

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Kajian Teori

1. Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Pengendalian Hama Terpadu atau yang disingkat sebagai PHT merupakan sebuah program, pendekatan, dan strategi guna menekan populasi hama dengan memadukan berbagai macam faktor pengendali. Pengelolaan hama yang bertujuan untuk mengurangi resiko ekonomi, resiko lingkungan, dan resiko kesehatan dengan dibantu dipadukan dengan kultur teknis, alat biologi, dan kimia secara berkelanjutan merupakan tujuan akhir dari program PHT. Cakupan dari pelaksanaan PHT di antara pengelolaan hama ganda, pengawasan hama secara teratur, hingga penggunaan pestisida. Program PHT telah terbukti secara nyata dapat mengurangi resiko yang berhubungan dengan pestisida, sambil meningkatkan kualitas, kesehatan dan kesejahteraan lingkungan (Gatot, 2013)

a. Peranan dan Tujuan Program Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Menurut Gatot (2013) dalam bukunya, PHT memiliki beberapa peranan dan tujuan utama. Tujuannya antara lain adalah mengoptimalkan keuntungan dalam jangka panjang, penggunaan pestisida yang rasional, serta mempertahankan sumber daya pertanian atau alam dalam jangka panjang. Selain itu, tujuan PHT juga mencakup mengurangi pencemaran lingkungan seperti air tanah, air permukaan, dan tanah, serta mengurangi penyerbuk, satwa liar, dan spesies yang terancam punah, serta mengurangi biaya. Dalam praktiknya, PHT memanfaatkan pengendalian hayati alami melalui konservasi dan augmentasi musuh alami, penggunaan pestisida selektif, dan tepat waktu aplikasi. Selain itu, PHT juga bertujuan untuk meminimalkan masalah resistensi terhadap pestisida, resurgensi hama, dan ledakan hama sekunder yang sering disebabkan oleh pembasmian musuh alami dengan pestisida. Selanjutnya, PHT juga menjamin keamanan pangan dengan mengurangi residu pestisida pada produk makanan dan keselamatan pekerja dengan mengandalkan taktik pengelolaan hama yang aman bagi pekerja.

b. Manfaat Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Gatot (2013) dalam bukunya menyebutkan beberapa manfaat dari Pengelolaan Hama Terpadu (PHT). Manfaat-manfaat tersebut antara lain meningkatkan pendapatan petani dari manfaat struktur dan tanaman yang sehat, promosi alternatif pengelolaan OPT berbasis hayati yang berkelanjutan, mengurangi risiko lingkungan terkait pengelolaan hama dengan mendorong adopsi taktik pengendalian yang lebih ramah lingkungan, serta mengurangi potensi kontaminasi udara, air, dan tanah akibat pengelolaan hama. Selain itu, PHT juga melindungi spesies non-target dengan mengurangi dampak kegiatan, mengurangi kebutuhan pestisida dengan berbagai metode pengelolaan hama, mengurangi atau menghilangkan masalah yang terkait dengan residu pestisida, dan mengurangi paparan pekerja, penyewa, serta publik terhadap pestisida. PHT juga menjaga atau meningkatkan efektivitas biaya program pengelolaan hama dan meredakan kekhawatiran masyarakat tentang praktik yang terkait dengan aplikasi pestisida.

2. Sustainable Development Goals (SDGs)

SDGs adalah singkatan dari *sustainable development goals* dan jika diartikan ke dalam Bahasa Indonesia, memiliki arti Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB). *SDGs* dapat ditafsirkan secara bahasa sebagai sesuatu yang ingin diperoleh secara terus-menerus dan berkelanjutan. Program *SDGs* merupakan agenda yang digaungkan untuk membuat pembangunan secara global dengan tujuan untuk mengakhiri kemiskinan, meningkatkan kesejahteraan, dan menjaga kelestarian bumi. Program *SDGs* berupaya untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, keberlangsungan hidup, keadilan, dan kualitas lingkungan hidup secara berkelanjutan dengan memenuhi 17 sasaran *SDGs* hingga tahun 2030 (Alisjahbana, 2018).

Pilar sosial, yang mencakup pengembangan manusia dalam konteks masyarakat, pilar ekonomi, yang mencakup pengembangan ekonomi, dan pilar lingkungan, yang mencakup keanekaragaman hayati, membentuk dasar dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*SDGs*). Ketiga pilar ini dan landasan institusional didasarkan pada 17 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, yang dibagi menjadi 169 tujuan dan 241 indikator yang saling mendukung. 17 tujuan *Sustainable Development Goals* mencakup berbagai aspek penting untuk menciptakan dunia

yang lebih berkelanjutan dan adil. Sasaran ini bertujuan untuk membuat dunia yang maju secara berkelanjutan dan merata untuk seluruh manusia. Menurut Widodo (2023) terdapat 17 tujuan *SDGs*, diantaranya mengurangi kemiskinan, mengurangi kelaparan, meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan, peningkatan kualitas pendidikan, kesetaraan gender, pemerataan terhadap ketersediaan air bersih dan sanitasi, akses terhadap energi bersih yang terjangkau, memberikan pertumbuhan ekonomi dan pekerjaan yang layak, membangun industri, inovasi, dan infrastruktur yang berkelanjutan, mengurangi kesenjangan antar negara, membangun kota-kota yang aman dan berkelanjutan, konsumsi dan produksi bertanggung jawab, menyiapkan negara untuk melawan perubahan iklim, menjaga kehidupan lingkungan di air dan laut, menjaga kehidupan di darat, memperbaiki konstitusi negara agar kuat, efektif, serta adil, dan kemitraan untuk mencapai tujuan.

Penerapan strategi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) dalam pengendalian hama tanaman kopi di Cikole Lembang menggunakan ekstrak daun sirih merah dapat memberikan kontribusi terhadap beberapa tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*). Salah satunya yaitu *SDGs* 3 Kesehatan dan Kesejahteraan. Mengurangi paparan petani dan konsumen terhadap pestisida kimia dapat berdampak positif pada kesehatan dan kesejahteraan manusia, sehingga mendukung pencapaian *SDGs* 3. Selain itu, *SDGs* 12 Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab juga dapat terpengaruh. Mengurangi penggunaan pestisida kimia dalam pertanian kopi dengan menerapkan strategi PHT mendukung *SDGs* 12. Praktik pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dapat meningkatkan pola konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.

3. Hama

Setiap spesies hewan yang merugikan vegetasi, termasuk kelinci yang berkeliaran, ayam, babi, sapi, atau kambing, dianggap sebagai hama. Hama dikategorikan berdasarkan tingkat taksonomi kerajaan hewan. Kerajaan (*Animalia*), genus, ordo, kelas, famili, genus, dan spesies semuanya termasuk di dalamnya. Dengan lebih dari 75% dari semua hewan di Bumi termasuk dalam kelompok ini, arthropoda adalah yang terbesar. Sekitar 90% arthropoda diklasifikasikan sebagai serangga, atau anggota kelas Hexapoda (Pracaya, 2008).

Secara lebih khusus, hewan-hewan umum yang mengancam kepentingan manusia dianggap sebagai hama. Disisi lain, mereka tidak dianggap sebagai hama ketika populasi mereka sedikit atau tidak ada. Musuh alami tanaman adalah hama yang, meskipun jumlahnya sedikit, tidak merugikan tanaman karena mereka membantu menjaga keseimbangan lingkungan (Kuswandi, 2013).

Dadang (2006) mengatakan terdapat tiga kelompok yang dapat menyebabkan timbul hama di sebuah lahan. Kelompok yang pertama yaitu pembukaan lahan baru yang akan mengakibatkan adaptasi ekosistem yang tidak stabil. Hal ini disebabkan oleh hilangnya musuh alami tanaman akibat perubahan tersebut, maka akan mengakibatkan kelompok hama dapat meningkat tajam dan menyebabkan kehancuran pada tanaman semakin meningkat. Kelompok selanjutnya yaitu terdapat tanaman baru yang masuk ke dalam area tanaman budidaya dapat membuat tanaman itu kemungkinan bertransformasi menjadi gulma pada tanaman lain, walaupun pada tanaman baru tersebut tidak terdapat hama. Kelompok yang terakhir yaitu pergantian status hewan yang bisa ditentukan melalui ambang ekonomi. Pada suatu spesies hewan jika populasi hewan tersebut menjadi banyak dan menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan maka status hewan itu bisa berubah menjadi hama. Terdapat beberapa aspek dalam pengelompokan hama menurut (Kuswardani, 2013) yaitu:

a. Aspek ekonomi

Hama yang bisa menimbulkan bahaya atau kerugian bagi petani bisa dikelompokkan dalam aspek ekonomi. Dalam aspek ini terdapat beberapa jenis hama yang bisa dikelompokkan yaitu hama yang menyerang tanaman dengan waktu yang cukup lama serta memiliki serangan yang berat sehingga membuat kerugian ekonomi yang signifikan disebut *major pests* atau hama utama. Selanjutnya terdapat hama minor atau *minor pest*, yang juga disebut hama kadang kala, serangan pada hama ini tidak terlalu merugikan tanaman dan bisa di toleransi sehingga hama ini dianggap tidak terlalu penting, namun terkadang jumlahnya bisa meningkat jika pengendalian alami terganggu atau kesalahan manusia dalam mengelola ekosistem. Selanjutnya terdapat hama yang tidak menimbulkan kerugian pada ekosistem pertanian normal tetapi memiliki potensi untuk menjadi hama yang merugikan hama tersebut berupa hama potensial atau *potential pest*. Dan yang terakhir terdapat

hama yang suka melakukan migrasi dan berasal dari ekosistem lain, hama tersebut yaitu hama migran atau *migratory pest*.

b. Aspek produksi

Dalam aspek ini terdapat hama prapanen yang merusak tanaman pada pembibitan sampai pemanenan, dan hama pascapanen yang menghancurkan produk pertanian saat panen sampai penyimpanan tanaman.

c. Aspek Cara Menyerang

Terdapat lima jenis hama dalam cara mereka menyerang tanaman. Pertama adalah hama pengorok daun merupakan serangga yang menghancurkan daun dengan cara membuat lubang dan masuk ke dalamnya. Selanjutnya yang kedua yaitu hama pengisap menyerang tanaman dengan menusukkan belalai dan menghisap cairan. Ketiga hama penggerak atau borer adalah serangga yang merusak tanaman dengan membuat lubang dan masuk ke bagian seperti ubi, buah, batang, dan pucuk. Selanjutnya terdapat hama pemakan merusak tanaman dengan memakan bagian seperti daun, contohnya adalah belalang dan ulat daun. Terakhir hama pencucuk-penghisap menyerang tanaman dengan menusukkan style dan menghisap cairan tanaman.

d. Aspek Prioritas

Dalam aspek ini, terdapat beberapa jenis hama. Pertama, hama yang menjadi target utama dalam pengendalian hama yaitu hama kunci. Kedua, hama yang awalnya dikategorikan sebagai hama minor, dapat bertransformasi jadi hama yang mengancam tanaman disebabkan perubahan ekosistem atau pengaruh dari penggunaan pestisida sintetis yang bisa menyebabkan banyaknya populasi hama.

e. Aspek Tata Nama

Terdapat beberapa kriteria penamaan yang dapat bersifat lokal, nasional, atau regional dan didasarkan pada beberapa kriteria penamaan. Pertama, berdasarkan cemisi jenis hama. Kedua, berdasarkan hama yang bisa merusak serta bagian tumbuhan yang dirusak. Ketiga, berdasarkan tempat hidup hama dan hama yang merusaknya. Terakhir, berdasarkan gejala serangan. Selain penamaan umum, beberapa hama juga memiliki nama sistematika yang mengelompokkannya berdasarkan golongan filum, kelas, ordo, famili, genus, spesies, dan penulis.

4. Tanaman kopi

a. Sejarah Tanaman Kopi di Indonesia

Kopi Arabika dan kopi Robusta sudah lama dikenal sebagai jenis kopi yang kerap tumbuh di Indonesia. Sekitar tahun 1646 seorang mendapatkan biji arabika mocca dari Arabia dan membawa tumbuhan kopi ke Indonesia. Pada tahun 1696 Gubernur Jenderal Belanda di Malabar mengirimkan biji kopi ke Batavia. Bibit baru dibawa kembali pada tahun 1699 setelah tanaman ini hancur oleh banjir. Bibit baru tersebut tumbuh di sekitar Jakarta dan Jawa Barat sebelum akhirnya menyebar ke seluruh Indonesia (Prastowo, 2010).

Secara umum, varietas typical (*Coffea arabica* var *Typica*) dianggap sebagai varietas kopi arabika di Indonesia, menurut Prastowo (2010). Kopi arabika telah menjadi tanaman rakyat selama sekitar seratus tahun. Pada awal abad ke-19, perkebunan kopi pertama di Jawa Tengah (Semarang dan Kedu) dibuka, sedangkan perkebunan kopi di Jawa Timur (Kediri dan Malang) baru dibuka pada abad ke-19 dan di besuki pada akhir abad ke-20. Kopi arabika adalah satu-satunya jenis kopi komersial yang ditanam di Indonesia selama hampir dua abad. Serangan penyakit karat daun (*Hemileia vastatrix*), yang masuk ke Indonesia sejak tahun 1876, menyebabkan penurunan produksi kopi arabika. Kopi arabika hanya dapat hidup di wilayah yang tinggi, hingga 1000 meter ke atas, di mana penyakit ini tidak begitu kuat.

Abad ke-19 menyaksikan diperkenalkannya kopi robusta, yang umumnya disebut sebagai *Coffea canephora*, ke Indonesia. Varietas kopi ini membutuhkan kondisi tumbuh dan pemeliharaan yang lebih lembut karena tingkat produksinya yang lebih tinggi dan resistensinya yang meningkat terhadap penyakit karat daun. Kopi ini menyebar dengan cepat sebagai hasilnya. Di Indonesia, hampir 90% lahan yang digunakan untuk pertanian kopi saat ini ditanami dengan varietas robusta. (Prastowo, 2010).

Setelah diperkenalkannya varietas dari India ini dipilih karena dapat tumbuh hingga 500 meter di atas permukaan laut dan memiliki resistensi yang lebih tinggi terhadap penyakit karat daun. Setelah uji coba penting untuk operasi petani pada tahun 1963–1964 (Prastowo, 2010). Oleh karena itu, seluruh wilayah vertikal dapat ditanami kopi, dengan ruang lingkup setinggi 300 meter (antara ketinggian 500 dan

800 meter), di mana kopi robusta dan arabika secara komersial dapat ditanam (Prastowo, 2010).

b. Jenis tanaman

Kopi robusta dan arabika adalah jenis kopi yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia. Tanaman kopi membutuhkan suhu antara 15 dan 25 derajat Celcius dan curah hujan tahunan antara 1.500 dan 2.500 milimeter (Fuad Anshori, 2014).

1) Kopi Arabica

Tempat terbaik untuk menanam kopi jenis ini adalah sekitar 1.000 hingga 1.200 meter di atas permukaan laut. Karena kopi arabika ditanam pada elevasi yang tinggi, memiliki lebih banyak air daripada kopi robusta, dan akarnya lebih dalam, kopi arabika dapat tahan terhadap masa kering yang lama. Selain itu, suhu pertumbuhan kopi ini berkisar antara 17 dan 21 derajat Celcius (Fuad Anshori, 2014).



Gambar 2.1 Tanaman Kopi Arabica
(Sumber: Retno, 2021)

Ciri fisik kopi Arabika termasuk mahkota kecil dan ramping serta diameter daun yang kecil. Biji kopi Arabika juga memiliki beberapa karakteristik unik, seperti cekungan di tengah, bentuk yang agak memanjang, dan permukaan yang tidak cukup cembung (Fuad Anshori, 2014).

2) Kopi Robusta

Jenis ini dapat berkembang di daerah yang berada 600–700 meter di atas permukaan laut. Sebelum turun hujan yang cukup, kopi robusta juga memerlukan tiga bulan berturut-turut cuaca kering. Proses penciptaan bunga, mekar, dan

penyerbukan dipengaruhi oleh masa kering ini. Suhu antara 20 dan 24 derajat Celsius diperlukan untuk tanaman kopi robusta (Fuad Anshori, 2014)



Gambar 2.2 Tanaman Kopi Robusta

(Sumber: Yuhan, 2022)

Tanaman kopi Robusta tumbuh menuju cabang, ranting, dan batangnya. Dibandingkan dengan kopi Arabika, daunnya lebih panjang dan karakternya lebih luas dengan mahkota besar. Ketika datang ke hasil kopi, biji kopi Robusta seringkali menghasilkan lebih banyak dibandingkan dengan biji kopi Arabika. Mereka juga memiliki beberapa ciri, seperti biji yang agak bulat, kurva yang lebih tebal daripada kopi Arabika, dan garis tengah yang hampir lurus dari atas ke bawah (Fuad Anshori, 2014)

c. Taksonomi dan Morfologi Tanaman Kopi

Fuad Anshori (2014) menyatakan bahwa terdapat klasifikasi dari tanaman kopi (*Coffea* sp.) yaitu :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Rubiales
Family	: Rubiaceae
Genus	: <i>Coffea</i>
Spesies	: <i>Coffea</i> sp. (<i>C. arabica</i> L., <i>C. canephora</i> , <i>C. liberica</i> , <i>C. excels</i>)

Tanaman semak yang menghasilkan bunga kopi memiliki akar tunggang atau bercabang dua. Tanaman kopi memiliki cabang primer, sekunder, reproduktif, dan berbentuk kipas. Daun kopi melengkung dan tumbuh di cabang, batang, dan ranting. Pada cabang ortotropik, daunnya berdiri bergantian, sedangkan pada

cabang plagiotropik, mereka tumbuh dalam satu bidang. Tanaman kopi memerlukan sekitar dua tahun untuk mulai berbunga. Tanaman ini memiliki kelompok bunga di sudut cabangnya. Mahkota bunga berwarna putih, dan kelopaknya berwarna hijau (Fuad Anshori, 2014).

d. Syarat Tumbuh

Tanaman kopi arabika dan robusta memiliki persyaratan pertumbuhan yang berbeda, menurut Kementerian Pertanian Indonesia (2014). Persyaratan ini sebagian besar terkait dengan tinggi pohon, jenis tanah, dan panjang musim kemarau. Tantangan lain yang terkait dengan pertumbuhan hampir identik.

Kopi arabica memiliki syarat pertumbuhan tertentu. Untuk iklim, kopi ini memerlukan ketinggian antara 1.000 hingga 2.000 meter di atas permukaan laut dan curah hujan antara 1.250 hingga 2.500 mm per tahun. Selain itu, sangat penting untuk memiliki bulan kering selama 1 hingga 3 bulan dengan curah hujan di bawah 60 mm per bulan. Untuk pertumbuhan kopi arabica, suhu udara ideal adalah antara 15 dan 25 derajat Celcius. Untuk tanah, kemiringan tanah harus kurang dari 30% dan kedalaman tanah efektif lebih dari 100 cm. Tanah harus berlempung dengan lapisan atas yang remah dan memiliki kadar bahan organik lebih dari 3,5% atau kadar C lebih dari 2%. Selain itu, kapasitas pertukaran ion (KPK) tanah harus melebihi 15 me per 100 gram tanah, kejenuhan basa harus lebih dari 35%, dan pH tanah harus berkisar antara 7,0 dan 8,0. Terakhir, kopi Arabica membutuhkan kandungan unsur hara yang cukup tinggi, termasuk N, P, K, Ca, dan Mg.

Selain itu, kondisi iklim dan tanah adalah syarat pertumbuhan kopi robusta. Dalam hal iklim, kopi Robusta membutuhkan ketinggian antara 100 dan 600 meter di atas permukaan laut, curah hujan antara 1.250 dan 2.500 milimeter per tahun, bulan kering dengan curah hujan kurang dari 60 milimeter selama sekitar tiga bulan, dan suhu udara rata-rata antara 21 dan 24 derajat Celcius. Untuk tanah, persyaratan berikut harus dipenuhi: kemiringan tanah kurang dari 30%; kedalaman efektif tanah minimal 100 cm; tekstur tanah berlempung dengan struktur remah di lapisan atas; sifat kimia tanah termasuk kadar bahan organik lebih dari 3,5% atau kadar C lebih dari 2%; kapasitas pertukaran ikatan (KPK) lebih dari 15 me per 100 gram tanah; kejenuhan basa lebih dari 35%; dan pH tanah antara 5,5 dan 6,5.

5. Hama Tanaman Kopi

Kartasapoetra (1987) mengatakan terdapat spesies hama yang menyerang tanaman kopi, yaitu:

a. Kutu daun (*Pulvinaria psidii* Maskell)



Gambar 2.3 *Pulvinaria psidii* Maskell (Kutu Daun)

(Sumber: Mallory, Chris, 2013)

Kutu daun umumnya mempengaruhi tanaman kopi, karena mereka tidak hanya merusak ujung tanaman tetapi juga daun segar, menyebabkan gangguan pertumbuhan atau layu, kekeringan, dan kematian. Kutu daun juga dapat menyerang tanaman lain seperti jeruk, kapuk, jambu, teh, dan kinin.

b. Kutu Putih (*Pseudococcus* sp.)



Gambar 2.4 *Pseudococcus* sp. (Kutu putih)

(Sumber: Mitchell, Thom, 2014)

Kutu putih juga dikenal sebagai "kutu dompatan" di Indonesia, adalah anggota keluarga Pseudococcidae dan dianggap sebagai hama tanaman kopi. Aktivitas merusak mereka terutama ditujukan pada batang tanaman kopi, tetapi mereka juga dapat merusak beberapa spesies rumput tertentu, Tephrosia, Desmodium, Indigofera, tanaman jeruk, dan Lamtoro. Mereka polifag dan umumnya ditemukan di daerah pertanian tropis dan subtropis. Serangga ini

berwarna putih dengan tubuh yang mudah dikenali dan batang putih yang membentang hingga daun-daun bawah. Mereka berbentuk memanjang.

c. Kutu hijau (*Coccus viridis*)



Gambar 2.5 *Coccus viridis* (Kutu Hijau)

(sumber: www.inaturalist.org)

Serangga kutu hijau tetap diam sebagian besar siklus hidupnya, memakan getah tanaman di satu lokasi. Mereka menginfeksi cabang, ranting, dan daun pohon kopi Arabika dan Robusta. Kutu hijau berkembang baik selama musim kemarau dan lebih suka daerah dataran rendah daripada dataran tinggi. Pengendalian dilakukan dengan memelihara kumbang predator dan larvanya, yang merupakan musuh alami yang efektif bagi kutu hijau. Selain itu, jamur putih (*Cephalosporium lecanii*) dapat digunakan untuk menyerang dan menghilangkan kutu hijau di kebun. *Verticillium* merupakan sebuah penyakit, juga menyerang kutu hijau dan membantu dalam pengendaliannya.

d. Penggerek batang (*Zeuzera coffeae*)



Gambar 2.6 *Zeuzera coffeae* (Penggerek batang kopi)

(Sumber: Aini & Sulistyowati, 2016)

Pada tanaman kopi ini, kumbang-kumbang kecil menggerek cabangnya dari bagian bawah atau samping. Namun, *Zeuzera coffeae* adalah ulat kecil berwarna

merah dari famili Coccidae yang merupakan salah satu hama paling berbahaya yang merusak tanaman kopi, terutama di wilayah Jawa.

e. Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei*)



Gambar 2.7 *Hypothenemus hampei* (Penggerek buah kopi)

(Sumber: Hulcr. J & Smith. S., 2010)

Ada di famili Scolytidae dan menyerang buah kopi. Sekitar pukul 16.00 hingga 18.00, kumbang kecil ini aktif. Hama buah kopi berwarna hitam. Kumbang menyerang dengan menggerek ujung buah kopi, kemudian menyerang bagian keping bijinya. Induk kumbang meletakkan telur di rongga keping biji, dan setelah telur menetas, larva menyerang biji kopi.

f. Penggerek cabang kopi (*Xylosandrus* spp.)



Gambar 2.8 *Xylosandrus* spp. (Penggerek cabang kopi)

(Sumber: Hindayana, 2002)

Larva dari penggerek cabang *Xylosandrus* menginfeksi cabang-cabang pohon kopi. Kumbang kecil ini tampaknya lebih memilih cabang yang lebih tua atau sakit, serta yang masih muda dan lunak. Mereka termasuk dalam kelompok serangga yang membudidayakan makanan untuk anak-anaknya, khususnya jamur Ambrosia. Kumbang-kumbang ini membuat lubang masuk di cabang-cabang pohon kopi, yang menghambat pohon tersebut untuk berbuah. Siklus hidup hama

ini pada betina membuat lubang masuk di cabang dan menggali lubang tersebut selama sekitar 15 jam, dengan berhenti sejenak untuk membiarkan jamur ambrosia berkembang di dalamnya. Setelah dinding dalam lubang ditutupi oleh jamur, betina tersebut kawin dengan jantan. Dia meletakkan sekitar 30-50 telur, yang didepositkan dalam kelompok kecil berisi 8-15 telur. Telur-telur menetas setelah lima hari. Setelah berada selama 10 hari sebagai larva, mereka memasuki tahap pupa, yang berlangsung selama 7 hari sebelum mereka muncul sebagai dewasa. Larva *Xylosandrus* diserang oleh tawon parasitoid bernama *Tetrastichus*, yang mengurangi populasi mereka. Penggerek cabang dewasa dapat terbang dari satu pohon ke pohon lainnya, menyebarkan hama ini. Berbagai metode dapat digunakan untuk mengelola penggerek cabang *Xylosandrus*, seperti menggunakan tawon parasitoid seperti *Tetrastichus*. Selain itu, pemangkasan dan penghapusan cabang yang terinfeksi dapat membantu meminimalkan penyebaran hama ini. Pestisida nabati yang ramah lingkungan juga efektif dalam mengontrol populasi hama ini tanpa merusak lingkungan sekitarnya.

6. Musuh Alami Tanaman Kopi

Menurut Direktorat Perlindungan Perkebunan (2002) dalam bukunya menyebutkan musuh alami, atau predator, adalah binatang seperti serangga yang memakan hewan lain, seperti hama tanaman, sehingga menyebabkan kematian hama tersebut. Karena mereka mengkonsumsi hama tanaman seperti penggerek dan kutu daun, predator termasuk menguntungkan. Musuh alami menguntungkan bagi petani, penting untuk melindungi mereka. Petani dapat mengendalikan penyakit dan hama dengan bantuan semua musuh alami potensial. Oleh karena itu, menghilangkan atau membunuh lawan alami tidak disarankan. Contoh musuh alami atau predator adalah semut, capung, dan earwig maritim.

a. Semut (*Dolichoderus thoracicus*)



Gambar 2.9 *Dolichoderus thoracicus* (Semut)

(Sumber: www.wikipedia.com)

Semut mempengaruhi lingkungan mereka dalam berbagai cara, bertindak sebagai penyerbuk dan predator alami hama. Beberapa semut dapat memiliki manfaat bagi manusia, sementara yang lain tidak. Terdapat beberapa semut tertentu yang bisa menguntungkan petani kopi. Semut adalah predator penting dari berbagai jenis serangga. Mereka berwarna coklat kehitaman, dengan panjang tubuh berkisar antara 2,5 hingga 3,5 mm. Semut dapat ditemukan di pohon atau di tanah. Semut hitam biasanya bersarang di area teduh pada pohon seperti dedaunan dan batang. Semut sangat bermanfaat karena mereka mengusir hama dari pohon buah-buahan. Mereka biasanya membuat sarang di antara daun-daun pohon. Semut ini sangat agresif terhadap sebagian besar serangga lainnya, sehingga mereka mengendalikan banyak hama, termasuk hama penggerek buah kopi.

b. Earwing Maritim (*Anisolabis maritima*)



Gambar 2.10 *Anisolabis maritima* (Earwig maritim)

(Sumber: www.inaturalist.org)

Beberapa jenis hama ini bertindak sebagai predator atau musuh alami hama. Mereka mudah dikenali dengan penjepit pada ekornya, yang digunakan untuk

menangkap mangsa dan pertahanan diri. Kebanyakan hama ini bersifat nokturnal, bersembunyi di tanah atau bagian tanaman pada siang hari dan keluar pada malam hari untuk mencari telur, larva, dan nimfa serangga berbadan lunak. Seekor earwig maritim dapat memakan 20 hingga 30 larva hama setiap hari. Beberapa earwig maritim dewasa memiliki sayap, sementara yang lain tidak.

c. Capung Jarum (*Ischnura heterosticta*)



Gambar 2.11 *Ischnura heterosticta* (Capung jarum)

(Sumber: www.wikipedia.com)

Capung jarum merupakan salah satu contoh musuh alami hama tanaman kopi. Capung jarum memiliki panjang tubuh antara 2 sampai 14 cm. Ia memiliki kemampuan terbang yang cepat sehingga dapat menangkap hama lain yang sedang terbang. Capung dapat menangkap dan memakan kutu, nyamuk dan kumbang penggerek buah kopi. Beberapa jenis capung memakan mangsanya sambil terbang.

7. Ekstrak

Ekstrak adalah larutan yang diperkental atau dikonsentrasikan yang terbuat dari bahan mentah tumbuhan atau hewan yang memiliki senyawa aktif diekstraksi dari mereka. Proses ekstraksi dilakukan sampai tingkat yang dibutuhkan tercapai, baik sepenuhnya atau hampir sepenuhnya, setelah pelarut menguap. Ekstrak cair adalah bahan sumber tanaman yang ditambahkan etanol sebagai pengawet atau pelarut (Sampurno, 2000).

8. Pestisida Nabati

Pestisida nabati adalah senyawa kimia yang dibuat dari bagian tumbuhan tertentu yang memiliki kekuatan racun yang membunuh serangga. Senyawa bioaktif seperti alkaloid dan fenolik adalah beberapa contoh senyawa kimia yang dapat digunakan untuk membunuh dan mengontrol serangga di lingkungan. Karena

terbuat dari bahan alami, pestisida nabati mudah terurai di alam dan tidak mencemari lingkungan, sehingga aman digunakan untuk manusia (Kardinan, 2000).

Pestisida nabati biasanya memiliki sifat unik dan ramah lingkungan karena merupakan produk alami. Produk ini mudah terurai, sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan atau kesehatan manusia. Selain itu, fisiokimia dan dampaknya terhadap lingkungan masih sangat kecil. Pestisida nabati juga bersifat "pukul rata", yang berarti jika diterapkan pada hama, hama akan mati dan sisa-sisa akan cepat hilang. Pestisida sebagian besar dibuat atau diproses menggunakan metode sederhana (Kardinan, 2000).

Kardinan (2000) menyatakan bahwa penggunaan pestisida nabati dilakukan untuk berbagai alasan. Salah satunya adalah sebagai alternatif untuk pestisida sintetik agar penggunaan pestisida nabati tidak terganggu olehnya atau membuat penggunaan pestisida sintetik menjadi tabu. Selain itu, penggunaan pestisida nabati dilakukan untuk mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh pestisida sintetik pada lingkungan.

9. Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav)

Famili Piperaceae mencakup tanaman sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav). Sirih merah bisa merambat di pohon atau pagar. Tanaman ini memiliki batang bulat hijau keunguan yang tidak berbunga. Jantung terbentuk di bagian ujung daun bertangkai. Permukaan daun terlihat berkilau dan tidak rata (Abiyoga, 2021)



Gambar 2.12 *Piper crocatum* Ruiz & Pav (Sirih merah)

(Sumber: Novensia, 2021)

Sirih ini berbeda dari sirih lain, terutama sirih hijau, karena daunnya berwarna merah keperakan dan berlendir dan memiliki aroma yang lebih kuat saat disobek. Sirih merah tidak terlalu sulit untuk dipelihara dan cocok dengan setiap jenis tanah. Selama periode ini, sirih merah biasanya tumbuh tanpa pemupukan.

Selama pertumbuhannya, pengairan yang baik dan cahaya matahari yang diterima sebesar 60-75% adalah yang paling penting (Abiyoga, 2021)

a. Klasifikasi Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav)

Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav) menurut Parfati (2016) dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Sub kingdom	: Tracheobionta
Super divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub kelas	: Magnoliidae
Ordo	: Piperales
Famili	: Piperaceae
Genus	: <i>Piper</i>
Spesies	: <i>Piper crocatum</i> Ruiz & Pav.

b. Morfologi Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav)

Tanaman ini memiliki batang bulat berwarna hijau-ungu yang panjangnya 3 hingga 8 cm, dan dapat tumbuh mencapai tinggi sekitar 5 hingga 10 meter. Di setiap nodus, tumbuh sebuah daun. Daun ini memiliki dua warna utama: hijau dengan garis-garis merah gelap di bagian bawah dan garis-garis merah keunguan di bagian atas. Daun tersebut memiliki panjang 6,1-14,6 cm dan lebar 4,4-9,4 cm. Bentuk daunnya oval, menyerupai hati, dan meruncing ke ujung. Permukaan atasnya halus dan sedikit cembung, sementara bagian bawahnya cekung dan menunjukkan urat pada daun. Daun hijau-ungu tersebut memiliki panjang 2,1-6,2 cm. Lampiran batang-daun terletak sekitar di tengah tepi bawah, dengan panjang antara 0,7 dan 1 cm (Inggit, 2011).



Gambar 2.13 Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav), a) Akar, b) Batang, c) Buku batang, d) Daun.

(Sumber: Nadia, 2022)

Terjadi perubahan yang dapat dilihat pada morfologi daun sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav) antara tahap muda (daun muda) dan tahap dewasa (daun pada cabang yang akan menghasilkan organ reproduksi). Awalnya berbentuk oval, daun berbentuk hati akhirnya menjadi lancip saat matang (Inggit, 2011)

c. Kandungan Senyawa Fitokomia Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav)

Pengaruh senyawa bioaktif tanaman sirih merah terhadap OPT telah teruji pada penelitian sebelumnya. Ekstrak sirih merah dengan konsentrasi 59,75% mampu mengendalikan hama kutu beras (*Leptocorisa acuta*) (Saraswati *et al.*, 2021), sedangkan pada konsentrasi 0.1% mampu membunuh larva instar 3 *Aedes aegyptisebesar* 100% (Setiawan *et al.*, 2019). Senyawa bioaktif ekstrak sirih merah menunjukkan potensi 100% dalam mengendalikan lalat Muscasp (Devie, 2013), mengendalikan hama kutu daun padi *Leptocorisa oraturius* Fabricius sebesar 19,61% (Nugroho *et al.*, 2020), dan menekan populasi larva *Plutella xylostella* Linn. sebesar 50% pada konsentrasi 50.648,49 ppm (Fajrya, 2016).

Daun sirih merah mengandung alkaloid, flavonoid, steroid, saponin, dan tanin. Zat-zat ini dapat melindungi tanaman dari penyakit dan hama. Menurut Nisa *et al.*, (2014) ekstrak daun sirih merah mengandung senyawa fitokimia berupa kandungan minyak atsiri sebanyak 5,23%, kandungan fenol sebanyak 15%, dan kandungan eugenol sebanyak 21,9%, kadar pH asam berkisar antara 3,9-5,3. Umami (2019) menambahkan bahwa ekstrak daun sirih merah mengandung

senyawa flavonoid sebanyak 23,16%, kandungan alkaloid sebanyak 18,31%, kandungan fenolik sebanyak 9,89%, kandungan fitokimia lain terdiri atas minyak atsiri, tanin, saponin, eugenol, kadimen estragol, kariofilen, karvol, kavikol, hidroksikavikol, kavibetol, sineol, p-cymen, dan terpen. Januarti *et al.*, (2019) melaporkan daun sirih merah kaya akan flavonoid, tanin, saponin, fenol, dan minyak atsiri. Flavonoid, kumarin, tokoferol, derivatif asam sinamat, dan asam organik polifungsional adalah contoh senyawa fenolik atau polifenolik, yang merupakan antioksidan alami yang berasal dari ekstrak daun sirih merah. Fitria *et al.*, (2020) menyatakan ekstrak daun sirih merah mengandung senyawa fitokimia berupa flavonoid, polifenolat, tanin, minyak atsiri, alkaloid, saponin dan eugenol.

Menurut Rachmawaty *et al.*, (2018), sel membran sel mungkin akan rusak oleh fitokimia yang terkandung dalam ekstrak daun sirih merah. Kematian akibat gangguan metabolisme dan inhibisi pertumbuhan. Siamtuti *et al.*, (2017) melakukan penelitian yang menunjukkan bahwa pestisida ramah lingkungan dapat dibuat dari daun sirih, yang mengandung fenol dan kavikol. Kedua bahan ini menghentikan larva dan dewasa serangga dari tumbuh. Mereka mencegah pertumbuhan bakteri dan membantu mengurangi keparahan penyakit pada pertanian. Mereka juga berfungsi sebagai biofungisida, menghentikan perkembangan jamur pada tanaman. Arimurti (2018) menyatakan bahwa kandungan minyak atsiri sirih merah dapat menembus integumen serangga (kutikula), trakea, kelenjar sensorik, dan organ lainnya, berfungsi sebagai insektisida berbasis tanaman. Hal ini menyebabkan tubuh serangga mengeras, mengurangi kemampuannya untuk menghasilkan energi, dan akhirnya membunuhnya.

10. Cara Masuknya Zat Racun Pada Tubuh Serangga

Serangga dapat dibunuh oleh bahan aktif dalam pestisida berbasis tumbuhan. Bahan-bahan ini berbahaya atau beracun bagi serangga dan dapat diserap oleh tubuh mereka dalam berbagai cara, seperti:

a. Integumen serangga

Dinding tubuh serangga atau integumen dapat menyerap insektisida setelah masuk ke dalam tubuh serangga. Dinding tubuh serangga ini terdiri dari lapisan luar yang kaku yang terbuat dari sel-sel epidermis. Kemudian, kutikula dan beberapa

molekul kimia terbentuk. Lapisan paling luar dari integumen serangga disebut epidermis. Selain itu, membran semipermeabel yang memperbolehkan penetrasi air adalah komponen dari lapisan integumen luar. Larva serangga sangat peka pada saat-saat tertentu, seperti saat kontak terjadi setelah pergantian kulit larva dan seiring bertambahnya umur serangga (Sastrodiharjo, 1984).

b. Sistem Respirasi Serangga

Karena sistem pernapasan mereka terdiri dari tabung-tabung cabang di dalam tubuh mereka, sistem pernapasan serangga berbeda dari hewan lain. Cabang-cabang kecil trakea serangga, atau organ pernapasan, disebut trakeol. Lubang-lubangnya membentuk spirakel. Selain itu, trakea dapat ditemukan di dalam tubuh serangga. Difusi menarik udara yang teroksigenasi ke dalam trakea dari luar, di mana molekul berpindah dari gradien konsentrasi tinggi ke rendah. Pada saat oksigen telat sampai pada tubuh serangga lalu akan masuk menuju jaringan serangga. Pestisida nabati yang dihirup oleh serangga akan dibawa ke jaringan-jaringan yang ada pada tubuh serangga (Sastrodiharjo, 1984).

c. Saluran Pencernaan

Insektisida tidak hanya merusak sistem pernapasan tetapi juga sistem pencernaan. Di sana, insektisida berfungsi sebagai racun perut, membunuh serangga yang memakannya. Pestisida kemudian diserap oleh dinding saluran pencernaan. Ini diserap oleh hemolimfa dan dikonsumsi oleh serangga yang tak terlihat (Djojsumarto, 2008).

B. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian yang akan dilakukan terdapat beberapa studi sebelumnya yang dimanfaatkan guna menjadi latar belakang pembahasan yang akan dilakukan. Penelitian terdahulu disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

	Peneliti	Judul	Metode	Hasil Penelitian
1	Meta Aprilia, Poedji Hastutiek, Rochmah Kurnijasanti, Lucia Tri Suwanti, Moh Sukmanadi, dan Endang Suprihati	<i>The Effectiveness of Ethanol Extract of Red Betel Leaf (Piper crocatum) Against Mortality of Boophilus microplus Larvae In Vitro</i>	Pada studi sebelumnya ini menerapkan metode rancangan acak lengkap (RAL). Terdapat lima pengulangan dan setiap pengulangan dilakukan sebesar lima kali ulangan.	Menghasilkan kesimpulan berupa ekstrak etanol daun sirih merah (<i>Piper crocatum</i> Ruiz & Pav) efisien terhadap mortalitas larva caplak <i>B. microplus</i> secara in vitro dengan menggunakan konsentrasi 10% bisa menimbulkan mortalitas larva 100%.
2	Danang Wahyu Kresnadi, Rina Rachmawati	Pengaruh Ekstrak Daun Sirih Merah (<i>Piper crocatum</i> Ruiz & Pav Linn.) Terhadap Mortalitas Dan Repelensi Riptortus Linearis F. (Hemiptera : Alydidae) Secara In Vivo	Terdapat 6 perlakuan dengan 4 ulangan yang diujikan pada nimfa instar 3 <i>R. linearis</i> . Tingkat konsentrasi yang digunakan dalam penelitian yaitu 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, dan 5000 ppm.	Sifat toksik yang dimiliki ekstrak daun sirih merah ini dapat mengakibatkan mortalitas pada <i>R. linearis</i> . Nilai LC50 pekatan daun sirih merah didapatkan dalam konsentrasi 2200 ppm dan LT50 dicapai pada 26,08 jam.

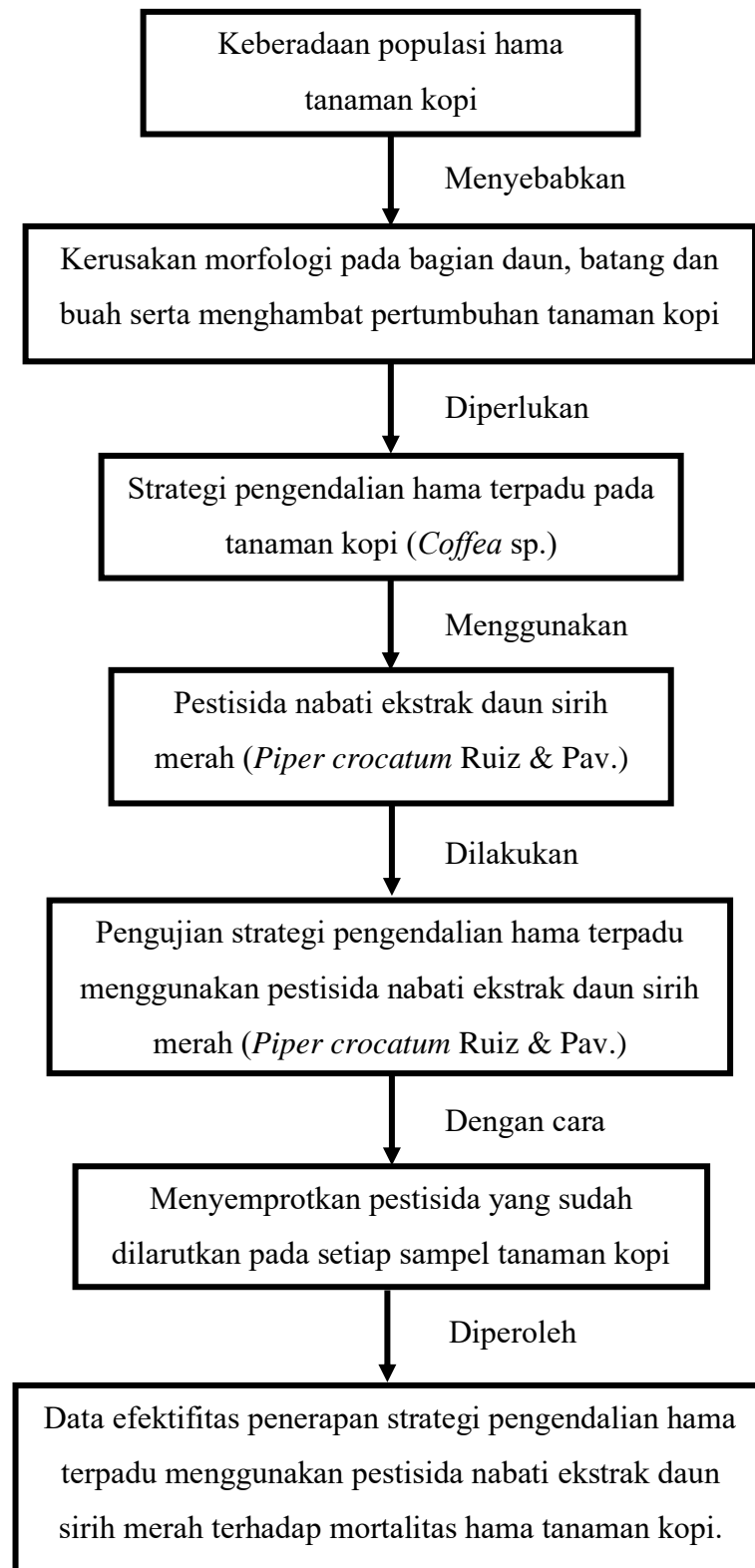
	Peneliti	Judul	Metode	Hasil Penelitian
3	Lestari Wibowo, Worro Bronto Laras, Sudi Pramono dan Yuyun Fitriana	<i>Effect Of Biopestisides Application Of Turmeric Rhizome, Ginger And Betel Leaf Extract On The Mortality Of Aphis Sp. On Red Chili Plants (Capsicum annuum L.)</i>	Pada penelitian terdahulu ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan P0, P1, P2 dan P3 berturut turut yaitu kontrol, aplikasi pestisida nabati ekstrak kunyit, aplikasi pestisida nabati ekstrak jahe, aplikasi pestisida nabati ekstrak daun sirih.	Menarik hasil akhir bahwa pengaplikasian pestisida nabati ekstrak rimpang kunyit, rimpang jahe dan daun sirih memicu kematian <i>Aphis</i> sp. masing-masing sebesar 60%, 65% dan 68%.
4	Diana Buulolo	Pengaruh Ekstrak Daun Sirih Merah (<i>Piper crocatum</i>) Terhadap Mortalitas Walang Sangit	Menggunakan metode eksperimen (<i>true experiment</i>) dengan desain percobaan RAL. Tingkat konsentrasi yang dimanfaatkan dalam riset ini ialah 0%, 25%, 50%, dan 75%. Terdiri dari 5 perlakuan termasuk kontrol (P0) dan empat kali ulangan.	Menghasilkan hasil akhir bahwa ekstrak daun sirih (<i>Piper crocatum</i> Ruiz & Pav) mempunyai pengaruh pada mortalitas walang sangit, mortalitas walang sangit akan meningkat sesuai dengan semakin tingginya konsentrasi yang digunakan.
5	Erni Wahyuni dan Rizki Nugrahani	Potensi Eksudat Daun Sirih Merah (<i>Piper</i>	Menggunakan metode eksperimen (<i>true experiment</i>). Tingkat	Menghasilkan kesimpulan bahwa eksudat daun sirih merah ini efisien terhadap kematian

	Peneliti	Judul	Metode	Hasil Penelitian
		<i>crocatum</i> Ruiz & Pav L.) sebagai Insektisida Herbal terhadap Mortalitas Semut Hitam	konsentrasi yang digunakan dalam penelitian yaitu 25%, 50% dan 75%. Terdiri dari 3 perlakuan dan 2 kontrol.	semut hitam. Mortalitas semut hitam akan meningkat seiring kenaikan konsentrasi eksudat daun sirih merah (<i>Piper crocatum</i> Ruiz & Pav.) yang tinggi.
6	Erlyana Desy Rahmawati, Noni Rahmadhini dan Yenny Wuryandari (2023)	Pengaruh Pemberian Pestisida Nabati Tanaman Tembakau dan Brotowali terhadap Tingkat Kerusakan Hama Kutu Hijau pada Tanaman Kopi Varietas Robusta di Desa Dompjong, Kecamatan Bendungan Kabupaten Trenggalek	Pada studi terdahulu ini dilakukan secara in vivo dan in vitro. percobaan secara in vivo menerapkan metode Rancangan Acak Kelompok Faktorial lalu untuk pengujian secara in vitro menerapkan metode RAL non faktorial.	Hasil dari studi ini adalah untuk komposisi pestisida nabati yang paling efektif guna menurunkan serangan hama pada tanaman kopi di desa Dompjong kecamatan Bendungan kabupaten Trenggalek ialah dengan mengenakan komposisi pestisida nabati yang memiliki bahan utama tanaman tembakau dengan konsentrasi 200 ml/l atau 20%.
7	Nur Khairunnisa, Lisa Yuniati, Andi St. Fahirah Arsal, Hermiaty, Rahmat Faisal Syamsu	Efektifitas Ekstrak Daun Kemangi & Ekstrak Daun Sirih Merah sebagai Anti Mikroba <i>Staphylococcus aureus</i> Penyebab Furunkle	Penelitian ini merupakan Literature Review dengan metode Narrative Review.	Diketahui bahwa mengekstrak daun kemangi konsentrasi ekstrak yang paling baik yaitu pada konsentrasi 1,5% menghambat bakteri. Sedangkan daun sirih merah dengan

	Peneliti	Judul	Metode	Hasil Penelitian
				konsentrasi 12,5% dapat memperbaiki kulit histopatologi luka tikus yang terinfeksi.

C. Kerangka Pemikiran

Produksi biji kopi Indonesia mencapai 540.000 ton per tahun dari 1,3 juta hektar kebun kopi, menempatkannya di posisi ketiga di dunia sejak tahun 2013 (Kepala Dinas Perkebunan Provinsi Jabar). Namun terdapat beberapa hambatan yang menyebabkan produksi biji kopi di Indonesia kurang bermutu. Hambatan dari serangan hama dan penyakit memicu rendahnya hasil produksi dan mutu kopi di Indonesia. Pemerintah telah membuat beberapa program guna mendorong perlindungan terhadap tanaman yang menggunakan metode Pengendalian Hama Terpadu (PHT) sejalan dengan Inpres No. 3 Tahun 1998, alternatif pengendalian hama yang perlu ditunjang ialah penggunaan pestisida nabati yang berasal dari komponen tubuh tumbuhan dengan memanfaatkan zat fitokimia dalam tubuh tumbuhan dan tetap bersifat ramah lingkungan yang tidak menyisakan residu di lingkungan (Sa'diyah *et al.*, 2019). Pestisida nabati yang terbentuk dari ekstrak daun sirih merah dapat mengendalikan hama pada tumbuhan kopi karena memiliki senyawa metabolit sekunder seperti minyak atsiri, alkaloid, saponin, tanin dan flavonoid (Nisa *et al.*, 2019). Penggunaan pestisida nabati pada beberapa penelitian terdahulu harus memiliki konsentrasi yang sesuai supaya tetap menjaga keseimbangan ekosistem. Pengaplikasian pestisida nabati ekstrak daun sirih merah dilakukan pada lahan perkebunan kopi di Cikole, Lembang pada 15 sampel tanaman. Hasil dari penelitian ini berupa data seberapa efektif pestisida nabati ini terhadap mortalitas hama tanaman kopi. Kerangka pemikiran dari prosedur ini akan ditampilkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14

Pengendalian Hama Terpadu pada Tanaman Kopi di Cikole Lembang Menggunakan Ekstrak Daun Sirih Merah

D. Asumsi dan Hipotesis

1. Asumsi

Pestisida nabati ekstrak daun sirih merah memiliki kandungan senyawa flavonoid sebanyak 23,16%, kandungan alkaloid sebanyak 18,31%, kandungan fenolik sebanyak 9,89%, kandungan fitokimia lain terdiri atas minyak atsiri, tanin, dan saponin (Umami, 2019). Kandungan senyawa fenolik atau polifenolik dalam daun sirih merah berperan sebagai antioksidan alami serta dapat melindungi tanaman dari hama dan penyakit. Penggunaan pestisida nabati ekstrak daun sirih merah dengan memanfaatkan berbagai senyawa di dalam tubuhnya dapat mengendalikan hama pada tanaman kopi sehingga bisa menunjang *SDGs*.

2. Hipotesis

H1 : Penerapan strategi pengendalian hama terpadu menggunakan pestisida nabati ekstrak daun sirih merah berpengaruh pada tanaman kopi di Cikole Lembang dan dapat menunjang *SDGs*

H0 : Penerapan strategi pengendalian hama terpadu menggunakan pestisida nabati ekstrak daun sirih merah tidak berpengaruh pada tanaman kopi di Cikole Lembang sehingga tidak dapat menunjang *SDGs*