

**EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL BIONSEKTISIDA SERAI
WANGI (*Cymbopogon nardus* L.) TERHADAP PENGENDALIAN
Bactrocera carambolae PADA TANAMAN CABAI**

ANDI NURMALASARI JAFAR
G011 18 1125



**DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL BIONSEKTISIDA SERAI
WANGI (*Cymbopogon nardus L*) TERHADAP PENGENDALIAN
Bactrocera carambolae PADA TANAMAN CABAI**

ANDI NURMALASARI JAFAR

G011 18 1123



Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

sarjana pertanian

pada

Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI

FAKULTAS PERTANIAN

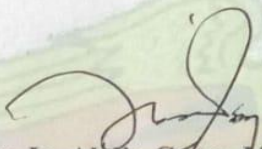
UNIVERSITAS HASANUDDIN

2023

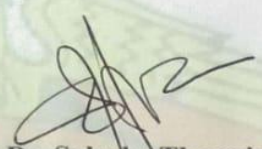
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Efektivitas Nanopartikel Bionsektisida Serai Wangi
(*Cymbopogon nardus* L.) Terhadap Pengendalian *Bactrocera*
carambolae Pada Tanaman Cabai
Nama : Andi Nurmalasari Jafar
NIM : G011 18 1125

Disetujui oleh:


Dr. Ir. Ahdin Gassa, M.Sc

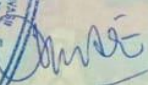
NIP.19600515 198609 1 002


Dr. Sulaeha Thamrin, S.P., M.Si

NIP. 19771018 200502 1 003

Diketahui Oleh:




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

NIP. 19650316 198903 2 002

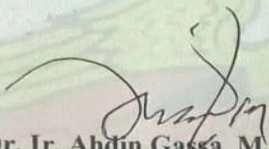
Tanggal Lulus:

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

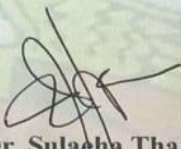
Judul Skripsi : Efektivitas Nanopartikel Bionsektisida Serai Wangi
(*Cymbopogon nardus* L.) Terhadap Pengendalian *Bactrocera*
carambolae Pada Tanaman Cabai

Nama : Andi Nurmalasari Jafar
NIM : G011 18 1125

Disetujui oleh:


Dr. Ir. Abdin Gassa, M.Sc

NIP.19600515 198609 1 002


Dr. Sulaeha Thamrin, S.P, M.Si

NIP. 19771018 200502 1 003

Diketahui Oleh:


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

NIP. 19670811 1994903 1 003

Tanggal Lulus:

DEKLARASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa **“Efektivitas Nanopartikel Bionsektisida Serai Wangi(*Cymbopogon nardus* L.) Terhadap Pengendalian *Bactrocera carambolae* Pada Tanaman Cabai”** benar adalah karya saya dengan arahan tim pembimbing, belum pernah diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Saya menyatakan bahwa, semua informasi yang digunakan telah disebutkan di dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Makassar, 12 Juni 2023



Andi Nurmalasari Jafar

ABSTRAK

ANDI NURMALASARI JAFAR. Efektivitas Nanopartikel Bionsektisida Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* L.) Terhadap Pengendalian *Bactrocera carambolae* Pada Tanaman Cabai. Pembimbing AHDIN GASSA dan SULAEHA.

Bactrocera carambolae merupakan hama tanaman cabai yang menyerang baik kualitas maupun kuantitas produksi cabai. Serai wangi termasuk bahan kimia metabolit sekunder aktif seperti senyawa flavonoid, fenolik, tanin, dan saponin yang bersifat racun perut bagi serangga. Pengendalian *B. carambolae* yang ramah lingkungan dapat dilakukan menggunakan nanopartikel bionsektisida serai wangi sebagai racun perut pada hama *B. carambolae*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan nanopartikel bionsektisida serai wangi terhadap pengendalian hama *B. carambolae* pada tanaman cabai. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin dan di Lahan Kabupaten Gowa pada bulan Juli-Desember 2022. Metode penelitian ini dilakukan dengan desain Rancangan Acak Kelompok yang terdiri dari enam perlakuan yaitu dosis P0 (-): air steril (kontrol), P0(+): Insektisida Decis 25 EC, P1: 4% nanopartikel bionsektisida serai wangi, P2: 6% nanopartikel bionsektisida serai wangi, P3: 8% nanopartikel bionsektisida serai wangi, P4: 10% nanopartikel bionsektisida serai wangi masing-masing dengan tiga ulangan. Pengujian dilakukan dengan cara menyiapkan kurungan dengan ukuran tinggi 90 cm dan lebar 80 cm, setiap kurungan diisi tanaman cabai yang sudah berbuah masing-masing 1 tanaman/polybag, kemudian diinfestasikan lalat buah *B. carambolae* yang diisi sebanyak empat pasang lalat buah dengan umur imago ± 10 hari dan melakukan penyemprotan larutan nanopartikel bionsektisida serai wangi. Parameter yang diamati yaitu jumlah larva *B. carambolae* dan persentase buah yang terserang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel bionsektisida serai wangi dapat mengendalikan *B. carambolae*. Pemberian nanopartikel serai wangi dengan konsentrasi 10% (P4) dapat menekan intensitas serangan lalat buah sebesar 19,44% dan ditemukannya rata-rata larva dengan sebanyak 2 individu.

Kata Kunci: intensitas serangan, lalat buah, larva, metabolit sekunder, racun perut

ABSTRACT

ANDI NURMALASARI JAFAR. The Effectiveness of Fragrant Bioinsecticide Nanoparticles (*Cymbopogon nardus* L.) on the Control of *Bactrocera carambolae* in Chili Plants. Supervisor and AHDIN GASSA dan SULAEHA.

Bactrocera carambolae is a major pest on chili plants which can attack chili production in quality and quantity. Citronella contains active compounds of secondary metabolites such as flavonoids, phenolic compounds, tannins, and saponins as compounds that are stomach poison to insects. Environmentally friendly control of *B. carambolae* can be carried out by using citronella bioinsecticide nanoparticles as a stomach poison on *B. carambolae* pests. This study aims to determine the effectiveness of the use of citronella bioinsecticide nanoparticles on the control of *B. carambolae* fruit fly on chili plants. The study was conducted at the Laboratory of the Faculty of Agriculture, Hasanuddin University, and in the Gowa Regency Field from July to December 2022. The research method was carried out using a randomized block design with six treatments, namely doses of P0 = sterile water (control), P0+ = Decis 25 EC , P1 = 4% citronella bioinsecticide nanoparticles, P2 = 6% citronella bioinsecticide nanoparticles, P3 = 8% citronella bioinsecticide nanoparticles, P4 = 10% citronella bioinsecticide nanoparticles each with three replications. The test was carried out by preparing cages with a height of 90 cm and a width of 80 cm. Each cage was filled with chili plants that had fruit, 1 plant/polybag each, then infested in *B. carambolae* fruit fly filled with four of which were filled with four pairs of ± 10 days old of fruit fly adult and spraying citronella bioinsecticide nanoparticle solution. Parameters observed were the number of *B. carambolae* larvae and the percentage of infested fruit. The results showed that citronella bioinsecticide nanoparticles could control *B. carambolae*. Application citronella nanoparticles with a concentration of 10% (P4) could reduce the intensity of fruit fly attacks by 19.44% and found an average of 2 individuals larvae.

Keywords: attack intensity, fruit fly, larvae, secondary metabolites, stomach poison

PERSANTUNAN

Bismillahirrahmanirrahim....

Alhamdulillah, Segala Puji bagi Allah Subhanahuwata'ala yang telah memberikan pertolongan, kasih sayang, rahmat dan kesehatan, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Efektivitas Nanopartikel Bionsektisida Serah Wangi (*Cymbopogon nardus* L) Terhadap Pengendalian *Bactrocera carambolae* Pada Tanaman Cabai" telah dapat diselesaikan meskipun masih sangat jauh dari kesempurnaan. Shalawat dan salam tak lupa penulis kirikan kepada baginda Rasulullah Muhamad SAW.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak habatan serta rintangan yang penulis hadapi pada akhirnya selalu ada jalan kemudahan sehingga penulis dapat melaluinya. Keberhasilan penulis sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, motivasi dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual. Oleh karena itu, iinkan penulis untuk menyampaikan ucapan terimakasih yang amat mendalam dan sebesar-besarnya kepada:

1. Orangtua tercinta, **Muh Jafar** dan **Patialang** serta kakak saya Andi Nurwahidah Jafar S.Pd dan Andi Nurfitriani Jafar, S.Pd dan adik-adik saya Andi Nurfitrah Jafar dan Andi Nurkasih Khaerani Jafar yang selalu mendo'akan, memberikan dukungan, nasihat, serta kasih sayang dan cinta yang tak terhingga.
2. **Dr. Ir Ahdin Gassa., M.sc** sebagai dosen pembimbing pertama dan **Dr. Sulaeha Thamrin., S.P., M.Si** sebagai dosen pembimbing kedua yang telah banyak meluangkan waktu memberikan dukungan, bimbingan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. **Ir. Fatahuddin., M.P, Dr.Ir. Vien Sartika Dewi, M.Si, Asman. S.P., M.P** Atas kesediaannya untuk menguji serta memberikan kritik dan saran mulai dari proposal sampai terselesainya skripsi ini.
4. Bapak dan ibu dosen Fakultas Pertanian serta khususnya dosen departemen hama dan penyakit tumbuhan serta seluruh staf dan pegawai atas ilmu serta bantuan yang telah diberikan.

5. Teman-teman **Mufliha S.P, Nurlia, Nur Ana S.P, Nurul Fadilah Mulia, Andi Putri Savira**, yang sudah selalu membantu dan kebersamai dalam penyelesaian penelitian dan skripsi.
6. Kepada **Muh Zulkifli Abdul Muthalib., S.Ag** terima kasih telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, meluangkan baik, tenaga, materi kepada saya dan senantiasa sabar menghadapi saya. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan saya
7. Sahabat terbaik saya **Restu Maharani** dan **Ayhu Amelia** yang tidak pernah bosan untuk selalu bersama-sama serta selalu memberikan semangat dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman Fakultas Pertanian Angkatan 2018 (**Hibrida 18**), **DIAGNOS 18** (Hama dan Penyakit Tubuhan 2018), MKU C Agroteknologi 2018, KKN Wilayah Makassar Gel.106, yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu per satu atas segala bantuan, semangat, dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga tali silaturahmi tidak akan pernah terputuskan.
9. Terima kasih buat diri sendiri yang telah sabar melewati semua sampai dengan detik ini. Kamu hebat.
10. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Makassar, 12 Juni 2023

Andi Nurmalasari Jafar

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
DEKLARASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
PERSANTUNAN	viii
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	4
1.3 Hipotesis	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Cabai	5
2.2 Klasifikasi Hama Lalat Buah (<i>Bactrocera carambolae</i>)	6
2.3 Kerusakan <i>Bactrocera carambolae</i>	9
2.4 Pengendalian <i>Bactrocera carambolae</i>	10
2.5 Tanaman Sereh Wangi (<i>Cymbopoon nardus L</i>).....	11
2.6 Kandungan Senyawa Kimia Sereh Wangi dan Manfaatnya	12
2.6.1 Kandungan Senyawa Kimia Serai Wangi	12
2.6.2 Manfaat Serai Wangi.....	13
2.7 Nano Teknologi.....	15
2.7.1 Manfaat Nanoteknologi Dibidang Pertanian	15
2.8 Pemanfaatan Nanopartikel Dalam Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman	16
3. METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu	19

3.2	Alat dan Bahan.....	19
3.3	Rancangan Percobaan	19
3.4	Pelaksanaan Penelitian	
3.4.1	Pembuatan Tepung Nanopartikel Bionsektisida Sereh Wangi.....	20
3.4.2	Proses Pembuatan Tepung Nanopartikel Bionsektisida Sereh Wangi.....	21
3.4.3	Pembiakan Lalat Buah (<i>Rearing</i>)	22
3.4.4	Pelaksanaan Pengujian.....	23
3.5	Parameter Pengamatan.....	24
3.5.1	Jumlah Larva <i>Bactrocera carambolae</i>	24
3.5.2	Persentase Buah Yang Terserang	24
3.5.3	Analisis Data.....	24
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Hasil.....	25
4.2	Pembahasan	27
5.	PENUTUP	
5.1.	Kesimpulan	30
	DAFTAR PUSTAKA	31
	LAMPIRAN.....	33

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
	Tabel 4.1 Intensitas serangan lalat buah pada perlakuan nanopartikel serai wangi	26

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
	Gambar 1. Bagian-bagian <i>Bactrocera carambolae</i>	7
	Gambar 2. Tanaman Serai Wangi (<i>Cymbopogon nardus L.</i>).....	11
	Gambar 3. Proses pembuatan tepung nanopartikel bionsektisida serai wangi (<i>Cymbopogon nardus L.</i>)	20
	Gambar 4. Proses pembuatan larutan ekstrak nanopartikel serai wangi	21
	Gambar 5. Pembiakan <i>Bactrocera caramblae</i>	22
	Gambar 6. Pemasangan kurungan diisi <i>Bactrocera carambolae</i>	23
	Gambar 7. Jumlah Larva yang ditemukan Pada Buah Cabai	24
	Gambar 8. Gejala Serangan.....	25

DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Halaman
	Lampiran 1. Denah Penelitian.....	33
	Lampiran 2. Data Intensitas Serangan	34
	Lampiran 3. Hasil Analisis Variansi Pada Intensitas Serangan	34
	Lampiran 4. Hasil Uji BNJ (5%) Intensitas Serangan	34
	Lampiran 5. Hasil Uji BNJ (5%) Jumlah Larva Yang Ditemukan Setiap Perlakuan	35
	Lampiran 6. Data Hasil Jumlah Yang Ditemukan Setiap Perlakuan	35
	Lampiran 7. Hasil Analisis Variansi Pada Jumlah Larva.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Halaman
	Gambar Lampiran 1. Proses Pembuatan Tepung Nanopartikel Bionsektisida Serai Wangi (<i>Cymbopogon nardus L.</i>)	36
	Gambar Lampiran 2. Proses Pembuatan Larutan Ekstrak Nanopartikel Serai Wangi	37
	Gambar Lampiran 3. Pembiakan <i>Bactrocera caramblae</i>	37
	Gambar Lampiran 4. Penanaman Tanaman Cabai.....	38
	Gambar Lampiran 5. Pemasangan Kurungan Diisi <i>Bactrocera carambolae</i>	38
	Gambar Lampiran 6. Pengamatan Jumlah Larva	38
	Gambar Lampiran 7. Deskripsi Cabai Varietas Arimbi	40

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai (*Capsicum annum* L) merupakan salah satu jenis sayuran yang ditanam secara komersial di daerah tropis yang termasuk dalam suku terong-terongan (*Solanaceae*). Cabai, selain menggugah rasa, mengandung vitamin, mineral, zat besi, fosfor, dan niasin. Sampai saat ini, buah cabai digunakan sebagai bahan baku usaha kuliner. Cabai telah menjadi unsur penting dalam setiap menu makan di Indonesia, oleh karena itu perubahan produksi dapat berdampak pada kehidupan masyarakat sehari-hari (Mefta et al, 2021).

Jawa Timur kini memiliki produksi cabai tertinggi di Indonesia, yakni mencapai 784,05 ribu ton atau 28,28% dari total produksi cabai nasional. Produksi cabai Jawa Barat mencapai 396,91 ribu ton atau 14,32% dari total produksi nasional. Jawa Tengah berada di urutan kedua dengan 325,36 ribu ton atau 11,73% dari produksi cabai nasional (Badan Pusat Statistik, 2021). Badan Pusat Statistik (2021) melaporkan penurunan produksi cabai setiap tahunnya. Produksi cabai Sulawesi Selatan pada tahun 2018, 2019, dan 2020 masing-masing sebesar 36.568 ton, 26.115 ton, dan 24.052 ton. Hal ini disebabkan tingginya persentase infestasi lalat buah dan rendahnya hasil panen. Menurut Susanto *et al.* (2018), lalat buah menurunkan hasil pertanian sebesar 50-75% dan dapat mencapai 100% jika keadaan kondisi lingkungan mendukung dan inang yang rentan.

Salah satu hama tanaman cabai yang menyerang produksi secara kualitas dan kuantitas saat ini merupakan lalat buah. Lalat buah ini sering menyerang tanaman seperti buah-buahan, sayuran dan tanaman hias lainnya. Serangan hama lalat buah bisa terlihat langsung oleh mata telanjang. Dari hama tersebut, lalat buah disebut sebagai yang paling merusak tanaman cabai merah (Adhysani *et al*, 2021). Menurut, Arma *et al.*, (2018), Lalat buah menyebabkan kerusakan dengan cara menyimpan telurnya di kulit buah, yang menetas menjadi larva yang memakan daging buah, menyebabkan perubahan fisik dan buah menjadi busuk. Akibatnya, secara tidak langsung dapat menurunkan kualitas dan jumlah hasil juga menyebabkan

buahnya jatuh. Karena intensitas serangan hama yang tinggi, tentunya diperlukan tindakan untuk membasmi hama lalat buah. Sementara itu, penggunaan pestisida sintetik untuk mengendalikan lalat buah (*Bactocera carambolae*) dapat menimbulkan dampak negatif seperti kontaminasi, resurgensi, dan peningkatan resistensi hama terhadap insektisida. Mengingat efek berbahaya dari pestisida sintetik, diperlukan metode tambahan untuk mengendalikan hama lalat buah (Rahmat et al, 2021).

Pengendaliannya juga semakin sulit diatasi karena banyaknya hama yang resisten terhadap insektisida yang digunakan. Untuk itu penulis akan melakukan penelitian tentang pengendalian hama *Bactocera carambolae* menggunakan nanopartikel bioinsektisida serai wangi, dimana partikel bioinsektisida sangat halus yaitu 10-9 mikro, dengan harapan dapat langsung mencapai target dengan ukuran yang halus dengan metode ini untuk memudahkan aplikasi nano bioinsektisida pada pengendalian hama lalat buah (Harahap, 2021)

Penggunaan minyak atsiri sebagai komponen dalam pestisida organik merupakan teknik alternatif yang aman dibandingkan pestisida kimia. Serai wangi (*Cymbopogon nardus* L.) merupakan tanaman yang mengandung minyak atsiri dan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai komponen dalam pembuatan insektisida organik. Tepung ekstrak serai wangi dianggap bermanfaat sebagai pestisida nabati karena mengandung bahan kimia serai wangi yang berfungsi sebagai *antifeedant* dan *repellent* (Mumba et al, 2020).

Tanaman serai wangi mengandung metabolit sekunder aktif seperti flavonoid, fenolik, tanin, dan saponin yang efisien menghambat lalat buah. Senyawa flavonoid merupakan salah satu bahan kimia metabolit sekunder yang berbahaya bagi serangga. Senyawa ini beraksi dengan cara menyerang sistem saraf serangga sehingga menyebabkan fungsi saraf menurun dan akhirnya mati. (Martinus dan Verawati, 2015). Sementara itu, senyawa fenolik memiliki peran yang baik dalam pengendalian hama. Bahan kimia fenolik sangat reaktif dengan protein, yang dapat menyebabkan penghambatan relaksasi enzim yang mengganggu aktivitas metabolisme serangga (Sihombing et al., 2012). Keunggulan penggunaan serai wangi ini yaitu bahan alami yang cepat terdegradasi di alam, mudah didapat, dan cukup mudah diaplikasikan

sehingga memungkinkan petani untuk melaksanakannya. (Fauzana *et al*, 2021)

Nanopartikel adalah bidang nanoteknologi yang paling cepat berkembang, yang memberikan solusi untuk banyak masalah lingkungan karena perilaku ramah lingkungan dan efektivitas biaya, ukuran kecil (1-100 nm), dan luas permukaan yang besar. Menurut (Kashyap *et al*. 2020) Nanoteknologi menangani bahan dalam skala nanometer dan terbukti memiliki potensi besar dalam memberikan solusi baru untuk masalah hama yang bermanfaat sebagai untuk mengendalikan penyakit yang menyerang pada tanaman, meningkatkan hasil panen, kualitas produk, penerimaan konsumen, dan efisiensi sumber daya. Dengan demikian, penggunaan nanoteknologi akan membantu mengurangi biaya pertanian, peningkatan produktivitas, peningkatan nilai output, dan peningkatan pendapatan pertanian, serta konservasi dan peningkatan kualitas sumber daya alam dalam sistem produksi pertanian.

Nanobiopestisida mengandung senyawa metabolit sekunder yang berfungsi sebagai antibakteri dan antivirus dalam mengendalikan aphids yang telah berhasil menurunkan kehilangan hasil cabai merah hingga 79% di daerah endemik aphids dan penyakit virus kuning (Septariani *et al* 2020). Menurut (Nefri *et al*, 2018), nanobiopestisida serai wangi mampu mengendalikan penyakit mosaik pada tanaman nilam.

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan percobaan untuk mengetahui efektivitas nanopartikel bionsektisida serai wangi (*Cymbopogon nardus* L.) terhadap pengendalian *Bactrocera carambolae* pada tanaman cabai.

1.2 Tujuan

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efektivitas penggunaan nanopartikel bionsektisida serai wangi (*C.nardus* L.) terhadap pengendalian lalat buah (*B. carambolae*).

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi penggunaan nanopartikel biosektisida serai wangi yang baik dan efektif untuk pengendalian *B. carambolae* pada tanaman cabai serta sebagai salah satu sumber informasi penelitian terkait dengan pengendalian *B. carambolae*.

1.3 Hipotesis

Terdapat salah satu perlakuan nanopartikel bionsektisida serai wangi yang memberikan pengaruh terbaik terhadap hama *B.carambolae* pada tanaman cabai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Cabai (*Capsicum annum L.*)

Menurut klasifikasi dalam tata nama (sistem tumbuhan) tanaman cabai termasuk kedalam:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Dycotyledonae
Famili	: Solanaceae
Genus	: <i>Capsicum</i>
Spesies	: <i>Capsicum annum L.</i>

Tanaman cabai merupakan tanaman perdu tahunan yang tingginya berkisar antara 45 hingga 100 cm dan merupakan anggota suku terong (*Solanaceae*). Tanaman cabai dapat tumbuh subur pada ketinggian mulai dari 0 hingga 1200 meter di atas permukaan laut. Penyakit menyerang tanaman cabai di dataran tinggi yang berkabut dan lembab. Cabai tumbuh paling baik pada lokasi dengan curah hujan tahunan rata-rata 600 - 1250mm, bulan kering 3 - 8,5 bulan, dan sinar matahari lebih dari 45%. Cabai merupakan komoditas sayuran yang banyak ditanam petani di Indonesia karena harga jualnya yang tinggi. Cabai pada awalnya dikonsumsi sebagai suplemen makanan yang dikenal sebagai bumbu atau bumbu untuk memenuhi kebutuhan keluarga. Dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan manusia, cabai kini digunakan sebagai bahan baku industri dalam produksi kosmetik, obat-obatan, pewarna, dan produk lainnya (Ahmad, 2021)

Untuk mencapai perkembangan tanaman dan produksi buah yang optimal, persyaratan tanam tanaman cabai merah harus dipenuhi. Tanaman cabai merah sangat mudah beradaptasi. Tanaman ini dapat dibudidayakan di dataran rendah atau dataran tinggi hingga ketinggian 1400mdpl, namun pertumbuhannya lebih lambat di dataran tinggi. Suhu udara ideal untuk pertumbuhan tanaman cabai merah adalah 25-27 derajat celcius pada siang hari dan 18-20 derajat celcius pada malam hari. (Wati, 2018).

Benih cabai Arimbi merupakan salah satu cabai hibrida besar yang diciptakan oleh PT Bisi Internasional yang memiliki berbagai karakteristik seperti produksi tinggi, berbuah tebal, dan panen sekitar 86 hari setelah tanam dengan potensi hasil sekitar 27 ton/ha. Dapat menyesuaikan diri dengan berbagai ketinggian, rawan layu dan antraknosa (Kementan RI, 2000)

Zat kimia capsaicin yang terkandung dalam biji cabai di plasenta, yaitu kulit cabai bagian dalam yang berwarna putih tempat menempelnya biji menyebabkan rasa pedas pada cabai. Rasa pedas membantu mengatur sirkulasi darah dan memperkuat jantung, arteri, dan saraf. Harga cabai dari tahun ke tahun terus meningkat, namun produksi tanaman cabai di Indonesia terus menurun karena berbagai masalah seperti serangan hama dan penyakit, serta kualitas tanah yang buruk akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan. (Wati,2018)

2.2 Klasifikasi Hama Lalat Buah (*Bactrocera carambolae*)

Menurut Ladja (2018) Hama *B. carambolae* taksonomi sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Diptera
Famili	: Tephritidae
Genus	: <i>Bactrocera</i>
Spesies	: <i>Bactrocera carambolae</i>

Hama *Bactrocera* spp. memiliki karakteristik yaitu tubuh berbuku-buku, serta ruas tubuh primer dan organ tambahan seperti kaki dan antena. Lalat buah adalah serangga dengan tiga bagian tubuh: kepala, rongga dada (toraks), dan perut (abdomen). Lalat buah memiliki tiga pasang kaki di bagian ruas-ruas dadanya.

B. carambolae ditemukan di Indonesia antara lain: pulau Jawa, Kalimantan, Lombok, Sumatera, Sumbawa Timur. Sedangkan diluar negeri antara lain: Asia tenggara, India, Guinea Prancis, Guyana, Malaysia, Singapura, Suriname, Vietnam, Brasil dan Thailand. Adapun tanaman inang jenis ini meliputi berbagai buah-buahan seperti belimbing, jambu biji, jambu air, cabai, tomat, nangka dan mangga (*The*

Australian Handbook for the Identification of Fruit Flies, 2018)

Spesies ini memiliki ciri-ciri khusus antara lain: toraks berwarna hitam dominan dengan vittae lateral postutural vittae warna kuning dan tidak ada medial postural vittae. Sayap memiliki pita kosta dari ujung ke ujung, perut berwarna oranye kecokelatan dengan garis gelap (hitam) menjulur dan pola berbentuk persegi (Suputa *et a.*, 2013). Selain itu, bagian perut hama *B.carambolae* dicirikan dengan bentuk huruf T yang jelas. (Bruce, 2013)

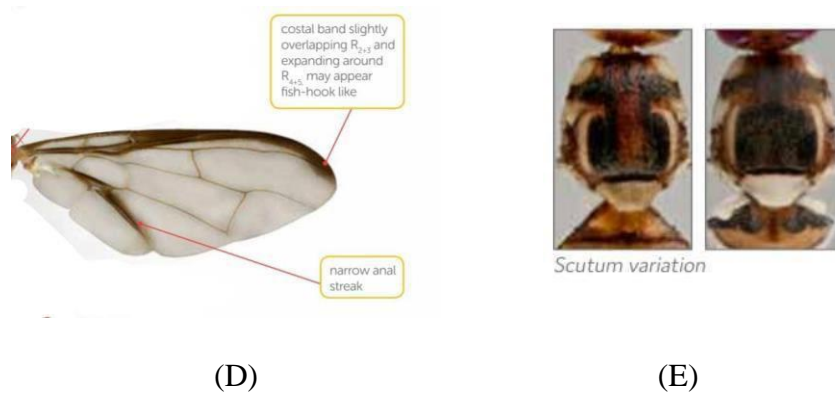
Bactrocera Carambolae memiliki kemiripan dengan *B. Opiliae* yang berasal dari Australia, tetapi membedakan dirinya dengan adanya pita yang lebih lebar, pita berbentuk persegi panjang pada Tergum IV, dan Tibia yang berwarna gelap. Spesies ini juga serupa dengan *B. Musae* dari Australia, namun mempunyai perbedaan dalam hal vittae lateral yang lebih panjang dan paralel, pita yang lebih luas, 'T' yang lebih jelas pada bagian perut, dan pita persegi panjang pada Tergum IV. Bila dibandingkan dengan *B. Dorsalis* yang eksotis, spesies ini memiliki perbedaan dalam pita yang lebih lebar yang tumpang tindih R2+3 dan memanjang di sekitar R4+5, sesekali menunjukkan titik subapikal pada Femora keempat, dan mempertahankan pita persegi panjang pada Tergum IV. Marker molekuler secara khas memisahkan *B. Carambolae* dari *B. Musae*, *B. Opiliae*, dan *B. Dorsalis* (*The Australian Handbook for the Identification of Fruit Flies*, 2018)



(A)

(B)

(C)



Gambar 2.1. Bagian-bagian *Bactrocera carambolae* : (A) Caput, (B) Lateral thorax, (C) Abdomen, (D) Sayap, (E) Scutum

(Sumber: *The Australian Handbook for the Identification of Fruit Flies*, 2018)

Menurut Amalia (2021) Siklus hidup lalat buah memiliki empat fase metamorphosis. Fase tersebut terdiri dari telur, larva, pupa dan imago sebagai berikut:

1. Telur Lalat buah betina meletakkan telur ke dalam buah dengan menusukkan ovipositornya (alat peletak telur). Bekas tusukan itu ditandai adanya noda/titik hitam yang tidak terlalu jelas dan hal ini merupakan gejala awal serangan lalat buah. Telur lalat buah berukuran panjang sekitar 2 mm dan berbentuk elips hampir datar di bagian ujung ventral, cekung dibagian dorsal. Telur berwarna putih dan diletakkan secara berkoloni di dalam buah.
2. Larva bentuk dan ukurannya bervariasi tergantung pada spesies dan ketersediaan nutrisi penting dalam media makanan. Larva berwarna putih kabur atau putih kekuningan, berbentuk elips, dengan salah satu ujungnya runcing dan dua titik hitam yang jelas, yang berfungsi sebagai alat pengait mulut. Larva lalat buah memiliki tiga instar, dan ketika mencapai instar ketiga, mereka akan muncul dari buah, jatuh ke permukaan tanah, dan kemudian menembus tanah. Larva berkembang menjadi pupa di dalam tanah.
3. Pupa (kepompong) berbentuk lonjong, berwarna coklat, dan panjang 5mm. Tahap kepompong berlangsung 4-10 hari, setelah itu lalat buah dewasa (imago) muncul. Perkembangan pupa tergantung pada kelembaban tanah

Pupa ditemukan sekitar 2-3cm di bawah permukaan tanah. Setelah 13-16 hari, pupa berubah menjadi imago.

4. Imago lalat buah terdiri dari kepala, dada, dan perut. Lalat buah dewasa memiliki panjang tubuh 3,5-5 mm dan berpenampilan hitam kuning. Caput dan kaki keduanya berwarna coklat. Perut jantan berbentuk bulat, dada berwarna hitam, dan betina memiliki ovipositor. Di daerah tropis, siklus hidup lalat dari telur hingga dewasa berlangsung selama 25 hari.

Lalat buah betina memasukkan ovipositor ke dalam buah untuk bertelur. Bekas tusukan ditandai dengan bintik hitam yang tidak terlalu terlihat, yang merupakan tanda awal penyerangan. Lalat buah betina menggunakan indra penciuman antenanya untuk memilih buah yang cocok untuk bertelur (Sunarno dan Martha, 2017).

2.3 Kerusakan *B. carambolae*

Tanda-tanda serangan lalat buah pada inang dapat dideteksi pada struktur buah yang diserang lalat buah. *B. carambolae* sering mengincar bagian buah yang kulitnya pipih (tipis) dan dagingnya lembek. Serangan lalat buah ini sering dijumpai pada buah yang hampir masak.

Munculnya titik-titik coklat kecil yang membentuk nekrotik di permukaan kulit buah yang disebut bekas tusukan ovipositor lalat buah yang merupakan salah satu tanda awal serangan pada lalat buah. Aktivitas larva pada buah menyebabkan bercak hitam menyebar. Pada Fase larva lalat buah memakan daging buah sampai membusuk. Dibandingkan dengan bagian lainnya, stadium yang merugikan dan paling merusak adalah bagian larva (Septiawati,2021).

Buah yang terinfeksi menjadi lunak dan berubah warna. Buah yang terserang akan gugur sebelum matang. Untuk menghindari pembaharuan lalat buah, buah yang jatuh harus diambil atau dimusnahkan dengan cepat supaya tidak menjadi regenerasi lalat buah. Karena spesies *B.carambolae* mempunyai beberapa inang yang biasanya ditemukan menyerang berbagai macam buah-buahan dan sayur-sayuran. Rusaknya larva menyebabkan buah jatuh sebelum matang. Hama lalat buah umumnya yang paling mendatangkan kerugian dan kerusakan pada panen sayur dan buah. Tetapi bagian tanaman lainnya tidak terpengaruh juga dapat terus menghasilkan buah.

Intensitas serangan di lapangan bervariasi sesuai keberadaan populasi lalat buah. Tingkat serangan populasi hama yang besar juga umum terjadi. (Septiawati, 2021).

Lalat buah merusak buah dengan bertelur di dalamnya. Setelah tiga hari, larva akan menetas dan memakan daging buah hingga membusuk. Akibatnya buah jatuh ke tanah dan tidak bisa dipetik. Bagian luar buah biasanya mulus, tetapi bagian dalamnya membusuk. Larva lalat buah tinggal di dalam buah selama 3 sampai 9 hari sebelum melompat ke tanah dan berkembang menjadi kepompong. Setelah tiga hari, pupa matang menjadi imago, siap kawin dan bertelur di buah segar. (Septiawati, 2021).

2.4 Pengendalian *Bactrocera carambolae*

B. carambolae adalah hama yang signifikan dalam pertanian, khususnya pada tanaman seperti belimbing, cabai, nangka dan mangga. Menurut Isasawin (2014) Beberapa metode pengendalian yang umumnya digunakan untuk hama semacam ini meliputi:

1. Pengendalian Biologi: Ini melibatkan penggunaan parasitoid, seperti tawon dari famili *Braconidae*, yang menginfeksi dan membunuh lalat buah sebagai bagian dari siklus hidup mereka. Spesies tertentu dari parasitoid mungkin lebih efektif dalam mengendalikan populasi *B. carambolae* daripada yang lain, tergantung pada berbagai faktor ekologis dan perilaku. Adapun pengendalian hayati juga menggunakan pestisida nabati yang dilakukan dengan menggunakan nanopartikel bionsektisida serai wangi. Nanopartikel bionsektisida serai wangi menjadi salah satu pengendalian yang cukup efektif dalam mengendalikan hama *B. carambolae* karena paling cepat berkembang, yang memberikan solusi untuk banyak masalah lingkungan karena perilaku ramah lingkungan dan efektivitas biaya, ukuran kecil (1-100 nm), dan luas permukaan yang besar.
2. Pengendalian Kimia: Penggunaan insektisida bisa efektif, tetapi mereka juga dapat membahayakan organisme non-target dan berpotensi memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Sebagai alternatif, metode pengendalian kimia yang lebih ramah lingkungan, seperti penggunaan lalat buah steril, mungkin dapat digunakan. Dalam metode ini, lalat buah jantan yang telah distabilisasi

dengan radiasi dilepaskan, dan mereka bersaing dengan lalat buah jantan alami untuk kawin dengan betina. Karena lalat buah jantan steril tidak dapat menghasilkan keturunan, ini mengurangi populasi lalat buah secara keseluruhan.

3. Pengendalian Budaya: Ini melibatkan perubahan praktik pertanian untuk membuat lingkungan kurang menguntungkan bagi lalat buah. Misalnya, memanen buah segera setelah matang (atau bahkan sedikit sebelum matang), serta membersihkan buah yang jatuh dari tanaman, dapat membantu mengurangi populasi lalat buah.

2.5 Tanaman Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* L.)



Gambar 2.2. Tanaman Serai Wangi (*C. nardus* L.)

Klasifikasi tanaman serai wangi (*C. nardus* L.) menurut Santoso (2017)

sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Monocotyledonae
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae
Genus	: <i>Cymbopogon</i>
Spesies	: <i>Cymbopogon nardus</i> L.

Tanaman serai wangi termasuk dalam famili poacea atau gramineae yang menghasilkan minyak atsiri. Tanaman serai wangi tumbuh pada ketinggian 60-140 mdpl di Indonesia. Tumbuhan ini tumbuh dengan berbagai ketinggian di berbagai daerah. Serai wangi dibiakkan dengan potongan rimpang.

Serai wangi merupakan tanaman herbal yang biasa ditanam di pekarangan rumah atau kebun masyarakat. Tumbuhan ini juga merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam makanan dan minuman di Asia. Beberapa penelitian tentang manfaat minyak serai menunjukkan bahwa minyak serai juga dapat digunakan sebagai obat dan pengawet. Aplikasi ekstrak serai wangi dapat digunakan sebagai obat nyamuk.

2.6 Kandungan Senyawa Kimia Serai Wangi dan Manfaatnya

2.6.1 Kandungan Senyawa Kimia Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* L.)

Minyak serai wangi diketahui mengandung geraniol dan sitronel, menurut Bota (2015). Senyawa sitronelal bekerja sebagai insektisida dan penolak (pengusir dan penghambat serangga), serta sesquiterpen yang diduga dapat mengganggu reproduksi serangga.

Ekstrak serai wangi mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, dan saponin, sesuai hasil uji skrining fitokimia. Menurut Yulianita *et al.* (2019), bahwa serai wangi mengandung senyawa meliputi flavonoid, alkaloid, saponin, polifenol, tanin, dan minyak atsiri (termasuk khavikol, chavibetol, carvacrol, eugenol, monoterpen, dan estragol). Daun dan minyak atsirinya merupakan komponen tanaman yang berpotensi mengendalikan hama.

Dari beberapa kandungan yang ada pada daun serai wangi, beberapa senyawa berpotensi sebagai larvasida yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati adalah:

1. Flavonoid memasuki tubuh larva melalui racun perut. Zat-zat tersebut selanjutnya mencapai sel-sel saraf dan dapat membatasi kerja sistem pernapasan, menyebabkan larva kekurangan oksigen, yang kemudian dapat diserap, mengakibatkan kematian larva. Bahan kimia flavonoid bersifat toksik (beracun) bagi larva selain itu juga menjadi penghambat sistem pernapasan (Kasman *et al.*, 2020).

2. Alkaloid memasuki tubuh larva melalui racun perut yang tertelan bersamaan dengan pakan larva dan senyawa ini bersifat racun pada lambung. Bahan kimia tersebut bekerja sebagai racun perut dengan melemahkan sistem saraf yang terletak di organ pencernaan larva. Selanjutnya, bahan kimia alkaloid berfungsi sebagai zat antifeedant, mengurangi rasa lapar larva dan menyebabkan larva mati secara perlahan (Octaviana *et al.*, 2020).
3. Saponin memasuki tubuh larva melalui racun kontak dan racun perut. Bahan kimia ini bertindak untuk mengiritasi selaput lendir larva dengan racun kontak; jika senyawa ini masuk melalui racun lambung, senyawa tersebut dicerna dan beredar melalui pembuluh darah. Senyawa menyebabkan cedera arteri darah dan hemolisis sel darah (Jiang *et al.*, 2018).
4. Tanin merupakan bahan kimia yang berasa pahit. Zat ini antifeedant untuk larva. Selanjutnya, tanin membatasi aktivitas enzim protease. Enzim protease dihambat dengan mengikat protein yang dikatalisis oleh enzim. Hal ini menyebabkan kelainan sistem pencernaan pada larva yang berujung pada kematian (Sari dan Isworo, 2020).
5. Minyak atsiri (khavikol, chavibetol, carvacrol, eugenol, monoterpenes, estragol) merupakan bahan kimia aktif dalam minyak serai wangi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pestisida nabati untuk melawan hama dan penyakit tanaman.

Hal ini dapat mengendalikan penyakit tanaman yang bersifat anti-jamur, anti-bakteri, antivirus, dan anti-nematoda, serta kemampuannya untuk membunuh, mengusir, dan memperlambat aktivitas memakan hama. Minyak serai wangi juga bertindak sebagai penolakserangga (*repellent*) (Septariani, 2020)

2.6.2 Manfaat Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* L.)

Penggunaan minyak atsiri sebagai komponen dalam pestisida organik merupakan teknik alternatif yang aman dibandingkan pestisida kimia. Serai wangi (*C. nardus* L.) merupakan salah satu tanaman yang mengandung minyak atsiri dan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai komponen dalam pembuatan insektisida organik (Arfianto, 2016).

Minyak atsiri banyak digunakan di Indonesia, mulai dari pemanfaatan aroma minyak atsiri hingga penggunaan minyak atsiri sebagai obat dan bahan tambahan makanan. Indonesia memiliki kekayaan tanaman penghasil minyak atsiri yang tinggi, sehingga membuka peluang bagi negara untuk menciptakan minyak atsiri sebagai pestisida nabati. Dalam hal aktivitas biologis, efektivitas, kompatibilitas, objek target, dan keamanan lingkungan, minyak atsiri sangat menjanjikan sebagai insektisida nabati. (Rohmawati, 2015)

Keuntungan menggunakan ekstrak serai wangi, Menurut Arfianto (2016) adalah:

1. Teknologi pembuatannya sederhana dan murah, sehingga dapat diproduksi dalam skalakecil;
2. Tidak menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan atau makhluk hidup, sehingga relatif aman untuk digunakan;
3. Tidak ada resiko keracunan tanaman, sehingga tanaman lebih sehat dan bebas dari kontaminasi bahan kimia berbahaya;
4. Tidak menimbulkan resistensi (kekebalan) hama, sehingga aman bagi keseimbangan ekosistem; dan
5. Hasil pertanian yang lebih sehat terhindar dari residu pestisida kimiawi

Adanya komponen aktif dari seluruh bagian tanaman serai wangi berupa ekstrak/minyak atsiri yang diperoleh dari penggunaan insektisida organik serai wangi. Minyak atsiri atau senyawa kimia minyak atsiri (seperti khavikol, chavibetol, carvacrol, eugenol, monoterpenes, dan estragol).

Serai wangi (*C. nardus* L) memiliki bioaktivitas terhadap serangga, artinya dapat mengusir, mencegah, atau membunuh serangga, sehingga dimaksudkan untuk bekerja sebagai pestisida nabati. Kemampuan ini disebabkan oleh adanya minyak atsiri pada tanaman ini (Herminanto, 2016). tepung daun serai wangi mengandung silika (SiO₂) yang berfungsi sebagai bahan pendehidrasi pada tubuh serangga (Kardinan, 2011).

2.7 Nano Teknologi

Seorang fisikawan bernama Richard P. Feynman pertama kali mengusulkan gagasan tentang nanoteknologi dalam pertemuan ahli fisiknya di Amerika pada tahun 1979. Beranggapan bahwa "nanoteknologi" mengacu pada teknologi yang sangat kecil (nano). Istilah "nano" berasal dari bahasa latin yang mengacu pada sesuatu yang kecil atau sepermiliar (10^{-9} nm). (Pratama, 2014)

Penerapan nanoteknologi akan mendukung upaya pencapaian swasembada pangan dan pengembangan produk lokal berdaya saing tinggi, namun pengembangan nanoteknologi di Indonesia belum banyak dilakukan, khususnya di bidang pertanian dan pengolahan pangan (Hoerudin dan Irawan 2017). Ketersediaan material nano yang memiliki potensi besar bagi industri besar berbasis nanoteknologi yang berdaya saing tinggi dengan memanfaatkan kekayaan alamnya, termasuk potensi kekayaan alam pertanian dan pangan yang melimpah dapat mendukung potensi Indonesia untuk mengembangkan nanoteknologi.

Penggunaan nanoteknologi dalam pertanian meliputi rekayasa genetik untuk menghasilkan benih yang lebih baik. Pestisida, pupuk, sensor tanah, pakan ternak, obat-obatan hewan, makanan, obat herbal, dan kemasan antibakteri, serta komposit anti-perembesan gas, semuanya dapat memperoleh manfaat dari nanopartikel dan nanoemulsi. Nanoteknologi banyak digunakan dalam berbagai hal, misalnya meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan bahan alam di dalam tanah, mempelajari mekanisme dan dinamika unsur hara di dalam tanah (Yanuar *et al*, 2017).

2.7.1 Manfaat Nanoteknologi Di Bidang Pertanian

Nanoteknologi digunakan di bidang pertanian untuk meningkatkan hasil panen, kualitas produk, penerimaan konsumen, dan efisiensi sumber daya. Dengan demikian, penggunaan nanoteknologi akan membantu pengurangan biaya pertanian, peningkatan produktivitas, pengembangan nilai produksi, dan peningkatan pendapatan pertanian, sekaligus mendukung perlindungan dan peningkatan sumber daya alam dalam sistem produksi pertanian.

Hermosn dan Pérez-deLuque (2016) Nanoteknologi memiliki tiga aplikasi di bidang pertanian: (1) formulasi nano agrokimia untuk aplikasi pestisida dan pupuk pada tanaman menggunakan tiga jenis bahan material nano, yaitu polimer organik, senyawa anorganik, dan bahan hibrid (komposit nano); (2) potensi pengembangan perangkat nano untuk pemrosesan genetik tanaman; dan (3) penggunaan sensor nano dalam produksi tanaman untuk introduksi penyakit dan residu agrokimia.

Upaya untuk meningkatkan produktivitas hasil pertanian dalam pengaplikasian nanoteknologi meliputi nanoporous, nanonutrisi, slow released, nanoenkapsulasi, sensor nano untuk pupuk, herbisida, stabilitas tanah, dan penggunaan nanoteknologi lainnya dalam pertanian. Beberapa ahli berpendapat bahwa pestisida nanopartikel berbahaya bagi manusia karena dapat menginfeksi kulit atau terhirup dan masuk ke paru-paru mencapai otak. Efektifitas pestisida yang dapat ditingkatkan berkali-kali lipat dengan mengubahnya menjadi nanopartikel dapat dijadikan landasan aplikasi pestisida nabati berbahan dasar organik seperti rosemary, cengkeh, lavender, kemangi, paitan, dan beberapa minyak atsiri yang berpotensi menjadi pestisida nabati (Yanuar et al, 2017).

Pengembangan formulasi pestisida berbasis nanoteknologi yang bertujuan melepaskan bahan kimia aktif dalam jumlah yang dibutuhkan dan memadai sebagai respons terhadap pemicu lingkungan dan kebutuhan biologis. Hal ini sesuai dengan Manjunatha *et al.* (2016) menegaskan bahwa nanoteknologi memiliki potensi besar untuk membantu sistem yang berkelanjutan, sedangkan Duhan *et al.* (2017) menegaskan bahwa nanoteknologi adalah perspektif pertanian baru yang tepat. Menurut Worrall *et al* (2018), nanoteknologi berpotensi meningkatkan toksisitas pestisida, umur simpan, dan kelarutan insektisida yang sulit larut di udara.

2.8 Pemanfaatan Nanopartikel Dalam Pengendalian Hama dan Penyakit Tumbuhan

Kelemahan minyak esensial dalam insektisida nabati mudah menguap dan tidak stabil. Akibatnya, bahan aktif dalam minyak atsiri harus disintesis dalam bentuk yang lebih stabil yaitu bentuk nanopartikel. Beberapa temuan studi tentang nanobiopestisida yang efisien untuk mengendalikan hama dan penyakit termasuk kemampuan nanobiopestisida berbahan *Bacillus thuringiensis* menyebabkan

kematian serangga trichoplusia hingga 100%.

Telah dilakukan penelitian di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) tentang pemanfaatan nanoteknologi dalam pembuatan pestisida organik untuk mengendalikan hama dan penyakit pada tanamankopi, khususnya penggunaan nanobiofungisida cengkeh yang efektif mengendalikan hama PBKo dan karat daun dengan dosis 9%.

Penyakit busuk buah atau antraknosa yang disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum capsici* yang merupakan penyakit tanaman yang umum menyerang pada tanaman cabai. Jika dibandingkan dengan pestisida tradisional, penggunaan biopestisida nano lebih efektif, selektif, atau spesifik, sehingga pencemaran dan toksisitas lingkungan lebih sedikit. Pada uji laboratorium, Ag-ChNPs 500 pm dan Cu-ChNPs 1000 ppm menghambat perkembangan jamur *Colletotrichum capsici* masing-masing sebesar 17,3 dan 42,3% (Dewantara at all, 2019).

Nanobiopestisida dengan formula minyak serai wangi mengandung bahan kimia aktif seperti senyawa citral, serai, geraniol, myrsena, nerol, metil heptenol, dan dipentena, dengan kandungan sitronelal sebesar 35% dan geraniol sebesar 35-40%. Shahabuddin dan Alam (2010) dalam Bergeson (2016) mengatakan bahwa nanobiosektisida dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit yang menyerang pada tanaman.