari awal semester hingga saat ini dan insyaAllah selamanya. Terima kasih telah menjadi penguat peneliti yang senantiasa mendengar keluh kesah peneliti dan selalu memberikan *support* terbaik dan bantuannya hingga dalam tahap menyelesaikan skripsi ini.
8. Kepada “Jagoan Squad” yaitu Silvi, Winda, Sila, Sulpi, Serri, dan Salma. Terima kasih telah menjadi tempat pulang peneliti yang senantiasa memberikan support dan bantuannya dari zaman SMA hingga dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Kepada teman KKN penulis terutama “Kamar Belakang Squad” yaitu Mia, Ros, Silvi, Risma, Welda Ippah, Firda dan Sila. Terima kasih selalu ada disetiap seminar peneliti serta memberikan semangat yang tiada hentinya.
10. Kepada Teman-teman seperjuangan MKU-E, Agroteknologi’18, H18RIDA, DIAGNOS18, HMPT, dan KSR PMI UNHAS yang selalu memberi *support* serta kak Rey yang dengan sabar memberikan arahan dalam olah data hasil penelitian.
11. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya ucapkan kepada pihak yang terlibat dalam menyelesaikan skripsi ini. Serta semua pihak yang luput disebutkan oleh peneliti. Terima kasih telah memberikan bantuannya dalam rangka penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah SWT, memberikan balasan atas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Peneliti telah melakukan usaha yang sebaik-baiknya dalam menyusun skripsi ini, namun disadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, peneliti sangat menerima kritik dan saran yang membangun demi menyempurkan penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan

Makassar, 16 Agustus 2022

Peneliti

ABSTRAK

St. Nuralisa (G011181418) “Pengaruh Kombinasi *Biochar*, Pupuk Kandang Ayam, dan NPK terhadap Laju Perkembangan Penyakit *Vascular Streak Dieback* (VSD) dan Busuk Buah pada Tanaman Kakao di Kec. Luyo, Sulawesi Barat”. Dibimbing oleh Muhammad Junaid dan Hamdayanty.

Produksi kakao di Indonesia terus mengalami penurunan karena permasalahan yang kompleks. Salah satu penyebab utamanya adalah penyakit *Vascular Streak Dieback* dan penyakit busuk buah yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora*. Sangat diperlukan pengelolaan penyakit secara lingkungan. *Biochar* adalah arang hayati yang kaya akan karbon dari limbah konservasi dan pertanian melalui proses pembakaran yang tidak sempurna atau suplai oksigen yang terbatas. Penambahan *biochar* dengan pupuk dapat menghasilkan *biochar* yang mengandung unsur hara yang dapat meningkatkan hasil produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi *biochar*, pupuk kotoran ayam dan pupuk NPK yang mampu menekan perkembangan *vascular streak dieback* (VSD) dan busuk busuk buah pada tanaman kakao. Penelitian ini dilakukan di Desa Batu Panga, Kecamatan Luyo, Kabupaten Polman, Sulawesi Barat. Penelitian berlangsung mulai bulan Juni 2021. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan kontrol, pupuk NPK, pupuk kandang ayam, *biochar*, pupuk NPK + *biochar*, dan pupuk kandang ayam + *biochar* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perkembangan penyakit VSD dan busuk buah pada tanaman kakao dengan pengaplikasi di atas permukaan tanah dan mulsa vertikal.

Kata Kunci : *Biochar*, Busuk Buah, Tanaman Kakao, Pengendalian Penyakit, Pupuk, *Vascular Streak Dieback*.

ABSTRACT

ST. NURALISA (G011181418) “Effect Of Combination Of Biochar, Chicken Manure Fertilizer, and NPK On The Development Of Vascular Streak Dieback (VSD) and Black Pod Rots On Cocoa Plant in Kec. Luyo, West Sulawesi”. Supervised by Muhammad Junaid and Hamdayanty.

The cocoa production continues to decline in Indonesia due to complex issues. One of the primary causes are Vascular streak dieback and *Phytophthora* black pod diseases. The need for disease management environmentally is necessary. Biochar is biological charcoal rich in carbon from conservation and agricultural waste through an incomplete combustion process or limited oxygen supply. The addition of biochar with fertilizer can produce biochar containing nutrients that can increase production yields. This study aims to determine the effect of a combination of biochar, chicken manure fertilizer and NPK fertilizer which is able to suppress the development of vascular streak dieback VSD and black pod rots in cocoa plants. This research was conducted in Batu Panga village, Luyo District, Polman regency, West Sulawesi. The research took place from June 2021. This research was conducted using a randomized block design method (RAK) with control treatments, NPK fertilizer, Chicken manure fertilizer, biochar, NPK fertilizer + biochar, and chicken manure fertilizer + biochar did not have a significant development of VSD disease and black pod rots on cocoa plants with topsoil application and vertical mulching.

Keywords: Biochar, Black Pod Rots, Cocoa Plant, Disease Control, Fertilizer, Vascular Streak Dieback.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
DEKLARASI	Error! Bookmark not defined.
PERSANTUNAN	iii
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	4
1.3 Hipotesis	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tanaman Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	5
2.2 <i>Biochar</i>	6
2.2.1 Pupuk Kandang Ayam	7
2.2.2 Pupuk NPK.....	7
2.3 <i>Vascular Streak Dieback (VSD)</i>	8
2.4 Busuk Buah	9
3. METODOLOGI	11
3.1 Tempat dan Waktu.....	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Metode Penelitian.....	11
3.4 Pelaksanaan	13
3.4.1 Pembuatan <i>Biochar</i>	13
3.4.2 Pengaplikasian <i>Biochar</i>	14
3.4.2.1 Pengaplikasian di Atas Permukaan Tanah	14
3.4.2.2 Pengaplikasian Mulsa Vertikal	14
3.5 Parameter Pengamatan	15
3.6 Analisis Data	16

4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1	Hasil.....	17
4.1.1	Pengaruh Pemberian Kombinasi <i>Biochar</i> , Pupuk NPK, dan Pupuk Kandang Ayam terhadap Insidensi Penyakit VSD	17
4.1.2	Pengaruh Pemberian Kombinasi <i>Biochar</i> , NPK, dan Pupuk Kandang Ayam terhadap Insidensi dan Keparahan Penyakit Busuk Buah	18
4.2	Pembahasan	20
5.	PENUTUP	23
5.1	Kesimpulan.....	23
5.2	Saran	23
	DAFTAR PUSTAKA.....	24
	LAMPIRAN	28
	Lampiran 1. Analisis Data	28
	Lampiran 2. Dokumentasi Lapangan.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4-1. Insidensi penyakit VSD pada pengaplikasain di atas permukaan tanah dengan perlakuan pupuk NPK, <i>biochar</i> , pupuk kandang ayam, <i>biochar</i> +NPK, dan <i>biochar</i> + pupuk kandang ayam	17
Tabel 4-2. Insidensi penyakit VSD pada pengaplikasain mulsa vertikal dengan perlakuan pupuk NPK, <i>biochar</i> , pupuk kandang ayam, <i>biochar</i> +NPK, dan <i>biochar</i> + pupuk kandang ayam	17
Tabel 4-3. Insidensi penyakit busuk buah pada pengaplikasain di atas permukaan tanah dengan perlakuan pupuk NPK, <i>biochar</i> , pupuk kandang ayam, <i>biochar</i> +NPK, dan <i>biochar</i> + pupuk kandang ayam	18
Tabel 4-4. Insidensi penyakit busuk buah pada pengaplikasain mulsa vertikal dengan perlakuan pupuk NPK, <i>biochar</i> , pupuk kandang ayam, <i>biochar</i> +NPK, dan <i>biochar</i> + pupuk kandang ayam	18
Tabel 4-5. Keparahan penyakit busuk buah pada pengaplikasain di atas permukaan tanah dengan perlakuan pupuk NPK, <i>biochar</i> , pupuk kandang ayam, <i>biochar</i> +NPK, dan <i>biochar</i> + pupuk kandang ayam	19
Tabel 4-6. Keparahan penyakit busuk buah pada pengaplikasain mulsa vertikal dengan perlakuan pupuk NPK, <i>biochar</i> , pupuk kandang ayam, <i>biochar</i> +NPK, dan <i>biochar</i> + pupuk kandang ayam	19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3-1. a. Lokasi penelitian diambil dari GPS dan di unggah di google earth, b. Ulangan 1 mulsa vertikal, c. Ulangan 2 mulsa vertikal, d. Ulangan 3 mulsa vertikal, e. Ulangan 1 Pengaplikasian di atas permukaan tanah, f. Ulangan 2 Pengaplikasian di atas permukaan tanah, g. Ulangan 3 Pengaplikasian di atas permukaan tanah	12
Gambar 3-2. a. Lebar tungku <i>kon tiki kiln</i> , b. Tinggi tungku <i>kon tiki kiln</i>	13
Gambar 3-3. a. Susunan kayu sumber perapian, b. Proses pembakaran <i>biochar</i>	14
Gambar 3-4. a. Proses membersihkan dedaunan di sekitaran perakaran tanaman, b. Piringan tempat pengaplikasian <i>biochar</i>	14
Gambar 3-5. a. Pembuatan lubang dengan mesin bor, b. Diameter lubang pengaplikasian <i>biochar</i>	15
Gambar 3-6. a. Buah sehat kategori 0, b. Buah sakit kategori 1, c. Buah sakit kategori 2, d. Buah sakit kategori 3	16

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1a. Rata-rata insidensi penyakit VSD pada pengaplikasian permukaan tanah tanaman kakao selama 8 kali pengamatan	28
Lampiran 1b. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 1	28
Lampiran 1c. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 2	28
Lampiran 1d. Sidik ragam insidensi Penyakit VSD pengamatan 3	28
Lampiran 1e. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 4	29
Lampiran 1f. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 5	29
Lampiran 1g. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 6	29
Lampiran 1h. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 7	29
Lampiran 1i. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 8	29
Lampiran 2a. Rata-rata insidensi penyakit busuk buah pada pengaplikasian permukaan tanah tanaman kakao selama 8 kali pengamatan	30
Lampiran 2b. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 1	30
Lampiran 2c. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 2	30
Lampiran 2d. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 3	30
Lampiran 2e. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 4	30
Lampiran 2f. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 5	31
Lampiran 2g. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 6	31
Lampiran 2h. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 7	31
Lampiran 2i. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 8	31
Lampiran 3a. Rata-rata keparahan penyakit busuk buah pada pengaplikasian permukaan tanah tanaman kakao selama 8 kali pengamatan	31
Lampiran 3b. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 1	32
Lampiran 3c. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 2	32
Lampiran 3d. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 3	32
Lampiran 3e. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 4	32
Lampiran 3f. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 5	32
Lampiran 3g. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 6	33
Lampiran 3h. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 7	33
Lampiran 3i. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 8	33
Lampiran 4a. Rata-rata insidensi penyakit VSD pada pengaplikasian mulsa vertikal tanaman kakao selama 8 kali pengamatan	33
Lampiran 4b. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 1	33
Lampiran 4c. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 2	34
Lampiran 4d. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 3	34
Lampiran 4e. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 4	34
Lampiran 4f. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 5	34
Lampiran 4g. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 6	34
Lampiran 4h. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 7	35
Lampiran 4i. Sidik ragam insidensi penyakit VSD pengamatan 8	35
Lampiran 5a. Rata-rata insidensi penyakit busuk buah pada pengaplikasian mulsa vertikal tanaman kakao selama 8 kali pengamatan	35

Lampiran 5b. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 1	35
Lampiran 5c. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 2	35
Lampiran 5d. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 3	36
Lampiran 5e. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 4.....	36
Lampiran 5f. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 5	36
Lampiran 5g. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 6	36
Lampiran 5h. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 7	36
Lampiran 5i. Sidik ragam insidensi penyakit busuk buah pengamatan 8	37
Lampiran 6a. Rata-rata keparahan penyakit busuk buah pada pengaplikasian mulsa vertikal tanaman kakao selama 8 kali pengamatan	37
Lampiran 6b. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 1	37
Lampiran 6c. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 2.....	37
Lampiran 6d. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 3	37
Lampiran 6e. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 4.....	38
Lampiran 6f. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 5	38
Lampiran 6g. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 6	38
Lampiran 6h. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 7	38
Lampiran 6i. Sidik ragam keparahan penyakit busuk buah pengamatan 8	38
Lampiran 7a. Rata-rata pengamatan Unsur Iklim di Stasiun Pengamatan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika di Provinsi Sulawesi Barat	39
Lampiran 7b. Jumlah Curah Hujan dan Hari hujan Menurut Bulan Provinsi Sulawesi Barat, 2021	39
Lampiran 8a. Proses penjemuran kulit buah kakao, b. Proses batang kayu kakao	40
Lampiran 9a. Penyusunan kayu seperti cerobong, b. Pembakaran <i>biochar</i> , c. Proses pengisian air ke dalam tungku, d. Proses penyaringan <i>biochar</i> , dan e. Hasil <i>biochar</i> setelah disaring	40
Lampiran 10a. Proses pencampuran <i>biochar</i> + NPK , b. Proses pencampuran <i>biochar</i> + pupuk kandang ayam	41
Lampiran 11. Pengamatan serangan penyakit VSD	41
Lampiran 12. Pengamatan serangan penyakit busuk buah	42

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kakao pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1560, di Sulawesi tepatnya di Minahasa. Ekspor kakao diawali dari pelabuhan Manado ke Manila pada tahun 1825-1838 sebanyak 92 ton, setelah itu menurun karena adanya serangan hama. Hal ini menyebabkan ekspor kakao terhenti setelah tahun 1928. Di Ambon pernah ditemukan 10.000 – 12.000 tanaman kakao yang telah menghasilkan 11,6 ton tetapi tanamannya menghilang tanpa informasi lanjut. Penanaman di Jawa mulai dilakukan pada tahun 1980 di tengah-tengah perkebunan kopi milik Belanda, karena tanaman kopi arabika mengalami kerusakan akibat serangan penyakit karat daun. Pada tahun 1888 puluhan bibit kakao jenis baru yang didatangkan dari Venezuela, namun yang bertahan hanya satu pohon. Biji – biji dari tanaman tersebut ditanam kembali dan menghasilkan tanaman yang sehat dengan buah dan biji yang besar (Karmawati *et al.*, 2010).

Tanaman kakao merupakan tanaman perkebunan yang memiliki peran penting dalam perekonomian negara khususnya meningkatkan pendapatan petani dan devisa negara. Tanaman kakao menjadi komoditas unggul setelah kelapa sawit dan karet. Berdasarkan data *International Cocoa Organization (ICCO)* 2020 menunjukkan bahwa Indonesia berada di urutan ke tujuh produsen kakao terbesar di dunia setelah Pantai Gading, Ghana, Kamerun, Nigeria, Ekuador dan Brasil (Soetanto, 2021).

Luas areal perkebunan kakao tahun 2016-2020 mengalami penurunan sekitar 2,55% - 3,93% per tahun. Pada tahun 2016 luas areal perkebunan kakao mencapai 1.720.773 hektar hingga tahun 2020 menurun menjadi 1.508.956 hektar. Penurunan luas areal perkebunan kakao di Indonesia disebabkan adanya peralihan fungsi lahan yang membuat para petani menanam komoditas lain pada lahan perkebunan kakao. Produksi kakao di Indonesia periode tahun 2016-2019 terjadi kenaikan sebesar 11,60%. Pada tahun 2016 produksi kakao sebesar 658,4 ribu ton naik menjadi 734,8 ribu ton pada tahun 2019. Sedangkan pada tahun 2020 produksi kakao sekitar 720,66 ribu ton menurun sebesar 1,92% dari tahun 2019 (BPS, 2020).

Menurunnya produksi kakao di Indonesia disebabkan oleh rentannya terkena serangan organisme pengganggu tanaman. Banyak jenis hama dan penyakit yang menyerang tanaman kakao. Hama utama tanaman kakao di Indonesia yaitu penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella*) dan kepik penghisap buah (*Helopeltis sp.*). Penyakit tanaman kakao yang sering menimbulkan kerugian yaitu penyakit pembuluh kayu *Vascular Srteak Dieback (VSD)* yang disebabkan oleh cendawan *Ceratobasidium theobromae* yang dapat menurunkan produksi kakao hingga 30-45%. Cendawan ini menyerang bagian vegetatif tanaman kakao terutama pada bagian cabang dan daun tanaman yang menyebabkan kematian jaringan. Penyakit busuk buah disebabkan oleh cendawan *Phytophthora palmivora* dapat menurunkan hasil produksi kakao hingga mencapai 73,4%. Buah yang terinfeksi penyakit menunjukkan gejala busuk basah yang berwarna coklat kehitaman dengan batas yang jelas. Penyebaran infeksi dapat terjadi pada ujung, pangkal hingga tengah buah (Sacita, 2021; Harni *et al.*, 2019; Rosmana, 2005; Wartono, 2021; Maryani, 2019).

Penyakit VSD merupakan penyakit penting di Indonesia. Basidiospora jamur ini dilepaskan dan disebarkan oleh angin selama periode kelembaban tinggi di musim hujan menginfeksi daun muda dan menembus untuk menjajah pembuluh xilem, kemudian pindah ke tangkai daun dan cabang. Infeksi ini menyebabkan kematian pucuk pucuk, cabang, dan pada klon rentan dapat membunuh pohon kakao dewasa. Penyakit busuk buah kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* selain menyerang buah penyakit ini juga sering menyerang batang tanaman yang menyebabkan kangker batang. Buah yang terserang pada semua tingkatan umur, akan menunjukkan gejala bercak coklat kehitaman, yang dimulai dari pangkal atau ujung buah atau kedua-duanya. Bercak tersebut dengan cepat meluas keseluruh permukaan buah. Buah muda yang terserang berat akan menjadi hitam dan akhirnya mengering. Pada buah matang dan setengah matang, pembusukan terjadi pada jaringan kulit buah yang lunak dan dapat masuk ke dalam jaringan daging buah bahkan sampai pada biji kakao. Kerusakan buah tanaman kakao akibat serangan suatu patogen penyebab penyakit perlu diketahui laju perkembangan dan intensitasnya agar dapat dipergunakan sebagai pertimbangan dalam tindakan pengendalian (Rosmana et al., 2018; Ryan, 2017).

Biochar merupakan arang hayati kaya akan karbon hasil konservasi dari limbah pertanian melalui proses pembakaran tidak sempurna atau suplai oksigen terbatas dengan suhu pembakaran 250-500°C. *Biochar* memiliki struktur berpori yang dapat memperbaiki pH tanah terutama pada tanah yang masam, meningkatkan tukar kation tanah, menetralkan racun dalam tanah, memperbaiki sifat fisik tanah seperti meningkatkan kapasitas menahan air, meningkatkan kerapatan isi tanah, merangsang pertumbuhan mikroba yang menguntungkan, dan meningkatkan biomassa mikroba yang memacu pertumbuhan tanaman (Shalsabila et al., 2017; Elad et al., 2010; Bonanomi et al., 2015).

Berdasarkan manfaat yang dihasilkan *biochar* dalam memperbaiki fisik, kimia dan biologi tanah, sehingga *biochar* dapat berpengaruh terhadap ketahanan penyakit tanaman. *Biochar* memberikan lingkungan yang lembab bagi mikroba yang terdapat dalam tanah dengan struktur *biochar* yang berpori memberikan perlindungan bagi mikroba dalam tanah terhadap pemangsa. *Biochar* dapat menjadi sumber karbon organik bagi mikroba saprofit untuk menopang pertumbuhan di dalam tanah. meskipun memberikan pengaruh yang terbatas dibandingkan dengan sisa tanaman dan kompos yang terdapat dalam tanah. (Bonanomi et al., 2015).

Menurut Krull et al (2009), ketika limbah pertanian dibakar akan menurunkan kualitas dari limbah pertanian tersebut sehingga menyebabkan sumber karbon yang dibutuhkan oleh mikroba tanah menjadi berkurang. Akibatnya, setelah proses pembakaran, *biochar* menjadi bahan organik yang cocok untuk mempertahankan kinerja tanaman, tetapi kurang mampu mempertahankan pertumbuhan mikroba. Penelitian yang dilakukan oleh Matsubara et al (2002), menunjukkan bahwa *biochar* dapat meningkatkan kolonisasi cendawan mikoriza arbuskular pada tanaman asparagus terhadap ketahanan penyakit busuk akar *Fusarium* dengan menggunakan *biochar* yang berasal dari kulit kelapa dan sekam. *Biochar* dapat menekan perkembangan patogen pada daun seperti *Leveillula taurica* pada tanaman lada dengan menggunakan *biochar* dari limbah kayu jeruk. Berdasarkan hal tersebut *biochar* memiliki pengaruh penekanan terhadap patogen tular tanah yang dapat berasal dari berbagai mekanisme. Stimulasi mikroba memberikan perlindungan secara

langsung terhadap patogen melalui antibiosis, kompetisi, dan parasitisme yang mendorong pertumbuhan tanaman dengan menyediakan unsur hara dan meningkatkan kelarutan dan penyerapan unsur hara atau pertahanan tanaman terhadap penyakit. Ketahanan penyakit tanaman adalah keadaan fisiologis dari peningkatan kapasitas pertahanan yang ditimbulkan oleh rangsangan spesifik, dimana pertahanan bawaan tanaman dipotensiasi terhadap tantangan berikutnya (Elad *et al.*, 2010).

Penggunaan *biochar* dengan penambahan pupuk dapat menghasilkan *biochar* yang bermuatan nutrisi yang dapat meningkatkan hasil produksi. Pada daerah tropis penggunaan *biochar* pada tanaman dapat meningkatkan hasil produksi sekitar 25% setelah pengaplikasian *biochar*. Peningkatan hasil tersebut disebabkan karena adanya perbaikan fisik tanah, hidrolisis dan perubahan kimia tanah terutama peningkatan pH tanah dengan demikian meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Proses pembuatan *biochar* berdasarkan pada jenis limbah pertanian yang digunakan serta alat pembakaran yang digunakan memiliki hasil yang berbeda-beda. Dalam beberapa tahun terakhir penggunaan *biochar* mulai berkembang yang digunakan di beberapa negara, diantaranya Jepang dan Australia. *Biochar* bukan pupuk tetapi dapat membenah dan meningkatkan produktivitas lahan pertanian, terutama pada lahan yang mengalami proses degradasi, mencegah pencemaran lingkungan dan emisi gas rumah kaca dan menekan perkembangan penyakit tertentu dan menciptakan habitat yang baik untuk mikroorganisme simbiotik (Drewer *et al.*, 2021; Meilin, 2016; Shalsabila *et al.*, 2017).

Penambahan pupuk kandang ayam pada tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah diantaranya meningkatkan porositas dan volume tanah, meningkatkan kemampuan tanah mengikat air sehingga tanah dapat menyediakan air lebih banyak bagi tanaman, meningkatkan interaksi antara pupuk kandang ayam dengan mikroorganisme tanah yang dapat memperbaiki agregat tanah dan struktur tanah yang berpasir sehingga tidak mudah lepas, memperbaiki struktur tanah berlempung sehingga tanah yang semula berat menjadi ringan. Bahan organik tanah memiliki peran penting dalam biologis tanah diantaranya sebagai sumber energi dan makanan bagi mikroorganisme tanah, sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang bermanfaat bagi penyediaan hara tanaman Hasil penelitian Marlina *et al* (2015), menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam dengan dosis 10 ton/ha memberikan hasil produksi tanaman kacang tanah terbaik, yakni 2,73 kg/m².

Penambahan *biochar* dengan pupuk anorganik seperti pupuk NPK dapat memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman dikarenakan memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, mudah larut dalam air dan mudah diserap oleh tanaman. Dengan penambahan pupuk NPK dapat mempercepat terjadinya perombakan *biochar* melalui aktivitas mikroorganisme tanah yang menjadi sumber bahan organik dan menyebabkan berat volume tanah. Pupuk NPK (15:15:15) merupakan salah satu produk pupuk NPK yang telah beredar di pasaran dengan kandungan nitrogen (N) 15%, fosfor (P₂O₅) 15%, kalium (K₂O) 15%. Pupuk majemuk ini hampir seluruhnya larut dalam air, sehingga unsur hara yang dikandungnya lebih cepat digunakan tanaman dengan efektif (Setiawan *et al.*, 2021; Kaya, 2013).

Penggunaan dosis *biochar* 5 kg per pohon berdasarkan rekomendasi dari hasil penelitian Hasbi (2021), yang menyatakan bahwa penggunaan *biochar* 5 kg per pohon dapat meningkatkan KTK dan pH pada tanah tanaman kakao. Pengaplikasian *biochar*

dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu disebar di atas permukaan tanah, ditanamkan di dalam lubang tanam sesuai dengan dosis *biochar* yang akan diaplikasikan pada larikan atau jalur tanaman lalu ditutup dengan tanah. *Biochar* dapat digunakan pada tanaman pangan, tanaman sayuran dan tanaman tahunan (Nurida *et al.*, 2015).

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan *biochar* kombinasi pupuk kandang ayam dan NPK yang dapat menekan perkembangan penyakit *Vascular Streak Dieback* (VSD) dan busuk buah pada tanaman kakao.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan kombinasi *biochar*, pupuk kandang ayam, dan pupuk NPK yang mampu menekan perkembangan penyakit *Vascular Streak Dieback* (VSD) dan busuk buah pada tanaman kakao.

Kegunaan dari penelitian ini adalah diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan informasi dalam pengendalian penyakit *Vascular Streak Dieback* (VSD) dan busuk buah pada tanaman kakao tua dengan memanfaatkan kulit kakao sehingga dapat menjadi acuan penelitian selanjutnya.

1.3 Hipotesis

Hipotesis yang dapat dikemukakan adalah perlakuan kombinasi *biochar*, pupuk kandang ayam, pupuk NPK mampu menekan perkembangan penyakit *Vascular Steak Dieback* (VSD) dan penyakit busuk buah pada tanaman kakao.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditi hasil perkebunan yang mempunyai peran cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia. Kakao juga salah satu komoditi ekspor Indonesia yang cukup penting sebagai penghasil devisa negara selain minyak dan gas. Luas areal tanaman kakao berada di posisi keempat terbesar untuk subsektor perkebunan setelah kelapa sawit, kelapa dan karet (Hasibuan *et al.*, 2012).

Kakao adalah tumbuhan dengan ketinggian 10 meter, namun dalam budidaya tinggi tanaman kakao dibuat tidak lebih dari 5 m dengan tajuk menyamping yang meluas agar dapat memperbanyak cabang produktif. Habitat asli tanaman kakao yaitu hutan hujan tropis dengan curah hujan dan kelembaban yang tinggi sehingga tanaman tumbuh tinggi. Batang tanaman kakao tumbuh tegak, tinggi tanaman kakao pada umur 3 tahun \pm 1,8-3 m dan pada umur 12 tahun mencapai 4,5-7 m, sedangkan tanaman kakao yang tumbuh liar dapat mencapai ketinggian 20 m. Kakao yang diperbanyak dengan biji akan membentuk batang utama sebelum cabang-cabang primer (Martono, 2017).

Tanaman kakao memiliki warna *flush* bervariasi dari kecoklatan hingga kemerahan. Daun muda berwarna kuning hingga hijau dengan panjang daun 10-48 cm dengan lebar daun antara 4-20 cm. Permukaan atas daun tua hijau dan bergelombang, sedangkan permukaan bawah daun tua berwarna hijau muda, kasar dan bergelombang. Tangkai daun berbentuk silinder dan bersisik halus (tergantung dari jenisnya), pangkal daun membulat dengan ujung yang meruncing dengan panjang \pm 25-28 mm dan lebar \pm 3-7,4 mm. Tanaman kakao memiliki akar tunggang yang disertai dengan akar serabut dan berkembang di sekitar permukaan tanah kurang lebih sampai 30 cm. Pertumbuhan akar dapat mencapai 8 m ke arah samping dan 15 m ke arah bawah (Martono, 2017).

Bunga kakao tergolong bunga sempurna yang terdiri dari kelopak sebanyak 5 helai berwarna merah muda dan benang sari berjumlah 10 helai dengan diameter bunga \pm 1-2 cm. Panjang tangkai bunga 2-4 cm dengan warna yang beragam. Dalam keadaan normal kakao dapat menghasilkan bunga \pm 6000-10.000 per tahun dan sekitar 5% yang dapat menjadi buah. Warna buah kakao bervariasi tergantung dari jenisnya dengan panjang buah \pm 16,2-20,50 cm dengan diameter \pm 8-10,07 cm. Buah kakao terdiri dari tiga komponen yaitu kulit buah, biji dan plasenta. Komponen terbesar buah kakao adalah kulit buah lebih dari 70% berat buah masak sedangkan persentase biji dalam buah sekitar 27-29% dan sisanya plasenta yang mengikat \pm 20-60 biji dalam satu buah. Kulit buah kakao tebal, berdaging keras seperti kayu saat dikeringkan dengan ketebalan antara 4-8 mm. Buah muda disebut pentil ukurannya kurang dari 10 cm (Martono, 2017).

Biji kakao dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu kotiledon (87,10%), kulit (12%), dan lembaga (0,9%). Jumlah biji per buah \pm 20-60 dengan kandungan lemak biji 40-59%. Biji berbentuk bulat telur pipih dengan ukuran 2,5 x 1,5 cm. Biji kakao diselimuti oleh lendir berwarna putih, lapisan lunak dan manis rasanya, jika telah masak lapisan tersebut dinamakan *pulp* atau *mucilage* dapat menghambat perkecambahannya oleh karena itu harus dibuang untuk menghindari kerusakan biji (Martono, 2017).

2.2 Biochar

Biochar adalah substansi arang kayu yang berpori (*porous*), sering juga disebut *charcoal* atau *agri-char*. Di dalam tanah, *biochar* menyediakan habitat yang baik bagi mikroba tanah, tapi tidak dikonsumsi seperti bahan organik lainnya. Dalam jangka panjang *biochar* tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen, bahkan dapat menekan dan menjadikan air dan nutrisi lebih tersedia untuk tanaman. *Biochar* memiliki kadar air di bawah 10% kadar air yang dihasilkan juga beragam tergantung dari jenis *biochar* (Maftu'ah, 2015).

Biochar atau arang hayati sudah sejak lama digunakan di Indonesia sebagai pembenah tanah. *Biochar* diharapkan dapat memberikan peningkatan kesuburan tanah khususnya dalam memenuhi kebutuhan unsur hara seperti nitrogen, menjaga kondisi sifat kimia tanah seperti pH, KTK, dan C-Organik tanah, fisik dan biologi tanah. *Biochar* sebagai biomassa berkarbon yang diperoleh dari sumber yang berkelanjutan untuk meningkatkan nilai pertanian dan lingkungan secara berkelanjutan. Kehilangan N dalam pemupukan dapat dikurangi dengan penambahan *biochar* ke dalam tanah dengan kualitas *biochar* yang ditentukan dari karakteristik bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan *biochar* yang dapat mempengaruhi produktivitas tanaman (Pakpahan *et al.*, 2020; Maftu'ah, 2015).

Proses pembakaran *biochar* menggunakan tungku *kiln* yang terdiri dari proses pembakaran bahan lapis demi lapis dalam tungku logam atau lubang tanah berbentuk kerucut. Api yang dinyalakan dalam dasar tungku akan menyebar ke lapisan pertama, kemudian ditambahkan di atas bara api yang menyala akan membakar dengan cepat dan mengeluarkan gas. Gas pirolisis yang meningkat akibat pembakaran dan terperangkap dalam bara api dan bereaksi dengan udara pembakaran yang terdapat dalam tungku. Ketika abu muncul dari bagian luar biomassa, maka lapisan biomassa berikutnya tersebar secara homogen di atas tumpukan *biochar* (Cornelissen *et al.*, 2016).

Biochar yang berada di lapisan bawah terlindungi dari oksigen oleh bara api. Proses pembakaran tersebut membentuk tirai api yang melindungi *biochar* dari oksidasi dan membakar tanpa asap dan gas pirolisis saat melewati bagian atas yang panas. Api yang menyebar setiap lapisan biomassa pada waktu dan kecepatan tepat yang ditentukan dengan pembentukan nyala api, asap, dan abu. Proses pembakaran yang terlalu banyak akan memadamkan api sehingga menghasilkan asap dan emisi gas. Sedangkan terlalu sedikit bahan baku tidak dapat membentuk tirai api penuh yang dapat melindungi *biochar* dari oksidasi (membentuk abu) dan untuk menghindari kumpulan asap. Penambahan lapisan *biochar* secara manual diulangi hingga tungku atau lubang tanah terisi dengan kapasitas 60-130 kg sekali proses pembakaran (Cornelissen *et al.*, 2016).

Biochar telah terbukti efektif dalam meningkatkan kesuburan tanah yang terdegradasi atau tanah yang lapuk. Peningkatan hasil panen pada daerah tropis berdasarkan sistem dan lokasi yang ditentukan secara kompleks antara *biochar* x tanah x interaksi tanaman. Pengaplikasian gabungan *biochar* dengan pupuk dapat menghasilkan *biochar* yang bermuatan nutrisi yaitu pupuk berbasis *biochar* yang dapat meningkatkan hasil panen. Peningkatan hasil tersebut disebabkan karena adanya perbaikan fisik tanah,

hidrolisis dan perubahan kimia tanah terutama peningkatan pH tanah dengan demikian meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman (Drewer *et al.*, 2021).

2.2.1 Pupuk Kandang Ayam

Pupuk kandang merupakan pupuk yang berasal dari campuran kotoran ternak, urine, dan juga sisa-sisa makanan ternak. Setiap hewan menghasilkan kotoran dalam jumlah dan komposisi yang beragam. Kandungan unsur hara yang terdapat dalam pupuk kandang tergantung dari jenis hewan ternak, umur ternak, bentuk fisik ternak, pakan dan air. Salah satu pupuk kandang yang sering digunakan oleh masyarakat adalah pupuk kandang ayam. Hal ini disebabkan karena pupuk kandang ayam mudah diperoleh serta dapat digunakan di berbagai komoditas tanaman. Salah satunya yaitu pada tanaman kakao dikarenakan dapat memicu pertumbuhan tanaman kakao serta menambah kesuburan tanah yang dapat bermanfaat bagi kesuburan tanaman (Asmawati *et al.*, 2015).

Pupuk kandang ayam mengandung unsur hara rendah, tetapi dapat menyediakan unsur hara makro dan mikro diantaranya N, P, K, Zn, Cu, Mo, Co, Ca, Mn, Mg dan Si, serta dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, dan juga dapat bereaksi dengan ion logam yang dapat membentuk senyawa kompleks, sehingga ion logam yang dapat meracuni tanaman. Pupuk kandang dapat memperbaiki struktur dan tekstur tanah, meningkatkan serapan air tanah serta dapat meningkatkan nutrisi bagi tanaman. Pemberian pupuk kandang sebagai bahan organik dapat meningkatkan kandungan C-organik dalam tanah serta dapat meningkatkan dan menurunkan pH tanah. Pupuk kandang berperan aktif dalam menjaga keseimbangan hara dalam tanah karena pupuk kandang berpengaruh dalam waktu yang lama. Kandungan unsur hara pada pupuk kandang ayam diantaranya N 3,21%, P₂O₅ 3,21%, K₂O 1,57%, Ca 1,57%, Mg 1,44%, Mn 250 ppm dan Zn 315 ppm (Asmawati *et al.*, 2015; Setiawan *et al.*, 2021).

2.2.1 Pupuk NPK

Pupuk NPK adalah salah satu pupuk anorganik yang mengandung lebih dari satu unsur hara, sehingga pupuk ini dapat dikatakan pupuk majemuk. Pupuk NPK mengandung unsur hara nitrogen, fosfor, dan kalium. Pupuk NPK baik digunakan untuk masa pertumbuhan tanaman. Rekomendasi jenis pupuk yang digunakan pada tanaman kakao sesuai dengan umur tanaman dan kondisi hama dan penyakit tanaman kakao. Dosis pupuk NPK 350-500 kg/ha/ tahun untuk tanaman kakao ≥ 3 tahun (Wuriesylane, 2021; Yusuf *et al.*, 2017).

Unsur fosfor (P) yang berperan penting dalam transfer energi di dalam sel tanaman, mendorong perkembangan akar dan pembuahan lebih awal, memperkuat batang sehingga tidak mudah rebah, serta meningkatkan serapan nitrogen (N) pada awal pertumbuhan. Unsur kalium (K) juga sangat berperan dalam pertumbuhan tanaman misalnya memacu translokasi dari daun ke organ tanaman. Pupuk NPK menjadi salah satu pupuk anorganik yang efisien digunakan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara makro N, P, dan K dalam menggantikan pupuk tunggal seperti Urea, SP-36, dan KCI yang kadang-kadang susah untuk diperoleh di pasaran dan sangat mahal. Pemakaian pupuk anorganik yang tidak terkontrol dapat menurunkan produktivitas serta kualitas lingkungan (Asmawati *et al.*, 2021; Kaya, 2013).

2.3 *Vascular Streak Dieback (VSD)*

Penyakit VSD pertama kali ditemukan di Papua Nugini yang disebabkan oleh faktor lingkungan dan serangan serangga yang mulai dikenal pada tahun 1960-an. Kemudian penyakit ini menyebar ke berbagai negara di Asia dan sekarang sudah tersebar ke India Selatan, Pulau Hainan China, Burma, Thailand, Malaysia dan sejumlah pulau di Oseania. Sedangkan di Indonesia penyakit VSD sudah menyebar di beberapa daerah seperti Papua, Sulawesi, Kalimantan, Jawa Timur, Bali, Sumatra Barat. Hingga saat ini hampir seluruh pertanaman kakao di Indonesia terserang penyakit VSD. Penyakit VSD dapat menyerang pertanaman kakao mulai dari pembenihan, tanaman muda, hingga tanaman tua yang sudah berproduksi (Guest, 2007; Rosmana, 2005; Harni et al., 2019).

Provinsi Sulawesi menjadi salah satu sentra penghasil kakao di Indonesia, gejala serangan VSD pertama kali diketahui pada tahun 1987 di Kolaka (Sulawesi Tengah) dan pada tahun 2002 di temukan di daerah Polmas dan Pinrang (Sulawesi Selatan) hingga saat ini hampir seluruh wilayah Sulawesi tersebar penyakit VSD. Menurunnya hasil produksi kakao dikarenakan serangan penyakit VSD yang disebabkan oleh cendawan *Ceratobasidium theobromae*. Cendawan ini adalah parasit obligat yang menyerang bagian vegetatif tanaman kakao terutama pada bagian cabang dan daun tanaman yang akan menyebabkan kematian jaringan (Hamdi, 2021; Rosmana, 2005).

Gejala awal yang dapat dilihat di lapangan akibat serangan penyakit VSD yaitu tanaman yang meranting secara intensif yang disebabkan oleh cendawan *Ceratobasidium theobromae* dimana cendawan ini menyebabkan tanaman menggugurkan daunnya lebih awal dalam jumlah yang banyak sehingga terlihat meranting. Sedangkan daun muda yang berada pada nomor dua atau tiga dari ujung ranting yang terinfeksi akan menimbulkan gejala klorosis (warna kuning) yang ditandai dengan adanya bercak-bercak kecil (spot) berwarna hijau. Pada tahap yang lebih lanjut daun akan gugur dimana cendawan ini tumbuh di dalam jaringan xilem yang ditandai dengan terbentuknya garis berwarna coklat pada petiole serta terdapat noktah berwarna coklat gelap pada bagian petiole daun yang gugur. Gejala klorosis hingga daun gugur memerlukan waktu inkubasi yang cukup lama bahkan bisa mencapai lebih dari 2 bulan, sedangkan ranting yang terinfeksi terlihat tanpa daun pada ruas ketiga hingga kelima dari ujung ranting (Harni et al., 2019).

Deskripsi di atas merupakan gejala serangan penyakit VSD yang umum dan banyak dilaporkan pada pertanaman kakao. Namun akhir-akhir ini serangan pada daun kakao yang ditandai dengan daun yang mengalami klorosis serta ditemukan gejala nekrosis pada tepi dan ujung daun. Timbulnya gejala tersebut diperkirakan akibat adanya perbedaan jenis cendawan yang menginfeksi, kondisi tanaman serta banyaknya faktor lain yang mempengaruhi, sehingga serangan penyakit VSD dapat lebih mudah diketahui. Gejala lainnya yang dapat diketahui yaitu dengan timbulnya lapisan miselium berupa koloni yang menyerupai beludru berwarna putih pada bekas petiole daun yang gugur atau tulang daun. Lapisan miselium umumnya banyak dijumpai selama musim hujan atau pada tanaman kakao yang tumbuh pada daerah yang lembab (Harni et al., 2019).

Penyebaran cendawan ini dengan bantuan angin yaitu dengan dilepaskannya *basidiospora* yang masuk ke dalam jaringan tanaman yang kemudian akan berkecambah dan masuk ke dalam jaringan daun dengan melakukan penetrasi epidermis, mesofil dan

miselium akan berkembang di sekitarnya menuju tulang daun. Pada awal terinfeksi ditemukan adanya jaringan daun yang menunjukkan gejala nekrosis dan daun yang terinfeksi akan gugur sekitar 3 bulan setelah terinfeksi. Miselium berkembang sehingga dapat masuk ke dalam jaringan pembuluh xilem dan tumbuh di dalamnya hingga ke petiole daun. Cendawan ini akan terus tumbuh dan berkembang di dalam xilem hingga mencapai ranting utama dan mematikan ranting di atasnya (Harni *et al.*, 2019).

Pada lingkungan yang lembab koloni berwarna putih akan tumbuh ke luar dari jaringan bekas petiole daun atau tulang daun yang terinfeksi. Hingga cendawan membentuk banyak *basidium* pada permukaan koloni yang akan berfungsi sebagai tubuh buah tetapi tidak terbentuk khusus serta menghasilkan *basidiospora* yang selanjutnya menginfeksi daun yang ada di sekitarnya. Spora yang berukuran kecil dan lembut yang tidak mempunyai dinding sel yang tebal, sehingga mudah terbawa angin dan berkecambah pada lingkungan yang kering. *Basidium* dan spora yang terbentuk berasal dari daun dan ranting tanaman yang telah terinfeksi (Harni *et al.*, 2019).

Serangan penyakit VSD lebih parah pada saat musim kemarau dibandingkan pada musim hujan. Gangguan yang terjadi pada jaringan pembuluh xilem akibat infeksi yang terjadi sehingga membuat tanaman peka akan kekurangan air selama musim kemarau. Daun yang terinfeksi dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama dapat menjadi sumber inokulum bagi daun dan ranting yang masih sehat. Pada lingkungan yang lembab koloni hifa akan keluar dari bekas petiole atau tulang daun terinfeksi dengan membentuk *basidium* yang menghasilkan *basidiospora* yang selanjutnya akan melepaskan *basidiospora* jika basidium terbasahi lebih dari 5 jam dengan suhu udara maksimum 26°C serta dalam kondisi yang gelap. Cendawan ini hanya dapat hidup dalam jaringan tanaman sehingga menyebabkan cendawan ini tidak bisa berkompetisi dengan mikroba lainnya yang terdapat pada ranting yang jatuh ke tanah (Harni *et al.*, 2019).

2.4 Busuk Buah

Busuk buah merupakan salah satu penyakit terpenting dalam pertanaman kakao di Indonesia. Besar kerugian yang ditimbulkan berbeda-beda setiap perkebunan berkisar antara 26% dan 50%. Penyakit busuk buah kakao disebabkan oleh cendawan *Phytophthora palmivora*. Rendahnya produktivitas kakao menjadi masalah yang sering dihadapi petani kakao. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi rendahnya produksi kakao di Indonesia yaitu penggunaan bibit tanaman yang kurang baik, teknologi budidaya yang kurang optimal, umur tanaman, serta adanya gangguan dari hama dan penyakit tanaman. Pada buah kakao cendawan banyak membentuk sporangium (*Zoosporangium*) yang terbentuk setiap buah dengan ukuran 35-60 x 20-40 µm. Sporangium dapat berkecambah secara langsung dengan membentuk pembuluh kecambah, serta dapat berkecambah secara tidak langsung dengan membentuk zoospora. Cendawan ini dapat membentuk klamidospora bulat dengan garis tengah 30-60 µm (Coma, 2021).

Phytophthora palmivora adalah patogen tular tanah yang sebagian hidupnya didalam tanah dengan membentuk klamidospora. Cendawan ini dapat menyebabkan kerugian pada areal perkebunan tanaman kakao, dikarenakan infeksi cendawan ini yang menyebabkan penyakit busuk buah, kanker batang, dan hawar daun pada tanaman kakao

(Puspita *et al.*, 2020). Cendawan ini merupakan patogen yang menyebabkan produksi kakao menurun hingga mencapai 73,4%. Perkembangan, penyebaran dan infeksi cendawan dipengaruhi oleh faktor lingkungan diantaranya suhu, kelembapan, udara, dan intensitas cahaya. Penyakit busuk buah meningkat pada musim hujan, karena tingkat kelembaban tinggi serta percikan air hujan dapat mempengaruhi penyebaran cendawan *Phytophthora palmivora* dari tanah ke jaringan tanaman. Serta keberadaan populasi semut *Iridomyrmex cordatus* dapat membantu penyebaran inokulum *Phytophthora palmivora*. Cendawan ini menyerang buah kakao, pangkal batang, batang, ranting dan daun, namun serangan yang paling menyebabkan kerugian yaitu pada buah kakao karena menyebabkan busuk buah (Wartono, 2021).

Buah yang terinfeksi penyakit menunjukkan gejala busuk basah yang berwarna coklat kehitaman dengan batas yang jelas. Penyebaran infeksi dapat terjadi pada ujung, pangkal hingga tengah buah. Perkembangan penyakit ini cukup cepat, sehingga dalam waktu 14-22 hari seluruh permukaan buah menjadi busuk, basah, coklat kehitaman. Cendawan yang masuk ke dalam buah menyebabkan busuknya biji-biji. Jika penyakit timbul pada buah yang hampir masak biji-biji masih dapat dimanfaatkan. Pada lingkungan yang lembab permukaan buah akan muncul serbuk putih (spora *Phytophthora palmivora*) yang sering tercampur dengan cendawan lain (Maryani, 2019).