



DAMPAK APLIKASI *BORDER PLANT* PADA SISTEM BUDI DAYA MENTIMUN (*Cucumis sativus* L.) TERHADAP INTERAKSI DENGAN SERANGGA PENYERBUK DAN KUALITAS BUAH YANG DIHASILKAN
IMPACT OF USING *BORDER PLANT* IN CUCUMBER (*Cucumis sativus* L.) CULTIVATION ON THE INTERACTION BETWEEN PLANT-POLLINATING INSECTS AND HARVEST QUALITY

Fitria Nur Aisyah¹, Yeyet Setiawati¹, Ida Kinasih², Ramadhani Eka Putra^{1*}

¹*Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No. 10 40116 Bandung*
²*Jurusan Biologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Jl. P.H.H. Mustofa No. 105, Bandung*
**Corresponding author: ramadhani@sith.itb.ac.id*

Naskah Diterima: 24 Desember 2020; Direvisi: 17 Januari 2022; Disetujui: 9 Agustus 2022

Abstrak

Penelitian yang bertujuan untuk melihat dampak aplikasi *border plant* (bunga kenikir, *Cosmos sulphureus*) pada proses penyerbukan pada tanaman produksi (dengan tanaman mentimun sebagai model) oleh serangga liar maupun serangga domestikasi telah dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap aktivitas dari serangga penyerbuk dalam bentuk jumlah kunjungan per bunga (*Visitation Rate*, (VR)) dan waktu yang dihabiskan pada bunga (*Flower Handling Time*, (FHT)) serta dampak dari aktivitas tersebut terhadap kualitas dari buah yang ditentukan berdasarkan panjang, diameter, dan bobot buah yang dihasilkan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa serangga penyerbuk yang mengunjungi bunga mentimun pada sistem *border plant* adalah *Tetragonula laeviceps*, *Apis cerana*, *Xylocopa confusa*, dan *Xylocopa latipes* sedangkan pada perlakuan *non-border plant* (kontrol) adalah *Tetragonula laeviceps* dan *Apis cerana*. Aktivitas serangga pada sistem *border plant* adalah VR dari *T. laeviceps*, *A. cerana*, *X. confusa*, dan *X. latipes* berturut-turut adalah 29,75%; 13%; 6,25%; dan 9,5% serta (2) FHT adalah 0,39; 12,09; 0,20; dan 0,19 detik. Sementara itu, nilai VR pada perlakuan *non-border plant* bagi *A. cerana* dan *T. laeviceps* adalah 13,5% dan 4% dengan nilai FHT sebesar 0,14 dan 0,92 detik. Kualitas terbaik buah mentimun terdapat pada kelompok perlakuan *border plant* dengan panjang buah 18,3 cm, diameter 36,9 cm, dan bobot 171,9 gram sedangkan kualitas buah terendah diperoleh pada perlakuan *non-border plant* dengan panjang buah 10,2 cm, diameter 29,2 cm dan bobot 77,6 g.

Kata kunci: *Border plant*; Kualitas buah; Mentimun; *Non-border plant*; Serangga penyerbuk

Abstract

This study was conducted to investigate the impact of using border plant (Cosmos sulphureus) on the interaction between crop (cucumber, Cucumis sativus) and pollinating insects, either wild or domesticated. The observation was conducted on the activities of the pollinating insects in term of number of visitation per flower (Visitation Rate (VH)) and times spend in flower (Flower Handling Time (FHT)) and the quality of the harvested products (length, diameter, and weight). The pollinating insects found at area with application of border plant consisted of Tetragonula laeviceps, Apis cerana, Xylocopa confusa, and Xylocopa latipes, while insects found at area without border plant were Tetragonula laeviceps and Apis cerana. The insect activity of T. laeviceps, A. cerana, X. confusa, and X. latipes for observation of (1) VR were 29.75%, 13%, 6.25%, and 9.5%, respectively and (2) FHT were 0.39 s, 12.09 s, 0.20 s, and 0.19 s, respectively. On the other hand, VR of A. cerana and T. laeviceps at non-border treatment area were 13.5% and 4%, respectively, and the FHT were 0.14 s and 0.92 s, respectively. The highest quality of cucumber produced was found at area with border plant treatment with fruit length of 18.3 cm, diameter of 36.9 cm, and weight of 171.9 grams. Meanwhile, the lowest fruit quality was obtained in the non-border plant treatment with fruit length of 10.2 cm, diameter of 29.2 cm and weight of 77.6 grams.

Keywords: *Border Plant*; *Cucumber*; *Fruit quality*; *Non-border plant*; *Pollinating insects*

Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v15i2.18840>

PENDAHULUAN

Mentimun merupakan salah satu komoditas sayuran yang dapat dikonsumsi langsung maupun dimanfaatkan sebagai bahan baku produk industri dengan permintaan meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Akan tetapi tingkat produksi lokal seringkali tidak stabil dan lebih rendah dibandingkan permintaan di dalam negeri. Rendahnya produktivitas tanaman mentimun di Indonesia dapat disebabkan faktor iklim (Marcelis & Hofman-Eijer, 1993; Papadopoulos & Hao, 2001), kesuburan tanah yang rendah (Rasyid et al., 2020), teknik bercocok tanam yang kurang optimal (Hidayatullah, 2013), serangan hama dan penyakit (Swibawa et al., 2003), serta proses penyerbukan yang kurang optimal. Di antara ketiga faktor tersebut, serangan hama seringkali dianggap sebagai faktor yang paling berpengaruh terhadap penurunan produksi. Kondisi ini menyebabkan sebagian besar keuntungan dari budi daya dihabiskan untuk memenuhi kebutuhan pestisida baik sintetik kimia maupun hayati. Aplikasi senyawa sintetik kimia dapat memberikan dampak merugikan pada kesehatan (Aktar et al., 2009), ekonomi dalam jangka panjang (Pimentel, 2005), dan penurunan fungsi dari servis ekosistem (Chagnon et al., 2015; Sabatier et al., 2013). Selain aplikasi insektisida, terdapat pendekatan lain yang relatif lebih ramah lingkungan, yaitu memanfaatkan musuh alami (Bengtsson, 2015; Lizmah et al., 2019)

Walaupun terdapat musuh alami yang dapat diaplikasikan secara langsung, namun hal ini tidak efisien secara ekonomi. Pendekatan lain yang dapat dilakukan adalah menggunakan pendekatan klasik dengan merubah agroekosistem menjadi lebih menarik bagi kehadiran musuh alami, salah satunya dengan pengaplikasian tanaman pada bagian tepi dari daerah budi daya (Mkenda et al., 2019; Pribadi et al., 2020; Sakir & Desinta, 2019). Pada penelitian ini dilakukan aplikasi kenikir, merupakan salah satu tanaman umum yang diaplikasikan sebagai tanaman *border*, tanaman repelen, dan penarik musuh alami pada beberapa daerah di Indonesia (Karenina et al., 2020; Yusoff et al., 2021).

Di sisi lain, aplikasi tanaman *border* yang menghasilkan bunga, seperti kenikir dapat memberikan dampak lain yang menguntungkan bagi tanaman hortikultura yaitu menarik kedatangan serangga-serangga penyerbuk liar pada daerah budi daya mentimun atau dapat juga berperan sebagai sumber makanan bagi koloni lebah terdomestikasi yang diaplikasikan sebagai agen penyerbuk (Balachandran et al., 2017; Susilawati et al., 2018). Keberadaan serangga-serangga penyerbuk ini dapat memberikan dampak positif pada produksi mentimun (Hossain et al., 2018; Montoya et al., 2020; Motzke et al., 2015) terutama bagi pertanian berskala kecil (Sawe et al., 2020). Penyerbukan merupakan proses perpindahan sel gamet jantan (serbuk sari) menuju ke sel gamet betina (putik) untuk menghasilkan pembuahan sebagai dasar dari proses pembentukan biji dan buah. Proses ini umumnya dibantu oleh serangga sebagai salah satu servis ekosistem yang secara signifikan memengaruhi pemenuhan kebutuhan nutrisi manusia (Fisher et al., 2009). Dalam proses ini, kesuksesan dari proses penyerbukan sangat tergantung kepada jumlah dari serbuk sari yang didepositkan pada putik dan sangat ditentukan oleh aktivitas dari serangga pada bunga seperti jumlah kunjungan (*visitation rate*) dan waktu yang dihabiskan pada bunga (*flower handling time*) (Chen et al., 2018; Eraerts et al., 2020; Murúa, 2020).

Berdasarkan hal tersebut maka tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menjawab tiga pertanyaan yaitu apakah aplikasi dari *border plants* dapat menarik kedatangan serangga penyerbuk liar dari luar sistem budi daya, mempertahankan lebah tidak bersengat (*Tetragonula laeviceps*) yang diaplikasikan sebagai agen penyerbuk tanaman mentimun, dan meningkatkan kualitas hasil panen sebagai konsekuensi dari proses penyerbukan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi terobosan baru dalam sistem pertanian mentimun. Penerapan dari penelitian ini di perkebunan mentimun untuk meningkatkan produktivitas mentimun dari sisi penanggulangan hama dan penyakit serta peningkatan proses penyerbukan secara ramah lingkungan dan berbiaya rendah.

MATERIAL DAN METODE

Bahan

Pada penelitian ini digunakan mentimun varietas Paseo dengan penambahan koloni *Tetragonula laeviceps* sebagai serangga penyerbuk terdomestikasi. Tanaman yang digunakan

sebagai *border* adalah tanaman kenikir varietas lokal yang dikembangkan oleh petani di lokasi penelitian.

Lokasi Penelitian

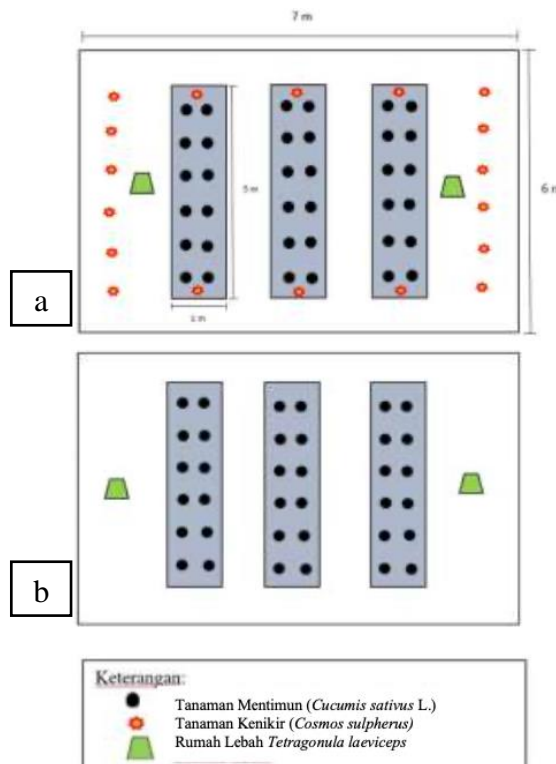
Penelitian dilakukan di lahan pertanian milik rakyat di Dusun Margabakti, Desa Sukawangi, Kecamatan Pamulihan, Kabupaten Sumedang. Lokasi pengamatan berada pada titik S 6°52.151' dan E 107°49.105' pada ketinggian 976 mdpl. Lokasi pengamatan memiliki kisaran suhu antara 23–28°C yang diukur dengan menggunakan termometer udara, kelembapan udara 60–77% yang diukur menggunakan *sling psychrometer* dan intensitas cahaya 1.800–10.000 lux yang diukur dengan luxmeter. Pengukuran dilakukan setiap jam dengan suhu tertinggi dan intensitas cahaya tertinggi dicapai pada pukul 12:00–13:00 sedangkan kelembapan tertinggi tercatat pada pukul 07:00–08:00 (Tabel 1).

Tabel 1. Pengukuran parameter mikroklimat pada saat pengamatan

Parameter	Jam									
	07:00– 08:00	08:00– 09:00	09:00– 10:00	10:00– 11:00	11:00– 12:00	12:00– 13:00	13:00– 14:00	14:00– 15:00	15:00– 16:00	
Suhu (°C)	23	25	26	27	27	28	26	26	25	
Kelembapan (%)	77	76	74	60	60	64	71	71	76	
Intensitas cahaya (lux)	1.800	2.500	2.500	6.000	8.000	10.000	8.000	6.000	3.000	

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggunakan 2 petak lahan berukuran 7 × 6 m. Penelitian ini terdiri dari 2 perlakuan, yaitu penanaman kenikir (*C. sulphureus*) sebagai *border plant* dan *non-border plant* (tanpa penanaman kenikir). Ukuran bedengan 5 x 1 m dan tinggi 30 cm serta parit 50 cm, ada 3 bedeng/plot. Pada kedua plot dilakukan introduksi lebah *Tetragonula laeviceps*, lebah tidak bersengat terdomestikasi, untuk menjamin keberadaan serangga penyerbuk pada sistem budi daya (Gambar 1).



Gambar 1. Rancangan penelitian ada dua, yaitu *border plant* (a) dan *non-border plant* (b)

Setiap perlakuan diberikan sub-perlakuan berupa *open pollination* (OP) dan *close pollination* (CP). Sebelum proses pengamatan, 100 bunga yang belum mekar (masing-masing 25 bunga untuk

setiap pasangan antara model budi daya dan model penyerbukan, total terdapat 4 pasangan) dipilih secara acak. Bakal bunga tersebut dibungkus dengan kain kasa (diameter lubang 1 mm) dan diberi tanda dengan label ukuran 1 x 5 cm. Saat bunga mekar, kain kasa dibuka pada kelompok OP sementara kain kasa tidak dibuka pada kelompok CP. Pengamatan terhadap proses penyerbukan oleh serangga dilakukan mulai pukul 08:00–16:00 WIB dan dilakukan hingga bunga rontok (Klein et al., 2003). Pengamatan pada interaksi ini dilakukan menggunakan metode *scan sampling*, yaitu pengamatan selama 5 menit setiap jam pada semua blok. Pengamatan yang dilakukan terkait dengan interaksi polinator dan bunga yang disajikan dalam bentuk a) jumlah kunjungan per bunga (*Visitation rate*, VR). Merupakan jumlah kunjungan satu jenis serangga dibandingkan dengan total kunjungan seluruh serangga pada bunga selama masa pengamatan (waktu pengamatan adalah 5 menit per tanaman sampel). Data disajikan dalam bentuk persen (%) (Klein et al., 2003). b) waktu yang dihabiskan pada bunga (*Flower handling time*, FHT). Waktu yang dihabiskan oleh satu individu lebah di bunga sejak kedatangan hingga meninggalkan bunga. Data disajikan dalam bentuk detik (s) (Wulandari et al., 2017). Jumlah sampel serangga yang dijadikan dasar perhitungan ditentukan dari jumlah individu serangga yang melakukan aktivitas di bunga pada tanaman sampel.

Analisis Data

Parameter pengamatan meliputi kualitas buah yang terdiri atas diameter, panjang, dan bobot buah mentimun. Data dari kedua perlakuan dibandingkan menggunakan uji analisis *F-Test Two Sample for Variances*. Apabila data memiliki varians yang sama (*equal*) maka dilakukan uji lanjut *t-Test Two Sample Assuming Equal Variances* dan apabila data memiliki varians yang tidak sama (*unequal*) maka dilakukan uji lanjut *t-Test Two Sample Assuming Unequal Variances* dengan selang kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Data yang dianalisis meliputi perbandingan diameter, panjang, dan bobot buah.

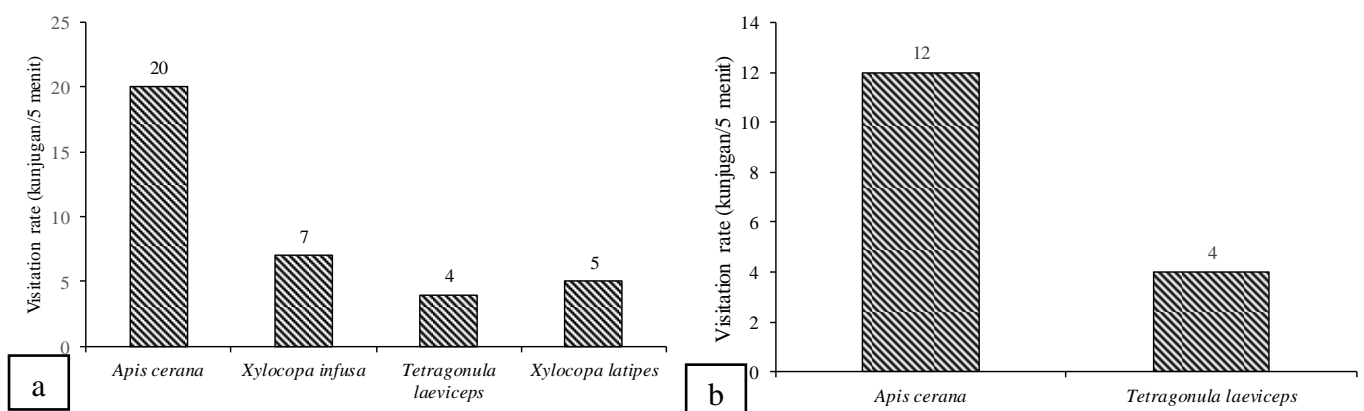
HASIL

Tingkat Kunjungan Serangga Penyerbuk

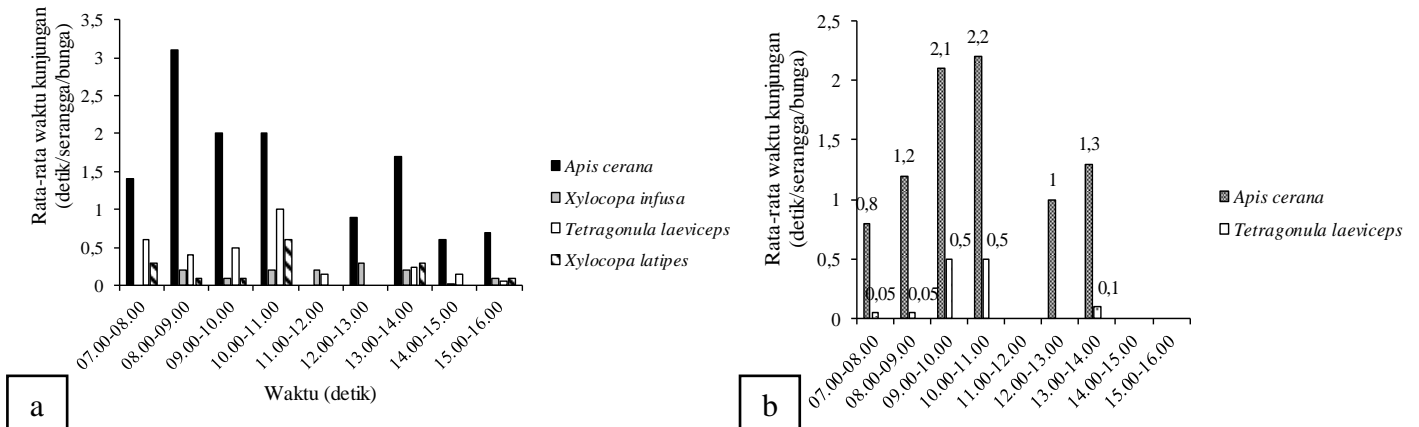
Pada penelitian ini terdapat 4 jenis serangga penyerbuk pada perlakuan *border plant* yang terdiri atas *Apis cerana*, *Xylocopa confusa*, *Xylocopa latipes*, dan *Tetragonula laeviceps*. Pada perlakuan *non-border* terdapat 2 jenis serangga penyerbuk yaitu *A. cerana* dan *T. laeviceps*. Aktivitas serangga penyerbuk mengalami peningkatan pukul 10.00–11.00 WIB baik pada kelompok *border plant* maupun pada kelompok *non-border plant* (Gambar 2).

Flower Handling Time

Berdasarkan hasil pengamatan mengenai parameter FHT, terdapat perbedaan lamanya kunjungan serangga penyerbuk pada perlakuan *border* dan *non-border* (Gambar 3). Secara keseluruhan FHT terbesar tercatat pada *A. cerana* pada perlakuan *border plant* bila dibandingkan dengan spesies serangga yang lain (Tabel 2).



Gambar 2. Jumlah kunjungan total berdasarkan species pada perlakuan, yaitu *border plant* (a) dan *non-border plant* (b)



Gambar 3. Flower handling time perlakuan border plant (a) dan non-border plant (b)

Tabel 2. Flower handling time secara keseluruhan

Perlakuan	Serangga	Rata-rata flower handling time (detik)
Border plant	<i>Tetragonula laeviceps</i>	0,39
	<i>Apis cerana</i>	12,09
	<i>Xylocopa confuse</i>	0,20
	<i>Xylocopa latipes</i>	0,19
Non-border plant	<i>Tetragonula laeviceps</i>	0,14
	<i>Apis cerana</i>	0,92

Tabel 3. Perbandingan panjang, diameter, dan bobot buah mentimun pada perlakuan border dan non-border

Perlakuan	Tipe penyerbukan	Panjang buah (cm)	Diameter buah (cm)	Bobot buah (g)
Border plant	Open pollination	18,3 ± 5,3a	36,9 ± 4,5a	171,9 ± 97,2a
	Hand pollination	15,9 ± 5,6a	35,6 ± 5,0a	155,2 ± 94,1b
Non-border plant	Open pollination	10,2 ± 3,0b	29,2 ± 9,5b	77,6 ± 38,0b
	Hand pollination	14,2 ± 2,2b	30,5 ± 7,8b	106,7 ± 53,7b

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan perbedaan signifikan (t-test, p<0,05)

Kualitas Buah

Terdapat perbedaan yang nyata terhadap panjang, diameter serta bobot buah mentimun pada perlakuan border dan non-border (Tabel 3). Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan border menghasilkan rata-rata panjang, diameter, dan bobot buah mentimun lebih baik dibandingkan dengan pada perlakuan non-border.



Gambar 5. Kualitas panen buah timun dengan perlakuan, yaitu border plant + open pollination (a), border plant + hand pollination (b); non-border plant + open pollination (c), dan non-border plant + hand pollination (d)

PEMBAHASAN

Bunga dari kelompok *Cucurbitaceae* dikenal sebagai bunga yang menghasilkan nektar dalam jumlah besar sehingga menjadi salah satu bunga yang menjadi sumber makanan bagi berbagai jenis serangga (Allifah et al., 2020; Dorjay et al., 2017). Hasil penelitian ini serupa dengan penelitian lain yang menunjukkan dominansi lebah madu sebagai serangga pengunjung bunga mentimun (Allifah et al., 2020; Hashifah et al., 2020; Shah et al., 2015).

Tingginya variasi serangga pengunjung pada perlakuan *border plant* kemungkinan terkait dengan bunga kenikir sebagai tanaman *border*. Bunga kenikir memiliki warna kuning yang menarik kedatangan lebah (Papiorek et al., 2016) dan umumnya bunga mekar serentak sehingga terdapat bunga dalam jumlah besar pada saat bersamaan yang juga menarik kedatangan lebah (Agussalim et al., 2018; Fowler et al., 2016). *A. cerana* adalah kelompok lebah serta satu-satunya kelompok serangga yang mengunjungi bunga mentimun dan mendominasi tingkat kunjungan pada penelitian ini. Hal ini berkaitan dengan sifat dari lebah ini yang hidup berkoloni dengan jumlah anggota >1.000 ekor. Kondisi ini menyebabkan *A. cerana* aktif mencari sumber makanan dan nektar dari bunga mentimun yang disekresikan dalam jumlah besar merupakan sumber daya yang akan dikoleksi oleh *A. cerana*.

Selain *A. cerana*, terdapat juga lebah lain yang hidup berkoloni, yaitu *T. laeviceps* yang diaplikasikan sebagai agen penyerbuk. Bila dibandingkan dengan *A. cerana*, tingkat kunjungan dari *T. laeviceps* tergolong rendah yang kemungkinan berkaitan dengan ukuran koloni yang lebih kecil selain gangguan dari keberadaan tanaman pisang yang merupakan tanaman yang paling disukai oleh lebah ini (Atmowidi et al., 2018). Selanjutnya, lebah lain yang mendominasi kunjungan pada bunga mentimun yaitu *X. confusa* dan *X. latipes* yang merupakan lebah soliter yang hidup liar. Hasil ini menunjukkan bahwa lingkungan di sekitar lokasi budi daya masih memungkinkan sebagai habitat bagi kedua lebah yang hidup pada kayu ini.

Flower handling time merupakan waktu yang dihabiskan oleh serangga pada bunga untuk mendapatkan sumber daya dan pada saat bersamaan melakukan proses penyerbukan. Komponen ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya matahari merupakan suatu penentu faktor iklim mikro yang sangat berpengaruh terhadap aktivitas serangga penyerbuk (Nielsen et al., 2017), tingkat produksi nektar pada bunga (Borghi et al., 2019), dan fisiologi dari serangga pengunjung bunga (Scaven & Rafferty, 2013). Keseluruhan dari faktor ini akan menghasilkan suatu pola interaksi antara tumbuhan berbunga dan serangga penyerbuk terutama terkait dengan *flowering handling time*.

Pada sistem pertanian yang bersifat monokultur kondisi ini dapat berdampak negatif bagi kehidupan serangga penyerbuk karena keterbatasan dalam hal keberadaan dan variasi dari sumber daya yang dapat dimanfaatkan. Keberadaan *border plant* yang menghasilkan bunga memberikan sumber daya tambahan bagi serangga-serangga penyerbuk, sehingga dapat meningkatkan tingkat kunjungan pada lokasi budi daya dan kemungkinan bunga tanaman budi daya untuk mendapatkan kunjungan dalam waktu yang mencukupi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pola dari produksi nektar pada bunga tanaman *Cucurbitaceae* dicirikan dengan volume nektar yang meningkat dan penurunan konsentrasi gula pada nektar seiring dengan peningkatan suhu (Vidal et al., 2006). Serangga mengunjungi bunga terkait dengan proses koleksi nektar sebagai salah satu sumber energi. Proses ini membutuhkan energi sehingga serangga bersifat selektif dalam memilih bunga dan menghabiskan waktu pada bunga tersebut (Amaya-Márquez, 2009; Basari et al., 2018; Real, 1981).

Berdasarkan konsep *optimum foraging theory*, serangga akan memilih untuk menghabiskan waktu lebih lama pada bunga yang memberikan *reward* (dalam bentuk nektar) lebih besar (Wells et al., 1992) atau bunga yang membutuhkan waktu lebih sedikit dalam proses mendapatkan nektar (Lavery & Plowright, 1988). Pada penelitian ini terdapat perbedaan mencolok antara pola kunjungan serangga pada kelompok *border plant* dan *non-border plant* dimana lebah-lebah dengan ukuran tubuh besar (*Xylocopa*) tidak mengunjungi tanaman mentimun pada kelompok *non-border plant*. Berdasarkan hal ini maka diasumsikan bahwa terdapat perbedaan pada kualitas dan kuantitas dari nektar yang dapat disebabkan oleh perbedaan pada kualitas nutrisi dan air yang tersedia bagi

tanaman (Cardoza et al., 2012; Phillips et al., 2018; Waser & Price, 2016) atau respon dari keberadaan serangga penyerbuk (Veits et al., 2019). Penelitian ini diketahui bahwa lahan kelompok *border plant* memiliki kondisi tanah lebih lembap dibandingkan lahan kelompok *non-border plant* (pengamatan pribadi). Hubungan antara penanaman kenikir terhadap kedua hal di atas merupakan hal yang perlu diteliti lebih lanjut.

Penelitian ini diketahui bahwa pada perlakuan *border* maupun *non-border*, *A. cerana* menghabiskan waktu yang lebih lama pada bunga mentimun. *A. cerana* merupakan serangga sosial yang mengumpulkan nektar sebagai cadangan makanan bagi koloni sehingga menyukai bunga mekar dan segar dengan ukuran besar seperti mentimun sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk mengambil nektar dari bunga mentimun guna meningkatkan keuntungan “energi” yang dapat diperoleh (Amaya-Márquez, 2009; Putra et al., 2017). Kondisi ini membuat pola kunjungan spesifik pada *A. cerana* dimana terdapat lama kunjungan yang tinggi pada pagi hari saat konsentrasi gula pada nektar kemungkinan tinggi, walaupun terdapat pergeseran waktu menjadi lebih siang pada kelompok *non-border plant*.

Serangga dari kelompok *Xylocopa* memiliki *flower handling time* relatif singkat. Hal ini dapat berkaitan dengan kebutuhan energi yang tinggi dari serangga ini dan struktur dari alat mulut yang dimiliki (Klumpers et al., 2019). Di sisi lain, lebah soliter (*Xylocopa* tergolong pada kelompok lebah soliter) memiliki kemampuan untuk menilai bunga yang memberikan masukan energi tinggi sehingga menghasilkan konsistensi dalam pola kunjungan yang meningkatkan efisiensi dari kunjungan (Amaya-Márquez et al., 2008) atau sebagai respon terhadap upaya tanaman untuk memanipulasi pola kunjungan serangga penyerbuk (Pyke et al., 2020). Kondisi ini dapat menjelaskan pola kunjungan dari lebah ini yang tinggi pada siang hari saat kemungkinan volume nektar tinggi yang terkait dengan aktivitas transpor nektar dari nektarium oleh ATPase (Peng et al., 2004), molekul yang pembentukan dan aktivitasnya sangat tergantung pada aktivitas fotosintesis (Okumura et al., 2016).

Lebah *T. laeviceps* memiliki *flower handling time* yang singkat dan hanya beraktivitas pada mahkota bunga. Keterkaitan perilaku ini dengan konsentrasi gula yang rendah pada nektar, yaitu lebah tidak bersengat memiliki preferensi nektar dengan konsentrasi gula tinggi (Basari et al., 2018; Leonhardt et al., 2007), tipe bunga yang relatif tidak disukai dimana lebah ini menyukai bunga berukuran kecil dengan perbungaan padat (Freitas et al., 2014; Kahono et al., 2012; Wulandari et al., 2017), atau efek dari kompetisi (Nielsen et al., 2017; Wulandari et al., 2017) merupakan subjek penelitian yang dapat dilakukan berikutnya. Penelitian ini menunjukkan efek positif dari keberadaan tanaman *border* pada pembentukan buah mentimun, terkait dengan peningkatan proses penyerbukan dan perlindungan dari hama.

Efek positif dari tanaman *border* pada penarikan kedatangan serangga penyerbuk bobot dari produk panen pada penelitian ini sesuai dengan beberapa penelitian pada tanaman dari kelompok *Cucurbitaceae* dan lainnya (Dorjay et al., 2017; Griffiths-Lee et al., 2020; Hodgkiss et al., 2019) dan tidak menunjukkan pengalihan serangga dari tanaman budi daya ke tanaman *border* sebagaimana dilaporkan pada beberapa penelitian (Foulis & Goulson, 2014; Nicholson et al., 2019). Selain bobot, penelitian ini juga menunjukkan bahwa proses penyerbukan memengaruhi bentuk dari buah mentimun yang dihasilkan dimana buah dengan penyerbukan yang baik memiliki bentuk lebih baik yang sesuai dengan hasil penelitian Ekeke et al. (2018).

Peningkatan diversitas dari serangga penyerbuk juga berperan dalam meningkatkan kesuksesan dari proses penyerbukan (Christmann et al., 2017; Garibaldi et al., 2016; Hasan et al., 2017). Bunga mentimun merupakan bunga yang memiliki bunga jantan dan bunga betina dengan waktu mekar yang berbeda. Kondisi ini menyebabkan perbedaan viabilitas dari polen dan waktu reseptif dari stigma, serta memberikan dampak yang berbeda pada kualitas dari produk hasil proses penyerbukan (Wijaya et al., 2015). Hal ini berkaitan dengan perbedaan karakteristik dari serangga penyerbuk dan waktu aktif sehingga meningkatkan peluang terjadinya proses penyerbukan pada saat stigma berada pada kondisi reseptif dan/atau saat polen berada pada viabilitas terbaik.

SIMPULAN DAN SARAN

Aplikasi *border plant* meningkatkan variasi dari serangga yang mengunjungi bunga tanaman produksi sehingga memberikan keuntungan pada produktivitas dan kualitas hasil panen. Adanya perbedaan pada jumlah serbuk sari yang dibawa oleh masing-masing spesies serangga dan terdapat perbedaan pada kualitas nutrisi dari produk merupakan pertanyaan-pertanyaan yang dapat menjadi dasar dari penelitian lanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini sebagian dibiayai oleh Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi 2019 yang diterima penulis korespondensi.

REFERENSI

- Agussalim, A., Agus, A., Umami, N., & Budisatria, I. G. S. (2018). The type of honeybees forages in district of Pakem Sleman and Nglipar Gunungkidul Yogyakarta. *Buletin Peternakan*, 42(1), 50-56. doi: 10.21059/buletinpeternak.v42i1.28294.
- Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1-12. doi: 10.2478/v10102-009-0001-7.
- Allifah A. N., Bahalwan, F., & Natsir, N. A. (2020). Keanekaragaman dan kelimpahan serangga polinator pada perkebunan mentimun (*Cucumis sativus* L) Desa Waiheru Ambon. *Biosel: Biology Science and Education*, 9(1), 26. doi: 10.33477/bs.v9i1.1314.
- Amaya-Márquez, M., Hill, P. S. M., Barthell, J. F., Pham, L. L., Doty, D. R., & Wells, H. (2008). Learning and memory during foraging of the blue orchard bee, *Osmia lignaria* Say (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 81(4), 315-327. doi: 10.2317/JKES801.29.1.
- Amaya-Márquez, M. (2009). Floral constancy in bees: A revision of theories and a comparison with other pollinators. *Revista Colombiana de Entomologia*, 35(2), 206-216.
- Atmowidi, T., Prawasti, T. S., & Raffiudin, R. (2018). Flight activities and pollen load of three species of stingless bees (*Apidae: Melliponinae*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 197(1), 0-7. doi: 10.1088/1755-1315/197/1/012025.
- Balachandran, C., Chandran, M. D. S., Vinay, S., Shrikant, N., & Ramachandra, T. V. (2017). Pollinator diversity and foraging dynamics on monsoon crop of cucurbits in a traditional landscape of South Indian west coast. *Biotropia*, 24(1), 16-27. doi: 10.11598/btb.2017.24.1.480.
- Basari, N., Ramli, S. N., & Khairi, N. 'Aina S. M. (2018). Food reward and distance influence the foraging pattern of stingless bee, *Heterotrigona itama*. *Insects*, 9(4). doi: 10.3390/insects9040138.
- Bengtsson, J. (2015). Biological control as an ecosystem service: Partitioning contributions of nature and human inputs to yield. *Ecological Entomology*, 40(S1), 45-55. doi: 10.1111/een.12247.
- Borghi, M., Perez de Souza, L., Yoshida, T., & Fernie, A. R. (2019). Flowers and climate change: A metabolic perspective. *New Phytologist*, 224(4), 1425-1441. doi: 10.1111/nph.16031.
- Cardoza, Y. J., Harris, G. K., & Grozinger, C. M. (2012). Effects of soil quality enhancement on pollinator-plant interactions. *Psyche (London)*, 2012. doi: 10.1155/2012/581458.
- Chagnon, M., Kreutzweiser, D., Mitchell, E. A. D., Morrissey, C. A., Noome, D. A., & Van Der Sluijs, J. P. (2015). Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 119-134. doi: 10.1007/s11356-014-3277-x.
- Chen, M., Zhao, X. Y., & Zuo, X. A. (2018). Pollinator activity and pollination success of *Medicago sativa* L. in a natural and a managed population. *Ecology and Evolution*, 8(17), 9007-9016. doi: 10.1002/ece3.4256.
- Christmann, S., Aw-Hassan, A., Rajabov, T., Khamraev, A. S., & Tsivelikas, A. (2017). Farming with alternative pollinators increases yields and incomes of cucumber and sour cherry.

Agronomy for Sustainable Development, 37(4). doi: 10.1007/s13593-017-0433-y.

- Dorjay, N., Abrol, D. P., & Shankar, U. (2017). Insect visitors on cucumber and bittergourd flowers and impact on quantity of crop production by different pollination treatment. *Journal of Apiculture*, 32(2), 77-88. doi: 10.17519/apiculture.2017.06.32.2.77.
- Eeraerts, M., Vanderhaegen, R., Smagghe, G., & Meeus, I. (2020). Pollination efficiency and foraging behaviour of honey bees and non-*Apis* bees to sweet cherry. *Agricultural and Forest Entomology*, 22(1), 75-82. doi: 10.1111/afe.12363.
- Ekeke, C., Ogazie, C. A. & Agbagwa, I. O. (2018). Breeding biology and effect of pollinators on the fruit characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.), *Cucurbitaceae*. *NJB*, 31(2), 1-17.
- Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3), 643-653. doi: 10.1016/j.ecolecon.2008.09.014.
- Foulis, E. S. J., & Goulson, D. (2014). Commercial bumble bees on soft fruit farms collect pollen mainly from wildflowers rather than the target crops. *Journal of Apicultural Research*, 53(3), 404-407. doi: 10.3896/IBRA.1.53.3.08.
- Fowler, R. E., Rotheray, E. L., & Goulson, D. (2016). Floral abundance and resource quality influence pollinator choice. *Insect Conservation and Diversity*, 9(6), 481-494. doi: 10.1111/icad.12197.
- Freitas, B. M., Filho, A. J. S. P., Andrade, P. B., Lemos, C. Q., Rocha, E. E. M., Pereira, N. O., ... Sampaio, K. (2014). Forest remnants enhance wild pollinator visits to cashew flowers and mitigate pollination deficit in NE Brazil. *Journal of Pollination Ecology*, 12(March). doi: 10.26786/1920-7603(2014)10.
- Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Vaissière, B. E., Gemmill-herren, B., Hipólito, J., Freitas, B. M., ... Blochtein, B. (2016). and Large Farms. *Science*, 351(6271), 388-391.
- Griffiths-Lee, J., Nicholls, E., & Goulson, D. (2020). Companion planting to attract pollinators increases the yield and quality of strawberry fruit in gardens and allotments. *Ecological Entomology*, 45(5), 1025-1034. doi: 10.1111/een.12880.
- Hasan, P. A., Atmowidi, T., & Kahono, S. (2017). Keanekaragaman, perilaku kunjungan, dan efektivitas serangga penyerbuk pada tanaman mentimun (*Cucumis sativus* Linn.). *Jurnal Entomologi Indonesia*, 14(1), 1-9. doi: 10.5994/jei.14.1.1.
- Hashifah, F. N., Indraswari, S. A. G. M., & Hidayat, S. R. C. (2020). Visiting frequency of bees in *Cucumis sativus* (*Cucurbitaceae*) Plants. *AIP Conference Proceedings*, 2260(September), 5-9. doi: 10.1063/5.0016375.
- Hidayatullah, A. (2013). Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi ketimun di Kabupaten Hulu Sungai Tengah. *Ziraa'ah*, 37(2), 33-39. doi: 10.31602/zmip.v37i2.35.
- Hodgkiss, D., Brown, M. J. F., & Fountain, M. T. (2019). The effect of within-crop floral resources on pollination, aphid control and fruit quality in commercial strawberry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 275(June 2018), 112-122. doi: 10.1016/j.agee.2019.02.006.
- Hossain, M., Yeasmin, F., Rahman, M., Akhtar, S., & Hasnat, M. (2018). Role of insect visits on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield. *Journal of Biodiversity Conservation and Bioresource Management*, 4(2), 81-88. doi: 10.3329/jbcbm.v4i2.39854.
- Kahono, S., Lupiyaningdyah, P., Erniwati., & Nugroho, H. (2012). Potensi dan pemanfaatan serangga penyerbuk untuk meningkatkan produksi kelapa sawit di perkebunan kelapa sawit Desa Api-api, Kecamatan Waru, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. *Zoo Indonesia*, 21(2), 23-34.
- Karenina, T., Herlinda, S., Irsan, C., & Pujiastuti, Y. (2020). Arboreal entomophagous arthropods of rice insect pests inhabiting adaptive vegetables and refugia in freshwater swamps of South Sumatra. *Agrivita*, 42(2), 214-228. doi:10.17503/agrivita.v0i0.2283.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T. (2003). Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1518), 955-961. doi: 10.1098/rspb.2002.2306.
- Klumpers, S. G. T., Stang, M., & Klinkhamer, P. G. L. (2019). Foraging efficiency and size

- matching in a plant-pollinator community: The importance of sugar content and tongue length. *Ecology Letters*, 22(3), 469-479. doi: 10.1111/ele.13204.
- Laverty, T. M., & Plowright, R. C. (1988). Flower handling by bumblebees: A comparison of specialists and generalists. *Animal Behaviour*, 36(3), 733-740. doi: 10.1016/S0003-3472(88)80156-8.
- Leonhardt, S. D., Dworschak, K., Eltz, T., & Bluthgen, N. (2007). Original article foraging loads of stingless bees and utilisation of stored nectar for pollen harvesting. *Apidologie*, 38, 125-135. doi: 10.1051/apido.
- Lizmah, S. F., Buchori, D., Pudjianto, P., & Rizali, A. (2019). Kompleksitas lanskap pertanian dan pengaruhnya terhadap keanekaragaman *Hymenoptera parasitika*. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 15(3), 124. doi: 10.5994/jei.15.3.124.
- Marcelis, L. F. M., & Hofman-Eijer, L. R. B. (1993). Effect of temperature on the growth of individual cucumber fruits. *Physiologia Plantarum*, 87(3), 321-328. doi: 10.1111/j.1399-3054.1993.tb01737.x.
- Mkenda, P. A., Ndakidemi, P. A., Mbega, E., Stevenson, P. C., Arnold, S. E. J., Gurr, G. M., & Belmain, S. R. (2019). Multiple ecosystem services from field margin vegetation for ecological sustainability in agriculture: Scientific evidence and knowledge gaps. *PeerJ*, 2019(11), 1-33. doi: 10.7717/peerj.8091.
- Montoya, J. E., Arnold, M. A., Rangel, J., Stein, L. R., & Palma, M. A. (2020). Pollinator-attracting companion plantings increase crop yield of cucumbers and habanero peppers. *HortScience*, 55(2), 164-169. doi: 10.21273/HORTSCI14468-19.
- Motzke, I., Tschardtke, T., Wanger, T. C., & Klein, A. M. (2015). Pollination mitigates cucumber yield gaps more than pesticide and fertilizer use in tropical smallholder gardens. *Journal of Applied Ecology*, 52(1), 261-269. doi: 10.1111/1365-2664.12357.
- Murúa, M. (2020). Different pollinators' functional traits can explain pollen load in two solitary oil-collecting bees. *Insects*, 11(10), 1-10. doi: 10.3390/insects11100685.
- Nicholson, C. C., Ricketts, T. H., Koh, I., Smith, H. G., Lonsdorf, E. V., & Olsson, O. (2019). Flowering resources distract pollinators from crops: Model predictions from landscape simulations. *Journal of Applied Ecology*, 56(3), 618-628. doi: 10.1111/1365-2664.13333.
- Nielsen, A., Reitan, T., Rinvoll, A. W., & Brytting, A. K. (2017). Effects of competition and climate on a crop pollinator community. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 246(December 2016), 253-260. doi: 10.1016/j.agee.2017.06.006.
- Okumura, M., Inoue, S-i, Kuwata, K., & Kinoshita, T. (2016). Photosynthesis activates plasma membrane H⁺-ATPase via sugar accumulation. *Plant Physiology*, 171(1), 580-589. doi: 10.1104/pp.16.00355.
- Papadopoulos, A. P., & Hao, X. (2001). Effects of day and night air temperature in early season on growth, productivity and energy use of spring tomato. *Canadian Journal of Plant Science*, 81(2), 303-311. doi: 10.4141/P00-064.
- Papiorek, S., Junker, R. R., Alves-dos-Santos, I., Melo, G. A. R., Amaral-Neto, L. P., Sazima, M., ... Lunau, K. (2016). Bees, birds, and yellow flowers: Pollinator-dependent convergent evolution of UV patterns. *Plant Biology*, 18(1), 46-55. doi: 10.1111/plb.12322.
- Peng, Y-B, Li, Y-Q., Hao, Y-J., Xu, Z-H., & Bai, S-N. (2004). Nectar production and transportation in the nectaries of the female *Cucumis sativus* L. flower during anthesis. *Protoplasma*, 224(1-2), 71-78. doi: 10.1007/s00709-004-0051-9.
- Phillips, B. B., Shaw, R. F., Holland, M. J., Fry, E. L., Bardgett, R. D., Bullock, J. M., & Osborne, J. L. (2018). Drought reduces floral resources for pollinators. *Global Change Biology*, 24(7), 3226-3235. doi: 10.1111/gcb.14130.
- Pimentel, D. (2005). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability*, 7(2), 229-252. doi: 10.1007/s10668-005-7314-2.
- Pribadi, D. U., Purnawati, A., & Rahmadhini, N. (2020). Penerapan sistem pertanian refugia sebagai mikrohabitat musuh alami pada tanaman padi. *Jurnal SOLMA*, 9(1), 221-230. doi:

10.29405/solma.v9i1.3108.

- Putra, R. E., Subagio, J., Kinasih, I., Permana, A. D., & Rosmiati, M. (2017). Pola kunjungan serangga liar dan efek penambahan koloni *Trigona* (Tetragonula) *laeviceps* Smith pada penyerbukan kabocha (*Cucurbita maxima*). *Jurnal Entomologi Indonesia*, 14(2), 69-79. doi: 10.5994/jei.14.2.69.
- Pyke, G. H., Kalman, J. R. M., Bordin, D. M., Blanes, L., & Doble, P. A. (2020). Patterns of floral nectar standing crops allow plants to manipulate their pollinators. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10. doi: 10.1038/s41598-020-58102-7.
- Rasyid, E. A., Hendarto, K., Ginting, Y. C., & Edy, A. (2020). Pengaruh dosis pupuk kandang ayam dan pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan produksi mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 8(1), 87. doi: 10.23960/jat.v8i1.3687.
- Real, L. A. (1981). Uncertainty and pollinator-plant interactions : The foraging behavior of bees and wasps on artificial flowers. *Ecology*, 62(1), 20-26.
- Sabatier, R., Meyer, K., Wiegand, K., & Clough, Y. (2013). Non-linear effects of pesticide application on biodiversity-driven ecosystem services and disservices in a cacao agroecosystem: A modeling study. *Basic and Applied Ecology*, 14(2), 115-125. doi: 10.1016/j.baae.2012.12.006.
- Sakir, I. M., & Desinta, D. (2019). Pemanfaatan refugia dalam meningkatkan produksi tanaman padi berbasis kearifan lokal. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 7(1), 97-105. doi: 10.33230/jlso.7.1.2018.367.
- Sawe, T., Nielsen, A., & Eldegard, K. (2020). Crop pollination in small-scale agriculture in Tanzania: Household dependence, awareness and conservation. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6), 1-13. doi: 10.3390/su12062228.
- Scaven, V. L., & Rafferty, N. E. (2013). Physiological effects of climate warming on flowering plants and insect pollinators and potential consequences for their interactions. *Current Zoology*, 59(3), 418-426. doi: 10.1093/czoolo/59.3.418.
- Shah, I., Shah, M., Khan, A., & Usman, A. (2015). Response of insect pollinators to different cucumber, *Cucumis sativus* L. (*Cucurbitales: Cucurbitaceae*) varieties and their impact on yield. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(5), 374-378.
- Susilawati, S., Buchori, D., Rizali, A., & Pudjianto, P. (2018). Pengaruh keberadaan habitat alami terhadap keanekaragaman dan kelimpahan serangga pengunjung bunga mentimun. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 14(3), 152. doi: 10.5994/jei.14.3.152.
- Swibawa, I. G., Susilo, F. X., Murti, I., & Ristiyani, E. (2003). Serangan *Dacus cucurbitae* (Diptera: Trypetidae) pada buah mentimun dan pare yang dibungkus pada saat pentil. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 3(2), 43-46. doi: 10.23960/j.hptt.2343-46.
- Veits, M., Khait, I., Obolski, U., Zinger, E., Boonman, A., Goldshtein, A., ... Hadany, L. (2019). Flowers respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration. *Ecology Letters*, 22(9), 1483-1492. doi: 10.1111/ele.13331.
- Vidal, M. D. G., De Jong, D., Wien, H. C., & Morse, R. A. (2006). Nectar and pollen production in pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Revista Brasileira de Botanica*, 29(2), 267-273. doi: 10.1590/S0100-84042006000200008.
- Waser, N. M., & Price, M. V. (2016). Drought, pollen and nectar availability, and pollination success. *Ecology*, 97(6), 1400-1409. doi: 10.1890/15-1423.1.
- Wells, H., Hill, P. S., & Wells, P. H. (1992). Nectarivore foraging ecology: Rewards differing in sugar types. *Ecological Entomology*, 17(3), 280-288. doi: 10.1111/j.1365-2311.1992.tb01059.x
- Wijaya, S., Basuki, N., & Purnamaningsih, S. L. (2015). Pengaruh waktu penyerbukan dan proporsi bunga betina dengan bunga jantan terhadap hasil dan kualitas benih mentimun (*Cucumis sativus* L.) hibrida. *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(8), 615-622.
- Wulandari, A. P., Atmowidi, T., & Kahono, D. S. (2017). Peranan lebah *Trigona laeviceps* (Hymenoptera: Apidae) dalam produksi biji kailan (*Brassica oleracea* var. alboglabra). *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 45(2), 196. doi:

10.24831/jai.v45i2.13236.

Yusoff, N. S. M., Soh, N. C., Rafdi, H. H. M., Lob, S., Idris, N. I. M., & Mohamed, J. (2021). Integrated management in boosting up *Capsicum annum* L. production using integrated farming and biopesticide. *Asian Journal of Plant Sciences*, 20(2), 239-245. doi: 10.3923/ajps.2021.239.245.