

Uji Repelensi Minyak Serai Wangi dan Pembungkusan Buah Jambu Biji Kultivar Kristal terhadap Lalat Buah (*Bactrocera carambolae*)

Repellent test of lemon grass oil and fruit wrapping on crystal guava against fruit flies (Bactrocera carambolae)

Desi Septiani¹, Dewi Sartiami^{1*}, Dadang¹, Yuris Tiyanto², Willing Bagariang², Tri Murningtyas PL²

¹Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 16680

²Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan, Karawang, 41376

*Penulis korespondensi: dsartiami@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK. Jambu biji kristal (*Psidium guajava*) merupakan tanaman potensial di Indonesia karena kandungan vitamin A dan C yang tinggi, serta rasa buah yang manis dengan tekstur buah yang renyah. Namun, serangan lalat buah menjadi salah satu permasalahan utama yang dapat menurunkan kualitas buah, sehingga diperlukan strategi pengendalian seperti pembungkusan buah dan aplikasi repelen untuk mencegah infestasi lalat buah. Penelitian ini bertujuan menguji keefektifan kombinasi repelen dengan tiga jenis pembungkus terhadap lalat buah melalui uji olfaktori di laboratorium dan pengujian di pertanaman jambu, mengevaluasi daya tahan pembungkus, dan mengidentifikasi faktor penyebab kerusakan pembungkus buah di pertanaman jambu. Uji olfaktori dilakukan menggunakan olfaktometer tabung-Y dengan membandingkan respons lalat buah terhadap aroma jambu utuh, jambu dengan repelen konsentrasi 0,125 ml, jambu dengan pelarut aseton 10%, jambu dengan pembungkus, serta jambu dengan pembungkus yang dikombinasikan dengan repelen. Pengujian di lapangan menggunakan tiga jenis pembungkus, yaitu bioplastik, kertas, dan plastik dengan kombinasi repelen pada tiga dosis (0,5 ml; 1 ml; dan 1,5 ml), yang diaplikasikan pada buah berumur 4 minggu setelah anthesis atau berdiameter 2-3 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi pembungkus bioplastik dan plastik dengan repelen mampu menghalangi dan mengusir kehadiran lalat buah. Pembungkus plastik terbukti paling efektif dalam melindungi buah dari serangan hama di lapangan, sedangkan bioplastik lebih unggul dalam mempertahankan kuantitas buah, termasuk bentuk, berat, dan volumenya.

Kata kunci: bioplastik, infestasi, kertas, olfaktori, plastik

ABSTRACT. Crystal guava (*Psidium guajava*) is a promising horticultural crop in Indonesia due to its high content of vitamins A and C, as well as the sweet flavor and crunchy texture of the fruit. However, fruit fly attacks are one of the main issues that can reduce the quality of the fruit, so control strategies such as fruit wrapping and repellent application are needed to prevent fruit fly infestation. This study aimed to assess the effectiveness of combining repellents with three types of fruit wraps against fruit flies through olfactory tests in the laboratory and guava plantations, evaluate the durability of the wraps, and identify factors causing damage to the fruit wraps in guava plantations. Olfactory tests were conducted using a Y-tube olfactometer by comparing fruit fly responses to the odor of whole guava, guava with 0.125 ml concentration of repellent, guava with 10% acetone solvent, guava with wrapping, and guava with wrapping combined with repellent. Field testing used three types of wrappers, namely bioplastic, paper, and plastic, combined with repellents at three doses (0.5 ml, 1 ml, and 1.5 ml), applied to fruits aged 4 weeks after anthesis or with a diameter of 2-3 cm. The results showed that bioplastic and plastic wraps combined with repellents effectively blocked and repelled fruit flies. Plastic wraps proved to be the most effective in protecting fruit from pests in the field, while bioplastic was superior in maintaining fruit quality, including shape, weight, and volume.

Keywords: bioplastic, infestation, olfactory, paper, plastic

Pendahuluan

Jambu biji (*Psidium guajava*) merupakan salah satu buah yang banyak diminati karena kandungan vitamin A dan C yang tinggi dengan kadar gula cukup rendah (Putra *et al.* 2023), serta rasa buah yang manis dengan tekstur buah yang renyah (Hussain *et al.* 2021). Namun, produksi jambu kristal di Indonesia mengalami penurunan dari 472.686 ton pada 2022 menjadi 404.654 ton pada 2023 (BPS 2024). Salah satu penyebab utamanya adalah serangan hama lalat buah (*Bactrocera carambolae*) yang dapat menurunkan hasil panen hingga 100% jika tidak dikendalikan dengan tepat (Akbar *et al.* 2022). Lalat buah menyukai dan menyerang buah-buahan berkulit lunak seperti jambu biji. Kehidupan lalat buah sangat dipengaruhi oleh tingkat kematangan inangnya. Lalat buah lebih menyukai buah yang lebih matang untuk tempat peletakkan telur, dibandingkan dengan buah yang masih muda. Lalat buah menyukai makanan dengan kandungan asam amino, vitamin, mineral, air, dan karbohidrat yang tinggi untuk memperpanjang masa hidupnya dan meningkatkan keperidiannya (Astriyani 2014).

Serangan lalat buah menyebabkan buah cacat fisik, pembusukan, dan kerontokan buah sebelum mencapai kematangan, yang secara langsung berdampak terhadap penurunan kualitas dan kuantitas produksi. Kondisi ini memengaruhi preferensi konsumen terhadap buah jambu. Salah satu metode pengendalian yang dinilai efektif, ekonomis, dan mudah diterapkan oleh petani buah adalah teknik pembungkusan buah. Jenis pembungkus yang umum digunakan meliputi plastik, kain, dan kertas, dengan plastik dan kertas masih menjadi pilihan utama (Bishnoi *et al.* 2023; Islam *et al.* 2020). Hal tersebut dikarenakan keunggulannya dalam melindungi buah dari faktor lingkungan serta mempertahankan kelembapan (Anwari *et al.* 2024).

Pemilihan bahan pembungkus harus memperhatikan beberapa aspek penting, seperti efektivitas dalam melindungi buah dari hama dan penyakit, ketahanan terhadap kondisi lingkungan, keamanan terhadap produk, serta dampaknya terhadap lingkungan. Kantung plastik memiliki ketahanan yang tinggi dalam melindungi buah, namun dapat menimbulkan permasalahan lingkungan karena sifatnya yang sulit terurai secara alami. Sebaliknya, kantung kertas lebih ramah lingkungan namun rentan mengalami kerusakan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan pembungkus yang lebih berkelanjutan, seperti bioplastik yang dinilai lebih ramah lingkungan (Khodijah & Tobing 2023).

Bioplastik merupakan jenis plastik yang terbuat dari bahan-bahan alami seperti pati dan protein, yang bersifat mudah terdegradasi oleh mikroorganisme serta faktor abiotik seperti cahaya, panas, dan oksigen (Tuates & Caparino 2016). Pati jagung merupakan salah satu bahan utama pembuatan bioplastik karena ketersediaannya melimpah, dapat diperbaharui, serta memiliki biaya produksi yang relatif rendah. Karakteristik biodegradabilitas bioplastik ditunjukkan oleh indikator seperti pertumbuhan mikroba pada permukaan plastik dan perubahan sifat mekaniknya setelah penyinaran ultraviolet (Manuseng *et al.* 2024; Khodijah & Tobing 2023).

Selain metode pengendalian mekanik melalui pembungkusan, penggunaan repelen nabati juga merupakan strategi yang potensial dalam mengurangi intensitas serangan lalat buah. repelen bekerja dengan menghasilkan aroma yang tidak disukai serangga, sehingga mampu mencegah kedatangan serangga ke tanaman (Nurfany & Purwati 2020). Salah satu tanaman yang mengandung senyawa aktif sebagai repelen adalah serai wangi (*Cymbopogon nardus*), yang menghasilkan minyak asiri dengan komponen utama berupa sitronela dan geraniol, yang efektif sebagai penolak serangga (Rofiah & Haryadi 2024). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas kombinasi repelen serai wangi dengan tiga jenis pembungkus

buah, yaitu bioplastik, kertas, dan plastik terhadap serangan lalat buah, baik di laboratorium maupun di lapangan, serta menilai daya tahan pembungkus, dan faktor-faktor penyebab kerusakan di lapangan. Penelitian ini bertujuan mengetahui keefektifan kombinasi repelen serai wangi dengan tiga jenis pembungkus buah, meliputi pembungkus berbahan bioplastik, pembungkus kertas, dan pembungkus plastik terhadap lalat buah di laboratorium dan di pertanaman jambu, mengevaluasi daya tahan pembungkus, dan mengetahui faktor penyebab kerusakan pembungkus buah di pertanaman jambu.

Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

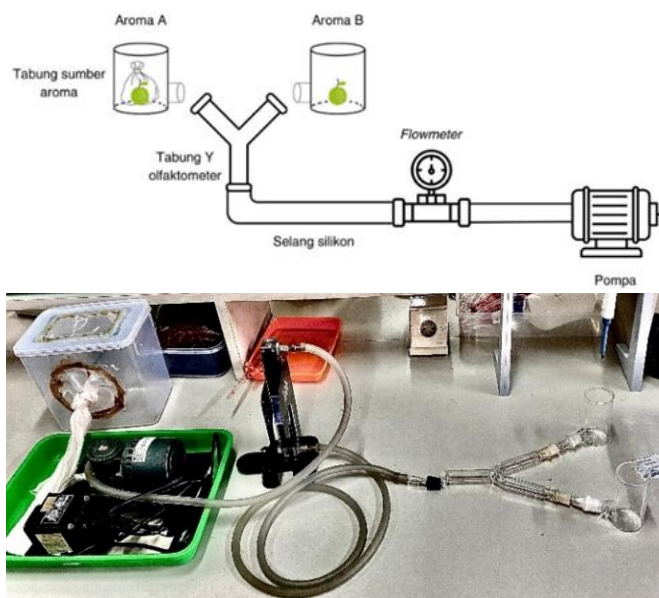
Alat yang digunakan meliputi jangka sorong, olfaktometer tabung-Y, *flowmeter*, pompa, selang silikon, mikroskop LEICA DFC 450 dengan aplikasi kamera digital menggunakan LAS V.4.4.0 yang terhubung dengan komputer. Bahan yang digunakan meliputi larutan repelen serai wangi, alkohol 70%, aseton 10%, pembungkus plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE), pembungkus bioplastik, pembungkus kertas, arang aktif, dan tali rami.

Perbanyakkan Serangga Uji

Serangga uji (*Bactrocera carambolae*) yang digunakan diperoleh dari koleksi Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan yang terletak di Jalan Raya Kaliasin, Kotabaru, Karawang. Serangga uji dalam fase pupa dipelihara hingga mencapai fase imago di Laboratorium Biosistematika Serangga dengan suhu ruangan pemeliharaan yang dikondisikan pada 25 – 26 °C. Selama pemeliharaan, serangga uji diberikan pakan berupa gula halus serta minuman berupa air mineral murni. Imago serangga uji yang telah berumur tiga hari dapat digunakan untuk pengujian.

Pengujian Olfaktori Imago Lalat Buah

Metode pengujian olfaktori imago Lalat Buah mengacu pada Tak *et al.* (2024) serta Haryadi & Oktavian (2023) yang dimodifikasi. Pengujian respon lalat buah terhadap repelen dilakukan menggunakan olfaktometer tabung-Y (Gambar 1). Bahan uji yaitu jambu utuh, jambu dengan repelen konsentrasi 0,125 ml, dan jambu dengan pelarut aseton 10%, yang masing-masing diletakkan dalam tabung silinder pada salah satu ujung lengan olfaktometer (aroma A). Sementara itu, pada ujung lengan lainnya diletakkan bahan perlakuan pembandingan, berupa jambu dengan pembungkus atau jambu dengan kombinasi pembungkus dan repelen konsentrasi 0,125 ml (aroma B). Tabung silinder dihubungkan dengan lengan tabung-Y menggunakan pipa/tabung penghubung, dan ditutup dengan karbon aktif yang dibungkus kain organza untuk menyaring udara masuk. Setiap perlakuan menggunakan 15 ekor lalat buah yang telah diaklimatisasi selama satu jam sebelum pengujian. Lalat buah ditempatkan satu per satu secara bergantian pada tangkai olfaktometer, dengan setiap individu hanya digunakan satu kali dalam percobaan. Tangkai olfaktometer tabung-Y dihubungkan dengan pompa yang tersambung pada *flowmeter* melalui selang silikon, dengan laju aliran udara diatur pada 40 ml/menit.



Gambar 1. Skema dan alat uji olfaktori menggunakan olfaktometer tabung -Y

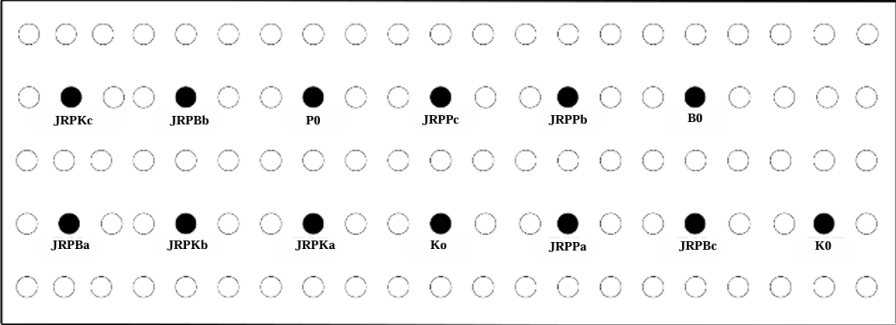
Pengujian olfaktori terdiri atas 27 perlakuan perbandingan aroma yang terbagi pada 5 sub-pengujian, yaitu sub-pengujian 1 (P1) jambu repelen, jambu pelarut, jambu pembungkus, jambu pembungkus dan pelarut vs jambu utuh; sub pengujian 2 (P2) jambu repelen, jambu pembungkus, jambu pembungkus dan repelen vs jambu pelarut; sub-pengujian 3 (P3) jambu pembungkus, jambu pembungkus dan repelen vs jambu repelen; sub-pengujian 4 (P4) jambu pembungkus vs jambu pembungkus; sub-pengujian 5 (P5) jambu pembungkus repelen vs jambu pembungkus repelen. Sub-pengujian dan perlakuan disajikan di bawah ini (Tabel 1).

Penentuan Tanaman Contoh dan Pemasangan Pembungkus Buah

Penelitian dilaksanakan dalam satu blok dengan luas 12.000 m², pohon jambu ditanam dengan jarak tanam 3,5 m x 2,5 m yang terbagi dalam empat petak. Pohon jambu kristal berusia enam tahun yang ditanam berdampingan dengan tanaman pepaya. Pada satu petak terdapat lima baris tanaman dengan dua baris tanaman pinggir digunakan sebagai tanaman pembatas. Tiap petak terdapat 13 tanaman sampel dengan jarak 7 m antar tanaman sampel. Masing-masing tanaman diambil satu buah sebagai sampel. Dalam penelitian ini terdapat 13 perlakuan dengan empat ulangan, ilustrasi petak tertera pada Gambar 2. Aplikasi repelen diberikan dengan jarak 7 m antar perlakuan untuk menghindari adanya kontaminasi aroma antar perlakuan yang dapat menimbulkan interferensi dalam pengujian. Pembungkusan buah dilakukan pada buah berumur empat minggu setelah anthesis (MSA) atau berdiameter 2 – 3 cm. Pengukuran diameter buah jambu dilakukan menggunakan jangka sorong. Pengamatan dilakukan tiga hari sekali dengan mengukur perkembangan jambu, dan mengamati perubahan kondisi pembungkusan. Adapun 13 kode perlakuan pembungkusan buah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Perbandingan perlakuan aroma repelen pada uji olfaktori lalat buah	
Sub-pengujian	Perlakuan perbandingan aroma
P1	JR VS JU
	JPB VS JU
	JPK VS JU
	JPP VS JU
	JPL VS JU
	JRPB VS JU
	JRPK VS JU
	JRPP VS JU
P2	JR VS JPL
	JPB VS JPL
	JPK VS JPL
	JPP VS JPL
	JRPB VS JPL
	JRPK VS JPL
	JRPP VS JPL
P3	JPB VS JR
	JPK VS JR
	JPP VS JR
	JRPB VS JR
	JRPK VS JR
	JRPP VS JR
P4	JPB VS JPP
	JPK VS JPB
	JPP VS JPK
P5	JRPB VS JRPP
	JRPK VS JRPB
	JRPP VS JRPK

Keterangan: JU= Jambu Utuh, JR= Jambu + Repelen 0,125%, JPL= Jambu + Pelarut, JPB= Jambu Pembungkus Bioplastik, JPK= Jambu Pembungkus Kertas, JPP= Jambu Pembungkus Plastik, JRPB= Jambu + Repelen 0,125% + Pembungkus Bioplastik, JRPK= Jambu + Repelen 0,125% + Pembungkus kertas, JRPP= Jambu + Repelen 0,125% + Pembungkus Plastik. JU= Whole guava, JR= Guava + 0.125% repellent, JPL= Guava + solvent, JPB= Guava with bioplastic wrapper, JPK= Guava with paper wrapper, JPP= Guava with plastic wrapper, JRPB= Guava + 0.125% repellent + bioplastic wrapper, JRPK= Guava + 0.125% repellent + paper wrapper, JRPP= Guava + 0.125% repellent + plastik wrapper



Gambar 2. Ilustrasi petak penelitian

Tabel 2. Kode perlakuan pembungkus buah

Kode Perlakuan	Keterangan
JRPBa	Bioplastik + 0,5 ml repelen
JRPBb	Bioplastik + 1 ml repelen
JRPBc	Bioplastik + 1,5 ml repelen
B0	Bioplastik
JRPKa	Kertas + 0,5 ml repelen
JRPKb	Kertas + 1 ml repelen
JRPKc	Kertas + 1,5 ml repelen
K0	Kertas
JRPPa	Plastik + 0,5 ml repelen
JRPPb	Plastik + 1 ml repelen
JRPPc	Plastik + 1,5 ml repelen
P0	Plastik
Ko	Kontrol

Pengamatan Serangan dan Identifikasi Lalat Buah

Pengamatan serangan lalat buah dilakukan dengan melihat jumlah buah yang terserang dalam satu perlakuan dan dihitung persentase serangannya. Berikut rumus persentase serangan menurut Prasetya *et al.* (2022) .

$$\text{Persentase serangan} = \frac{\text{Jumlah buah terserang lalat buah}}{\text{Jumlah buah yang diamati}} \times 100\%$$

Buah yang terindikasi terkena serangan lalat buah akan dibelah untuk melihat adanya aktivitas larva lalat buah yang ada di dalamnya. Larva yang ditemukan dipelihara dalam toples yang telah diberikan pakan dan tanah halus sebagai media berpupa. Imago yang muncul diidentifikasi karakter morfologinya dengan acuan buku Taksonomi dan Bioekologi Lalat Buah Penting di Indonesia (Siwi *et al.* 2006).

Analisis Data

Data diolah dengan Microsoft Excel 2019 dan R Studio versi 4.3.2. Analisis data dengan sidik ragam (ANOVA) dan uji lanjut dengan uji Tukey taraf nyata 5% apabila terdapat pengaruh nyata pada perlakuan.

Hasil dan Pembahasan*Kondisi Umum Penelitian*

Agribusiness and Technological Park (ATP) merupakan unit bisnis dalam bidang pertanian IPB University yang terletak di Kabupaten Bogor di ketinggian 165 mdpl, pada 6°32'58" Lintang Selatan dan 106°44'01" Bujur Timur. Secara umum, kondisi cuaca selama pengamatan dari bulan September hingga Oktober merupakan kondisi peralihan dari musim kemarau ke musim hujan. Suhu rata-rata bulan September berkisar 26,5 °C hingga 27,7 °C, dengan kelembapan mencapai 88%, dan curah hujan 49 mm hingga 66 mm. Sementara itu, pada bulan Oktober suhu berkisar antara 26,9 °C hingga 27,9 °C, kelembapan mencapai 85,9%, dan curah hujan meningkat menjadi 67 mm hingga 117 mm (Tabel 3).

Tabel 3. Kondisi umum cuaca pada bulan September dan Oktober 2024

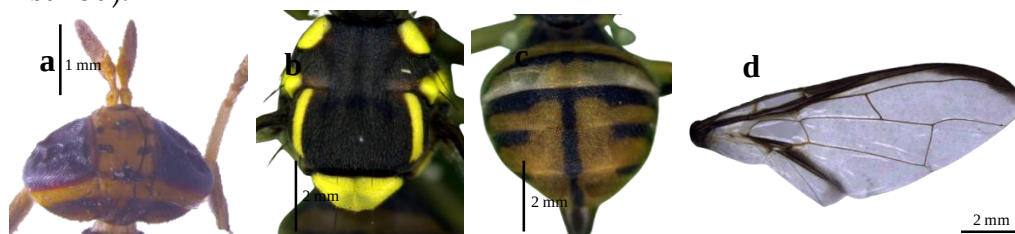
Bulan dan pekan		Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Curah hujan (mm)
September	M1	27,7	79,3	49
	M2	26,5	84,9	52
	M3	27,2	73,4	59
	M4	26,6	88,3	66
Oktober	M1	27,0	85,0	67
	M2	27,1	85,9	80
	M3	26,9	77,3	97
	M4	27,9	80,0	117

Sumber: Climate data library IPB University; M1: Minggu 1; M2: Minggu 2; M3: Minggu 3; M4: Minggu 4

Faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan curah hujan memiliki pengaruh terhadap keberhasilan budidaya jambu kristal. Menurut Hussain (2021), kelembapan yang rendah dengan curah hujan yang lebih sedikit menguntungkan bunga untuk mekar dan perkembangan buah, sedangkan suhu tinggi selama perkembangan buah menyebabkan hasil yang rendah. Suhu ideal untuk pertumbuhan jambu biji berkisar 23 – 26 °C. Selain itu, suhu berperan penting dalam perkembangan lalat buah (*Bactrocera* sp.). Sesuai dengan pernyataan Syahputera *et al.* (2022), bahwa curah hujan tinggi dapat meningkatkan kelembapan tanah yang berpotensi memicu kemunculan lalat buah. Berdasarkan data penelitian, kondisi suhu di atas 25 °C dan kelembapan tinggi mendukung peningkatan aktivitas lalat buah yang dapat memperparah kerusakan pada buah jambu kristal. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Andrian (2022), bahwa lalat buah dapat berkembang biak dengan baik pada suhu 26 °C.

Identifikasi Lalat Buah

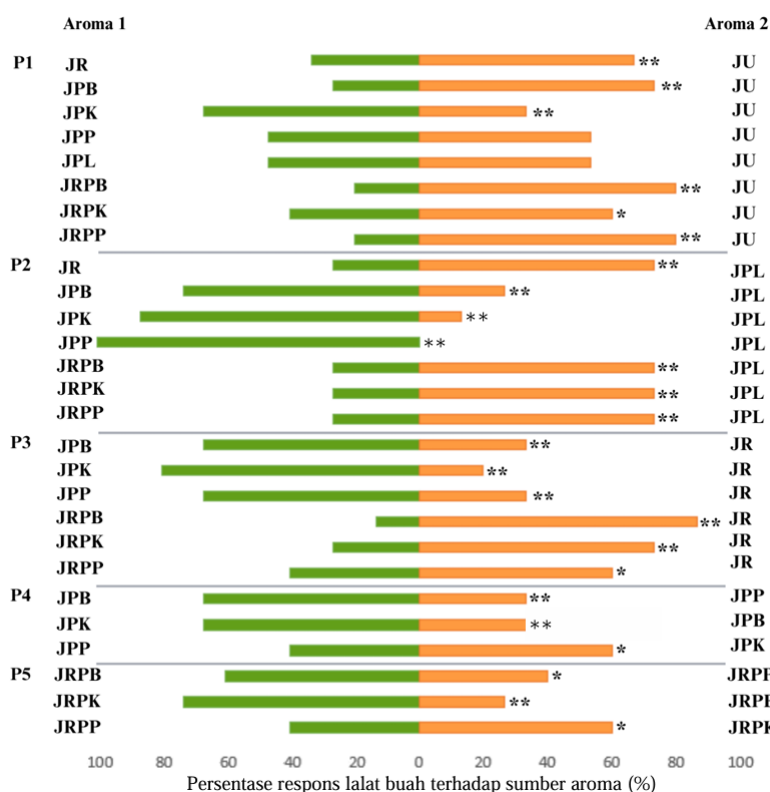
Berdasarkan hasil identifikasi, imago lalat buah yang ditemukan menyerang buah jambu kristal di ATP yaitu *Bactrocera carambolae*. Deskripsi morfologi individu imago lalat buah hasil pemeliharaan merujuk pada Siwi *et al.* (2006) dan Sudiarta *et al.* (2020). *B. carambolae* memiliki ciri morfologi meliputi bagian kepala ditandai dengan adanya bintik melintang memanjang (Gambar 3a). Bagian toraks mesonotum berwarna hitam dengan pita kuning lateral yang berujung tumpul (Gambar 3b). Selain itu, spesies ini memiliki bulu *prescutellar*, serta *postpronotal lobes* dan notopleura yang berwarna kuning. Abdomen berwarna cokelat oranye, terdiri dari lima segmen dengan pola huruf T yang jelas membentang dari segmen III hingga V (Gambar 3c). Pada bagian sayap, sel costa tampak jernih dengan *costal band* berukuran medium yang tumpang tindih dengan R2+3 (Gambar 3d).



Gambar 3 Karakter morfologi lalat buah *Bactrocera carambolae* pada jambu kristal (a) kepala; (b) mesonotum; (c) abdomen; (d) sayap.

Uji Olfaktori Lalat Buah

Berdasarkan hasil pengujian olfaktori lalat buah terhadap dua aroma berbeda menunjukkan hasil yang signifikan (Gambar 4). Hasil Sub-pengujian 1 (P1), menunjukkan bahwa 62,5% lalat buah menjauhi sumber aroma repelen dengan pelarut aseton. Hasil uji *chi-square* menunjukkan penolakan lalat buah terhadap serai wangi secara signifikan dengan *p-value* < 0,01. Menurut Hartini (2020), aroma menyengat dari minyak atsiri yang terkandung dalam repelen menyebabkan terjadinya penolakan kehadiran serangga. Minyak atsiri yang mudah menguap akan mendominasi lingkungan sekitar sehingga berpotensi mengurangi ketersediaan oksigen. Paparan aroma menyengat dari repelen dan aseton dapat mengganggu sistem sensorik lalat buah, sehingga memberikan respons menghindari aroma tersebut.



Gambar 4. Respons olfaktori *Bactrocera carambolae* pada pengujian menggunakan tabung-Y olfaktometer dengan dua sumber aroma. (P1) jambu repelen, jambu pelarut, jambu pembungkus, dan jambu pembungkus repelen vs jambu utuh; (P2) jambu repelen, jambu pembungkus, dan jambu pembungkus repelen vs jambu pelarut; (P3) jambu pembungkus, dan jambu pembungkus repelen vs jambu repelen; (P4) jambu pembungkus vs jambu pembungkus; (P5) jambu pembungkus repelen vs jambu pembungkus repelen. JU = Jambu utuh; JR = Jambu repelen; JPL = jambu pelarut; JPB = Jambu pembungkus bioplastik; JPK = Jambu pembungkus kertas; JPP = Jambu pembungkus plastik; JRPB = Jambu repelen pembungkus bioplastik; JRPK = Jambu repelen pembungkus kertas; JRPP = Jambu repelen pembungkus plastik. N = 15 individu setiap perlakuan. ** = *P-value* < 0,01; * = *P-value* < 0,05.

Hasil sub-pengujian 2 (P2), menunjukkan 73,33% lalat buah lebih memilih pelarut aseton dibandingkan jambu dengan ketiga jenis pembungkus kombinasi repelen, dengan hasil uji *chi-square* sangat signifikan (*p-value* < 0,01). Menurut Paoli & Galizia (2021) dalam kondisi tertentu, aroma yang sama dapat menimbulkan persepsi yang

berbeda, sebaliknya aroma yang berbeda dapat menimbulkan persepsi yang sama. Pada sub-pengujian 2, terdapat beberapa perlakuan dengan respons lalat buah lebih mendekat ke aroma aseton. Hal tersebut dapat terjadi karena lalat buah merespons zat dengan membandingkan sumber aroma yang paling tidak mengganggu di antara pilihan yang tersedia.

Hasil sub-pengujian 3 (P3), menunjukkan bahwa lalat buah menjauhi buah dengan pembungkus dan repelen, dengan preferensi serangga hanya 26,6%. Hasil *chi-square* menunjukkan penolakan yang signifikan pada perlakuan JRPB ($p\text{-value} < 0,01$). Hal tersebut kemungkinan dikarenakan efek dari pembungkus buah dalam melindungi aroma senyawa volatil yang dikeluarkan oleh buah jambu. Hasil sub-pengujian 4 dan 5 (P4 dan P5), menunjukkan bahwa lalat buah memilih buah pada perlakuan dengan pembungkus kertas, yang artinya pembungkus kertas kurang cukup kuat untuk menghalangi aroma jambu karena kertas memiliki pori-pori yang memungkinkan senyawa volatil jambu dapat menembus keluar pembungkus.

Tinjauan dari sisi fisiologi serangga menemukan bahwa serangga memiliki reseptor kimia (kemoreseptor) yang berkorelasi langsung dengan indra pengecap dan penciuman serangga, yang selanjutnya ditangkap oleh pusat sensorik serangga. Situasi ini akan memengaruhi berbagai perilaku serangga, seperti perilaku kawin, perilaku makan, pemilihan habitat, dan lain sebagainya (Isman 2000). Beberapa penelitian melaporkan bahwa kandungan senyawa sitronela dan geraniol dapat digunakan sebagai aroma terapi, antimikroba, dan anti serangga. Efek tolakan serai wangi dapat mengganggu insting serangga dalam mengenali aroma. Efek lebih lanjut, senyawa sitronela menjadi bahan penyebab racun dehidrasi (pengering) yang dapat mengakibatkan kematian, akibat kehilangan cairan secara terus menerus (Rohim *et al.* 2023).

Pembungkusan Buah

Perlakuan berbagai pembungkus memberikan pengaruh terhadap kualitas dan kuantitas buah meliputi bentuk, kemulusan, berat dan volume buah (Tabel 4). Hasil terbaik ditunjukkan oleh perlakuan JRPBa (Bioplastik + 0,5 ml repelen, yang memiliki rata-rata tinggi pada parameter bentuk, diameter, dan volume buah. Analisis menunjukkan adanya interaksi antara jenis pembungkus dan repelen terhadap karakteristik fisik buah, sehingga pemilihan pembungkus yang tepat menjadi faktor penting dalam menjaga kualitas hasil panen.

Menurut Cahyani *et al.* (2023), pembungkusan buah berfungsi sebagai pelindung dari gangguan eksternal yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas buah. Jenis pembungkus dapat memengaruhi kualitas fisik buah seperti bentuk, kemulusan, berat, dan volume buah. Pada perlakuan dengan pembungkus plastik, buah menunjukkan tingkat kemulusan tertinggi, sedangkan pembungkus bioplastik menghasilkan buah dengan kemulusan yang lebih rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh gesekan antara permukaan buah dan pembungkus bioplastik yang dapat menimbulkan luka lecet. Selain itu, tingginya curah hujan meningkatkan kelembapan pada pembungkus bioplastik, sehingga mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Bioplastik terbuat dari bahan organik dan tidak memiliki sifat antimikroba, sehingga mikroorganisme lebih mudah tumbuh dan mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas kemulusan buah (Touran 2024).

Tabel 4. Kualitas buah jambu kristal pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Bentuk buah*)	Kemulusan buah (%)	Berat buah (g)	Volume buah (cm ³)
JRPBa	4,0 ± 0,6 ^{bc}	50,0 ± 28,2 ^b	185,3 ± 50,0 ^c	154,8 ± 37,3 ^b
JRPBb	4,0 ± 0,5 ^c	56,2 ± 35,9 ^b	181,7 ± 52,0 ^c	143,4 ± 40,3 ^{bc}
JRPBc	3,5 ± 0,6 ^{bc}	53,1 ± 21,3 ^b	108,2 ± 29,0 ^{def}	94,7 ± 26,1 ^{cde}
B0	3,5 ± 0,6 ^{bc}	56,2 ± 31,2 ^b	170,7 ± 48,4 ^{bc}	136,6 ± 33,9 ^{bc}
JRPKa	3,0 ± 0,6 ^{cd}	43,7 ± 20,4 ^{ab}	92,6 ± 59,0 ^{af}	70,0 ± 55,2 ^{ae}
JRPKb	2,5 ± 1,3 ^{bd}	31,2 ± 32,0 ^{ab}	89,7 ± 30,3 ^{af}	76,0 ± 19,5 ^{ae}
JRPKc	3,0 ± 2,1 ^{bd}	43,7 ± 37,7 ^{ab}	62,4 ± 50,7 ^{ae}	59,0 ± 48,2 ^{ad}
K0	3,5 ± 0,7 ^{cd}	56,2 ± 44,2 ^b	150,0 ± 2,8 ^{cf}	131,3 ± 6,9 ^{be}
JRPPa	2,5 ± 0,7 ^{cd}	37,5 ± 53,0 ^{ab}	130,5 ± 34,6 ^{cef}	118,0 ± 50,4 ^{bde}
JRPPb	2,0 ± 1,0 ^{bd}	68,7 ± 0,0 ^b	111,0 ± 25,3 ^{bdef}	86,3 ± 23,0 ^{def}
JRPPc	2,0 ± 0,0 ^{ad}	62,5 ± 27,6 ^b	127,6 ± 52,5 ^{cef}	109,7 ± 50,8 ^{bde}
P0	3,0 ± 0,6 ^{cd}	56,2 ± 6,2 ^b	162,0 ± 63,4 ^{cd}	135,6 ± 37,7 ^{bef}
Ko	1,0 ± 0,0 ^a	0,0 ± 0,0 ^a	31,0 ± 11,2 ^a	27,9 ± 10,3 ^a

*) (0-1) = buah tidak berkembang, (1-2) = buah rusak, (2-3) = buah asimetris, (3-4) = buah bulat tidak sempurna, (4) = buah bulat sempurna

*) (0-1) = underdeveloped fruit, (1-2) = damaged fruit, (2-3) = asymmetrical fruits, (3-4) = imperfectly round fruit, (4) = perfectly round fruit

Perbandingan Kondisi Pembungkus Buah

Berdasarkan hasil pengamatan, kondisi awal pembungkus bioplastik berwarna putih kekuningan dengan tekstur yang lentur (Gambar 5a). Kondisi akhir setelah pemasangan, pembungkus bioplastik mengalami perubahan yang signifikan berupa pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan pembungkus dan tekstur menjadi keras serta kaku (Gambar 5b). Pembungkus bioplastik mulai mengalami perubahan tekstur dan pertumbuhan mikroorganisme setelah tujuh hari pemasangan. Pembungkus kertas yang diaplikasikan, kondisi awal berwarna coklat dengan tekstur semi-kaku namun tetap fleksibel (Gambar 5c). Kondisi akhir setelah pemasangan, pembungkus kertas mengalami perubahan warna menjadi coklat pudar dan tekstur menjadi mudah rapuh (Gambar 5d). Pembungkus kertas mulai mengalami perubahan warna dan rapuh setelah 19 hari pemasangan. Pembungkus plastik lebih tahan lama jika dibandingkan dengan pembungkus bahan lainnya (Gambar 5e). Tekstur plastik yang elastis membuat pembungkus tersebut tidak mudah rusak dan berubah bentuk selama digunakan (Gambar 5f).

Sifat lentur dari pembungkus mengindikasikan fleksibilitas dalam melindungi buah dari tekanan mekanis. Sifat lentur dari bioplastik berasal dari pati dengan kadar amilosa yang tinggi, amilosa yang terkandung dapat memerangkap air yang menghasilkan gel kuat (Ayu *et al.* 2023). Pembungkus kertas memiliki daya tahan yang terbatas, pembungkus kertas lebih rentan terhadap kerusakan fisik dan mudah rusak oleh cuaca atau manipulasi saat penanganan dan transportasi (Anwari *et al.* 2024). Plastik sintesis memiliki sifat tidak mudah terurai sehingga dapat lebih tahan terhadap berbagai faktor lingkungan.

Jenis Pembungkus	Kondisi Awal	Kondisi Akhir	Deskripsi
Bioplastik			• Kondisi awal: Warna putih kekuningan, tekstur lentur • Kondisi akhir: Berjamur, tekstur keras dan kaku
Kertas			• Kondisi awal: Warna cokelat, tekstur semi-kaku • Kondisi akhir: Warna terdegradasi, tekstur lebih rapuh
Kantung plastik			• Kondisi awal: Warna putih, tekstur elastis • Kondisi akhir: Tidak mengalami perubahan

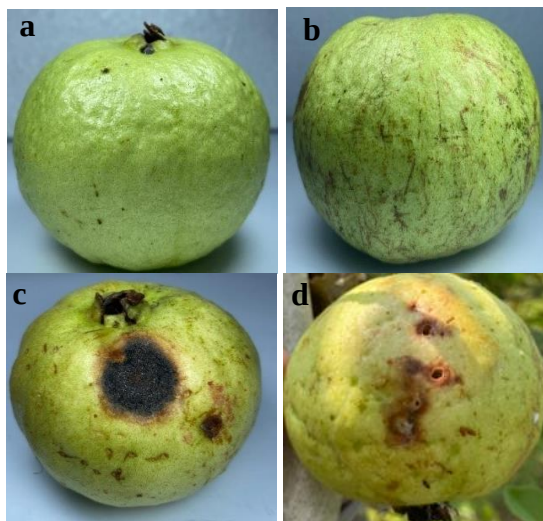
Gambar 5. Perbandingan kondisi pembungkus pada awal dan akhir pemasangan

Visualisasi Kualitas Buah

Buah jambu kristal memiliki karakteristik perubahan warna berdasarkan tingkat kematangannya. Kondisi buah mentah berwarna hijau tua, sementara pada tahap matang buah mengalami perubahan warna menjadi hijau muda, adapun kondisi buah yang sangat matang menunjukkan perubahan warna menjadi hijau kekuningan. Buah yang sehat dan berkualitas terbebas dari luka (Gambar 6a) (Khafid *et al.* 2023). Gambar 6b menunjukkan luka mekanis permukaan buah akibat gesekan antara buah dengan material pembungkus. Berdasarkan gejala yang diamati, buah jambu diduga terserang penyakit antraknosa yang ditandai munculnya bintik atau lesi dengan diameter 10 – 20 mm, yang dapat meluas hingga ke seluruh permukaan buah (Gambar 6c). Adapun indikator serangan lalat buah lainnya, ditandai dengan lubang kecil akibat aktivitas larva yang telah mencapai tahap akhir perkembangannya (Gambar 6d).

Pembusukan pada buah jambu kristal disebabkan oleh kondisi cuaca lembap dan suhu yang rendah yang dapat menurunkan kekerasan buah (Larasati & Wardiyati 2019). Hal tersebut dapat memicu infeksi patogen yang ditandai dengan perubahan warna menjadi hitam dan munculnya miselia pada lesi (Rahmiati *et al.* 2024). Suhu ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme adalah 25-30 °C, yang mendukung pertumbuhannya. Selain itu, lalat buah *B. carambolae* juga menjadi penyebab utama kerusakan, karena lalat buah meletakkan telurnya dalam jaringan buah, larva akan menetas dan memakan daging buah hingga menyebabkan kerusakan hingga pembusukan yang berpotensi menyebabkan kegagalan panen (Wijaya *et al.* 2018). Menurut Martuti & Anjarwati (2022), gejala yang ditimbulkan lalat buah yaitu terlihat noda hitam pada permukaan

buah yang di dalamnya terdapat larva lalat buah. Berdasarkan hal-hal tersebut, pembungkusan buah yang lebih awal dapat menutup akses lalat buah untuk meletakkan telur yang dapat merusak buah.



Gambar 6. Visualisasi buah jambu kristal, (a) buah sehat; (b) luka mekanis buah; (c) gejala busuk antraknosa; dan (d) gejala serangan lalat buah

Tingkat Serangan Lalat Buah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan JRPBa (pembungkus bioplastik + 0,5 ml repelen) mengalami serangan lalat buah, ditemukan sebanyak 5 larva lalat buah dengan persentase serangan 25%. Hal tersebut dikarenakan pembungkus bioplastik mengalami kerusakan. Akibatnya lalat buah dapat mudah untuk mengakses buah di dalamnya. Perlakuan pembungkus kertas juga terjadi serangan lalat buah, ditemukan sebanyak 13 larva pada perlakuan JRPKb (pembungkus kertas + 1 ml repelen) dan 29 larva lalat buah pada perlakuan JRPKc (pembungkus kertas + 1,5 ml repelen). Persentase serangan lalat buah pada kedua perlakuan pembungkus kertas yaitu 25%. Hal tersebut terjadi karena pembungkus kertas kurang tahan terhadap paparan air hujan dengan intensitas tinggi sehingga pembungkus rapuh dan terjadi kerusakan.

Seluruh buah pada kontrol terserang lalat buah dengan jumlah larva yang ditemukan sebanyak 142 larva lalat buah, dengan persentase serangan 100%. Buah kontrol tidak dilakukan pembungkusan sehingga aroma senyawa volatil yang dikeluarkan oleh buah dapat menarik lalat buah untuk mendekat. Sementara itu, pada perlakuan pembungkusan jambu menggunakan pembungkus plastik tidak ditemukan serangan lalat buah. Hal ini disebabkan oleh karakteristik pembungkus plastik yang memiliki struktur kuat, tidak mudah rusak, dan tahan terhadap suhu, sehingga efektif dalam mencegah lalat buah mencapai buah. Jenis pembungkus berperan penting dalam mencegah serangan lalat buah pada jambu kristal, karena kerusakan pada pembungkus dapat menciptakan celah yang memungkinkan lalat buah masuk dan menyerang (Indriyanti *et al.* 2014).

Pengujian aplikasi repelen di lapangan menunjukkan bahwa efektivitasnya belum mencapai hasil yang maksimal. Faktor lingkungan berperan besar terhadap daya kerja repelen, terutama curah hujan yang dapat meluruhkan repelen dan paparan sinar matahari yang mempercepat penguapan senyawa volatil. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa aroma repelen hanya terdeteksi hingga tujuh hari setelah aplikasi, sehingga selama fase perkembangan buah berikutnya perlindungan terhadap

hadirnya lalat buah menjadi tidak efektif.

Tabel 5 Jumlah larva dan persentase serangan lalat buah pada jambu kristal

Perlakuan	Total Larva*) (Larva/buah)	Persentase serangan (%)
JRPBa	5	25
JRPBb	0	0
JRPBc	0	0
B0	0	0
JRPKa	0	0
JRPKb	13	25
JRPKc	29	25
K0	0	0
JRPPa	0	0
JRPPb	0	0
JRPPc	0	0
P0	0	0
Ko	142	100

*)larva ditemukan pada seluruh buah yang terserang

Keterangan: JRPBa = Jambu repelen pembungkus bioplastik + 0,5 ml repelen; JRPBb = Jambu repelen pembungkus bioplastik + 1,5 ml repelen; JRPBc = Jambu repelen pembungkus bioplastik + 1,5 ml repelen; B0 = Pembungkus bioplastik JRPKa = Jambu repelen pembungkus kertas + 0,5 ml repelen; JRPKb = Jambu repelen pembungkus kertas + 1 ml repelen; JRPKc = Jambu repelen pembungkus kertas + 1,5 ml repelen; K0 = Pembungkus kertas JRPPa = Jambu repelen pembungkus plastik + 0,5 ml repelen; JRPPb = Jambu repelen pembungkus plastik + 1 ml repelen; JRPPc = Jambu repelen pembungkus plastik + 1,5 ml repelen; P0 = Pembungkus plastik; Ko = Kontrol

Simpulan

Bactrocera carambolae menunjukkan respons menjauhi buah jambu yang dibungkus pembungkus bioplastik dan plastik kombinasi repelen serai wangi. Pembungkus plastik dengan repelen lebih efektif secara nyata dalam menghalangi serangan lalat buah. Pembungkus bioplastik juga memberikan perlindungan terbaik terhadap bentuk, berat, dan volume buah. Faktor lingkungan seperti suhu dan curah hujan yang tinggi selama penelitian berpengaruh signifikan terhadap perubahan kondisi pembungkus buah.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diucapkan kepada pihak Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan, Kotabaru, Karawang yang telah memberikan serangga uji dan Tim PKM-K IPB Fucco Bioplastik yang terdiri atas Evelyn Egidia Sitopu, Mayla Hijrah, Hemas Aulia, Nanda Duha, dan Wisnu Al Hussaeni atas izin penggunaan pembungkus bioplastik dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar MA, Supriyadi, Sholahuddin. 2022. Effect of bagging time and fruit color on fruit fly attack and its impact on yield of crystal guava in Karanganyar, Indonesia. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*. 28:8-12. doi: <https://doi.org/10.5958/0974-4541.2022.00022.4>.
- Andrian. 2022. Pola Aktivitas Harian dan Dinamika Populasi Lalat Buah (*Bactrocera* spp) pada Pertanaman Jambu Madu Thongsamsi (*Syzygium aqueum*) di Desa Jati Kesuma Kecamatan Namorambe Deli Serdang. [Skripsi] Medan: Universitas Medan Area.

- Anwari MA, Sodiq M, Widajati W, Kusuma RM. 2024. Pengaruh jenis bahan pembungkus buah belimbing terhadap produksi dan serangan lalat buah. *Jurnal Berkala Ilmiah Agroteknologi*. 12:69-76. doi: <https://doi.org/10.33005/plumula.v12i2.226>.
- Astriyani NKNK. 2014. Keragaman dan dinamika populasi lalat buah (Diptera: Tephritidae) yang menyerang tanaman buah-buahan di Bali. Tesis. Bali: Universitas Udayana.
- Ayu N, Jumiati E, Husnah M. 2023. Analisis uji mekanik bioplastic berbahan pati tepung sagu-kitosan dan sorbitol. *Journal of Pharmaceutical*. 8:47-50. doi: <https://doi.org/10.22437/jop.v8i3.23332>.
- Bishnoi M, Goyal RK, Kumar A, Vats C, Bhawna, Kumar M, Kumar A. 2023. Effect of preharvest fruit bagging on physical parameters of different guava cultivars in rainy season crop. *Indian Journal of Ecology*. 1452-1456.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2024. Produksi tanaman buah-buahan 2021-2023. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/production-of-fruits.html> [diakses 1 Oktober 2024].
- Cahyani BLA, Supeno B, Haryanto H. 2023. Pengaruh warna pembungkus buah jambu biji kristal (*Psidium guajava* var. *Crystal*) terhadap serangan hama lalat buah (Diptera: Tephritidae). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*. 2: 391-401. doi: <https://doi.org/10.29303/jima.v2i3.2650>.
- Hartini Y. 2020. Uji Konsentrasi Filtrat Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L) sebagai Repelen terhadap Lalat Buah (*Drosophila melanogaster* M). Skripsi. Mataram: Universitas Islam Negeri Mataram.
- Haryadi NT, Oktavian NP. 2023. Ketertarikan predator *Rhinocoris fuscipes* terhadap senyawa volatil dari kedelai yang terinfestasi ulat *Spodoptera litura*. Akselerasi Hasil Penelitian dan Optimalisasi Tata Ruang Agrarian Untuk Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan. Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS Dalam Rangka Dies Natalis ke-47 UNS Tahun 2023 (Surakarta 30 Mei 2023). hlm 1067-1081. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Hussain SZ, Naseer B, Qadri T, Fatima T, Bhat TA. 2021. *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas Nutritional and Health Benefits*. India: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7>.
- Indriyanti DR, Isnaini YN, Priyono B. 2014. Identifikasi dan kelimpahan lalat buah *Bactrocera* pada berbagai buah terserang. *Journal of Biology and Biology Education*. 6:38-44.
- Islam T, Zoha S, Uddin S, Bari A, Rahman H, Akter M, Akter N. 2020. Effect of different time of bagging for ensuring quality mangoes Cv. mishribhog. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*. 25:2114-2121. doi: <https://doi.org/10.18801/jbar.250220.258>.
- Isman MB. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*. 19:603-608. doi: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00079-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X).
- Khafid A, Nurchayati Y, Hastuti ED, Setiari N. 2023. Vitamin C and total soluble solid content of crystal guava at storage duration and ripeness. *Jurnal Kultivasi*. 22:147-156. doi: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v22i2.44124>.
- Larasati F, Wardiyati T. 2019. Pengaruh jenis bahan pembungkus terhadap mutu buah mangga (*Mangifera indica* L.) varietas Arummanis 143. *Jurnal Produksi Tanaman*. 7:1854-1862.

- Khodijah S, Tobing JML. 2023. Tinjauan plastik biodegradable dari limbah tanaman pangan sebagai kantong plastik mudah terurai. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*. 17:21-26. doi: <https://doi.org/10.24198/jt.vol17n1.3>.
- Martuti NKT, Anjarwati R. 2022. Keanekaragaman serangga parasitoid (Hymenoptera) di Perkebunan Jambu Biji Desa Kalipakis Sukorejo Kendal. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*. 45:1-8. doi: <https://doi.org/10.15294/ijmns.v45i1.36369>.
- Manuseng AS, Sintia DW, Aktawan A, Santosa I. 2024. Karakteristik plastik biodegradable dari pati labu kuning (*Cucurbita moschata* Durch) dengan variasi penambahan filler ampas tebu. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2024. <https://www.jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek> [diakses 2024 Des 14].
- Nurfany RF, Purwati. 2020. Uji aktivitas sediaan gel minyak atsiri herba lemon balm (*Melissa officinalis* L) terhadap nyamuk *Aedes aegypti*. *Archives Pharmacia*. 2:64-68.
- Paoli M, Galizia GC. 2021. Olfactory coding in honeybees. *Cell and Tissue Research*. 383:35-58. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00441-020-03385-5>.
- Prasetya GI, Siregar AZ, Marheni. 2022. Intensitas dan persentase serangan *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) pada beberapa varietas jagung di Kecamatan Nomorambe Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Cemara*. 19:77-84. Doi: <https://doi.org/10.24929/fp.v19i1.1984>.
- Putra AC, Nurchayati Y, Hastuti ED, Setiari N. 2023. Kandungan vitamin C dan morfometri buah jambu kristal (*Psidium guajava* L. Cv. Kristal) pada pengemasan yang berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 8:146-153. Doi: <https://doi.org/10.14710/baf.8.2.2023.146-153>.
- Rahmiati, Situmorang TS, Simanjutak HA, Karnina S, Fadilla Z. 2024. Karakterisasi kerusakan fisik, proses pembusukan, dan jamur pembusuk pada buah dan sayur. *Journal of Natural Science*. 5:123-132. Doi: <https://doi.org/10.34007/jonas.v5i2.617>.
- Rofiah M, Haryadi NT. 2024. Uji repelensi minyak atsiri serai wangi dan ekstrak daun mimba terhadap hama gudang *Corcyra cephalonica*. *Jurnal Ilmu Pertanian, Kehutanan, dan Agroteknologi*. 25:32-36. Doi: <https://doi.org/10.33319/agtek.v25i1.131>.
- Rohim AN, Poerwanto ME, Solichah C, Holford P. 2023. Repellency of lemongrass extract (*Cymbopogon nardus*) in solid and liquid formulation on *Diaphorina citri* and *Menochilus sexmaculatus*. *BIO Web of Conferences*. 69. doi: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236901030>.
- Senewe RE. 2019. Preferensi serangga herbivora *Henosepilachna* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) terhadap beberapa jenis tanaman budi daya. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 15:61-67. doi: <https://doi.org/10.30598/jbdp.2019.15.1.61>.
- Siwi SS, Hidayat P, Suputa. 2006. *Taksonomi dan Bioekologi Lalat Buah Penting di Indonesia* (Diptera: Tephritidae). Bogor: BB-Biogen dan AusAid.
- Sudiarta IP, Wijayanti FE, Temaja IGRM, Wirya GNAS, Sumiarta K, Selangga DGW. 2020. Present status of fruit fly *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae) in Bali Island, Indonesia. International Conference and the 10th Congress of the Entomological Society of Indonesia (ICCESI 2019). 101-106. Atlantis Press. doi: <https://doi.org/10.2991/absr.k.200513.017>.
- Syahputera I, Permana AD, Susanto A. 2022. Fluktuasi populasi dan identifikasi lalat buah *Bactrocera* spp. pada tanaman mangga varietas gedong gincu di Jatigede Sumedang. *Jurnal Agrikultura*. 33:83-88. doi: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v33i1.37796>.

- Tak J, Yoon J, Yun T. 2024. Development and evaluation of test methods for commercial spatial repellent products using the common fruit flies in laboratory and simulated-use scenarios. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 27:1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2024.102268>.
- Touran ML. 2024. Kemasan berbasis serat alami dan bioplastik: segarkan buah. <https://www.mmindustri.co.id/kemasan-berbasis-serat-alami/> [diakses 6 Januari 2025]
- Tuates AM Jr, Caparino OA. 2016. Development of biodegradable plastic as mango fruit bag. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 6:799-803. doi: <https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.5.892>.
- Wijaya IN, Adiartayasa W, Dwipananda IGB. 2018. Kerusakan dan kerugian akibat serangan lalat buah (Diptera: Tephritidae) pada pertanaman jeruk. *Agrotrop*. 8:65-70.