

**MODEL MATEMATIKA PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO
DENGAN PENGARUH PENGENDALIAN FUNGISIDA
NABATI LENGKUAS**

SKRIPSI



**Oleh:
YOHANES MANGASITUA PANGARIBUAN
NIM. 18030072/2018**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FALKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PADANG
2024**

PERSETUJUAN SKRIPSI

**MODEL MATEMATIKA PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO
DENGAN PENGARUH PENGENDALIAN FUNGISIDA NABATI
LENGKUAS**

Nama : Yohanes Mangasitua Pangaribuan
NIM : 18030072
Program Studi : Matematika
Departemen : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 3 Mei 2024

Disetujui oleh,

Pembimbing



Rara Sandhy Winanda, S.Pd, M.Sc.

NIP. 198904142019032018

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Yohanes Mangasitua Pangaribuan
NIM : 18030072
Program Studi : Matematika
Departemen : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MODEL MATEMATIKA PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO
DENGAN PENGARUH PENGENDALIAN FUNGISIDA NABATI
LENGKUAS**

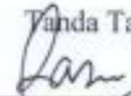
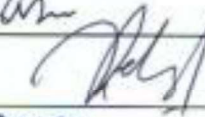

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 7 Maret 2024

Tim Penguji

Nama
Ketua : Rara Sandhy Winanda, S.Pd.,M.Sc
Anggota : Drs. Yusmet Rizal, M.Si.
Anggota : Muhammad Subhan, M.Si.

Tanda Tangan

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yohanes Mangasitua Pangaribuan
NIM : 18030072
Program Studi : Matematika
Departemen : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul **“Model Matematika Penyakit Busuk Buah Kakao Dengan Pengaruh Pengendalian Fungisida Nabati Lengkuas”** adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam tradisi keilmuan. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 6 Mei 2024

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Matematika,



Dr. Suherman, S.Pd, M.Si
NIP. 196808301 99903 1 002

Saya yang menyatakan,



Yohanes Mangasitua P
NIM. 18030072

MODEL MATEMATIKA PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO DENGAN PENGARUH PENGENDALIAN FUNGISIDA NABATI LENGKUAS

Yohanes Mangasitua Pangaribuan

ABSTRAK

Penyakit busuk buah kakao yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora palmivora* adalah salah satu penyakit yang sangat berbahaya pada kakao. Pada tahun 2021-2022 ekspor kakao Indonesia 180.000 ton, lebih rendah dari Kamerun dan Brazil dengan volume ekspor masing-masing 280.000 ton dan 210.000 ton yang menempatkan Indonesia sebagai pengeksport biji kakao terbesar ketujuh di dunia. Permasalahan yang dihadapi dalam budidaya kakao nasional cukup banyak, antara lain rendahnya produktivitas dan mutu. Salah satu mencegah penyakit ini dengan pemberian fungisida nabati lengkuas. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan matematika dinamika penyakit tersebut dapat memberikan kerangka kerja untuk memahami penularan penyakit

Penelitian ini merupakan penelitian dasar berupa studi literatur dimana modelnya diperoleh dari jurnal yang telah ada. Simulasi numerik menggunakan nilai parameter dari jurnal lain. Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah penyebaran penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas. Pada model yang telah diperoleh, ditentukan titik ekuilibrium dan dilakukan analisis kestabilan lokal disekitar titik ekuilibrium. Penelitian ini juga mengidentifikasi titik kritis berupa parameter yang berperan penting pada perubahan kestabilan dalam sistem yang diberikan. Hasil analitik juga didukung dengan hasil numerik berupa simulasi numerik dengan nilai parameter diperoleh dari jurnal yang relevan. Berdasarkan hasil analisis terdapat dua titik ekuilibrium yaitu titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik.

Berdasarkan hasil analisis terdapat dua titik ekuilibrium yaitu titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik. Hasil analisis penyebaran penyakit dipengaruhi oleh nilai parameter D . Jika $D < 1$ maka populasi kakao bebas dari penyebaran penyakit dan sebaliknya jika $D > 1$ maka penyakit akan menyebar pada populasi.

Kata Kunci: Model matematika, Penyakit busuk buah kakao, fungisida nabati lengkuas.

MATHEMATICAL MODEL OF COCOA BLACK POD DISEASE WITH THE EFFECT OF GALANGAL BOTANICAL FUNGICIDE CONTROL

Yohanes Mangasitua Pangaribuan

ABSTRAK

Cocoa black pod disease caused by the fungus *Phytophthora palmivora* is one of the most dangerous diseases affecting cocoa. In 2021-2022, Indonesia exported 180,000 tons of cocoa, which was lower than Cameroon and Brazil with export volumes of 280,000 tons and 210,000 tons respectively, positioning Indonesia as the seventh largest cocoa bean exporter in the world. There are various challenges facing cocoa cultivation in Indonesia, including low productivity and quality. One method to prevent this disease is by using galangal herbal fungicides. This research aims to provide a mathematical modeling framework to understand the disease transmission dynamics.

This study is a basic research consisting of a literature review where the model was obtained from existing journals. Numerical simulations were conducted using parameter values from other journals. The research begins by identifying the spread of cocoa black pod disease with the influence of galangal herbal fungicide control. In the obtained model, equilibrium points are determined, and local stability analysis is conducted around these equilibrium points. The study also identifies critical points, such as parameters that play a significant role in stability changes within the given system. Analytical results are supported by numerical simulations using parameter values obtained from relevant journals.

Based on the analysis, there are two equilibrium points: disease-free equilibrium and endemic equilibrium. The spread of the disease is influenced by the parameter value of D . If $D < 1$, the cocoa population remains free from disease spread; conversely, if $D > 1$, the disease will spread within the population.

Keywords: Mathematical model, cocoa black pod disease, Galangal botanical fungicide.

KATA PENGANTAR

Syukur dan terimakasih kepada Tuhan Yesus atas berkat dan kasih-Nya yang melimpah sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“Model Matematika Penyakit Busuk Buah Kakao dengan Pengaruh Pengendalian Fungisida Nabati Lengkuas”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada jurusan Matematika FMIPA UNP

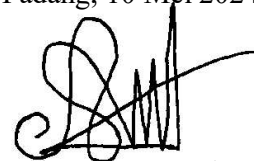
Dalam pelaksanaan dan penulisan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, akhirnya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Janter pangaribuan dan mamak Remi panjaitan yang senantiasa mendoakan. Memberi semangat dan dukungan baik secara materi dan moral
2. Saudara-saudaraku yang kucinta yang senantiasa memberi semangat dan dukungan
3. Bapak Rara Sandhy Winanda, S.Pd, M.Sc sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan masukan kepada saya.
4. Bapak Drs. Yusmet Rizal M.Si, sebagai Dosen pembimbing Akademik sekaligus Dosen Penguji yang telah membimbing saya dalam menyusun skripsi ini.
5. Bapak Muhammad subhan M.Si, sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan masukan kepada saya.

6. Ibu Dr. Devni Prima Sari, S.Si.,M.Sc sebagai Ketua Program Studi Matematika FMIPA UNP
7. Bapak dan Ibu staf pengajar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam unversitas Negeri Padang
8. Teman-teman dan serta pihak lain yang telah membantu, membimbing, mendukung dan memotivasi saya dalam menyelesaikan skripsi ini

Semoga segala bantuan, bimbingan dan motivasi yang telah diberikan ke pada saya dapat menjadi berkat, saya menyadari penulisan ini masih belum sempurna tapi saya menerima kiritikan dan saran yang membangun skripsi ini menjadi sempurna, namun saya berharap skripsi ini bisa bermanfaat bagi yang membaca dan menambah ilmu pengetahuan yang lain.

Padang, 10 Mei 2024



Yohanes Mangasitua P

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Pertanyaan Penelitian	4
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian	5
F. Metodologi Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN TEORI	7
A. Kakao.....	7
B. Penyakit Busuk Buah Kakao	8
C. Fungisida Nabati	9
D. Pemodelan Matematika	11
E. Model Epidemologi	12
F. Persamaan Diferensial.....	15
G. Sistem Persamaan Diferensial.....	16
H. Nilai Eigen dan Vektor Eigen	19
I. Titik Ekuilibrium	20
J. Analisis Kestabilan Lokal	22
BAB III PEMBAHASAN	25
A. Formulasi Model Matematika.....	25
B. Analisis Model	31
C. Interpretasi Model Matematika.....	46

BAB IV PENUTUP	48
A. Kesimpulan.....	48
B. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Variabel pada Model Matematika.....	26
2. Parameter yang Digunakan pada Model Matematika.....	26
3. Nilai Parameter untuk Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit (E_0).....	40
4. Nilai Parameter untuk Titik Ekuilibrium Endemik (E_1).....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Penyakit Busuk Buah Kakao	2
2. Fase Busuk Buah Kakao	9
3. Diagram Model Matematika SIR.....	14
4. Diagram Model Matematika SEIR	14
5. Diagram Model Matematika.....	27
6. Trayektori di Sekitar Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit (E_0).....	41
7. Trayektori $S_2(t)$ di Sekitar Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit (E_0)	43
8. Trayektori di Sekitar Titik Ekuilibrium Endemik (E_1).....	45
9. Trayektori $S_2(t)$ di Sekitar Titik Ekuilibrium Endemik (E_1)	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Titik Ekuilibrium	54
2. Simulasi Maple Titik Keseimbangan Bebas Penyakit (E_0)	54
3. Simulasi Maple Titik Keseimbangan Endemik E_1	58

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao L*) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang penting dalam perekonomian Indonesia karena melibatkan banyak pihak dalam sistem agribisnisnya. Selain itu kakao merupakan sumber pendapatan petani maupun sebagai penghasil devisa negara. Luas area pertanaman kakao Indonesia tahun 2022 adalah 1.476.776 ha, dengan produksi sebesar 732.256 ton. Dari total area tersebut 99,19% (1.464.838 ha) diusahakan dalam bentuk perkebunan rakyat dan sisanya merupakan perkebunan negara dan perkebunan swasta (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2022). Pada tahun 2021-2022 ekspor kakao Indonesia 180.000 ton, lebih rendah dari Kamerun dan Brazil dengan volume ekspor masing-masing 280.000 ton dan 210.000 ton yang menempatkan Indonesia sebagai pengeksport biji kakao terbesar ketujuh di dunia (*International Cocoa Organization [ICCO], 2021-2022*).

Permasalahan yang dihadapi dalam budidaya kakao nasional cukup banyak, antara lain rendahnya produktivitas dan mutu. Rendahnya produktivitas kakao rakyat salah satunya akibat serangan penyakit Busuk Buah Kakao (BBK) yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* (Purwantara, 1992). Penyakit tersebut dapat menurunkan hasil 10 – 30% panen dan kerugian akan meningkat terutama di daerah basah pada musim hujan (McMahon, 2004). Di Indonesia, kehilangan hasil akibat *P. palmivora* mencapai 15–52,99% (Pawirosoemardjo, 1992). Di Ghana kehilangan buah karena *P. megakarya* dengan kisaran 60 – 100%,

akibatnya banyak petani frustrasi dan tidak melakukan pengendalian (Opoku, 2000).

Penyakit busuk buah yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora palmivora* adalah salah satu penyakit yang sangat berbahaya pada kakao (semanggun, 1996). Dampak dari efek kejadian penyakit pada kakao bervariasi dari satu perkebunan ke pertanian lainnya tergantung pada perubahan cuaca dalam satu musim (Jacobi, 2015). Penyakit ini akan berkembang dengan cepat pada daerah yang mempunyai curah hujan tinggi, kelembaban udara dan tanah yang tinggi terutama pada pertanaman kakao dengan tajuk rapat (Acebo, 2012).

Gejala penyakit yang mudah dilihat adalah busuk pada buah dimulai dengan bercak kecil pada buah, kemudian bercak berkembang dengan cepat menutupi jaringan internal dan seluruh permukaan buah, bahkan bagian dalam buah termasuk biji, juga terserang, akhirnya buah menjadi hitam (Guest, 2007). Buah yang telah busuk berwarna hitam dan keras serta ditutupi miselium berwarna putih (Matitaputty, 2014). Buah yang terinfeksi akan menjadi busuk total (Jackson, 2001). Berikut merupakan gambar penyakit BBK



(Sumber: <https://kabarntt.co/2021/>)

Gambar 1. Penyakit Busuk Buah Kakao

Upaya pengendalian penyakit busuk buah kakao agar penyakit tidak melebar luas salah-satunya berupa pemberian fungisida nabati, karena bersifat ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi kesehatan manusia. Tanaman fungisida nabati yang cukup potensial adalah penggunaan minyak lengkuas. Lengkuas merupakan salah satu jenis rempah-rempah yang memiliki komponen bioaktif yang berfungsi sebagai anti jamur. Potensi bahan aktif anti jamur dalam lengkuas yang merupakan salah satu solusi bagi merebaknya penyakit yang disebabkan oleh jamur (Haraguchi, 1996).

Sebelumnya sudah ada peneliti yang membahas tentang pemodelan penyakit busuk buah kakao di Ghana yaitu Odura (2020) dengan judul *Assessing the Effect of Fungicide Treatment on Cocoa Black Pod Disease in Ghana: Insight from Mathematical Modeling*. penelitian selanjutnya mengenai masalah penyakit busuk buah kakao seperti yang dilakukan oleh Pawirosoemardjo (1992), yang membahas perkembangan penyakit pada kakao akibat serangan *Phytophthora palmivora*. Serta penelitian yang membahas mengenai pengendalian penyakit pada kakao seperti yang dilakukan oleh Manohara (1999), Penelitian ini menganalisis pengendalian penyakit busuk buah kakao menggunakan fungisida lengkuas. Pengendalian penyakit menggunakan fungisida nabati lebih aman, dibandingkan fungisida sintetik yang dapat menimbulkan efek negatif.

Model matematika dinamika penyakit tersebut dapat memberikan kerangka kerja untuk memahami penularan penyakit dan untuk mendapatkan intervensi dan tindakan pencegahan yang efektif. Dalam skripsi ini, akan dikembangkan dan dianalisis sistem persamaan diferensial yang menggambarkan transmisi busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian menggunakan fungisida nabati

lengkuas. Model matematika berbentuk S_i, I, T yaitu, $S_i, i = 1, 2$ menyatakan masing-masingnya pohon kakao tanpa fungisida dan dengan fungisida, I menyatakan pohon infeksi, dan T menyatakan pohon terinfeksi yang diberi treatment penyemprotan fungisida. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menilai dampak potensial dari pengendalian fungisida nabati lengkuas pada penyakit busuk buah yang telah menjadi beban bagi petani kakao. Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini diberi judul “Model Matematika Penyakit Busuk Buah Kakao dengan Pengaruh Pengendalian Fungisida Nabati Lengkuas”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana Bentuk Model Matematika Penyakit Busuk Buah Kakao dengan Pengaruh Pengendalian Fungisida Nabati Lengkuas ?”.

C. Pertanyaan Penelitian

Untuk membuat penelitian ini lebih fokus dan terarah, maka disusun pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana bentuk model matematika penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas ?
2. Bagaimana hasil analisis model matematika penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas ?
3. Bagaimana interpretasi model matematika penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas ?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada permasalahan yang diajukan diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Membentuk model matematika penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas.
2. Menganalisis model matematika penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas.
3. Menginterpretasikan model matematika penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dalam pembentukan model matematika penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas antara lain :

1. Menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi pembaca tentang model matematika penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas.
2. Sebagai sarana memperdalam wawasan dan pengetahuan mengenai model matematika penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas.
3. Sebagai bahan masukan atau rujukan bagi penelitian selanjutnya dalam mengembangkan dan memperluas cakupan penelitian.

F. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dasar atau teoritis. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif dengan cara menganalisa teori-teori yang sesuai dengan permasalahan yang terdapat pada studi kepustakaan.

Pada penelitian ini dimulai dengan menyelidiki permasalahan yang ada. Selanjutnya, mengumpulkan rujukan dan mengaitkan teori-teori dengan permasalahan supaya dapat diselesaikan permasalahannya dan ditarik kesimpulan dan permasalahan tersebut. Langkah-langkah yang dilakukan untuk penelitian ini antara lain:

1. Mengidentifikasi masalah penyebaran penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas.
2. Mengumpulkan teori-teori yang relevan dengan masalah penyebaran penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas.
3. Membuat asumsi, variabel dan parameter yang akan membantu dalam membentuk dan menganalisis model matematika penyebaran penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas.
4. Membentuk model matematika penyebaran penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas berdasarkan asumsi, variabel dan parameter yang telah ditentukan.
5. Menganalisis model matematika penyebaran penyakit busuk buah kakao dengan pengaruh pengendalian fungisida nabati lengkuas yang diperoleh dengan menentukan titik ekuilibrium dan kestabilan titik tetap model.
6. Menginterpretasikan hasil analisis model matematika yang telah diperoleh.
7. Menarik kesimpulan.