



Controlling *Bactrocera* sp Fruit Flies Using Several Essential Oils from Clove, Lemongrass, Citronella Grass and Eucalyptus Plants on Chili Plants (*Capsicum annuum* L.)

Pupung Purnawan^{1*}, Yusup Hidayat², & Danar Dono²

¹Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor

²Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor

*Corresponding Author: pupung22002@mail.unpad.ac.id

Received March 07, 2025; revised May 27, 2025; accepted June 02, 2025

ABSTRACT

Fruit flies are the main pests on chili plants. Controlling fruit flies using synthetic insecticides can leave residues that are harmful to health. An alternative control that is relatively safe for the environment and human health is to use natural pesticides such as essential oils. This study aimed to obtain essential oils that are effective in controlling fruit fly attacks on chili plants. The study used an experimental method with a randomized block design (RAK) consisting of 5 essential oil treatments, namely clove leaf oil, lemongrass oil, citronella grass oil, eucalyptus oil and clove flower oil, along with a synthetic insecticide (Deltamethrin 25 g/L) and control. The experiment was repeated 4 times. Observations were made on the intensity of fruit fly attacks on chili fruit, insecticide efficacy, its effect on natural enemies and the weight of chili fruit. The results of the experiment showed that all essential oils tested, except clove flower oil, could significantly suppress *Bactrocera* sp. attacks on chili plants. The lowest percentage of fruit fly attacks was found in the clove leaf oil treatment, which was 59.17%, whereas in control it reached 93.84 %. The use of essential oils including clove leaf oil did not significantly affect the population of the natural enemies, ladybug (*Harmonia axyridis*) and praying mantis (*Mantis religiosa*). All essential oils tested, except eucalyptus oil, also did not significantly affect the population of the natural enemy spider (*Araneus ventricosus*). There was no significant difference in the weight of chili fruit between all treatments tested.

Keywords: *Bactrocera* sp, Botanical pesticides, Clove leaf oil, Repellent

Pengendalian Lalat Buah *Bactrocera* sp Menggunakan Beberapa Minyak Atsiri Asal Tanaman Cengkeh, Serai Dapur, Serai Wangi dan Kayu Putih Pada Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.)

ABSTRAK

Lalat buah merupakan hama utama pada tanaman cabai. Pengendalian lalat buah menggunakan insektisida sintetis dapat meninggalkan residu yang berbahaya bagi kesehatan. Salah satu alternatif pengendalian yang relatif aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia adalah dengan menggunakan pestisida alami seperti minyak atsiri. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan minyak atsiri yang efektif dalam mengendalikan serangan lalat buah pada tanaman cabai. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri dari 5 perlakuan minyak atsiri yaitu minyak daun cengkeh, minyak serai dapur, minyak serai wangi, minyak kayu putih dan minyak bunga cengkeh, beserta insektisida sintetis (Deltamethrin 25 g/L) dan kontrol. Setiap perlakuan diulang sebanyak empat kali. Pengamatan dilakukan terhadap intensitas serangan lalat buah pada buah cabai, efikasi insektisida, pengaruhnya terhadap musuh alami dan bobot buah cabai. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semua minyak atsiri yang diuji, kecuali minyak bunga cengkeh, mampu menekan serangan *Bactrocera* spp. pada tanaman cabai secara nyata. Persentase serangan lalat buah terendah terdapat pada perlakuan minyak daun cengkeh yaitu sebesar 59,17%, sedangkan pada kontrol mencapai 93,84%. Penggunaan minyak atsiri termasuk minyak daun cengkeh tidak berpengaruh nyata terhadap populasi musuh alami yakni kumbang *Harmonia axyridis* dan belalang sembah (*Mantis religiosa*). Semua minyak atsiri yang diuji, kecuali minyak kayu putih, juga tidak berpengaruh nyata terhadap populasi musuh alami yaitu laba-laba (*Araneus ventricosus*). Tidak terdapat perbedaan nyata bobot buah cabai pada semua perlakuan yang diuji.

Kata Kunci: *Bactrocera* sp, Minyak daun cengkeh, Pestisida nabati, Repelen .

PENDAHULUAN

Cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia. Produksi cabai di

Indonesia pada tahun 2022 sebanyak 3,02 juta ton dengan produktivitas 9,03 ton/ha (FAOSTAT, 2024). Produktivitas ini masih lebih rendah dari potensinya

yang mencapai 10 ton/ha (Prabowo *et al.*, 2018). Salah satu kendala yang dihadapi dalam budidaya tanaman cabai adalah serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), salah satunya adalah lalat buah (Muhlison *et al.*, 2021). Lalat buah merupakan hama utama pada tanaman cabai yang berpotensi menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan (Arfan & Arminudin, 2011). Kehilangan hasil akibat serangan lalat buah dapat mencapai 30-60% (Muhlison *et al.*, 2021).

Serangan lalat buah pada tanaman cabai dapat menurunkan kualitas dan produksi buah cabai. Lalat buah betina meletakkan telurnya di dalam buah cabai (Patty, 2012). Setelah menetas, larva lalat buah akan menyerang daging buah cabai sehingga seringkali menjadi busuk (Natalia, 2014). Apabila buah cabai dibelah, terdapat belatung-belatung kecil yang merupakan larva lalat buah. Buah cabai dapat gugur sebelum masak jika terserang lalat ini (Boopathi, 2013).

Pengendalian lalat buah oleh petani seringkali menggunakan insektisida sintetik. Akibatnya, produk pertanian terutama cabai dapat mengandung residu insektisida yang berbahaya bagi kesehatan manusia (EPA, 2021). Oleh karena itu, petani membutuhkan cara pengendalian lalat buah yang lebih aman bagi lingkungan dan manusia. Lalat buah dapat dikendalikan dengan berbagai teknik dan cara pengendalian. Pengendalian lalat buah secara biologis biasa dilakukan oleh dengan *Sterile Insect Release Method*, yaitu metode memandulkan lalat buah jantan. Teknik ini cukup efektif untuk mencegah oviposisi lalat buah, tetapi tidak efisien digunakan ditingkat petani karena memerlukan biaya yang sangat besar. Selain itu, penggunaan metil eugenol umum digunakan oleh petani sebagai atraktan untuk menangkap lalat buah (*Bactrocera sp.*), akan tetapi ME hanya efektif untuk menarik lalat buah jantan (Patty, 2024). Pengendalian lain bisa dilakukan secara biologi dengan memanfaatkan musuh alami (Sukri & Prayitno, 2016).

Pengendalian lalat buah juga dapat menggunakan minyak atsiri sebagai repelen dan insektisida. Bahan alam yang dilaporkan dapat berperan sebagai repelen lalat buah betina adalah minyak atsiri dari kayu manis (*Cinnamomum zeylanicum*) dan minyak litsea (*Litsea cubeba*) (Diongue *et al.*, 2010). Selain itu minyak atsiri kemangi (*Ocimum basilicum*) juga dapat digunakan sebagai insektisida lalat buah betina (Chang *et al.*, 2009). Minyak atsiri pohon te beraroma lemon (*Leptospermum petersonii*), Bijanggut pedas (*Mentha piperita*), Myrtle madu (*Melaleuca teretifolia*) mampu mengusir *Bactrocera tryoni* betina (Hidayat *et al.*, 2013). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui minyak atsiri asal tanaman cengkeh, serai dan kayu putih yang mampu mengendalikan serangan lalat buah pada tanaman cabai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Legok Muncang, Fakultas Pertanian Universitas

Padjadjaran. Lalat buah yang menjadi target dari penelitian ini adalah lalat buah yang berada disekitar kebun percobaan. Minyak atsirinya diformulasi di Laboratorium Pestisida dan Toksikologi Lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode percobaan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Percobaan menguji keefektifan lima jenis minyak atsiri, insektisida sintetik dan kontrol. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali.

Minyak Atsiri dan Formulasinya

Minyak atsiri yang akan digunakan sebagai repelen terdiri dari minyak daun cengkeh (*Eugenia caryophyllus*), minyak serai wangi (*Cymbopogon winterianus*), minyak serai dapur (*Cymbopogon citratus*), minyak kayu putih (*Melaleuca leucadendron L var cajuputi*), dan minyak bunga cengkeh (*Eugenia caryophyllus*) (PT. Van Aroma). Sebelum digunakan, minyak atsiri dibuat formulasinya terlebih dahulu agar tercampur dengan air secara homogen. Untuk itu, masing-masing minyak atsiri (30%; v/v) dicampur dengan pengemulsi yaitu Tween 20, Span 80 dan asam oleat (40%; v/v) serta minyak kelapa (30%; v/v) (Subur Kimia Jaya). Formulasi minyak atsiri disimpan dalam botol plastik kemudian ditutup rapat.

Pembibitan dan Penanaman Cabai

Tahap awal penanaman cabai adalah dengan menyemai benih cabai pada baki semai. Jenis benih cabai yang digunakan adalah Pilar F1. Media tanam yang digunakan terdiri dari tanah, kompos dan arang sekam dengan perbandingan 1:1:1 (v/v). Penyemaian bibit cabai dilakukan pada tray plastik berwarna hitam yang terdiri dari 128 lubang semai. Benih cabai yang disemai sebanyak 1 benih per lubang semai. Penyiraman dilakukan satu kali setiap hari pada pagi hari. Bibit cabai siap untuk dipindah tanam setelah berusia 4-5 minggu.

Penanaman bibit cabai dilakukan di polybag (40 cm x 42 cm) dengan media tanam terdiri dari campuran tanah, kotoran ayam dan sekam padi dengan perbandingan 2:1:1 (v/v). Satu minggu sebelum pindah tanam, media tanam di atas diberi pupuk phosphor (SP36) terlebih dahulu dengan dosis 4 g/polybag. Pindah tanam bibit cabai dilakukan pada sore hari dan setelah itu dilakukan penyiraman setiap hari. Pemupukan NPK dilakukan setiap minggu dengan sistem kocor. Jumlah pupuk NPK yang dilarutkan ke air sebanyak 150 gram per 20 L air. Pemeliharaan tanaman lainnya mencakup pemasangan ajir, penyiangan, pembuangan tunas air dan pengendalian organisme pengganggu tanaman lainnya dengan menggunakan pestisida nabati.

Pengujian Efektivitas Minyak Atsiri dalam Mengendalikan Serangga Lalat Buah pada Tanaman Cabai

Langkah pertama disiapkan tanaman cabai yang sudah berbuah (hijau) sebanyak 112 tanaman yang masing-masing dipelihara pada plastik polybag ukuran

40 cm x 42 cm. Terdapat tujuh perlakuan yang diuji dengan jumlah ulangan sebanyak empat kali, yaitu 5 jenis minyak atsiri : Daun cengkeh (*S. aromaticum*), sereh wangi (*C. winterianus*), sereh dapur (*C. citratus*), kayu putih (*Melaleuca leucadendron*), dan bunga cengkeh (*S. aromaticum*), 1 insektisida pembanding (Deltamethrin 25 g/L), dan kontrol. Untuk setiap perlakuan terdapat 4 tanaman cabai dengan jarak antar tanaman 50 cm x 70 cm. Tanaman cabai ditempatkan di kebun percobaan dengan jarak antar petak perlakuan yaitu 1 meter. Konsentrasi minyak atsiri yang digunakan yaitu 5 mL/L, sementara untuk insektisida pembanding (Deltamethrin 25 g/L) sebanyak 1 mL/L. Untuk plot kontrol, tanaman cabai diberi perlakuan dengan air. Semua perlakuan dilakukan dengan 4 kali ulangan. Emulsi minyak atsiri diaplikasikan menggunakan *knapsack sprayer* dengan volume semprot sebanyak 400-600 L/ha. Aplikasi minyak atsiri dan pestisida sintetis dilakukan 1 minggu sekali setelah tanaman mulai berbuah.

Pengamatan dilakukan 6 hari setiap setelah aplikasi terhadap persentase buah cabai yang terserang lalat buah. Pengamatan dilakukan dari tanaman berbuah sampai musim panen. Persentase serangan lalat buah dihitung dari jumlah buah cabai yang terserang. Rumus perhitungan persentase serangan lalat buah yaitu: $P = (a/(a+b)) \times 100\%$, dimana P adalah persentase serangan lalat buah, a adalah jumlah buah cabai yang terserang lalat buah, dan b adalah jumlah cabai tidak terserang lalat buah. Untuk menghitung tingkat efikasi insektisida digunakan rumus $EI = ((Ca - Ta) / Ca) \times 100\%$, dimana EI adalah efikasi insektisida, Ca adalah persentase kerusakan buah cabai pada kontrol, dan Ta adalah persentase kerusakan buah cabai pada perlakuan. Nilai efikasi yang dianggap efektif jika sekurang-kurangnya terdapat $(1/2 n + 1)$ kali pengamatan yang nilai efikasinya $\geq 70\%$.

Pengamatan juga dilakukan terhadap musuh alami yang ada pada setiap petak perlakuan yang mencakup serangga predator. Pengamatan dilakukan pada keberadaan musuh alami dan kepadatan populasi musuh alami pada tanaman cabai. Pengamatan dilakukan pada bagian daun, bunga dan buah cabai.

Pengamatan juga dilakukan terhadap produksi tanaman cabai pada setiap perlakuan. Buah cabai yang dipanen adalah yang sudah berwarna merah dan pada buah yang sehat (tidak terserang hama dan penyakit).

Analisis Statistik

Data terlebih dahulu dianalisis normalitas dan homogenitasnya. Apabila terdapat data yang tidak normal dan tidak homogen, maka data ditransformasi terlebih dahulu. Selanjutnya, analisis yang dilakukan adalah *analysis of variance* (ANOVA) untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang nyata diantara perlakuan. Apabila hasil dari uji ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, maka data selanjutnya dianalisis lebih lanjut dengan Uji Tukey dengan taraf kepercayaan 95%.

Program statistik yang digunakan adalah Minitab Versi 21.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Serangan Lalat Buah pada Buah Cabai

Berdasarkan hasil pengamatan 3 - 13 minggu setelah tanam (mst) (Tabel 1) diketahui bahwa serangan lalat buah *Bactrocera* sp cenderung semakin meningkat. Pada perlakuan minyak daun cengkeh dan pestisida sintetis memiliki perkembangan serangan lalat buah yang paling rendah. Pada pengamatan 10 - 13 mst, perlakuan minyak daun cengkeh dan insektisida sintetis secara nyata menyebabkan intensitas serangan lalat buah *Bactrocera* sp yang lebih rendah dari kontrol. Pada pengamatan terakhir, intensitas serangan lalat buah *Bactrocera* sp (kumulatif) pada kontrol mencapai 93,84%, sementara pada perlakuan minyak daun cengkeh dan insektisida sintetis masing-masing hanya mencapai 59,17% dan 60,65%. Pada pengamatan terakhir, perlakuan minyak atsiri lainnya yaitu minyak serai wangi, minyak serai dapur dan minyak kayu putih juga menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap intensitas serangan lalat buah *Bactrocera* sp. Namun perlakuan minyak bunga cengkeh pada pengamatan terakhir menunjukkan hasil tidak berbeda nyata dengan kontrol.

Berdasarkan hasil perhitungan, tingkat efikasi semua perlakuan minyak atsiri yang diuji pada pengamatan 4 - 13 mst masih dibawah 50% (Tabel 2). Dengan demikian, semua perlakuan minyak atsiri yang diuji belum memenuhi kriteria insektisida yang efektif karena tingkat efikasinya masih kurang dari 70%. Insektisida yang diuji dapat dikatakan efektif bila memenuhi kriteria efektifitas uji, yakni jika sekurang-kurangnya terdapat $(1/2 n + 1)$ kali pengamatan yang nilai efikasinya $\geq 70\%$ (Kementan, 2013).

Efektivitas minyak atsiri terhadap lalat buah *Bactrocera* sp mengalami penurunan. Hal ini disebabkan beberapa faktor teknis yang mempengaruhi efektivitas dan validitas hasil. sebagai contoh akurasi dosis minyak atsiri di lapangan, dosis yang terlalu rendah tidak akan cukup kuat untuk memberikan efek penolakan terhadap lalat buah, sebaliknya dosis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan lalat buah bereaksi berbeda dalam adaptasi terhadap senyawa aktif. Selain itu faktor angin dapat mempercepat penguapan senyawa aktif sehingga lalat buah kurang terpapar minyak atsiri. Lalat buah dari populasi berbeda-beda di alam terbuka mungkin memiliki tingkat sensitivitas yang beragam terhadap perlakuan minyak atsiri. Jika digunakan lalat buah yang telah terbiasa dengan senyawa tertentu, mereka mungkin kurang responsif.

Terdapat banyak faktor yang memengaruhi ketahanan minyak atsiri di kebun percobaan. Salah satu faktornya adalah curah hujan yang tinggi. Pada saat dilakukan penelitian curah hujan di lokasi penelitian sedang tinggi, menurut Kantor Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG, 2024) Kabupaten Sumedang didominasi angin baratan sehingga

mengalami curah hujan menengah dan tinggi pada tahun 2024, kondisi ini berdampak pada formulasi minyak atsiri yang diaplikasikan di lapangan banyak mengalami *leaching*. Selain itu efikasi minyak atsiri di lapangan tergantung dari waktu, dosis dan konsentrasi minyak atsiri yang diaplikasikan dalam plot percobaan (Cassatin, 2021).

Ketahanan minyak atsiri yang diaplikasikan di lapangan lebih mudah terpapar faktor alami seperti hujan, sinar matahari, dan fluktuasi suhu dan kelembaban, sehingga bisa mempercepat penguapan dan degradasi senyawa aktif di lapangan.

Tabel 1. Intensitas serangan (kumulatif) lalat buah *Bactrocera sp* yang diberi perlakuan pada pengamatan minggu ke-3 s.d ke-13

Perlakuan (5 mL/L)	Intensitas Serangan <i>B. dorsalis</i> (%) ± SE / Petak										
	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST	9 MST	10 MST	11 MST	12 MST	13 MST
Minyak daun cengkeh	16,98 ± 1,89 a	19,66 ± 1,44 a	33,87 ± 2,56 a	32,52 ± 2,08 ab	36,82 ± 2,37 a	41,68 ± 2,24 a	43,33 ± 2,30 a	41,44 ± 2,37 b	40,03 ± 2,65 cd	46,79 ± 2,79 cd	59,17 ± 2,74 c
Minyak serai wangi	28,41 ± 1,89 a	25,29 ± 1,44 a	40,09 ± 2,60 a	39,97 ± 2,10 ab	47,78 ± 2,38 a	54,72 ± 2,27 a	58,63 ± 2,32 a	53,23 ± 2,41 ab	52,39 ± 2,61 bcd	64,43 ± 2,78 ab	76,38 ± 2,82 b
Minyak serai dapur	27,17 ± 1,92 a	31,24 ± 1,55 a	47,68 ± 2,61 a	47,47 ± 2,19 a	46,54 ± 2,37 a	59,69 ± 2,51 a	58,51 ± 2,29 a	55,74 ± 2,40 ab	56,27 ± 2,61 ab	61,00 ± 2,74 bc	71,64 ± 2,77 bc
Minyak kayu putih	16,75 ± 1,80 a	22,05 ± 1,44 a	33,05 ± 2,48 a	33,82 ± 1,97 ab	34,71 ± 2,32 a	41,33 ± 2,48 a	45,57 ± 2,44 a	47,97 ± 2,51 ab	50,91 ± 2,70 bcd	63,02 ± 2,82 ab	79,53 ± 2,77 b
Minyak bunga cengkeh	17,10 ± 1,80 a	21,45 ± 1,44 a	39,86 ± 2,45 a	37,45 ± 1,97 ab	40,83 ± 2,34 a	48,19 ± 2,54 a	52,42 ± 2,48 a	48,61 ± 2,53 ab	53,28 ± 2,70 bc	67,77 ± 2,75 ab	84,55 ± 2,71 ab
Deltametrin (25 g/L) 1 mL/L	17,36 ± 1,81 a	19,22 ± 1,47 a	25,60 ± 2,08 a	26,58 ± 2,02 b	32,63 ± 2,38 a	37,63 ± 2,58 a	43,14 ± 2,35 a	39,51 ± 2,61 b	38,85 ± 2,66 d	46,21 ± 2,72 d	60,65 ± 2,84 c
Kontrol	13,54 ± 1,79 a	22,76 ± 1,37 a	35,96 ± 1,94 a	43,77 ± 1,99 ab	47,85 ± 2,34 a	51,76 ± 2,53 a	56,94 ± 2,34 a	64,49 ± 2,56 a	70,44 ± 2,66 a	76,68 ± 2,69 a	93,84 ± 3,00 a

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf 5% (Uji Tukey).

Faktor lainnya adalah bahwa aplikasi minyak atsiri di lapangan terbuka menyebabkan lalat buah *Bactrocera sp* bisa menghindar atau memilih habitat lain yang lebih aman, sehingga daya tolak bisa tampak lebih rendah jika dibandingkan diaplikasikan dalam ruangan yang lebih terkontrol. Di area percobaan yang terbuka memungkinkan juga adanya infestasi lalat buah dari luar area aplikasi menuju kebun percobaan. Selain itu, aplikasi minyak atsiri di kebun percobaan bisa terpengaruh oleh kondisi lingkungan (kemiringan tanah dan vegetasi lain) yang berimplikasi pada akurasi formulasi minyak atsiri pada sasaran. Sering juga ditemukan dalam kebun percobaan minyak atsiri mengalami penguapan yang cepat (volatilitas) disebabkan faktor waktu aplikasi dan faktor cuaca. Dalam banyak studi, efektivitas minyak atsiri di lapangan biasanya lebih rendah dan fluktuatif, sehingga perlu banyak pengulangan aplikasi dan penggunaan formulasi yang tahan lama di kebun percobaan.

Walaupun hasil efikasinya masih rendah tetapi aplikasi minyak atsiri menunjukkan adanya gangguan subletal pada lalat buah di lapangan. Efek tersebut berupa gangguan perilaku lalat buah seperti menghindari area yang mengandung minyak atsiri dan menghambat perilaku makan pada tanaman yang diaplikasikan minyak atsiri. Pada perlakuan minyak atsiri lalat buah betina ditemukan menghindari peletakkan telur pada substrat yang banyak terpapar (Plata-Rueda *et al.*, 2020). Sebagaimana penelitian Lee *et al.* (2015) menunjukkan bahwa paparan minyak atsiri dari *Chamaecyparis obtusa* mengakibatkan penurunan umur hidup, aktivitas locomotor, dan fekunditas pada lalat buah *D. melanogaster*. Lalat buah yang terpapar minyak atsiri tampak lebih kehilangan kemampuan navigasinya. Lalat buah betina yang banyak terkena semprotan minyak atsiri menghasilkan lebih sedikit telur, telur yang gagal menetas dan stadium muda tidak berkembang sempurna (Renkema *et al.* (2020).

Minyak atsiri dapat menghambat enzim penting seperti AChE (Asetilkolinesterase). Penghambatan AChE menjadi salah satu faktor utama terjadinya gangguan neurofisiologis yang mengakibatkan perubahan perilaku hama (Lee *et al.*, 2001). Penelitian oleh Hosni *et al.* (2023) menemukan bahwa minyak atsiri dari berbagai tanaman memiliki aktivitas larvisida dan efek biokimia terhadap lalat buah persik, *Bactrocera zonata*. Efek ini mencakup gangguan pada enzim

detoksifikasi dan stres oksidatif. Beberapa senyawa (misalnya eugenol, citronellal) menghasilkan ROS (*Reactive Oxygen Species*) yang merusak sel serangga dan menurunkan kadar hormon pertumbuhan serangga. Paparan jangka panjang memicu ekspresi gen stres atau gen detoksifikasi. Efek subletal dari minyak atsiri pada lalat buah dapat mengurangi ketergantungan pada insektisida sintetis.

Tabel 2. Tingkat Efikasi Insektisida terhadap Lalat buah *Bactrocera* sp

Perlakuan (5 mL/L)	Efikasi Insektisida (%)									
	4 mst	5 mst	6 mst	7 mst	8 mst	9 mst	10 mst	11 mst	12 mst	13 mst
Minyak daun cengkeh	13,61	5,82	25,70	23,06	19,48	23,89	35,75	43,17	38,98	36,94
Minyak serai wangi	-11,14	-11,48	8,67	0,16	-5,73	-2,98	17,46	25,64	15,98	18,61
Minyak serai dapur	-37,25	-32,60	-8,46	2,74	-15,32	-2,77	13,57	20,11	20,45	23,66
Minyak kayu putih	3,13	8,09	22,73	27,47	20,15	19,97	25,62	27,73	17,82	15,25
Minyak bunga cengkeh	5,75	-10,84	14,44	14,67	6,90	7,93	24,62	24,37	11,62	9,90
Deltamethrin 25g/L (1 mL/L)	15,57	28,81	39,28	31,81	27,29	24,23	38,74	44,84	39,74	35,37
Kontrol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Serangan lalat buah pada penelitian ini sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena kondisi lingkungan biotik dan abiotik yang cocok bagi perkembangan lalat buah. Menurut Kardinan (2005) musim hujan merupakan kondisi optimal bagi serangan lalat buah.

Meskipun tidak ada satupun perlakuan minyak atsiri yang memenuhi kriteria efektif, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa minyak daun cengkeh memiliki potensi paling tinggi untuk pengendalian serangan lalat buah *Bactrocera* sp pada tanaman cabai. Sangat sedikit informasi mengenai laporan keefektifan minyak daun cengkeh dalam pengendalian lalat buah *Bactrocera* sp. El-Maghraby *et al.* (2023) melaporkan bahwa minyak daun cengkeh memiliki nilai LC₅₀ sebesar 7224.01 µg/mL terhadap lalat buah *Bactrocera zonata*.

Minyak atsiri dari daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sering dianggap lebih potensial dalam mengendalikan lalat buah dibandingkan minyak atsiri lainnya. Minyak atsiri daun cengkeh kaya akan eugenol, senyawa yang memiliki sifat insektisida dan repelan Eugenol dapat mengganggu sistem saraf serangga, sehingga dapat menghambat aktivitas dan reproduksi lalat buah. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa minyak atsiri daun cengkeh dapat mengurangi daya tarik buah bagi lalat buah, sehingga menurunkan risiko infestasi. Minyak daun cengkeh juga dapat bertindak sebagai senyawa toksik yang mengurangi populasi lalat secara langsung. Selain itu, Minyak atsiri daun cengkeh memiliki stabilitas volatilitas yang cukup baik di lingkungan terbuka dibanding minyak atsiri yang lain, sehingga efeknya bisa bertahan lebih lama dibandingkan beberapa minyak atsiri lain yang cepat menguap. Cengkeh adalah tanaman yang cukup umum dan minyaknya dapat diperoleh dengan harga yang relatif terjangkau. Selain itu, minyak atsiri cengkeh relatif aman bagi tanaman dan lingkungan.

Walaupun demikian, terdapat beberapa penelitian mengenai penggunaan minyak atsiri lainnya terhadap *Bactrocera* spp. Minyak atsiri daun *Eucalyptus globulus* efektif mengendalikan *Bactrocera oleae* (Bourakna *et al.*, 2022). Minyak atsiri kayu manis (*Cinnamomum verum*) dan daun litsea (*Litsea glutinosa*) ditemukan memiliki efek repelen terhadap lalat buah betina dewasa *B. dorsalis* (Diongue *et al.*, 2010). Menurut Jaleel *et al.*, (2020) terdapat daya tolak dari minyak atsiri tanaman semak *Seriphidium brevifolium* terhadap *B. dorsalis* dan *Bactrocera correcta* pada buah mangga.

Minyak daun cengkeh, selain dapat mengendalikan lalat buah secara signifikan seperti ditunjukkan pada penelitian ini, juga dapat mengendalikan serangga hama lain. Balfas (2008) melaporkan bahwa minyak daun cengkeh pada konsentrasi 5% dapat mengakibatkan kematian kutu putih *Planococcus minor* hampir 90%. Astuthi *et al* (2012) mengemukakan bahwa perlakuan minyak daun cengkeh dengan konsentrasi 10% dapat menyebabkan kematian ulat bulu *Notodonta torva* sebesar 100%. Selain itu, minyak daun cengkeh pada konsentrasi 0,9% (v/v) menyebabkan mortalitas *Spodoptera frugiperda* sebesar 86,66% (Sitohang *et al.*, 2024).

Disamping efektif mengendalikan serangga hama tanaman, minyak daun cengkeh juga dilaporkan efektif mengendalikan serangga hama di pemukiman (*urban pest*). Primastuti *et al* (2014) melaporkan bahwa minyak daun cengkeh yang dicampur ke dalam lilin pada konsentrasi 14% efektif mengurangi kepadatan lalat rumah *Musca domestica* sebesar 69,93%. Menurut Pamungkas *et al* (2017), minyak daun cengkeh varietas Zanzibar konsentrasi 100 ppm memiliki efek larvisida terhadap nyamuk *A. aegypti* sebesar 88,75%. Demikian halnya, minyak atsiri daun cengkeh pada konsentrasi 1% dapat membunuh larva nyamuk *A. aegypti* dengan kematian lebih dari 90% (Salaki *et al.*, 2021).

Lebih jauh, penggunaan minyak daun cengkeh dilaporkan memiliki beberapa efek sub lethal terhadap lalat buah. Aplikasi minyak daun cengkeh pada permukaan buah dapat mengurangi frekuensi pendaratan (kunjungan) dan oviposisi lalat buah betina (Ali, 2018). Hal ini diduga karena sifat minyak atsiri yang mudah menguap mengganggu pendeteksian sinyal kimia tanaman inangnya oleh lalat buah (Quilici *et al.*, 2014). Senyawa aromatik dalam minyak atsiri dapat mengganggu reseptor kimia pada lalat buah sehingga mereka kesulitan mendeteksi sinyal feromon atau aroma alami dari buah (Jaffar *et al.*, 2024).

Daun cengkeh mengandung berbagai senyawa kimia aktif. Kandungan kimia tersebut termasuk eugenol, β -caryophyllene, dan α -humulene, yang dikenal memiliki sifat antioksidan, antimikroba, dan insektisida (Gülçin, *et al.*, 2012). Eugenol dari berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungannya dapat digunakan sebagai fungisida, bakterisida, nematisida, dan insektisida (Martias & Ajadit, 2020). β -caryophyllene telah menunjukkan potensi insektisida

yang signifikan terhadap serangga hama dengan keefektifan mencapai sebesar 80% (Chohan *et al.*, 2023). Lalat buah jantan yang terpapar α -humulene menunjukkan perkawinan yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jantan control (Shelly & Nishimoto, 2015).

Pengaruh Minyak Atsiri terhadap Musuh Alami

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa penggunaan minyak atsiri termasuk minyak daun cengkeh tidak berpengaruh nyata terhadap populasi kumbang koksi (*Harmonia axyridis*) dan belalang sembah (*Mantis religiosa*) (Table 3). Semua minyak atsiri yang diuji, kecuali minyak kayu putih, juga tidak berpengaruh nyata terhadap populasi laba-laba (*Araneus ventricosus*). Populasi musuh alami (kumbang koksi, belalang sembah, dan laba-laba) pada perlakuan minyak daun cengkeh diketahui lebih tinggi secara nyata dibandingkan populasi musuh alami pada insektisida deltamethrin 25 g/L.

Tabel 3. Populasi musuh alami pada berbagai perlakuan minyak atsiri

Perlakuan	Musuh Alami		
	Kumbang koksi (<i>Harmonia axyridis</i>)	Belalang sembah (<i>Mantis religiosa</i>)	Laba-laba (<i>Araneus ventricosus</i>)
Minyak daun cengkeh 5 mL/L	0,84 $\pm$ 0,20 b	0,30 $\pm$ 0,078 b	0,409 $\pm$ 0,026 c
Minyak serai wangi 5 mL/L	0,05 $\pm$ 0,03 a	0,14 $\pm$ 0,059 ab	0,045 $\pm$ 0,045 ab
Minyak serai dapur 5 mL/L	0,05 $\pm$ 0,03 a	0,05 $\pm$ 0,026 ab	0,045 $\pm$ 0,026 ab
Minyak kayu putih 5 mL/L	0,07 $\pm$ 0,04 a	0,05 $\pm$ 0,026 ab	0,023 $\pm$ 0,023 a
Minyak bunga cengkeh 5 mL/L	0,20 $\pm$ 0,12 ab	0,07 $\pm$ 0,023 ab	0,045 $\pm$ 0,026 ab
Deltamethrin 25 g/L (1 mL/L)	0,02 $\pm$ 0,02 a	0,00 $\pm$ 0,000 a	0,023 $\pm$ 0,023 a
Kontrol	0,36 $\pm$ 0,21 ab	0,16 $\pm$ 0,094 ab	0,227 $\pm$ 0,087 bc

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf 5% (Uji Tukey).

Pada penelitian ini, minyak atsiri daun cengkeh diketahui relatif aman bagi musuh alami. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan minyak cengkeh memiliki toksisitas yang rendah (<18%) terhadap kumbang koksi *Coleomegilla maculata* (Toledo, 2020) (Gambar 1). Minyak

bunga cengkeh juga diketahui relatif aman terhadap kepik predator *Coccinella septempunctata* L. dan *Harmonia axyridis* (Pallas) (Hu, 2020). Minyak cengkeh efektif mengendalikan aphid tetapi aman bagi predator alami seperti kepik *Coccinella undecimpunctata* (Mohamed, 2024).



A



B



C

Gambar 1: A. Belalang sembah (*Mantis religiosa*), B. Kumbang koksi (*Harmonia axyridis*), C. Laba-laba predator (*Araneus ventricosus*).

Belum ada laporan sebelumnya mengenai efek minyak daun cengkeh terhadap belalang sembah dan

laba-laba predator. Namun, beberapa minyak atsiri lainnya diketahui relatif aman terhadap laba-laba

predator. Hasil penelitian dari Farid (2019) mengungkapkan bahwa minyak *Piper nigrum* dan *Litsea cubeba* tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap orientasi laba-laba predator *Pardosa pseudoannulata* dalam semua konsentrasi yang diuji. Selain itu, penggunaan minyak atsiri bawang putih dilaporkan tidak mempengaruhi populasi laba-laba predator (Mousa, 2013).

Beberapa jenis minyak atsiri lainnya dilaporkan tidak berpengaruh atau efeknya rendah terhadap musuh alami. Sebuah studi menunjukkan bahwa pengaplikasian beberapa minyak atsiri camphor oil, cedar wood oil, eucalyptus oil, lemongrass oil, tidak berpengaruh nyata terhadap populasi kumbang koksi (Ganeshwari *et al.*, 2019). Demikian pula, minyak atsiri dari tanaman Lamiaceae menunjukkan efek penolak pada kutu daun delima *Aphis punicae* Passerini, tanpa mempengaruhi musuh alami yaitu kumbang *Coccinella undecimpunctata* L (Saedi *et al.*, 2018). Minyak atsiri *Nepeta crispa*, *Satureja hortensis*, dan *Anethum graveolens* juga tidak menunjukkan pengaruh terhadap pertumbuhan populasi tungau predator *Amblyseius swirskii* (Ghasemzadeh *et al.*, 2022). Minyak atsiri mawar efektif mengendalikan *Spodoptera litura* dan *Tetranychus urticae* juga memiliki manfaat tambahan untuk menarik predator herbivora, seperti *Phytoseiulus persimilis* (Kaneko *et al.*, 2024).

Minyak daun cengkeh dapat menjadi alternatif pengendalian serangga hama yang ramah lingkungan dan relatif aman bagi manusia. Minyak daun cengkeh mudah terurai oleh mikroorganisme. Sebagai contoh, diketahui bahwa bakteri *Bacillus cereus* PN24 mampu memanfaatkan eugenol, bahan aktif utama dari minyak daun cengkeh, sebagai sumber karbon dan energi (Kadakol & Kamanavalli, 2010). Hal ini mengindikasikan bahwa eugenol dapat terurai oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan. Minyak atsiri umumnya tidak meninggalkan residu beracun yang dapat membahayakan predator, parasitoid, atau serangga non-target lainnya (Marsin *et al.* 2024). Braja *et al.* (2022) mengemukakan bahwa minyak daun cengkeh adalah senyawa volatile yang mudah menguap dan mudah terurai oleh panas, cahaya dan udara. Hasil studi menunjukkan bahwa minyak cengkeh dapat diintegrasikan ke dalam sistem pengendalian hama dengan resiko minimal terhadap serangga bermanfaat dan aman bagi kesehatan manusia (Aryal *et al.* 2023).

Penggunaan minyak daun cengkeh dapat mengurangi ketergantungan pada pestisida sintesis. Pestisida dapat menyebabkan kematian langsung dan efek subletal pada musuh alami, mengganggu kemampuan reproduksi dan kelangsungan hidup mereka di berbagai tahap kehidupan (Samanta *et al.*, 2023). Penggunaan pestisida secara umum telah dikaitkan dengan penurunan signifikan dalam keanekaragaman hayati global, dengan penurunan 68% populasi berbagai spesies yang dilaporkan selama 50 tahun terakhir (Canhilar&Yüksel, 2024).

Penggunaan minyak atsiri daun cengkeh juga berpotensi untuk mendukung keberagaman hayati dalam ekosistem pertanian. Beberapa studi menunjukkan bahwa meskipun minyak atsiri dapat mengurangi populasi hama, tapi sering menunjukkan toksisitas rendah terhadap serangga yang menguntungkan sehingga dapat menjaga keseimbangan ekologis (Adamu, 2022). Dengan mengurangi ketergantungan pada pestisida yang lebih merusak ekosistem, tanaman dapat lebih mendukung berbagai spesies pemangsa dan parasit alami, yang berkontribusi pada kesehatan tanah dan keberagaman hayati secara keseluruhan (Sinambela, 2024).

Penggunaan minyak atsiri daun cengkeh dapat mendukung program pengendalian hayati. Program Pengelolaan Hama Terpadu yang melibatkan parasitoid atau predator alami dapat memperoleh manfaat dari pengendalian hama tambahan yang dilakukan oleh minyak atsiri daun cengkeh, tanpa harus mengorbankan efektivitas atau kelangsungan hidup musuh alami. Dengan menggunakan minyak atsiri daun cengkeh secara bijak, dapat memaksimalkan manfaat pengendalian hama secara alami, menjaga kesehatan tanaman, dan mendukung populasi musuh alami yang sangat penting dalam pengelolaan pertanian berkelanjutan.

Pengaruh Minyak Atsiri terhadap Bobot Hasil Panen

Perhitungan bobot buah dimulai di minggu ke-4 setelah tanaman cabai mulai berbuah hingga akhir panen di minggu ke-11. Buah yang dipanen adalah buah yang sudah matang. Hasil pengamatan (Tabel 4) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata untuk bobot buah cabai diantara semua perlakuan yang diuji termasuk kontrol dan insektisida sintetik.

Tabel 4. Bobot Buah Cabai hingga 13 mst dari Minyak atsiri, Deltamethrin dan Kontrol.

No	Perlakuan	Bobot Buah (g) / petak
1	Minyak daun cengkeh 5 mL/L	383,75 ± 118,41 a
2	Minyak serai wangi 5 mL/L	196,00 ± 47,17 a
3	Minyak serai dapur 5 mL/L	229,00 ± 55,52 a
4	Minyak kayu putih 5 mL/L	328,50 ± 35,31 a
5	Minyak bunga cengkeh 5 mL/L	301,00 ± 108,67 a
6	Deltamethrin 25 g/L (1 mL/L)	502,25 ± 125,49 a
7	Kontrol	272,25 ± 65,80 a

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf 5% (Uji Tukey).

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa penggunaan minyak atsiri minyak daun cengkeh, minyak serai wangi, minyak serai dapur, minyak kayu putih, dan minyak bunga cengkeh belum efektif menekan kehilangan hasil tanaman cabai akibat serangan lalat buah *Bactrocera* sp. Sangat tingginya intensitas serangan lalat buah pada percobaan ini diduga menjadi salah satu penyebabnya. Belum ada laporan sebelumnya terkait hubungan penggunaan minyak atsiri dengan bobot buah. Ini laporan pertama yang mengkaitkan penggunaan beberapa minyak atsiri dengan bobot buah yang dipanen.

Keterikatan antara intensitas serangan lalat buah, keberadaan musuh alami, dan hasil bobot buah berkaitan erat dengan dinamika ekologi dan interaksi antara organisme dalam suatu ekosistem pertanian. Semakin tinggi populasi lalat buah *Bactrocera* sp semakin besar potensi kerusakan pada buah. Serangan lalat buah pada penelitian ini menyebabkan pembusukan buah pada plot percobaan dengan jumlah yang signifikan akibat aktivitas larva yang mengonsumsi daging buah. Faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan ketersediaan buah yang matang dapat meningkatkan populasi lalat buah. Musuh alami seperti parasitoid, predator, dan mikroorganisme patogen dapat mengurangi populasi lalat buah secara alami. Jika jumlah musuh alami cukup tinggi, maka laju pertumbuhan populasi lalat buah bisa ditekan sehingga intensitas serangan berkurang. Serangan lalat buah menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas buah, mengurangi bobot hasil panen secara signifikan. Jika musuh alami berhasil mengendalikan populasi lalat buah, maka kerusakan buah bisa diminimalkan, selanjutnya dapat meningkatkan bobot buah dan kualitas panen. Perlakuan minyak atsiri perlu dikombinasikan dengan perangkap berwarna yang memiliki aroma. Perlakuan ini dapat menarik lalat buah dan mengusir lalat buah lebih banyak. Uji coba kombinasi minyak atsiri dengan atraktan pada warna dan bentuk tertentu atau dengan kombinasi perangkap feromon, kontrol biologis, serta pemanenan tepat waktu juga dapat meningkatkan bobot dan hasil produksi buah. Keseimbangan antara populasi lalat buah dan keberadaan musuh alami sangat menentukan bobot dan hasil pertanian. Ketika musuh alami cukup efektif dalam mengontrol hama, intensitas serangan lalat buah berkurang dapat memperoleh buah dengan bobot yang lebih tinggi serta kualitas yang lebih baik.

SIMPULAN

Hasil percobaan menunjukkan bahwa semua minyak atsiri yang diuji, kecuali minyak bunga cengkeh, dapat secara nyata menekan serangan lalat buah *Bactrocera* sp pada tanaman cabai. Persentase serangan lalat buah terendah yakni terdapat pada perlakuan minyak daun cengkeh. Hasil uji efikasi insektisida menunjukkan bahwa tidak terdapat minyak atsiri yang memenuhi kriteria efektif. Penggunaan minyak atsiri termasuk minyak daun cengkeh tidak berpengaruh nyata terhadap populasi kumbang koksi

(*H. axyridis*) dan belalang sembah (*M. religiosa*). Semua minyak atsiri yang diuji, kecuali minyak kayu putih, juga tidak berpengaruh nyata terhadap populasi laba-laba (*Araneus ventricosus*). Tidak terdapat perbedaan yang nyata untuk bobot buah cabai diantara semua perlakuan yang diuji termasuk kontrol dan insektisida sintetik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga Penulis sampaikan kepada Badan Karantina Indonesia yang telah memberikan tugas belajar mandiri program studi magister agronomi kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamu A. (2022). Role of Plant Essential Oils in Pest Management. 157-185. doi: 10.1007/978-981-16-3989-0_6
- Agus Kardinan. 2003. Mengenal Lebih Dekat Tanaman Pengendalian Lalat Buah. AgroMedia Pustaka, 2003. Dinas Arsip dan Perpustakaan Kabupaten Klaten.
- Ahsol Hasyim, Lukman L, & Setiawati W. 2024. Teknologi Pengendalian Hama Lalat Buah. IAARD Press. ISBN 978-602-344-268-7
- Aishah Mohd Marsin, Muhamad II, Anis S, Liew WC, Dolhaji NH, & Lazim NAM. 2024. Risk of Pesticide Residue on Soil Quality: Potential Side Effects of Essential Oils as Natural Pesticides. 2(1):1-14. doi: 10.37934/sea.2.1.114
- Aliou Diongue, T. Yen, P. Lai. 2010. Bioassay Studies On The Effect Of Essential Oils On The Female Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera : Tephritidae). Pest Management in Horticultural Ecosystems.
- Arfan, & Arminudin AT. 2011. Penggunaan Minyak (*Melaleuca bracteata*) dan Sari Buah Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) sebagai Atraktan untuk Mengendalikan Lalat Buah (*Bactrocera* spp) Cabai di Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah. Jurnal Agroekoteknologi, 1(2), 17–23.
- Astuthi MMM, Sumiartha I, Susila IW, Wiry GNAS, & Sudiarta IP. 2012. Efikasi Minyak Atsiri Tanaman Cengkeh (*Syzygium Aromaticum* L.), Pala (*Myristica Fragrans* Houtt), dan Jahe (*Zingiber Officinale* Rosc.) terhadap Mortalitas Ulat Bulu Gempinis dari Famili Lymantriidae. J.Agric. Sci. and Biotechnol.1(1): 14-21.
- Atikah, Harahap PD, Sartiami IS, & Dewi. 2021. Potensi Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut sebagai Fumigan Nabati terhadap Hama Gudang *Araecerus fasciculatus* De Geer (Coleoptera: Anthribidae). IPB University Scientific Repository.
- Bilker Roensis Sinambela. 2024. Dampak Penggunaan Pestisida Dalam Kegiatan Pertanian Terhadap

- Lingkungan Hidup Dan Kesehatan. Jurnal Agrotek Vol. 8 No. 2 September 2024
- Boopathi T, Singh SB, Ngachan SV, Manju T, Ramakrishna Y, & Lalhruaipuii. 2013. Influence of weather factors on the incidence of fruit flies in chilli (*Capsicum annum* L.) and their prediction model. *Pest Management in Horticultural Ecosystems* 19:194–198.
- BMKG, 2024. www.bmkg.go.id. Diakses 24 Mei 2025.
- Chaieb K, Hajlaoui H, Zmantar T, Kahla-Nakbi AB, Rouabhia M, Mahdouani K, & Bakhrouf A. 2007. The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): A short review. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21(6), 501-506.
- Chang, CL, Cho ILK, & Li QX. 2009. Insecticidal activity of basil oil, trans-anethole, estragole, and linalool to adult fruit flies of *Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae*. *Journal of Economic Entomology*, 102(1), 203–209. <https://doi.org/10.1603/029.102.0129>
- Christina L. Salaki, Wungouw H, & Henny V. Makal. Efektivitas Biolarvasida Serai Wangi (*Cymbopogon nardus*) dengan Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) Terhadap Larva *Aedes aegypti*. 2021. *Jurnal Ilmiah Sains* Vol. 21 No. 2, Oktober 2021
- Costanza Ceccanti, Piccolo EL, Guidi Lucia, & Landi M. 2023. Targeted Effects of Beneficial Elements in Plant Photosynthetic Process. 103-122. doi: 10.1002/9781119691419.ch5
- Daglia, M. 2012. "Polyphenols as Antioxidants and Antimicrobial Agents." *Current Opinion in Food Science*, 2(2), 93-98.
- Diongue A, Yen TB, & Lai PY. 2010. Bioassay Studies On The Effect Of Essential Oils On The Female Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (DIPTERA: TEPHRITIDAE). *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 16, 91-102.
- Amber, Rana., Nitin, Singh., Barish, E., James. 2023. The efficacy of clove oil to manage *Varroa destructor* and *Apocephalus borealis*, in *Apis mellifera* L. colony. *International Journal of Agricultural and Applied Sciences (IJAAS)*, doi: 10.52804/ijaas2023.4213
- Direktorat Pupuk dan Pestisida, 2012. *Metode Standar Pengujian Efikasi Insektisida*. Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian. Jakarta.
- Eiki Kaneko, Matsui K, Nakahara R, & Arimura Gen-ichiro. 2024. Novel Potential of Rose Essential Oil as a Powerful Plant Defense Potentiator. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol 72/Issue 12.
- El-Maghraby AMA, Mohsen EM, Metwally AMZ, Mosallam LA, Al-Shuraym, Mohammed AA, Samy MS, & Ahmed AA. 2023. Larvicidal activity and biochemical effect of some essential oils and indoxacarb against Peach Fruit Fly, *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae). doi: 10.1016/j.jksus.2023.102953
- FAOSTAT. 2024. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Diakses 12 Desember 2024.
- Ganeshwari SK, & Deole S. 2019. Biosafety evaluation of essential oils and chemical insecticides on population of coccinellids in rice field. *Journal of entomology and zoology studies*, 7(4):168-171.
- Gülçin İ, Elmastaş M, & Aboul-Enein HY. 2012. Antioxidant activity of clove oil – A powerful scavenger of free radicals. *Arabian Journal of Chemistry*, 5(4), 489-494.
- Hamid Madani. 2020. Effects of different concentrations of clove (*Syzygium aromaticum* L.) extract on shelf life of strawberry. *Open Access Journal*, doi : 10.19080/artoaj.2020.25.556299
- Hosni EA. (2023). Larvicidal and biochemical effects of some essential oils on peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae). *Saudi Journal of Biological Sciences*, Volume 30, Issue 12. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103739>
- Ibrahim MF, Chakira H, Cai W, Zhao J, & Hua H. 2019. Effect of some plant essential oils on the orientation and predation capacity of the predatory spider *Pardosa pseudoannulata*, *Journal of Asia-Pacific Entomology*, Volume 22, Issue 3, 2019, Pages 927-932, ISSN 1226-8615, <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.07.016>.
- Indra Martias, & Ajadi N. 2020. Pengaruh Ekstrak Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) sebagai Repellent terhadap Jumlah Lalat yang Hinggap selama Proses Penjemuran Ikan Asin di Senggarang Tahun 2019. *Jurnal Kesehatan Terpadu (Integrated Health Journal)*. Vol. 11 No. 1, Mei 2020 (8-13)
- Swastika IWR, Braja, IDG, Permana M, & Suhendra L. 2022. Formulation and Stability of Clove Leaf (*Syzygium aromaticum* L.) Essential Oil Microemulsion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 11(9):197-211. doi: 10.20546/ijcmas.2022.1109.023.
- Jaffar S, & Lu, Y. 2022b. Toxicity of Some Essential Oils Constituents against Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae). *Insects*, 13(10), 1–14. <https://doi.org/10.3390/insects13100954>
- Jaffar S, & Lu, Y. 2022a. Toxicity of Some Essential Oils Constituents against Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera:

- Tephritidae). *Insects*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/insects13100954>
- Jagannath C. Kadakol, Chandrappa M. Kamanavalli. 2010. Biodegradation of Eugenol by *Bacillus cereus* Strain PN24. <https://doi.org/10.1155/2010/364637>
- Patty JA. 2012. Efektivitas Metil Eugenol Terhadap Penangkapan Lalat Buah (*Bactrocera dorsalis*) Pada Pertanaman Cabai. *Agrologia*, 1(1). April 2012, Hal. 69-75
- Patty JA. 2024. Penggunaan Petrogenol 800 l untuk Mengendalikan Hama lalat buah (*Bactrocera* sp) pada Tanaman Cabai. *HIRONO : Jurnal Pengabdian Masyarakat*. LPPM Universitas Hein Namotemo. Vol.4, No 1, April 2024
- Jaleel W, Wang D, Lei Y, Qi G, Chen T, Rizvi SAH, Sethuraman V, He Y, & Lu L. 2020. Evaluating the repellent effect of four botanicals against two *Bactrocera* species on mangoes. *PeerJ*, 2020(3), 1–17. <https://doi.org/10.7717/peerj.8537>
- Lee SE, Lee BH, Choi WS, Park BS, Kim JG, & Campbell BC. 2001. Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L). *Pest Management Science*, 57(6), 548–553. <https://doi.org/10.1002/ps.322>
- Mahmoud, Abbas, Ali. 2018. Toxicity of certain plant oils on pupal stage of the peach fruit fly, *B. zonata* (sunders) (tephritidae: diptera). *Advances in Plants and Agriculture Research*, 8(6) doi: 10.15406/APAR.2018.08.00352
- Mahmoud Fakeer Mohamed. 2024. Bioactivity of essential oils against cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) and Their Selectivity to eleven-spotted lady beetle *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellida). *Al-Mağallah Al-'ilmiyya Li 'ulūm Al-Riḡāḡa Bi Gami'ā' Al-Minūfiyya'*. Vol. 4, Iss: 3, pp 0-0.
- Mikael Sitohang, Jayuska A, Hernowo K, Alimuddin AH, Aritonang AB. 2024. Profil Gc-Ms Dan Bioaktivitas Ekstrak Minyak Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) Terhadap Ulat Grayak *Spodoptera frugiperda* (Gc-Ms Profiling And Bioactivity Of Extracts Clove Leaf Oil (*Syzygium aromaticum*) Against Fall Armyworms *Spodoptera frugiperda*). *Indonesian journal of pure and applied chemistry*, 7(2):74-74. doi: 10.26418/indonesian.v7i2.77091
- Mandavi Goswami, Mondal K, Prasannavenkadesan Varatharajan, Bodana Vikrant, & Katiyar V. 2023. Effect of guar gum-chitosan composites edible coating functionalized with essential oils on the postharvest shelf life of Khasi mandarin at ambient condition. *International Journal of Biological Macromolecules*, 127489-127489. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.127489
- Maria Natalia. 2014. Identifikasi parasitoid pada lalat buah *Bactrocera dorsalis* dalam tanaman cabai (*Capsicum annum*). Universitas Pendidikan Indonesia. repository.upi.edu. perpustakaan.upi.edu
- Morris MC, & Bommireddy PL. 2016. Repellency and toxicity of essential oils to stored product insects: a review. *Journal of Economic Entomology*, 109(4), 1569-1580.
- Mousa MR, Khodeir IA, El-Dakhkhni TN, & Youssef AE. (2013). Effect of Garlic and Eucalyptus oils in comparison to Organophosphatinsecticides against some Piercing-Sucking Faba bean insect Pests and natural enemies populations. *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci.*, 5 (2): 21 -27 (2013) F. Toxicology & Pest control.
- Nabil El-Wakeil, Gaafar N. 2020. Predacious Insects and Their Efficiency in Suppressing Insect Pests. 133-155. doi: 10.1007/978-3-030-33161-0_4
- Nayef Aldabaan, Turakani Bhagya, Mater H, Mahnashi, Shaikh IA, Abdulfattah Alhazmi YM, Hassan H, Almasoudi, Osama, Abdulaziz, Khuwaja Gulrana, Aejaz A, Khan, Basavegowda Nagaraj, Dafalla S, Uday M, Muddapur SM Shakeel, & Iqbal. 2024. Evaluation of antimicrobial, anticancer, antidiabetic, antioxidant activities and silver nanoparticles from Indian clove- *Syzygium aromaticum* leaf extract. doi: 10.1016/j.jksus.2024.103142
- Pedro FS. Toledo LO. Jumbo V, Sarah M. Rezende, Haddi K, Bruno A. Silva, Tarcísio S. Mello, Terezinha MC, Lucia D, Raimundo WS, Aguiar, Smagghe G, & Eugenio E, Oliveira, 2020. Disentangling the ecotoxicological selectivity of clove essential oil against aphids and non-target ladybeetles. *Science of The Total Environment*. Volume 718, 20 May 2020, 137328
- Plata-Rueda A, Rolim GDS, Wilcken CF, Zaniccio JC, Serrão JE, & Martínez LC. 2020. Acute toxicity and sublethal effects of lemongrass essential oil and their components against the granary weevil, *Sitophilus granarius*. *Insects*, 11(6), 1–13. <https://doi.org/10.3390/insects11060379>
- Putri Dela Atikah, Harahap IS, Sartiami D. 2022. Potensi minyak atsiri daun jeruk purut sebagai fumigant nabati terhadap *Araecerus fasciculatus* (De Geer) (Coleoptera: Anthribidae) pada biji kakao di tempat penyimpanan. *Jurnal Entomologi Indonesia*. Maret 2022, Vol. 19 No.1, 77–83.
- Putri Megayanti, Padda, Taufik M, Asniah, Botek M, Rahman A, Gusnawaty HS, & Gunawaty, Mariadi. 2022. Efektivitas Minyak Cengkeh Terhadap Patogen Yang Berasosiasi Dengan Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum*

- Mill.). Jurnal agroteknos, 12(1) doi: 10.56189/ja.v12i1.24614
- Ramazan Canhilal, Ebubekir, & Yüksel. 2024. Hatalı pestisit kullanımı ve biyoçeşitlilik kaybı. 127-146. doi: 10.53478/tuba.978-625-6110-01-4.ch06
- Reggie Surya, Raul D, & Santos. 2024. Improving the safety and quality of fermented shrimp paste (terasi) through supplementation of betel leaf (*Piper betle* L.) essential oil. *Canrea Journal*, 33-42. doi: 10.20956/canrea.v7i1.1037
- Renkema JM. (2020). Essential oils and repellents for management of *Drosophila suzukii*: Alternatives to synthetic insecticides. *Jurnal: Insects*, 11(8), 503. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7469169/>
- Ridzmullah Wishnu Pamungkas, Syaifei NS, Soeroto AY. 2017. Perbandingan Efek Larvasida Minyak Atsiri Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) Varietas Zanzibar dengan Temephos terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *Pharm Sci Res* ISSN 2407-2354. April 2017 (Vol. 4 No. 1)
- Riezka Danastri Primastuti, Hendrarini L, Werdiningsih I. 2014. Pengaruh Konsentrasi Minyak Daun Cengkeh Dalam Lilin Cair Minyak Goreng Bekas terhadap Kepadatan Lalat Di Empat Warung Makan Di Pantai Depok Yogyakarta. *Sanitasi, Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol.6, No.2, November 2014, Hal 71 – 79
- Rodiah Balfas. 2008. Potensi minyak daun cengkeh sebagai pengendali *Planococcus minor* (mask.) (pseudococcidae; homoptera) pada tanaman lada. *Bul. Littro*. Vol. XIX No. 1, 2008, 78 – 85.
- Salimeh Saeedi, Reza M, Damavandian, Hemmat, Dadpour. 2018. Laboratory evaluation of the toxicity of mineral oil, Diazinon, Malathion and Chlorpyrifos on ladybird, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col.: Coccinellidae). *Journal of Crop Protection*, 7(1):1-11.
- Saleem Jaffar, Smaghe Guy, Yongyue Lu. 2024. Olfactory receptors in *Bactrocera* species for sustainable fruit fly management: A review and future perspectives. doi: 10.1111/phen.12428
- Sanjoy Samanta, Maji A, Sutradhar B, Banerjee S, Vaibhav B. Pravin S, Khaire B, Sandhya V. Yadav & Govardhan D. Bansode. 2023. Impact of Pesticides on Beneficial Insects in Various Agroecosystem: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(8):1928-1936. doi: 10.9734/ijecc/2023/v13i82149
- Entomological Society of America, 108(3):215-221. doi: 10.1093/AESA/SAV008
- Tri Lestari Mardiningsih, Rismayani, & Ma'mun. 2019. Efek Formula Minyak Atsiri dan Para Mentane Diol terhadap Mortalitas Dan
- Serge Quilici, Atiama-Nurbel T, & Brévault T. 2014. Plant odors as fruit fly attractants. 119-144. doi: 10.1007/978-94-017-9193-9_4
- Shalahuddin Mukti Prabowo, Dewi SA, & Susilarto D. 2018. Peningkatan Hasil Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) dengan Menggunakan Efektif Mikroorganisme (em4). *AGRONOMIKA*. Vol. 13 No. 1 Februari – Juli 2018.
- Somayyeh Ghasemzadeh, Gerben J. Messelink, Gonzalo A. Avila & Zhang Y. 2022. Sublethal impacts of essential plant oils on biochemical and ecological parameters of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Sec. Plant Pathogen Interactions*. Vol. 13 - 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.923802>
- Sri AlvionitaDjau, Nikmah Musa, Mohamad Lihawa. 2022. Uji Pestisida Nabati Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.). *Jurnal Agrotek* Vol. 6 No. 2. September 2022.
- Stella A, Papanastasiou, Charalampos S, Ioannou, Nikos T, & Papadopoulos. 2020. Oviposition-deterrent effect of linalool - a compound of citrus essential oils - on female Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Pest Management Science*, 76(9):3066-3077. doi: 10.1002/PS.5858
- Sukri A, & Prayitno GH. 2016. Potensi Penggunaan Parasitoid Dalam Pengendalian Lalat Buah *Bactrocera* Di Pulau Lombok. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 1(2), 48. <https://doi.org/10.25273/jems.v1i2.135>
- Sunil Aryal, Poudel A, Ajaya Shree Ranta Bajracharya, & L.N. Aryal, K. Kafle. 2023. Toxicity evaluation of essential oil of clove (*Syzygium aromaticum*) bud against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Nepal Agricultural Research Council*.
- Tahir Ali Chohan, Mumtaz MZ, Salah UD, Naseer Iqra, Riaz A, Naseem T, Iftikhar Areeba, Hassan M, Hayssam M, & Ali. 2023. Insecticidal Potential of α -Pinene and β -Caryophyllene against *Myzus persicae* and Their Impacts on Gene Expression. *Phyton-international Journal of Experimental Botany*, 92(7):1943-1954. doi: 10.32604/phyton.2023.026945
- Tasin M. 2011. Responses of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) to Volatile Compounds in Essential Oils. *Journal of Applied Entomology*.
- Todd E, Shelly, Jon I, & Nishimoto. 2015. Exposure to the Plant Compound α -Humulene Reduces Mating Success in Male Mediterranean Fruit Flies (Diptera: Tephritidae). *Annals of The Penghambatan Bertelur Wereng Cokelat. Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, Vol. 30 No. 2, 2019: 90 – 99.

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2021. Health effects of pesticide exposure. Retrieved from EPA Health Effects.
- Vinay Kumar Pandey, Srivastava Shivangi, Singh R, Dar AH, Kshirod K, & Dash. 2023. Effects of clove essential oil (*Caryophyllus aromaticus* L.) nanoemulsion incorporated edible coating on shelf-life of fresh cut apple pieces. *Journal of agriculture and food research*, doi: 10.1016/j.jafr.2023.100791
- Wahyu Febriyono & Djatmiko HA. 2019. Pengaruh Empat Minyak Atsiri terhadap Jamur Agens Pengendali Hayati. *Biofarm Jurnal Ilmiah Pertanian* 15(2) DOI:10.31941/biofarm.v15i2. 1195.
- Wildan Muhlisson, Haryadi NT, Kurnianto AS, & Ahmad BS. 2021. Study of Integrated Pest Management Strategy on The Population of Fruit Flies (*Bactrocera* spp.) in Red Chili Cultivation (*Capsicum Annuum*). *J.Exp. Life Sci.* Vol. 11 No. 1, 2021.
- Yage Xing, Qinglian Xu, Xihong Li, Zhenmin Che, & Juan Yun. 2012. Antifungal activities of clove oil against *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus flavus* and *Penicillium citrinum* in vitro and in wounded fruit test. *Journal of Food Safety*, 32(1):84-93. doi: 10.1111/J.1745-4565.2011.00347.X
- Yusup Hidayat, Heather N, & Hassan E. 2013. Repellency and oviposition deterrence effects of plant essential and vegetable oils against female Queensland fruit fly *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae). *Australian Journal of Entomology* (2013) 52, 379–386.
- Zineb Bourakna, Righi & Righi FA. 2022. GC/MS Analysis of *Eucalyptus globulus* L. (Myrtaceae) Leaves Essential Oil from Algeria and their Insecticidal Activity Against Adults of *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera; Tephritidae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 25(4):876-887. doi: 10.1080/0972060x.2022.2129459
- Zhen-Jie Hu, Jing-Wei Yang, Zi-Han Chen, Cheng Chang, Yu-Pei Ma, Nan Li, Meng Deng, Gen-Lin Mao, Qiang Bao, Shu-Zhen Deng, & Huan Liu. 2022. Exploration of Clove Bud (*Syzygium aromaticum*) Essential Oil as a Novel Attractant against *Bactrocera dorsalis* (Hendel) and Its Safety Evaluation. *Insects* 2022, 13, 918. <https://doi.org/10.3390/insects13100918>

