

The Ability of Bioethanol-Methanol Attractants to Attract *Bactrocera* spp Populations in Chili Plants (*Capsicum annuum* L.)

Kemampuan Atraktan Bioetanol-Metanol Untuk Menarik Populasi *Bactrocera* spp Pada Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.)

Ferny Tewuh Mewengkang¹ *,
Christina L. Salaki¹, Jimmy Rimbing²,
Frangky J. Paat²

¹Entomology Study Program, Postgraduate Program, Sam Ratulangi University. Jl. Kampus Bahu, Manado 95115, Indonesia

²Department of Agrotechnology, Bioengineering, Faculty of Agriculture, Sam Ratulangi University-Manado, 95115 Indonesia

*Corresponding author:

fernymewengkang@gmail.com

Manuscript received: 16 July 2025. Revision accepted: 14 Nov 2025.

Abstract. This study aimed to evaluate the ability of a bioethanol-methanol attractant to attract *Bactrocera* spp. populations in chili fields in West Tompaso District. The research was conducted from November to December 2025 in chili plantations in Tonsewer Village, West Tompaso District, while insect identification was carried out at the Plant Pest and Disease Laboratory, Faculty of Agriculture, Sam Ratulangi University. A randomized block design was used with five treatments, consisting of bioethanol-methanol ratios of 1:1, 1:2, 1:3, and 1:4, along with synthetic ethanol and synthetic methanol at a 1:1 ratio as a comparator, each replicated five times. Observations were conducted every seven days for five weeks. The results showed that the bioethanol-methanol attractant was able to capture three *Bactrocera* species, namely *B. dorsalis*, *B. carambolae*, and *B. musae*, with a total of 120 individuals. The dominant species were *B. dorsalis* with 56 individuals and *B. carambolae* with 55 individuals, whereas *B. musae* was represented by only 9 individuals. Treatments P1 and P2 showed the highest attractiveness to *Bactrocera* spp., while P4 and P5 produced the lowest captures and were not significantly different from each other. Differences in treatment effectiveness were presumably associated with the balance of volatility in the bioethanol-methanol mixture, whereas rainfall fluctuations and the biological condition of the insects in the field also influenced trap catches. These findings indicate that the bioethanol-methanol mixture has potential as an alternative attractant for monitoring *Bactrocera* spp. in chili cultivation.

Keywords : attractant, *Bactrocera* spp., bioethanol-methanol, chili, population

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan atraktan bioetanol-metanol dalam menarik populasi *Bactrocera* spp pada pertanaman cabai di Kecamatan Tompaso Barat. Penelitian dilaksanakan selama November hingga Desember 2025 pada pertanaman cabai di Desa Tonsewer, Kecamatan Tompaso Barat, dan identifikasi sampel dilakukan di Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan lima perlakuan, yaitu rasio bioetanol-metanol 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, serta etanol sintetik dan metanol sintetik 1:1 sebagai pembanding, dengan lima ulangan. Pengamatan dilakukan setiap tujuh hari selama lima minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa atraktan bioetanol-metanol mampu menarik tiga spesies *Bactrocera*, yaitu *B. dorsalis*, *B. carambolae*, dan *B. musae*, dengan total 120 individu. Spesies yang dominan adalah *B. dorsalis* sebanyak 56 individu dan *B. carambolae* sebanyak 55 individu, sedangkan *B. musae* hanya 9 individu. Perlakuan P1 dan P2 menunjukkan daya tarik tertinggi terhadap *Bactrocera* spp, sedangkan P4 dan P5 memberikan hasil terendah dan tidak berbeda nyata. Perbedaan efektivitas antarperlakuan diduga dipengaruhi oleh keseimbangan volatilitas campuran bioetanol-metanol, sementara fluktuasi curah hujan dan kondisi biologis serangga di lapangan turut memengaruhi jumlah tangkapan. Dengan demikian, campuran bioetanol-metanol berpotensi digunakan sebagai atraktan alternatif untuk monitoring *Bactrocera* spp pada tanaman cabai.

Kata Kunci : atraktan, *Bactrocera* spp, bioetanol-metanol, cabai, populasi

PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum annuum* L.) merupakan komoditas hortikultura yang penting tidak hanya karena nilainya sebagai bahan pangan dan bumbu, tetapi juga karena kandungan senyawa bioaktifnya yang tinggi. Ali menjelaskan bahwa cabai kaya akan vitamin, mineral, senyawa volatil, dan komponen fungsional yang mendukung pengembangan produk pangan bernilai tambah (Mohd Ali *et al.*, 2025), sedangkan Jang menegaskan bahwa cabai merah mengandung capsaicinoid, fenolik, asam lemak, dan senyawa antioksidan lain yang relevan bagi kesehatan (Jang *et al.*, 2024). Dalam konteks budidaya, nilai ekonomi dan nilai fungsional tersebut menjadikan kestabilan produksi cabai sebagai isu yang penting untuk dijaga.

Salah satu kendala utama dalam budidaya cabai adalah serangan lalat buah dari genus *Bactrocera*. Pada sistem budidaya cabai di Indonesia, Syamsudin menempatkan *Bactrocera dorsalis* sebagai hama penting yang dapat menurunkan mutu dan nilai jual buah (Syamsudin *et al.*, 2022), sementara Holis menunjukkan bahwa lalat buah merupakan salah satu kendala utama pada pertanaman cabai merah di lapangan (Holis *et al.*, 2023). Dalam konteks lokal Sulawesi Utara, Iqbal juga melaporkan bahwa fase generatif tanaman cabai sangat rentan terhadap serangga hama, termasuk kelompok lalat buah (Iqbal *et al.*, 2025). Artinya, keberadaan *Bactrocera* spp. pada pertanaman cabai bukan hanya persoalan teoritis, tetapi sudah menjadi masalah nyata pada praktik budidaya.

Secara global, kelompok *Bactrocera* dikenal sebagai hama hortikultura yang invasif, polifag, dan sulit dikendalikan. Lalat buah tefritid merupakan salah satu kelompok hama yang paling sering terlibat dalam invasi lintas wilayah (Papadopoulos *et al.*, 2024), sedangkan *B. dorsalis* sebagai spesies yang sangat polifag dan mengancam ratusan tanaman inang di berbagai kawasan dunia (Bernardo *et al.*, 2025). Sejalan

dengan itu, Wijekoon menggarisbawahi status *B. dorsalis* sebagai hama karantina penting (Wijekoon *et al.*, 2025), dan menunjukkan bahwa keberhasilan ekologis spesies ini juga ditunjang oleh plastisitas perilaku olfaktori yang memungkinkannya menyesuaikan respons penciuman terhadap kondisi fisiologis dan lingkungan (Xu *et al.*, 2024). Kombinasi sifat invasif, kisaran inang yang luas, dan fleksibilitas perilaku tersebut menjadikan *Bactrocera* spp. sebagai target penting dalam pengembangan teknologi monitoring dan pengendalian yang lebih efektif.

Dalam praktik budidaya, pengendalian lalat buah masih banyak bergantung pada insektisida kimia dan perangkap berbasis umpan. Namun, penggunaan pestisida kimia secara intensif menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, biodiversitas, keamanan pangan, dan kesehatan manusia (Favaro *et al.*, 2024). Karena itu, pendekatan yang lebih berkelanjutan semakin dibutuhkan. Dalam kaitan ini, volatile organic compounds (VOCs) mempunyai potensi besar dalam pengelolaan hama karena berperan pada interaksi tanaman-serangga dan dapat dimanfaatkan sebagai sinyal semiokimia (Makhlouf *et al.*, 2024). Volatil tanaman juga berperan dalam membantu serangga mencari inang, makanan, dan habitat yang sesuai (Qian *et al.*, 2024), Terutama pentingnya senyawa volatil dalam deteksi dini dan pengelolaan organisme pengganggu invasif. Selain itu, VOCs dari tanaman, jamur, bakteri, dan ragi berpotensi dikembangkan sebagai agen biokontrol yang lebih ramah lingkungan (Razo-Belman & Ozuna, 2023).

Pada kelompok lalat buah, kemajuan riset mutakhir memperlihatkan bahwa respons terhadap senyawa volatil sangat terkait dengan perilaku pencarian makanan, inang, dan pasangan. Tefritid dan drosophilid memiliki sensitivitas olfaktori yang berbeda terhadap volatil hasil fermentasi ragi, yang menandakan

pentingnya senyawa fermentatif dalam ekologi penciuman serangga (Biasazin *et al.*, 2025). Penelitian lain juga membuktikan bahwa D-limonene merupakan salah satu komponen volatil aktif yang menarik *B. dorsalis* dari jus jeruk (Liu *et al.*, 2024), terdapat penelitian lain yang menyebutkan bahwa metabolit *Enterobacter cloacae*, terutama L-prolinamide, berpotensi menjadi atraktan baru bagi *B. Dorsalis* (Duan *et al.*, 2024). Dalam jalur riset lain, menunjukkan bahwa metil eugenol tidak hanya berfungsi sebagai penarik jantan, tetapi juga berhubungan dengan perilaku kawin pada *B. Dorsalis* (Zhang *et al.*, 2025). Selanjutnya, selective lure berbasis respons palpus dan antena yang menunjukkan selektivitas tinggi, bahkan cenderung memberi bias tangkapan ke arah betina (Biasazin *et al.*, 2025). Rangkaian temuan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan atraktan lalat buah bergerak ke arah formulasi yang makin spesifik, biologis, dan aplikatif.

Meskipun demikian, lanskap literatur saat ini masih lebih banyak berfokus pada volatil inang tertentu, metabolit mikroba, atau lure spesifik spesies. Pengujian campuran alkohol berbasis bioetanol dan metanol sebagai atraktan alternatif, terutama yang dibandingkan dalam beberapa rasio pada kondisi lapang pertanaman cabai, masih relatif terbatas. Padahal, Keeseey *et al.* (2025) menunjukkan pada *Drosophila melanogaster* bahwa etanol dan metanol dapat memengaruhi ketertarikan, feromon, dan keberhasilan kawin secara bergantung konsentrasi, sehingga keseimbangan campuran alkohol berpotensi menentukan arah respons serangga (Keeseey *et al.*, 2026). Dalam konteks lokal, Rimbing *et al.* (2023) juga menunjukkan bahwa campuran atraktan berbasis alkohol telah berhasil digunakan untuk menarik hama lain pada pertanaman kopi, sehingga ada dasar aplikatif untuk mengevaluasi pendekatan serupa pada *Bactrocera spp* (Rimbing *et al.*, 2023).

Berangkat dari celah tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan beberapa rasio campuran bioetanol-metanol dalam menarik populasi *Bactrocera spp.* pada pertanaman cabai, sekaligus menilai potensi campuran alkohol berbasis bioetanol sebagai atraktan alternatif yang lebih ramah lingkungan.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih satu bulan, yaitu mulai November sampai Desember 2025. Kegiatan pengamatan lapangan dilakukan pada areal pertanaman cabai yang berada di Desa Tonsewer, Kecamatan Tompaso Barat. Lokasi tersebut dipilih sebagai tempat penelitian karena terdapat tanaman cabai yang aktif dibudidayakan dan berpotensi menjadi habitat serangga lalat buah dari genus *Bactrocera*.

Tahap pengamatan di lapangan difokuskan pada pemasangan perangkap, pengambilan sampel serangga, serta pencatatan hasil tangkapan selama masa penelitian. Setelah itu, seluruh sampel serangga yang diperoleh dibawa ke Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi. Kegiatan di laboratorium mencakup proses identifikasi spesies, pemisahan individu berdasarkan jenis kelamin, serta penghitungan jumlah serangga yang tertangkap pada setiap perlakuan. Dengan demikian, penelitian ini memadukan pengamatan lapangan dan analisis laboratorium agar data yang dihasilkan lebih akurat dan terstruktur..

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bioetanol cap tikus dengan kadar 80%, metanol 90%, alkohol 70%, deterjen, serta air sebagai campuran media penampung pada perangkap. Bioetanol cap tikus digunakan sebagai sumber senyawa volatil utama yang diuji

kemampuannya dalam menarik *Bactrocera* spp, sedangkan metanol digunakan sebagai bahan campuran untuk membentuk beberapa rasio perlakuan. Alkohol 70% dimanfaatkan dalam proses penanganan sampel serangga, terutama untuk membantu penyimpanan atau pembersihan alat selama kegiatan identifikasi.

Adapun alat yang dipakai terdiri atas botol plastik berukuran 1,5 liter sebagai badan perangkap, botol film ukuran 25 ml sebagai wadah atraktan, tali katun untuk menggantung wadah atraktan di bagian dalam perangkap, serta cup sampel serangga untuk menampung hasil koleksi. Selain itu, digunakan pula mikroskop, cawan petri, kuas, kamera, dan alat tulis. Mikroskop berfungsi membantu proses identifikasi morfologi serangga, cawan petri dan kuas digunakan saat memisahkan sampel, sedangkan kamera dipakai untuk dokumentasi kegiatan dan hasil pengamatan.

Cara Kerja dan Metode

Penelitian diawali dengan pembuatan perangkap sederhana yang dibuat dari botol air mineral berukuran 1,5 liter. Pada bagian tengah botol, baik di sisi kanan maupun kiri, dibuat dua lubang masuk dengan diameter sekitar 5 cm. Lubang tersebut berfungsi sebagai jalur masuk bagi serangga *Bactrocera* spp yang tertarik oleh aroma atraktan di dalam perangkap. Selanjutnya, pada tutup botol dibuat satu lubang kecil untuk memasukkan tali katun yang digunakan sebagai penyangga botol film berisi larutan atraktan. Botol film tersebut ditempatkan menggantung pada bagian dalam perangkap agar aroma senyawa dapat menyebar dengan baik.

Agar atraktan dapat menguap secara optimal, botol film diberi sepuluh lubang kecil yang dibuat mengelilingi permukaannya menggunakan jarum yang telah dipanaskan. Lubang-lubang kecil ini berfungsi sebagai tempat keluarnya aroma campuran bioetanol-metanol sehingga dapat terdeteksi oleh serangga sasaran. Pada

saat perangkap dipasang di lapangan, bagian dasar botol 1,5 liter diisi dengan air yang telah dicampur deterjen sebanyak 200 ml. Campuran ini berfungsi untuk menjebak dan menenggelamkan serangga yang telah masuk ke dalam perangkap sehingga tidak dapat keluar kembali.

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan beberapa perlakuan campuran atraktan. Perlakuan yang diuji meliputi P1 = rasio bioetanol-metanol 1:1, P2 = rasio bioetanol-metanol 1:2, P3 = rasio bioetanol-metanol 1:3, P4 = rasio bioetanol-metanol 1:4, dan P5 = etanol sintetik + metanol sintetik 1:1 sebagai pembanding. Penyusunan perlakuan ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas masing-masing komposisi campuran dalam menarik populasi *Bactrocera* spp pada pertanaman cabai.

Setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali dan ditempatkan pada barisan tanaman cabai sesuai pengacakan yang telah ditentukan. Jarak antarperlakuan dibuat sekitar 10 meter, demikian pula jarak antarbaris tanaman sekitar 10 meter, agar pengaruh aroma dari masing-masing perlakuan tidak saling bertumpang tindih secara berlebihan. Seluruh unit percobaan ditempatkan pada areal pertanaman cabai seluas 1 hektare. Dengan pengaturan tersebut, setiap perangkap diharapkan mewakili kondisi lapangan secara lebih merata dan dapat memberikan gambaran yang lebih baik mengenai respons serangga terhadap campuran atraktan yang diuji.

Pengambilan sampel serangga dilakukan secara berkala setiap tujuh hari sekali selama lima minggu pengamatan. Pada setiap waktu pengamatan, serangga yang tertangkap diambil dari perangkap, kemudian dimasukkan ke dalam wadah sampel untuk dibawa ke laboratorium. Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi jenis *Bactrocera* spp yang terperangkap, jumlah populasi yang tertangkap pada setiap minggu pengamatan,

serta nisbah kelamin atau sex ratio dari serangga yang diperoleh. Ketiga parameter tersebut dipilih karena dapat memberikan informasi yang lebih lengkap mengenai respons serangga terhadap atraktan yang digunakan.

Analisis Data

Data hasil pengamatan terlebih dahulu ditransformasi sebelum dilakukan analisis statistik. Tahap transformasi ini dilakukan untuk menyesuaikan karakter data sehingga lebih layak dianalisis lebih lanjut. Setelah itu, data dianalisis untuk membandingkan hasil antarperlakuan dengan menggunakan uji statistik yang sesuai, yaitu Paired Sample t-Test. Pengujian ini digunakan untuk melihat ada tidaknya perbedaan respons tangkapan serangga pada perlakuan yang dibandingkan.

Apabila hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan, maka pengujian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5%. Uji lanjutan ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan mana yang memberikan perbedaan nyata terhadap perlakuan lainnya. Seluruh proses analisis data dilakukan dengan bantuan program Statistical Product and Service Solutions (SPSS) versi 21.0, sehingga pengolahan data dapat dilakukan secara sistematis,

terukur, dan lebih mudah untuk diinterpretasikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis-Jenis Serangga *Bactrocera* spp



Hasil identifikasi menunjukkan bahwa serangga yang tertangkap pada perangkap atraktan bioetanol-metanol terdiri atas tiga spesies, yaitu *Bactrocera dorsalis*, *Bactrocera carambolae*, dan *Bactrocera musae*. Penentuan jenis dilakukan berdasarkan karakter morfologi yang mengacu pada literatur taksonomi lalat buah penting di Indonesia. Untuk mempermudah pembacaan hasil identifikasi, ciri-ciri utama dari masing-masing spesies disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, ketiga spesies yang ditemukan memiliki ciri morfologi yang berbeda sehingga dapat dibedakan secara jelas pada tahap identifikasi. Kehadiran *B. dorsalis*, *B. carambolae*, dan *B. musae* pada areal pertanaman cabai menunjukkan bahwa tanaman cabai di lokasi penelitian dapat menjadi habitat yang sesuai bagi lebih dari satu spesies lalat buah. Kondisi ini penting karena menunjukkan bahwa serangan lalat buah pada cabai di lokasi penelitian tidak bersifat tunggal, melainkan melibatkan beberapa spesies yang berpotensi memberikan tekanan hama secara bersamaan.

Table 1. Jenis dan ciri-ciri serangga *Bactrocera* spp

No	Jenis Serangga <i>Bactrocera</i> spp	Ciri-Ciri
1	<i>Bactrocera dorsalis</i>	Skutum yang berada pada <i>mesonotum</i> (toraks tengah) memiliki warna yang bervariasi dari merah, coklat hingga hitam, terdapat pita lateral berwarna kuning pada sekitar <i>mesonotum</i> (samping skutum dan bagian bawah menuju ke abdomen), sayap hanya mempunyai pita hitam pada garis costa dan garis anal, pada abdomen menunjukkan pola warna hitam berbentuk huruf T.



2	<i>Bactrocera carambolae</i>	Skutum pada spesies berwarna hitam, masih terdapat pita lateral berwarna kuning pada sekitar skutum seperti pada <i>B. dorsalis</i> , pada bagian sayap juga memiliki pita hitam pada garis costa dan garis anal, yang membedakan pada spesies ini pada pola berbentuk huruf T pada abdomen lebih jelas dan pada bagian ujung abdomen berwarna coklat tua hingga hitam.	
	3	<i>Bactrocera musae</i>	Skutum berwarna coklat dan hitam, terdapat pita lateral berwarna kuning pada sekitar skutum, pada bagian sayap memiliki pita coklat dengan garis costa dan garis anal, abdomen berwarna oranye kecoklatan dengan pola berbentuk huruf T yang agak kurang jelas, namun masih ada pita warna coklat tua kehitaman pada bagian tepi abdomen.
			

Populasi Serangga *Bactrocera* spp

Setelah seluruh sampel yang tertangkap selama lima minggu direkapitulasi, diperoleh gambaran umum mengenai komposisi populasi *Bactrocera* spp yang terdapat pada lokasi penelitian. Karena pada naskah ini digunakan bentuk

ringkasan, maka hasil populasi tidak lagi disajikan per minggu, melainkan langsung dalam bentuk rekap total individu jantan, betina, dan jumlah keseluruhan setiap spesies sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekap total populasi serangga *Bactrocera* spp.

Spesies	Jantan	Betina	Total
<i>B. dorsalis</i>	53	3	56
<i>B. carambolae</i>	52	3	55
<i>B. musae</i>	9	0	9
Jumlah	114	6	120

Tabel 2 memperlihatkan bahwa total serangga *Bactrocera* spp yang tertangkap selama penelitian mencapai 120 individu. Spesies yang paling dominan adalah *B. dorsalis* dengan 56 individu, disusul *B. carambolae* sebanyak 55 individu, sedangkan *B. musae* hanya berjumlah 9 individu. Dominannya *B. dorsalis* dan *B. carambolae* diduga berkaitan dengan sifat kedua spesies tersebut yang lebih melimpah di lapangan dan memiliki kisaran inang yang luas. Sebaliknya, rendahnya jumlah *B. musae* mengindikasikan bahwa tanaman cabai kemungkinan hanya berperan sebagai inang alternatif bagi spesies tersebut. Selain itu, data juga menunjukkan dominasi individu jantan yang sangat kuat

dibandingkan betina, sehingga dapat diduga bahwa atraktan bioetanol-metanol dalam penelitian ini lebih efektif menarik lalat buah jantan daripada betina.

Ketertarikan Serangga *Bactrocera* spp Terhadap Bioetanol-Metanol

Perbedaan komposisi campuran bioetanol-metanol menghasilkan tingkat ketertarikan yang berbeda terhadap *Bactrocera* spp. Untuk memperjelas pola respons serangga terhadap setiap perlakuan selama lima minggu pengamatan, hasil transformasi data beserta notasi uji BNT 5% diringkaskan dalam Tabel 3. Tabel ini memperlihatkan perbandingan efektivitas

antarperlakuan dari minggu pertama sampai minggu kelima.

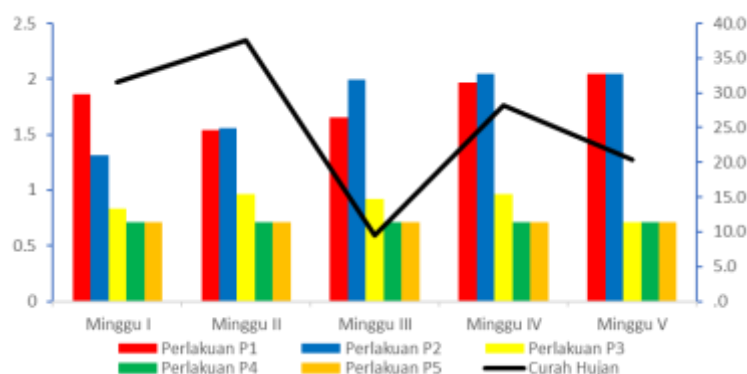
Tabel 3. Ketertarikan serangga *Bactrocera* spp terhadap atraktan bioetanol-metanol

Perlakuan	Minggu I	Minggu II	Minggu III	Minggu IV	Minggu V
P1 = bioetanol : metanol (1:1)	1,86 d	1,54 c	1,65 c	1,65 c	2,05 b
P2 = bioetanol : metanol (1:2)	1,31 c	1,56 d	1,99 d	2,05 d	2,05 b
P3 = bioetanol : metanol (1:3)	0,83 b	0,96 b	0,92 b	0,92 b	0,71 a
P4 = bioetanol : metanol (1:4)	0,71 a	0,71 a	0,71 a	0,71 a	0,71 a
P5 = etanol sintetik : metanol sintetik (1:1)	0,71 a	0,71 a	0,71 a	0,71 a	0,71 a

Keterangan: data yang disajikan merupakan hasil transformasi. Angka yang diikuti huruf yang sama pada minggu yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 3, perlakuan P1 dan P2 merupakan perlakuan yang paling efektif dalam menarik *Bactrocera* spp selama masa pengamatan. Pada minggu pertama, P1 memberikan hasil tertinggi, sedangkan pada minggu kedua hingga minggu keempat P2 cenderung lebih tinggi daripada perlakuan lainnya. Pada minggu kelima, P1 dan P2 menunjukkan hasil yang sama tinggi. Sebaliknya, P4 dan P5 secara konsisten memberikan nilai terendah dan tidak berbeda nyata pada setiap minggu. Rendahnya hasil pada P5 diduga berkaitan

dengan penggunaan etanol sintetik yang sangat murni, sehingga tidak lagi memiliki komponen volatil tambahan yang dapat memperkuat daya tarik alami. Adapun rendahnya hasil pada P4 menunjukkan bahwa proporsi metanol yang terlalu besar justru dapat menurunkan efektivitas atraktan. Sementara itu, P3 masih mampu menarik serangga, tetapi hasilnya tetap lebih rendah daripada P1 dan P2, yang menunjukkan bahwa rasio campuran sangat menentukan keberhasilan atraktan dalam memicu respons penciuman serangga.



Gambar 1. Grafik korelasi curah hujan dan ketertarikan serangga *Bactrocera* spp terhadap atraktan Bioetanol-Metanol

Hubungan Kondisi Ekologis dengan Efektifitas Atraktan Bioetanol-Metanol Menarik Serangga *Bactrocera* spp

Selain dipengaruhi oleh komposisi atraktan, hasil tangkapan serangga di lapangan juga sangat berkaitan dengan kondisi lingkungan selama penelitian. Salah satu faktor ekologis yang diamati dalam

penelitian ini adalah curah hujan kumulatif per minggu. Data tersebut penting karena pelepasan senyawa volatil dari atraktan sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, terutama saat hujan. Rincian curah hujan selama lima minggu pengamatan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Curah hujan kumulatif pada setiap pengamatan

Pengamatan	Curah hujan
Minggu I	31,6 mm
Minggu II	37,5 mm
Minggu III	9,5 mm
Minggu IV	28,2 mm
Minggu V	20,4 mm

Tabel 4 menunjukkan bahwa curah hujan selama penelitian berfluktuasi dari minggu ke minggu. Minggu kedua merupakan periode dengan curah hujan tertinggi, sedangkan minggu ketiga menunjukkan nilai terendah. Fluktuasi ini diduga memengaruhi efektivitas atraktan bioetanol-metanol, karena pada saat curah hujan tinggi suhu lingkungan cenderung turun sehingga senyawa volatil dari bioetanol tidak menguap secara optimal. Walaupun demikian, pola hasil pada Tabel 3 tetap memperlihatkan bahwa perlakuan P1 dan P2 relatif konsisten menarik serangga lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain. Hal ini menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut memiliki kestabilan daya tarik yang lebih baik meskipun tetap dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Selain faktor hujan, dominasi individu jantan dan ditemukannya sejumlah kecil betina pada Tabel 2 juga mengarah pada dugaan bahwa populasi *Bactrocera* spp di lokasi penelitian sedang berada pada fase aktif secara reproduktif. Kondisi ini kemungkinan diperkuat oleh ketersediaan inang di lapangan, karena penelitian berlangsung bertepatan dengan masa panen ketiga ketika sebagian buah cabai masih tersedia pada tanaman.

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa campuran bioetanol-metanol memang memiliki kemampuan untuk menarik lalat buah *Bactrocera* spp pada pertanaman cabai, tetapi tingkat keberhasilannya sangat bergantung pada komposisi campuran yang digunakan. Temuan ini penting karena memperlihatkan bahwa bioetanol berbasis bahan alami tidak hanya berpotensi digunakan sebagai bahan atraktan, tetapi juga dapat menjadi alternatif

yang lebih aplikatif untuk pengendalian dan monitoring lalat buah di lapangan. Dalam penelitian ini, keberhasilan tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan P1 dan P2, sedangkan P4 dan P5 memberikan hasil yang rendah. Pola tersebut menegaskan bahwa penambahan metanol dalam jumlah tertentu masih dapat mendukung daya tarik campuran, tetapi ketika proporsinya terlalu tinggi justru menurunkan respons serangga terhadap atraktan.

Temuan lain yang juga penting adalah dominannya dua spesies, yaitu *B. dorsalis* dan *B. carambolae*, dibandingkan *B. musae*. Kondisi ini menunjukkan bahwa kedua spesies tersebut merupakan komponen utama populasi lalat buah pada pertanaman cabai di lokasi penelitian. Dari sudut pandang perlindungan tanaman, hasil ini berarti bahwa strategi monitoring maupun pengendalian di lokasi serupa sebaiknya terutama diarahkan pada dua spesies tersebut, karena keduanya memiliki kontribusi terbesar terhadap populasi hama yang ditemukan. Sementara itu, jumlah *B. musae* yang jauh lebih sedikit memperlihatkan bahwa spesies ini kemungkinan hanya memanfaatkan cabai sebagai inang alternatif, bukan sebagai inang utama. Dengan demikian, komposisi spesies yang tertangkap memberikan informasi penting mengenai spesies sasaran yang paling relevan untuk pengembangan atraktan di lapangan.

Selain itu, dominasi individu jantan pada seluruh hasil tangkapan memperlihatkan bahwa campuran bioetanol-metanol yang digunakan dalam penelitian ini lebih responsif terhadap lalat buah jantan daripada betina. Hal ini memiliki dua implikasi. Di satu sisi,

atraktan ini berpotensi dimanfaatkan untuk monitoring populasi, karena keberadaan jantan dalam jumlah besar dapat menjadi indikator adanya populasi aktif di areal pertanaman. Di sisi lain, hasil ini juga menunjukkan bahwa efektivitas atraktan untuk menekan populasi secara langsung masih perlu dikaji lebih lanjut, terutama jika sasaran pengendalian diharapkan mencakup penurunan jumlah betina yang berperan langsung dalam peletakan telur dan pembentukan serangan pada buah. Oleh sebab itu, hasil penelitian ini dapat dipandang sebagai dasar awal yang kuat untuk pengembangan atraktan, tetapi masih memerlukan penyempurnaan formula agar respons kedua jenis kelamin dapat dipahami dengan lebih lengkap.

Jika dilihat dari sisi ekologis, hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa efektivitas atraktan tidak berdiri sendiri, melainkan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan keadaan pertanaman. Fluktuasi curah hujan selama penelitian menunjukkan bahwa pelepasan senyawa volatil kemungkinan berubah dari minggu ke minggu, sehingga intensitas tangkapan serangga juga tidak sepenuhnya ditentukan oleh komposisi atraktan saja. Di samping itu, penelitian yang berlangsung pada masa panen ketiga memperbesar kemungkinan tersedianya buah cabai yang masih tertinggal di lapangan, sehingga keberadaan inang dapat mendukung tingginya aktivitas lalat buah. Artinya, hasil tangkapan dalam penelitian ini perlu dipahami sebagai hasil interaksi antara komposisi kimia atraktan, kondisi iklim mikro, fase biologis serangga, dan ketersediaan inang di lapangan. Pemahaman ini penting agar atraktan tidak hanya dinilai dari jumlah tangkapan, tetapi juga dari kesesuaiannya dengan konteks agroekosistem tempat atraktan tersebut diterapkan.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menunjukkan bahwa campuran bioetanol-metanol dapat menarik *Bactrocera* spp, tetapi juga menegaskan

bahwa rasio campuran merupakan faktor kunci yang menentukan keberhasilannya. Hasil terbaik pada P1 dan P2 memperlihatkan bahwa campuran dengan proporsi yang lebih seimbang mampu menghasilkan sinyal volatil yang lebih efektif untuk dideteksi serangga. Temuan ini memberi nilai praktis yang cukup penting, karena membuka peluang pemanfaatan bioetanol sebagai atraktan alternatif yang lebih sederhana dan berpotensi lebih ramah lingkungan. Pada saat yang sama, hasil ini juga memberi arah bagi penelitian lanjutan, terutama dalam menyempurnakan komposisi atraktan, menguji konsistensinya pada musim dan lokasi berbeda, serta menilai potensi penggunaannya sebagai bagian dari strategi pengendalian lalat buah yang terpadu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa atraktan bioetanol-metanol memiliki kemampuan untuk menarik serangga lalat buah *Bactrocera* spp pada pertanaman cabai di Kecamatan Tompaso Barat. Selama penelitian, berhasil teridentifikasi tiga spesies yang tertangkap, yaitu *Bactrocera dorsalis*, *Bactrocera carambolae*, dan *Bactrocera musae*, dengan total keseluruhan 120 individu. Dari ketiga spesies tersebut, *B. dorsalis* dan *B. carambolae* merupakan spesies yang paling dominan, sedangkan *B. musae* ditemukan dalam jumlah yang jauh lebih sedikit. Komposisi tangkapan juga menunjukkan dominasi individu jantan dibandingkan betina, yang mengindikasikan bahwa atraktan yang diuji lebih responsif terhadap lalat buah jantan.

Hasil pengujian perlakuan memperlihatkan bahwa efektivitas campuran bioetanol-metanol tidak sama pada setiap rasio. Perlakuan P1 dan P2 menunjukkan kemampuan paling tinggi dalam menarik *Bactrocera* spp, sehingga dapat dinilai sebagai komposisi yang paling potensial dibandingkan perlakuan lainnya.

Perlakuan P3 masih mampu menarik serangga, tetapi efektivitasnya lebih rendah, sedangkan P4 dan P5 menunjukkan hasil terendah dan tidak berbeda nyata. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan atraktan sangat dipengaruhi oleh keseimbangan komposisi senyawa dalam campuran. Pada rasio yang lebih seimbang, volatilitas bioetanol tetap dapat berperan optimal sebagai sinyal kimia penarik, sementara pada proporsi metanol yang terlalu tinggi efektivitas atraktan cenderung menurun.

Selain komposisi atraktan, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa faktor ekologis turut memengaruhi banyaknya serangga yang tertangkap. Fluktuasi curah hujan selama masa pengamatan diduga memengaruhi proses penguapan senyawa volatil dari atraktan, sedangkan dominasi jantan dan ditemukannya beberapa individu betina mengarah pada dugaan bahwa populasi lalat buah di lokasi penelitian sedang berada pada fase aktif secara reproduktif. Dengan demikian, efektivitas atraktan bioetanol-metanol pada tanaman cabai tidak hanya ditentukan oleh rasio campuran, tetapi juga oleh kondisi lingkungan dan dinamika biologis serangga di lapangan. Hal tersebut menjelaskan bahwa penggunaan campuran bioetanol-metanol dengan rasio yang seimbang, khususnya perlakuan P1 dan P2, layak dipertimbangkan sebagai atraktan alternatif untuk kegiatan monitoring populasi *Bactrocera* spp pada pertanaman cabai. Meskipun demikian, penggunaannya di lapangan masih perlu dikaji lebih lanjut agar efektivitasnya dapat dipastikan pada kondisi agroekosistem yang berbeda.

Penelitian lanjutan sebaiknya dilakukan dengan menambahkan pengukuran kuantitatif terhadap variabel lingkungan, terutama suhu, curah hujan, kelembapan, dan intensitas penguapan atraktan, sehingga hubungan antara kondisi ekologis dan efektivitas campuran bioetanol-metanol dapat dijelaskan dengan

lebih akurat. Selain itu, pengujian pada musim, lokasi, dan jenis tanaman inang yang berbeda juga perlu dilakukan untuk mengetahui kestabilan respons *Bactrocera* spp terhadap atraktan ini. Pengembangan penelitian berikutnya juga disarankan mengarah pada penyempurnaan formulasi agar tidak hanya efektif menarik lalat buah jantan, tetapi juga memiliki potensi lebih besar dalam menjangkau individu betina, sehingga manfaatnya tidak terbatas pada monitoring, melainkan juga dapat mendukung strategi pengendalian yang lebih terpadu dan ramah lingkungan.

REFERENCES

- Bernardo, U., Nugnes, F., Ascolese, R., Carbone, C., Miele, F., Innangi, M., & Di Febbraro, M. (2025). Predicting the invasion risk of *Bactrocera dorsalis* in Italy under climate and land cover change. *Scientific Reports*, *15*(1), 35096. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-18890-2>
- Biasazin, T. D., Miano, R. N., Cheseto, X., Ndlela, S., Mohamed, S. A., & Dekker, T. (2025). Selective lure for *Bactrocera dorsalis* based on shared palpal and antennal responses across three economically important tephritid species. *Journal of Pest Science*, *98*(4), 1789–1801. <https://doi.org/10.1007/s10340-025-01898-y>
- Duan, Y., Li, A., Zhang, L., Yin, C., Li, Z., & Liu, L. (2024). Attractant potential of *Enterobacter cloacae* and its metabolites to *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Frontiers in Physiology*, *Volume 15-2024*. <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2024.1465946>
- Favaro, R., Berka, M., Pettersson, M., Thöming, G., Arce, C. C. M., Inácio, M. L., Turlings, T. C. J., Faria, J. M. S., Jung, T., Bazin, D., Pozzebon, A.,

- Angeli, S., & Cappellin, L. (2024). The use of volatile organic compounds in preventing and managing invasive plant pests and pathogens. *Frontiers in Horticulture, Volume 3-2024*. <https://www.frontiersin.org/journals/horticulture/articles/10.3389/fhort.2024.1379997>
- Holis, A., Haryanto, H., & Isnaini, M. (2023). Populasi dan Intensitas Serangan Lalat Buah (*Bactrocera* spp.) pada Pertanaman Cabai Keriting (*Capsicum annum* L.) Di Desa Darmasari Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek, 2*, 161–170. <https://doi.org/10.29303/jima.v2i1.2332>
- Iqbal, M., Meray, E., & Rorong, F. (2025). Serangga-Serangga Hama Pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Fase Generatif di Desa Dimembe Kecamatan Dimembe Kabupaten Minahasa Utara. *JURNAL ENFIT Entomologi Dan Fitopatologi, 3*, 37–43.
- Jang, H., Choi, M., & Jang, K.-S. (2024). Comprehensive phytochemical profiles and antioxidant activity of Korean local cultivars of red chili pepper (*Capsicum annum* L.). *Frontiers in Plant Science, Volume 15-2024*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.133035>
- Keeseey, I. W., Doll, G., Chakraborty, S., Das, Baschwitz, A., Lemoine, M., Kaltenpoth, M., Svatoš, A., Sachse, S., Knaden, M., & Hansson, B. S. (2026). Neuroecology of alcohol risk and reward: Methanol boosts pheromones and courtship success in *Drosophila melanogaster*. *Science Advances, 11*(14), eadi9683. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adi9683>
- Liu, L., Yang, L., Yuan, J., Zhang, J., Liu, C., Zhou, H., Liu, W., & Wang, G. (2024). D-Limonene Is the Active Olfactory Attractant in Orange Juice for *Bactrocera dorsalis* (Insecta: Diptera: Tephritidae). In *Life* (Vol. 14, Issue 6, p. 713). <https://doi.org/10.3390/life14060713>
- Makhlouf, L., El Fakhouri, K., Kemal, S. A., Maafa, I., Meftah Kadmiri, I., & El Bouhssini, M. (2024). Potential of volatile organic compounds in the management of insect pests and diseases of food legumes: a comprehensive review. *Frontiers in Plant Science, Volume 15-2024*. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2024.1430863>
- Mohd Ali, M., Khalid, N. I., Wondi, M. H., Haris, N. I. N., & Megat Ahmad Azman, P. N. (2025). Exploring the nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products of chilli (*Capsicum annum*): A comprehensive review. *Food Chemistry, 490*, 145091. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.145091>
- Papadopoulos, N. T., De Meyer, M., Terblanche, J. S., & Kriticos, D. J. (2024). Fruit Flies: Challenges and Opportunities to Stem the Tide of Global Invasions. *Annual Review of Entomology, 69*(Volume 69, 2024), 355–373. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-ento-022723-103200>
- Qian, Q., Cui, J., Miao, Y., Xu, X., Gao, H., Xu, H., Lu, Z., & Zhu, P. (2024). The Plant Volatile-Sensing Mechanism of Insects and Its Utilization. In *Plants* (Vol. 13, Issue 2, p. 185). <https://doi.org/10.3390/plants13020185>
- Razo-Belman, R., & Ozuna, C. (2023). Volatile Organic Compounds: A

- Review of Their Current Applications as Pest Biocontrol and Disease Management. In *Horticulturae* (Vol. 9, Issue 4, p. 441). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040441>
- Rimbing, J., Engka, R., Dumalang, S., & Rorong, F. (2023). Response of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) to attractant traps in Robusta coffee plantations. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 93, 544–548. <https://doi.org/10.56093/ijas.v93i5.133017>
- Syamsudin, T. S., Kirana, R., Karjadi, A. K., & Faizal, A. (2022). Characteristics of Chili (*Capsicum annum* L.) That Are Resistant and Susceptible to Oriental Fruit Fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel) Infestation. In *Horticulturae* (Vol. 8, Issue 4, p. 314). <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040314>
- Wijekoon, C. D., Duarte, A., & Neto, L. (2025). The Potential Risk of *Bactrocera dorsalis* (Tephritidae) Invasion into the Fruit Industry in the Iberian Peninsula: A Review. In *Insects* (Vol. 16, Issue 9, p. 969). <https://doi.org/10.3390/insects16090969>
- Xu, L., Jiang, H.-B., Yu, J.-L., & Wang, J.-J. (2024). Plasticity of the olfactory behaviors in *Bactrocera dorsalis* under various physiological states and environmental conditions. *Current Opinion in Insect Science*, 63, 101196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cois.2024.101196>
- Zhang, J., Liu, W., Chang, H., Wang, Q., Yuan, J., Liu, L., Liu, C., Zhang, Y., Ru, C., Yan, S., Hansson, B. S., & Wang, G. (2025). Methyl eugenol regulates mating behavior in oriental fruit flies by enhancing lek attractiveness. *National Science Review*, 12(3), nwae294. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwae294>