

**Kairomon Asal Ekstrak Tanaman sebagai Senyawa  
Atraktan Terhadap Serangga Dewasa Penggerek Buah  
Kakao (*Conomorpha cramerella* Snellen) di Pertanaman  
Kakao**

*PLANT EXTRACT AS KAIROMONE ATTRACTANT TO COCOA  
POD BORER, (*Conopomorpha cramerella* Snellen) in COCOA FARM*

**MUHAMMAD AGRAPUTRA RIVAY**



**PROGRAM STUDI ILMU HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**KAIROMON ASAL EKSTRAK TANAMAN SEBAGAI SENYAWA  
ATRAKTAN TERHADAP SERANGGA DEWASA PENGGEREK  
BUAH KAKAO (*Conopomorpha cramerella* Snellen) DI  
PERTANAMAN KAKAO**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD AGRAPUTRA RIVAY**

**G022202006**

kepada

**PROGRAM STUDI ILMU HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2023**

**TESIS**

Kairomon Asal Ekstrak Tanaman Sebagai Senyawa Atraktan  
Terhadap Serangga Dewasa Penggerek Buah Kakao  
(*Conopomorpha cramerella* Snellen) di Pertanaman Kakao

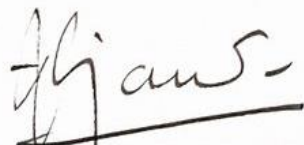
MUHAMMAD AGRAPUTRA RIVAY

NIM: G022202006

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam  
rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Ilmu Hama dan  
Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 7 Desember 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Sylvia Sjam, MS  
NIP. 19570908 198303 2 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Sulaha, S.P., M.Si  
NIP. 19771018 200501 2 001

Ketua Program Studi  
Ilmu Hama dan  
Penyakit Tumbuhan (S2)



Dr. Ir. Vien Sartika Dewi., M.Si  
NIP. 19651227 199002 2 001

Dekan Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Salengke., M.Sc  
NIP. 19631203 198811 1 005

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muhammad Agraputra Rivay  
NIM : G022202006  
Program Studi : Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Kairomon Asal Ekstrak Tanaman Sebagai Senyawa Atraktan Terhadap Serangga Dewasa Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) di Pertanaman Kakao”

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi/tesis/disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 25 Desember 2023

Yang Menyatakan,  
  
A 10000 stamp with the Garuda emblem and the text 'METERAI TEMPEL' and 'DCFAKX575504787' is visible in the background of the signature.

Muhammad Agraputra Rivay  
NM.G022202006

## PRAKATA

Saya dengan tulus menyampaikan rasa syukur saya karena telah berhasil menyelesaikan tesis ini. Proses ini tidaklah mudah, namun dengan dukungan dan bimbingan yang tak ternilai dari banyak pihak, tesis ini akhirnya dapat diselesaikan.

Hama penggerek buah kakao (PBK) menjadi salah satu ancaman serius yang mengancam produktivitas dan kualitas hasil panen. Oleh karena itu, pengendalian hama ini menjadi sangat penting. Dalam penelitian ini, saya tertarik untuk menyelidiki potensi penggunaan bahan kairomon sebagai metode pengendalian hama penggerek buah kakao

Dengan menggunakan bahan kairomon sebagai pengendalian hama penggerek buah kakao, diharapkan akan tercipta metode yang lebih efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan ketahanan pangan, penelitian ini memiliki nilai praktis yang tinggi. Hasil penelitian ini diharapkan akan memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknik pengendalian hama yang berkelanjutan, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen kakao

Terakhir, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada pembimbing saya yaitu Prof. Dr. Ir. Sylvia Sjam., MS sebagai pembimbing utama dan Dr. Ir. Sulaeha, S.P., M.Si sebagai pembimbing pendamping yang telah membimbing saya hingga tesis ini selesaiserta kepada para penguji saya Prof. Dr. Ir. Nur Amin, Dipl., Agr, DR. Ir. Ahdin Gassa, M.Sc dan Dr. Ir. Vien Sartika Dewi, M.S terimakasih atas saran dan masukan yang berharga selama proses penulisan tesis ini. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang telah membantu penelitian ini. Dan yang tak kalah penting, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada istri saya yang selalu memberikan dukungan dan kesabaran selama proses penelitian ini.

## ABSTRAK

MUHAMMAD AGRAPUTRA RIVAY. **Kairomon Asal Ekstrak Tanaman Sebagai Senyawa Atraktan Terhadap Serangga Dewasa Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) di Pertanaman Kakao** (dibimbing oleh Sylvia Sjam dan Sulaeha).

Penelitian ini bertujuan untuk menguji ketertarikan *Conopomorpha cramerella* (Snellen) terhadap ekstrak tanaman daun wortel dan ekstrak daun kopi. Penelitian dilakukan pada pertanaman kakao dengan luasan sekitar 1 ha. Pengamatan dilakukan dengan interval tiga hari selama dua bulan dengan mengamati jumlah imago PBK yang terperangkap pada delta trap. Pengamatan imago betina dan jantan dilakukan di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak tanaman asal daun wortel dan daun kopi bersifat atraktan terhadap imago betina PBK. Total imago betina yang terperangkap lebih tinggi pada ekstrak wortel, sebanyak 116 ekor yang terdiri dari 25 individu pada konsentrasi 5%, 27 individu pada konsentrasi 10, dan 64 individu pada konsentrasi 15%. Pada ekstrak daun kopi imago betina yang terperangkap adalah 100 individu yang terdiri dari 16 individu pada konsentrasi 5%, 51 individu pada konsentrasi 10%, dan 33 individu pada konsentrasi 15 %. Persentase ketertarikan 86% pada konsentrasi 15% dengan kriteria ketertarikan sangat tinggi, sedangkan pada ekstrak daun kopi konsentrasi 10% tingkat ketertarikan 84% dengan kriteria ketertarikan sangat tinggi. Lama masa pendedahan berkisar 12 sampai 16 hari dengan masa lama pendedahan paling lama 16 hari pada konsentrasi 15% pada ekstrak daun kopi dan 15 hari pada ekstrak daun wortel. Terjadi penurunan intensitas kerusakan buah setelah pemasangan perangkap. Pengujian interaksi antara ekstrak daun kopi dan wortel pada konsentrasi 10% dan 15% tidak memperlihatkan pengaruh yang berbeda. Kombinasi antara wortel dan kopi pada konsentrasi 10% dengan perbandingan 1:2 memperlihatkan jumlah ketertarikan yang paling tinggi dari yang lain.

## ABSTRACT

**MUHAMMAD AGRAPUTRA RIVAY Plant Extract as Kairomone Attractant To Cocoa Pod Borer, (*Conopomorpha cramerella* Snellen) in Cocoa Farm** (supervised by Sylvia Sjam and Sulaeha)

This research aims to test the attraction of *Conopomorpha cramerella* (Snellen) to carrot leaf plant extract and coffee leaf extract. The research was carried out on cocoa plantation with an area of around 1 ha. Observations were carried out at three-day intervals for two months by observing the number of CPB imago trapped in the delta trap. Observations of female and male imago were carried out in the laboratory. The results of the research showed that plant extracts from carrot leaves and coffee leaves were attractive to CPB female imago. The total number of trapped female imago was higher in carrot extract, as many as 116 individuals consisting of 25 individuals at a concentration of 5%, 27 individuals at a concentration of 10, and 64 individuals at a concentration of 15%. In the coffee leaf extract, 100 female imago individuals were trapped, consisting of 16 individuals at a concentration of 5%, 51 individuals at a concentration of 10%, and 33 individuals at a concentration of 15%. The interest percentage was 86% at a concentration of 15% with very high interest criteria, while for coffee leaf extract at a concentration of 10% the interest level was 84% with very high interest criteria. The exposure period ranges from 12 to 16 days with a maximum exposure period of 16 days at a concentration of 15% in coffee leaf extract and 15 days in carrot leaf extract. There was a decrease in the intensity of fruit damage after trap installation. Testing the interaction between coffee leaf extract and carrots at concentrations of 10% and 15% did not show a different effect. The combination of carrots and coffee at a concentration of 10% with a ratio of 1:2 shows the highest amount of attraction compared to the others.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Hipotesis .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Kerangka Pikir Penelitian .....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Kakao ( <i>Theobroma Cacao</i> ) .....	7
2.2 Penggerek Buah Kakao (PBK) .....	8
2.3 Gejala Serangan PBK .....	8
2.4 Hubungan Serangga dengan Tanaman .....	10
2.5 Metabolit Sekunder .....	13
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....	15
3.1 Tempat dan Waktu .....	15
3.2 Alat dan Bahan .....	15
3.3 Metode Penelitian .....	15
3.4 Pelaksanaan Pengujian .....	18
3.5 Parameter Pengamatan .....	19
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	23
4.1 Hasil .....	23



4.1.1 Ketertarikan jenis ekstrak terhadap PBK .....	23
4.1.2 Identifikasi serangga betina .....	23
4.1.3 Ketertarikan jenis ekstrak pada berbagai konsentrasi .....	24
4.1.4 Membandingkan konsentrasi ekstrak yang terbaik .....	29
4.1.5 Membandingkan kombinasi 2 jenis ekstrak .....	30
4.2 Pembahasan .....	33
BAB V KESIMPULAN .....	39
5.1 Kesimpulan .....	39
5.2 Saran .....	39
DAFTAR PUSTAKA .....	40
LAMPIRAN .....	46

## DAFTAR TABEL

Nomor Tabel

Tabel 3.1 Kategori tingkat kerusakan buah akibat serangan.....	22
Tabel 4.1 Persentase ketertarikan kedua jenis ekstrak .....	29
Tabel 4.2 Populasi pada setiap jenis perlakuan dan konsentrasi .....	29
Tabel 4.3 Persentase Ketertarikan 2 jenis ekstrak .....	30
Tabel 4.4 Rata-rata Jumlah PBK pada Kombinasi Perlakuan .....	31
Tabel 4.5 Persentase Ketertarikan pada Kombinasi Perlakuan .....	32

## DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar

Gambar 2.1 Siklus Hidup <i>C.cramerella</i> .....	9
Gambar 3.1 Perangkat delta yang digunakan .....	17
Gambar 3.2 Desain penempatan perangkat .....	19
Gambar 3.3 Perbedaan jantan dan betina pada imgo.....	20
Gambar 4.1 Total <i>C.cramerella</i> yang terperangkap .....	23
Gambar 4.2 Hasil Identifikasi <i>C.cramerella</i> .....	24
Gambar 4.3 Grafik jumlah <i>C.cramerella</i> pada beberapa konsentrasi ..	25
Gambar 4.4 Fluktuasi <i>C.cramerella</i> pada ekstrak kopi.....	26
Gambar 4.5 Fluktuasi <i>C.cramerella</i> pada ekstrak wortel.....	26
Gambar 4.6 Masa Pendedahan ekstrak kopi dan wortel.....	28
Gambar 4.7 Intensitas kerusakan buah .....	28
Gambar 4.8 Populasi <i>C.cramerella</i> pada konsentrasi 10% dan 15% .	30
Gambar 4.9 Populasi <i>C.cramerella</i> pada kombinasi ekstrak.....	32

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kakao (*Theobroma Cacao* L) merupakan salah satu komoditas unggulan strategis perkebunan penyumbang devisa terbesar ke tiga sub sector perkebunan setelah karet dan sawit yaitu \$ 701 juta, sehingga perannya cukup penting bagi perekonomian nasional (Departemen perindustrian, 2007). Selain itu kakao juga berperan penting sebagai sumber pendapatan petani, penciptaan lapangan pekerjaan, mendorong agribisnis dan agroindustri dalam negeri, pelestarian lingkungan serta pengembangan wilayah (Ditjenbun, 2018). Sebanyak 88,48% kebun kakao yang berada di Indonesia dikelola oleh perkebunan rakyat, sedangkan 5,53% dikelola perkebunan besar negara dan 5,59% perkebunan besar swasta dengan sentra produksi utama adalah Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Barat, Lampung dan Sumatera Utara selain itu Indonesia juga masih memiliki potensi lahan yang lumayan besar untuk pengembangan kakao yaitu lebih dari 6,2 juta ha yang terletak di Irian Jaya, Kalimantan Timur, Sulawesi Tengah, Maluku dan Sulawesi Tenggara (Aziz *et al.*, 2018).

Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha crumaria*) merupakan salah satu masalah terbesar dalam peningkatan produksi kakao di Indonesia karena menimbulkan kerusakan yang cukup besar di negara-negara Asia Tenggara dan pasifik. Hama PBK juga merupakan faktor utama yang menyebabkan penurunan drastis produksi di Malaysia (ICCO, 2015). Kerugian yang ditimbulkan oleh hama ini dapat mencapai 40 – 60% dari rata-rata produksi kakao bahkan dapat mencapai 80-90% pada kebun yang aplikasi *Good Agriculture Practice* (GAP) kurang baik. Di Indonesia kehilangan hasil yang disebabkan hama PBK dapat mencapai 60-84% dengan potensi kerugian hasil mencapai 117 miliar rupiah (Kementrian Pertanian, 2020).

Tingginya serangan dan kehilangan hasil yang disebabkan oleh PBK pada tanaman kakao maka perlunya untuk melakukan pengendalian. Berbagai upaya pengendalian yang disarankan dan telah dilakukan oleh petani saat ini. Pengendalian yang sering dilakukan oleh petani saat ini adalah dengan menggunakan bahan kimia sintetik dengan penyemprotan paling tidak dua kali seminggu, tetapi hal tersebut dapat berdampak buruk bagi lingkungan, ekosistem dan juga kesehatan petani itu sendiri serta terjadinya resistensi terhadap bahan aktif tertentu (Kaur & Garg, 2014), dalam populasi normal resistensi jarang terjadi, akan tetapi penggunaan pestisida secara terus menerus dapat menyeleksi populasi yang rentan sehingga individu yang tahan atau resistensi dan terus berkembang biak tanpa adanya persaingan dan pada akhirnya akan menjadi dominan dari generasi ke generasi.

Penggunaan atraktan seperti feromon dalam pengendalian kakao dianggap dapat sebagai upaya untuk mengurangi populasi PBK dan sudah banyak digunakan di lapangan, feromon seringkali digunakan dengan perangkat model delta yang dibawahnya diberikan lem. Perangkat tersebut digantung pada bamboo dengan ketinggian 50 cm diatas kanopi pohon kakao (Rahmawati *et al.*, 2017), namun feromon ini hanya untuk menarik serangga jantan sehingga potensi intensitas serangan PBK di lapangan masih bisa tinggi karena kemungkinan serangga jantan yang terperangkap telah membuahi serangga betina.

Komunikasi serangga antar serangga serta tanaman dan serangga dipengaruhi oleh kemodiversitas di alam yang berhubungan dengan penelitian senyawa volatile (semiokimia seperti feromon dan allomon) (Norin, 2001), Potensi senyawa atraktan telah lama digunakan untuk melakukan pengendalian dan monitoring serangga hama, senyawa yang paling sering digunakan adalah feromon dan senyawa semiokimia lainnya seperti senyawa kairomone asal tanaman. Senyawa kairomone yang dihasilkan oleh tanaman dapat menjadi alternatif untuk mendapatkan senyawa atraktan untuk serangga hama. Senyawa ekstrak buah leci dapat memerangkap banyak serangga jantan PBK dan ini membuktikan bahwa

untuk menarik serangga PBK tidak hanya senyawa feromon (Niogret *et al.*, 2022). Beberapa jenis tanaman memiliki potensi sebagai pengendali alami, dan diantaranya dapat berperan sebagai senyawa atraktan bagi serangga. Kelebihan senyawa-senyawa penarik bagi serangga hama adalah mampu menurunkan tingkat serangan tanpa meninggalkan residu di alam.

PBK meletakkan telur pada buah kakao yang berukuran lebih dari 7-9 cm Menurut (Saripah, 2020), hasil penelitian menunjukkan juga bahwa pada umur 2-3 bulan ( $\pm 70\%$ ) lebih banyak menarik PBK ( $\pm 70\%$ ) di banding buah yang berumur 4 dan 5 bulan (Waniada, 2010), Senyawa yang bersifat atraktan mungkin berkurang pada buah yang berumur 4-5 bulan dibandingkan dengan umur buah 3 bulan yang berukuran 7-9 cm. pada buah kakao terdapat senyawa *cholorogenic acid* yang dapat bersifat stimulant untuk meletakkan telur pada penggerek buah kakao (Harborn *et al.*, 1970), hal ini mengindikasikan terdapat potensi senyawa kairomone pada buah kakao yang dapat dijadikan alternatif sebagai atraktan terhadap PBK. *Cholorogenic acid* sebenarnya tidak hanya terdapat pada tanaman kakao, akan tetapi terdapat juga pada beberapa tanaman lainnya seperti tanaman teh, kopi, buah *berry*, buah citrus, apel dan pir (Kundu & Vadassery, 2019), selain itu tanaman lain seperti wortel juga terdapat senyawa *Cholorogenic acid* (Ahmad *et al.*, 2019) dan ubi ungu (Im *et al.*, 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa ekstrak ubi ungu, kopi dan wortel di laboratorium bersifat atraktan terhadap PBK dengan konsentrasi tertentu. Dari ke tiga tanaman tersebut yang paling bersifat atraktan terhadap PBK adalah dari ekstrak daun kopi dan wortel pada konsentrasi 5 -7 % (Firmansyah, Sjam, & Dewi, 2020). Berdasarkan pengujian laboratorium maka diperlukan dilakukan pengujian selanjutnya di lapangan untuk melihat apakah ketertarikan PBK potensi senyawa kairomone yang berasal dari ekstrak tanaman sebagai atraktan untuk PBK.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Dengan demikian, penelitian ini perlu dilakukan pengembangan penelitian untuk menguji dan menganalisis tingkat ketertarikan hama PBK terhadap senyawa atraktan yang bersumber dari ekstrak daun wortel dan daun kopi robusta di lapangan. Berdasarkan hal tersebut maka permasalahan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah konsentrasi yang diujikan di laboratorium sama dengan di pertanaman kakao.
2. Bagaimana persentase ketertarikan imago PBK terhadap ekstrak daun kopi robusta dan daun wortel di pertanaman kakao.
3. Bagaimana rasio jantan dan betina imago PBK pada ekstrak daun kopi robusta, daun wortel.
4. Berapa lama waktu pendedahan yang dibutuhkan untuk menarik imago PBK (jantan/betina).

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari hasil penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui konsentrasi yang efektif untuk menarik imago PBK.
2. Mengetahui tingkat ketertarikan hama PBK ekstrak daun kopi dan daun wortel.
3. Mengetahui proporsi jantan dan betina yang tertarik pada ekstrak tanaman.
4. Mengetahui durasi waktu pendedahan/penguapan senyawa di lapangan.

## 1.4 Hipotesis

Dari beberapa konsentrasi yang diujikan terdapat salah satu konsentrasi dari ekstrak tanaman yang dapat menarik lebih banyak serangga PBK.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengurangi infestasi dari hama penggerek buah kakao dengan menggunakan limbah bahan organik untuk memerangkap dan monitoring sehingga dapat mengurangi penggunaan pestisida yang selama ini menjadi pilihan utama petani kakao di lapangan.

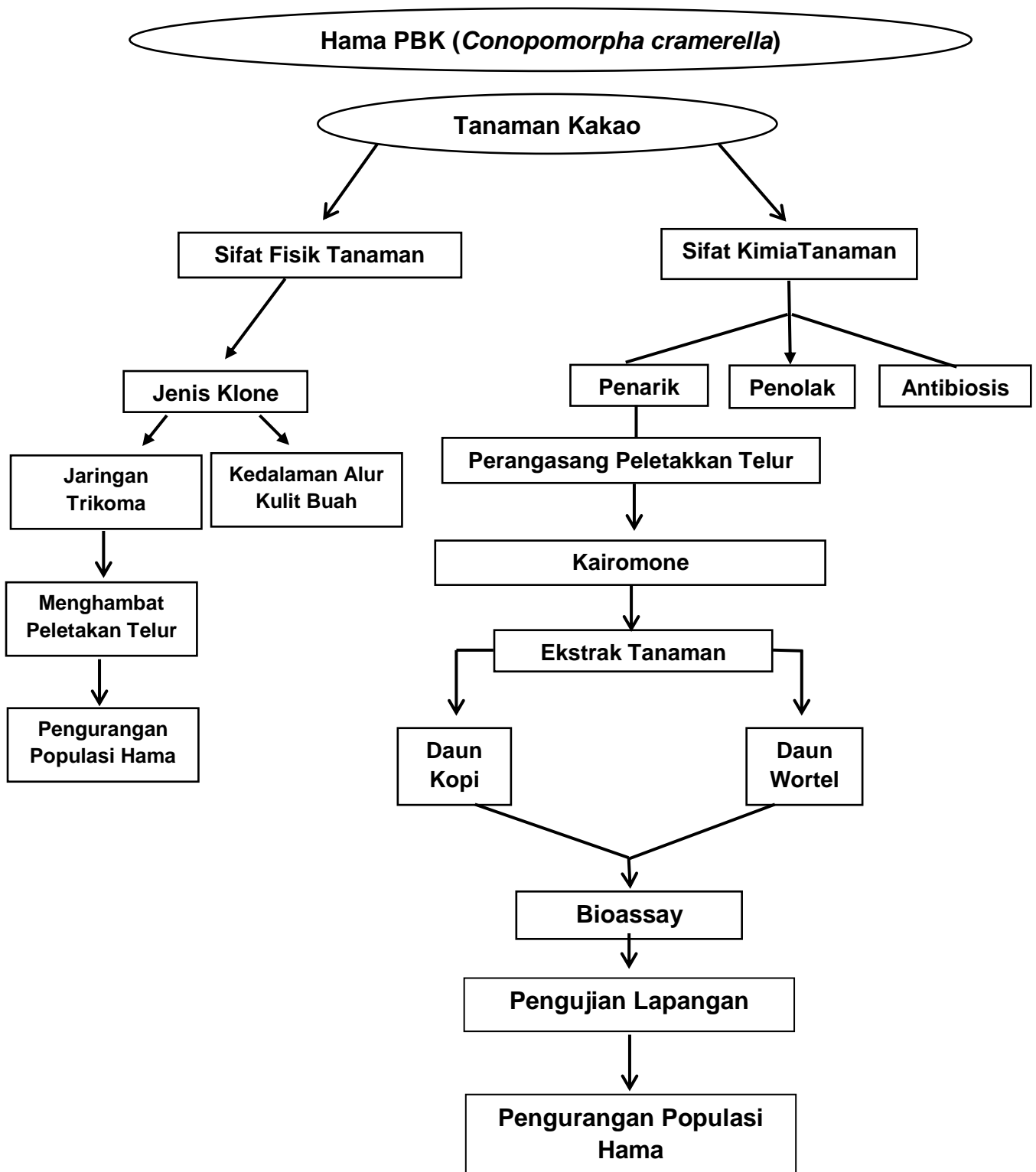
### **1.6 Kerangka Pikir Penelitian**

Penelitian ini akan menghasilkan beberapa kebaruan seperti:

1. Diperoleh informasi konsentrasi yang efektif untuk menarik (atraktan) imago PBK di lingkungan pertanaman kakao.
2. Diperoleh informasi mengenai ekstrak tanaman yang dapat menarik (atraktan) imago PBK lebih baik.
3. Diperoleh informasi proporsi ketertarikan jantan dan betina terhadap ekstrak tanaman yang diujikan.
4. Diperoleh informasi mengenai ketahanan atau masa pendedahan ekstrak tanaman di kondisi pertanaman kakao.



Adapun kerangka pikir pada penelitian ini akan diuraikan sebagai berikut :



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kakao (*Theobroma Cacao*)

Kakao termasuk dalam keluarga Malvaceae (atau Sterculiaceae), yang memiliki tiga kelompok kultivar utama: Criollo, Forastero dan Trinitario (Pohlan, n.d.). Spesies *Theobroma Cacao* L., merupakan tanaman kakao yang dikomersilkan dan termasuk satu diantara 22 spesies dalam genus *Theobroma* (Buku kakao ICCRI, 2015). Brazil, Ekuador, Peru, dan Kolombia adalah wilayah asli dari tanaman kakao yang dimana merupakan wilayah Amazon dan pertama kali dibudidayakan di Mesoamerika oleh peradaban Olmec dan Maya dan kemudian oleh suku Aztec. (Delgado-Ospina *et al.*, 2021). Sistemika kakao menurut Tjitrosoepomo (1988) sebagai berikut :

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Subkelas	: Dialypetalae
Ordo	: Malvales
Family	: Sterculiaceae
Genus	: <i>Theobroma</i>
Spesies	: <i>Theobroma Cacao Linneaus</i>

Iklim yang cocok dengan budidaya kakao adalah tropis dan subtropis sehingga suhu yang baik adalah 15° sampai 32° C, sedangkan untuk ketinggian yang paling cocok berada di bawah 300 mdpl walaupun pada beberapa ekosistem juga dapat tumbuh mencapai 1100 mdpl. Curah hujan yang merata sepanjang tahun merupakan kondisi ideal untuk kakao, yaitu berkisar antara 1500 dan 3000 mm (Delgado-Ospina *et al.*, 2021).

Pada habitat kakao merupakan tanaman yang sensitif pada kekeringan itu dikarenakan pada habitat aslinya kakao merupakan tumbuhan *understorey plant* sehingga lingkungan tumbuhnya memerlukan suhu yang teduh agar fungsi fisiologisnya efisien. Pada kakao yang masih

muda membutuhkan naungan sekitar 70% sedangkan pohon kakao yang dewasa membutuhkan naungan 30-40% (Asare & David, 2010). Berkas keriak daun pada batang dan cabang adalah tempat tumbuhnya bunga tanaman kakao yang biasa disebut juga tipe bunga kauliflori dan termasuk bunga hermaphrodit, yaitu memiliki dua kelamin (putik dan benang sari), bunga tersebut memiliki lima kelopak, lima mahkota, lima bakal buah, sepuluh tangkai sari yang tersusun dalam dua lingkaran, dengan masing-masing lingkaran terdiri dari lima tangkai sari fertile, dan tangkai (Nugroho, Atmowidi dan Kahono., 2019).

## 2.2 Penggerek Buah Kakao (PBK)

*Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera:Gracillariidae) termasuk hama utama kakao, *Theobroma Cacao* L. (Sterculiaceae) (Shapiro *et al.*, 2008). Serangga dewasa (imago) dari *C. cramerella* berupa ngengat (ngengat) dengan ukuran panjang 7 mm dan rentangan sayap 12 mm (Samsudin., 2008). PBK merupakan serangga yang aktif pada malam hari. Waktu untuk aktif sekitar pukul 19:00 sampai 21:00 (Lim, 1992). Pada siang hari PBK akan memilih tempat beristirahat pada bawah cabang horizontal dengan kemiringan sekitar 45° dan berdiameter 1.5 cm atau lebih (Day *et al.*, 1994). Perkawinan serangga PBK jantan dan betina terjadi pada pukul 18:00 sampai 07:00 dan puncaknya sekitar jam 04:00 – 05:00 (Lim and Pan, 1986b).

### Telur

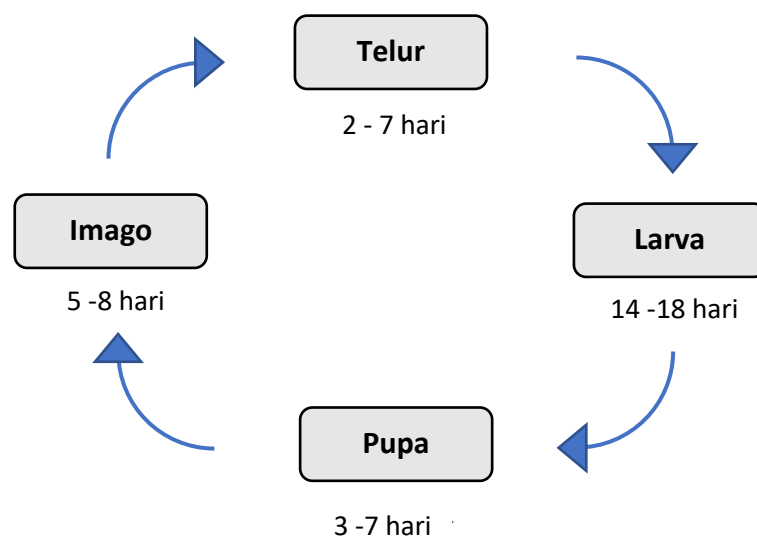
Distribusi telur pada sebagian besar ordo lepidoptora adalah respon terhadap tanaman inang, PBK betina dewasa meletakkan telur pada permukaan kulit buah buah sebanyak 40 – 300 (Lee *et al.*, 2013) dan akan menetas dalam waktu 3 hari. Karakteristik dari telur PBK adalah berbentuk oval, pipih (flat), berwarna orange serta memiliki Panjang tidak lebih dari 0,5 mm (Lim, 1992). PBK lebih banyak meletakkan telur pada buah yang memiliki panjang >7 cm atau umur buah lebih 3 bulan (Long and Azhar, 1996)

## Larva

Setelah menetas larva akan masuk dengan cara membuat lubang pada permukaan kulit kakao sampai diantara biji di dalam plasenta dan hidup antara 14-18 hari dalam buah kakao (kegiatan inilah yang menyebabkan kerusakan parah pada buah kakao). Larva yang telah dewasa memiliki panjang sekitar 12 mm, larva akan keluar dari buah untuk mencari tempat untuk membentuk pupa selama 3-7 hari (Azhar and Long, 1993).

## Pupa

Pupa PBK berukuran panjang antara 11-15 mm (Azhar and Long, 1993). Pupa PBK berbentuk lonjong, licin dan berwarna coklat yang dipinggirnya lebih gelap dan menebal, pupa tersebut dilindungi oleh kokon sutra halus berwarna coklat transparan (Francisco J, 2011). Setelah pupa berumur 8 hari, pupa akan berubah warna menjadi abu-abu gelap yang kemudian akan beberapa hari kedepan akan keluar dari kokon dan menjadi ngengat (Wessel, 1983).



**Gambar 2.1. Siklus hidup *C. cramerella* dari telur hingga Imago**

### **2.3 Gejala Serangan PBK**

Hama PBK meletakkan telur pada buah yang masih muda (> 7 cm) hingga yang menjelang masak. Tahapan perkembangan hama PBK yang menyebabkan kerusakan adalah pada tahap larva, larva inilah yang masuk ke dalam buah kakao dan menggerek plasenta pada buah kakao sehingga mengganggu perkembangan buah yang diserang. Gejala akan tampak dari luar ketika buah akan menjelang besar, warna akan berubah menjadi kuning (pada buah hijau) dan orange (pada buah warna merah) tidak beraturan dan sangat berbeda dengan buah yang telah masak, jika dilihat dari dekat terdapat lubang-lubang kecil berwarna hitam pada permukaan kulit kakao, lubang tersebut adalah merupakan lubang masuk dan lubang keluar dari larva PBK.

Gejala lain yang di timbulkan adalah ketika buah kakao di goyang-goyangkan isi buah dalam buah kakao tidak berbunyi karena melengket karena serangan PBK.

### **2.4 Hubungan Serangga Dengan Tanaman**

Serangga dan tanaman memiliki interaksi yang erat satu sama lain, baik itu hubungan yang saling menguntungkan, merugikan atau bahkan netral. hubungan saling menguntungkan adalah dalam proses penyerbukan, dimana serangga mengambil manfaat untuk makan dan tanaman untuk terjadinya perkawinan, sedangkan hubungan saling merugikan adalah serangga menyerang tanaman (daun, batang, akar dan buah) untuk bertahan hidup dan mengakibatkan tanaman tidak tumbuh secara baik, begitupun sebaliknya tanaman dapat mengeluarkan senyawa kimia yang membuat serangga tidak menjauhi tanaman inang.

Faktor fisik dan kimia menjadi 2 faktor yang mempengaruhi interaksi antara tanaman dan serangga. Salah satu contoh faktor fisik atau biomekanik adalah bentuk bunga yang hanya cocok untuk serangga tertentu atau trikoma yang terdapat pada tanaman dapat menjadi penghambat pada serangga atau sebagai peringatan dini untuk tanaman (Whitney & Federle, 2013). Interaksi sering kali di pengaruhi oleh faktor kimia, senyawa kimia yang dikeluarkan oleh tanaman dapat berefek langsung

pada serangga, seperti, penghambat makan atau racun dan juga dapat bertindak sebagai sinyal yang dirasakan oleh serangga (Harborne, 2001).

Kemoreseptor (sistem kemoreseptif pengecap dan penciuman) yang terdapat pada antena dan bagian mulut, memungkinkan serangga untuk membedakan dan merasakan berbagai macam bahan kimia tumbuhan, bahkan dalam konsentrasi yang sangat rendah. Menurut Bernays and Chapman (1994) dalam pemilihan inang, serangga menggunakan sejumlah isyarat sensorik seperti rangsangan visual, penciuman, pengecap, dan sentuhan serta kelembaban dan intensitas cahaya, salah satu contohnya adalah, serangga penyerbuk tertarik pada tanaman berbunga disebabkan oleh warna atau aroma bunganya. Produksi flavonoid, antosianin dan karotenoid pada tanaman yang menyebabkan warna bunga sedangkan produksi terpenoid, amina, dan fenilpropanoid yang mengeluarkan bau khas yang dikenali oleh serangga penyerbuk (Afroz *et al.*, 2021).

Dalam tahap serangga melakukan pemilihan inang, hal yang paling pertama adalah dengan penemuan/penetapan habitat inang, dalam tahapan ini terdapat 2 rangsangan yaitu rangsangan lingkungan umum dan rangsangan bau dan penglihatan, setelah itu beralih pada pengenalan inang dengan mencicipi dan perabaan dengan melibatkan rangsangan bau, rabaan dan rasa, jika cocok kemudian proses makan berlanjut yang kemudian melihat nutrisi dan antibiotis, jika nutrisi terpenuhi dan tidak ada antibiotis maka serangga akan melakukan penerimaan inang dan kesesuaian inang (Kogan, 1982).

Pada buah kakao terdapat senyawa yang memungkinkan hama PBK untuk mengetahui peletakkan telur. Salah satu senyawa yang terdapat pada buah kakao adalah senyawa terpenoid. Dalam buah kakao terdapat 2 senyawa kimia yang sangat erat kaitannya dengan *C. cramerella* dalam hal preferensi dan peletakan telur, senyawa kimia tersebut adalah :

### **a. Asam Klorogenik**

Asam klorogenik adalah senyawa metabolit sekunder yang termasuk dalam golongan senyawa fenolik yang terdapat pada beberapa tanaman, namun dengan jumlah dan jenis yang berbeda-beda. Waniada (2010) memperjelas ketertarikan serangga dewasa PBK terhadap ekstrak kulit buah kakao khususnya tertinggi pada buah berumur 3-4 bulan. Menurut Harborne *et al.*, (1970) pada buah dan biji kakao terkandung senyawa metabolit sekunder berupa asam klorogenik yang dapat merangsang serangga untuk datang meletakkan telur, sehingga diduga senyawa tersebut adalah senyawa yang sama yang dikenali serta disukai PBK. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat senyawa metabolit sekunder pada buah kakao masih muda sehingga betina dari PBK ini tertarik datang untuk meletakkan telur, ini diperkuat oleh Niogret *et al.*, (2020) bahwa serangga betina dari PBK mempunyai tingkah laku untuk beristirahat pada cabang yang kemiringannya  $<45^\circ$  dan dekat dengan buah preferensi untuk meletakkan telur.

### **b. Granula Tanin**

Senyawa tanin yang teridentifikasi dalam jaringan mesocarp buah kakao yang berbentuk granula semacam kantung yang mewadahi senyawa tanin. Senyawa tannin menurut Susilo *et al.* (2007) jumlah granula tannin pada klon tahan kakao lebih tinggi dari pada klon rentan, ini mengindikasikan bahwa senyawa ini merupakan salah satu bentuk pertahanan dari tanaman terhadap serangan PBK.

Pada buah kakao juga didapatkan senyawa ini banyak terdistribusi pada puncak buah dibandingkan dengan alur buah. Fenomena serangga PBK yang lebih menyukai bagian alur buah untuk peletakan telur di bandingkan bagian puncak buah diduga terkait dengan perbedaan jumlah granula tanin yang terdistribusi, sehingga memungkinkan larva menghindari kontak dengan senyawa tersebut.

## 2.5 Metabolit Sekunder

Senyawa sekunder, yang dikenal sebagai metabolit sekunder tumbuhan (MS), adalah senyawa alami yang dimiliki tumbuhan sebagai hasil sampingan dari rangkaian proses metabolisme primer. Senyawa ini tidak secara langsung berkontribusi terhadap pertumbuhan, metabolisme, atau perkembangan tumbuhan melainkan sebagai mekanisme pertahanan dan juga menjadi senyawa yang berperan untuk serangga menemukan inang dan stimulasi makan (Divekar *et al.*, 2022). Selain itu, sebagai penarik penyerbuk dan hewan penyebar benih, sebagai agen alelopati, pelindung UV dan molekul sinyal dalam pembentukan bintil akar pengikat nitrogen pada kacang-kacangan (Crozier *et al.*, 2006). Sedangkan metabolit primer adalah senyawa yang dibutuhkan tanaman sebagai senyawa yang berperan terhadap mengatur pertumbuhan tanaman dan perkembangan tanaman.

Komposisi kandungan senyawa volatila atau MS tanaman tergantung dari tahapan perkembangan organ tanaman seperti daun, bunga dan ontogeni buah (Figueiredo *et al.*, 2008). Berikut beberapa faktor yang menjadi pengaruh terhadap kandungan/produksi dan komposisi senyawa SM tumbuhan yaitu (1) variasi fisiologis yang berpengaruh terhadap perkembangan organ, siklus aktivitas penyerbuk, jenis bahan tanam (daun, bunga dll), jenis struktur sekretori dan pelukaan mekanis atau kimia, (2) Kondisi lingkungan yang berpengaruh terhadap iklim, polusi, hama dan penyakit dan faktor edafik.

Fenolik, terpen dan steroid, dan alkaloid adalah tiga kategori utama molekul besar yang umum dikenal pada SM. Fenolik berfungsi sebagai contoh utama keluarga metabolit yang ditemukan di mana-mana karena peran penting mereka dalam sintesis lignin, membuatnya ada di semua tumbuhan tingkat tinggi (Bourgaud *et al.*, 2001). Fenolik meliputi kisaran luas senyawa organik, bervariasi mulai dari senyawa aromatik berukuran kecil dengan struktur cincin tunggal hingga tannin rumit dan polifenol yang berasal dari mereka. Fenolik ini dapat dibagi menjadi dua kelompok utama: flavonoid dan non-flavonoid.



Hidroksisinnamat merupakan salah satu senyawa dari turunan fenolik non flavonoid, Hidroksisinnamat yang paling umum meliputi asam p-kumarat, kafeat, dan ferulat. konjugat asam kuinat dari asam kafeat, seperti 3-, 4-, dan 5-O-kafeoilkuinat, umumnya hadir dalam buah-buahan dan sayuran. Di antara ini, asam 5-O-kafeoilkuinat umumnya disebut sebagai asam klorogenik. Asam klorogenik ditemukan dalam jumlah yang signifikan di daun-daun maté hijau dan biji kopi tidak hanya pada tanaman tersebut asam klorogenik juga terdapat pada tanaman umbi-umbian seperti wortel, baik yang warna ungu, putih, kuning dan purple (Crozier *et al.*, 2006).

MS yang memiliki peran untuk erinteraksi dan berkomunikasi dengan organisme lain disebut senyawa volataile atau juga semiokimia. Senyawa-senyawa volatile dari tanaman inang menghasilkan satu atau lebih dari sumber daya yang dibutuhkan oleh serangga seperti tempat makan, tempat kawin, tempat bertelur dan tempat perlindungan (Leskey *et al.*, 2001), sementara interaksi tanaman dipengaruhi oleh senyawa semiokimia. Semiokimia sendiri adalah zat atau campuran zat yang dilepaskan dari satu organisme yang menimbulkan respons perilaku atau fisiologis antara anggota spesies yang sama atau berbeda (El-Ghany, 2019a). Hal inilah yang memungkinkan serangga dapat menemukan inangnya sebagai tempat untuk bertelur, kawin, perlindungan dan makan. Semiokimia dibagi menjadi 2 kategori yaitu, interspesifik dan intraspesifik.