

Penyerbuk yang Berperan Meningkatkan Produksi Tanaman Semusim dan Tahunan secara Berkelanjutan

Pollinators to Enhance Sustainable Production of Annual and Perennial Crops

Siti Herlinda^{1,2*)}, Jelly Milinia Puspita Sari³

¹Program Studi Proteksi Tanaman, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya 30662, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

²Pusat Unggulan Riset Pengembangan Lahan Suboptimal (PUR-PLSO), Universitas Sriwijaya, Bukit Besar 30139, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

³Program Magister Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Bukit Besar 30239, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

^{*)}Penulis untuk korespondensi: sitiherlinda@unsri.ac.id

Sitasi: Herlinda S, Sari JMP. 2022. Pollinators to enhance sustainable production of annual and perennial crops. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-10 Tahun 2022, Palembang 27 Oktober 2022. pp. 40-60. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

Pollinators (bees, butterflies, beetles, flies) are an important part of our ecosystem because they are food for human, mammals, and other arthropods. Insect pollinators are now starting to be threatened due to cultivation that is not eco-friendly. Insect pollinators play an important role in increasing sustainable crop productivity. One third of all the food is produced on pollinators, 90% pollination is conducted by bees. Both honey bees (*Apis mellifera*) and stingless bees (*Melipona quadrifasciata anthidioides*) provided higher apple fruit production than supplementation with honeybees alone. *A. mellifera* increased 10% production of cucumber. *A. mellifera* also increased the quality of fruit length and girth of guava (*Psidium guajava*). *Apis dorsata* increased the coffee fruit production 50% more than by wind. *Apis cerana* could increase 42.29% pollination of mango (*Mangifera indica*) compared to open pollination (33.36%). Bumble bees, *Anthophora urbana* and *Bombus vosnesenskii* induced higher yield and fruit quality of *Solanum lycopersicum*. So, the quantity and quality of fruits could be enhanced by pollinators.

Keywords: insect pollinators, yield, bees, stingless bees

ABSTRAK

Penyerbuk (lebah, kupu-kupu, kumbang, lalat) merupakan bagian penting dari ekosistem kita karena penyerbuk adalah makanan bagi manusia, mamalia, dan artropoda lainnya. Serangga penyerbuk kini mulai terancam akibat budidaya yang tidak ramah lingkungan. Serangga penyerbuk memainkan peran penting dalam meningkatkan produktivitas tanaman yang berkelanjutan. Sepertiga dari semua makanan diproduksi oleh penyerbuk, 90% penyerbukan dilakukan oleh lebah. Baik lebah madu (*Apis mellifera*) dan lebah tanpa sengat (*Melipona quadrifasciata anthidioides*) menghasilkan produksi buah apel yang lebih tinggi daripada suplementasi dengan lebah madu saja. *A. mellifera* meningkatkan 10% produksi mentimun. *A. mellifera* juga meningkatkan kualitas panjang dan lingkar buah jambu biji (*Psidium guajava*). *Apis dorsata* meningkatkan produksi buah kopi 50% lebih banyak dibandingkan dengan angin. *Apis cerana* dapat meningkatkan penyerbukan mangga 42,29% (*Mangifera indica*) dibandingkan dengan penyerbukan

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISSN: 2963-6051

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

terbuka (33,36%). Lebah bumble, *Anthophora urbana* dan *Bombus vosnesenskii* menginduksi hasil dan kualitas buah *Solanum lycopersicum* yang lebih tinggi. Jadi, kuantitas dan kualitas buah dapat ditingkatkan dengan penyerbuk.

Kata kunci: serangga penyerbuk, hasil pertanian, lebah, lebah tanpa sengat

PENDAHULUAN

Memproduksi makanan yang cukup untuk populasi manusia yang terus bertambah telah menjadi masalah global (Jeger *et al.*, 2021). Diperkirakan populasi manusia di dunia dapat meningkat 46% pada tahun 2050, yang membutuhkan peningkatan produksi pertanian untuk menjamin ketahanan pangan (Alexandratos, Nikos & Bruinsma, 2012). Penyerbuk (lebah, kupu-kupu, kumbang, lalat) memainkan peran mendasar sebagai pengatur sistem tanam, dimana agen penyerbuk membantu dalam stabilitas dan fungsi populasi tanaman serta menjamin produktivitas tanaman (Ssymank *et al.*, 2008). Penggunaan pestisida sintetis dan nabati memiliki efek merugikan baik musuh alami maupun penyerbuk di lahan pertanian. Penggunaan pestisida (akarisisida, insektisida, herbisida, dan fungisida) dapat berbahaya bagi penyerbuk dan musuh alami, dimana insektisida dan akarisisida dapat menyebabkan kematian serangga penyerbuk salah satunya *Elaeidobius kamerunicus*, akibat aplikasi pestisida pada pertanaman kelapa sawit dapat menyebabkan kematian *E. kamerunicus* berkisar 37 sampai 100% (Moura *et al.*, 2022). Penurunan penyerbuk dapat merugikan produktivitas pertanian karena hampir sepertiga tanaman dibantu oleh penyerbuk (Ndakidemi *et al.*, 2016), 90% penyerbukan dilakukan oleh lebah (Raderschall *et al.*, 2021). Diantara pestisida yang berkontribusi terhadap kematian serangga ada juga beberapa faktor yang mempengaruhi keberlangsungan hidup lebah yaitu bakteri (Klein *et al.*, 2007; Shanks *et al.*, 2017), virus, dan jamur (Barbosa *et al.*, 2018; Foley *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2018), penggundulan hutan, aksi petani madu, dan tungau (Barbosa *et al.*, 2018).

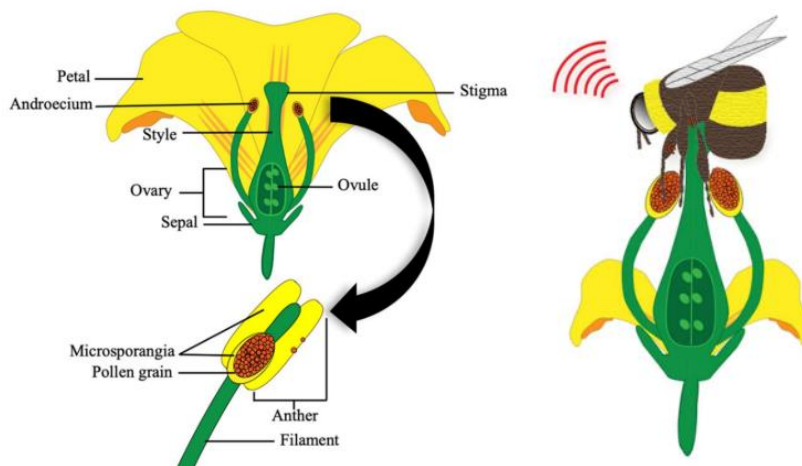
Layanan penyerbuk berkontribusi 35% dari volume produksi pangan yang mewakili antara 5 dan 8% dari nilai produksi dunia dengan nilai mencapai 235 hingga 577 miliar dolar per tahun (IPBES, 2016). Layanan penyerbuk juga berkontribusi sekitar 30% dari total nilai produksi pertanian tanaman tahunan di Brasil, yang mewakili sekitar 12 miliar dolar dari total produksi (Klein *et al.*, 2007). Baik lebah madu (*Apis mellifera*) dan lebah tanpa sengat (*Melipona quadrifasciata anthidioides*) menghasilkan produksi buah apel yang lebih tinggi dari pada suplementasi dengan lebah madu saja (Rahim & Khan, 2004; Wu *et al.*, 2021). *A. mellifera* meningkatkan 10% produksi mentimun (Zurawski *et al.*, 1975). *A. mellifera* juga meningkatkan kualitas panjang dan lingkaran buah jambu biji (*Psidium guajava*) (Rajagopal, D., and G. Eswarappa, 2005). *Apis dorsata* meningkatkan produksi buah kopi 50% lebih banyak dibandingkan dengan angin (Muto *et al.*, 2020). *Apis cerana* dapat meningkatkan penyerbukan mangga 42,29% (*Mangifera indica*) dibandingkan dengan penyerbukan terbuka (33,36%). Lebah bumble, *Anthophora urbana* dan *Bombus vosnesenskii* menginduksi hasil dan kualitas buah *Solanum lycopersicum* yang lebih tinggi (Greenleaf & Kremen, 2006a).

Berkurangnya total penyerbuk dapat menurunkan produksi tanaman lebih dari 90% (IPBES, 2016). Dimana 35% produk berasal dari tanaman yang sebagian besar bergantung pada serangga penyerbuk, selain itu banyak tanaman seperti kentang, wortel dan sayuran lainnya tidak bergantung langsung pada penyerbuk untuk produksi bagian yang kita konsumsi (misalnya akar, umbi, batang, daun) tetapi penyerbuk masih penting untuk perbanyakan benih atau dalam program pemuliaan (Klein *et al.*, 2007). Oleh karena itu

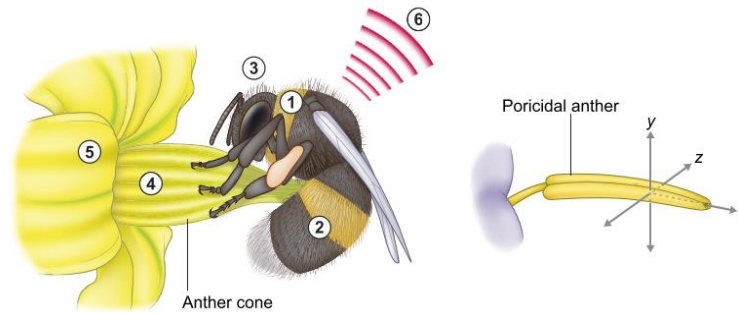
tulisan ini bertujuan untuk mendeskripsikan spesies-spesies serangga penyerbuk dan untuk mengulas perannya dalam meningkatkan produktivitas tanaman secara berkelanjutan.

PROSES PENYERBUKAN OLEH LEBAH

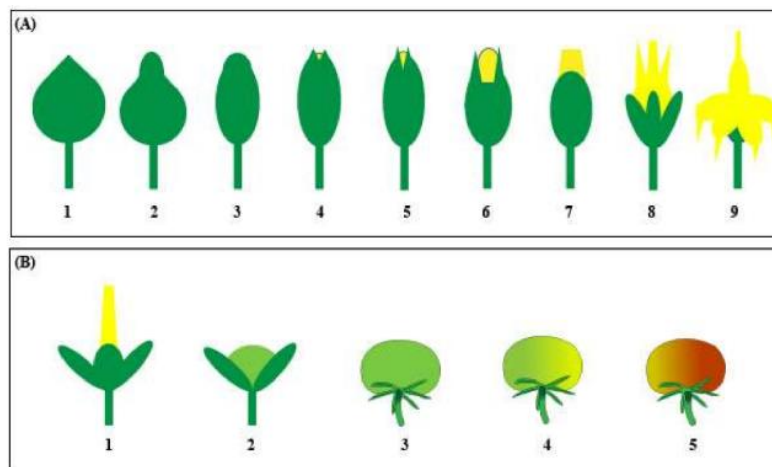
Penyerbukan adalah bagian yang cukup penting dari proses reproduksi tumbuhan berbiji (Dingley *et al.*, 2022). Penyerbukan merupakan proses pindahnya serbuk sari dari kepala sari menuju ke stigma yang terjadi secara alami atau bantuan dari manusia (Prado *et al.*, 2020). Penyerbukan alami dapat terjadi dengan perantara angin, hewan, dan juga air (Herlinda *et al.*, 2019). Proses penyerbukan didominasi oleh serangga terutama lebah yang mana hampir semua spesies lebah adalah penyerbuk. Lebih dari 90 persen jenis tanaman terkemuka dunia dikunjungi oleh lebah dan sekitar 30 persen oleh lalat, sementaramasing-masing taksa lainnya mengunjungi kurang dari 6 persen jenis tanaman (IPBES, 2016). Produksi buah tomat, kelapa sawit, buah naga sangat bergantung pada penyerbuk yang efektif. Bunga tomat terdiri dari empat kelopak (sepal), diikuti oleh mahkota (kelopak), kemudian androecium (benang sari) dan gynoecium terdalam (putik dan karpel) (Gambar 1) (Pesaresi *et al.*, 2014). Penyerbukan biasanya tidak terjadi sampai kelopak bunga muncul sepenuhnya (Gambar 2A), Setelah serbuk sari menempel pada stigma, tabung serbuk sari tumbuh ke bawah stilus ke dalam ovarium, di mana ovula dibuahi menjadi biji dan ovarium bertransisi menjadi buah (Dingley *et al.*, 2022) (Gambar 3). Lebah melakukan penyerbukan dengan menggetarkan bunga yang menghasilkan suara ‘buzz’ (Vallejo-Marín, 2019), perilaku lebah menghasilkan getaran saat mengumpulkan serbuk sari dari bunga sering disebut sonikasi (Cardinal *et al.*, 2018). Menurut Vallejo-Marín (2019) suara merupakan hasil dari getaran lebah yang tidak berkontribusi pada ekstraksi serbuk sari (Gambar 2B).



Gambar 1. Diagram anatomi bunga tomat dan lebah mendengungkan bunga tomat; Morfologi umum ini konsisten di seluruh angiospermae. Diagram menggambarkan organ seksual jantan (androecium) yang terdiri dari kepala sari yang mengandung butiran serbuk sari terbungkus dalam struktur seperti kantung yang disebut mikrosporangia. Antera poricidal tidak dapat diakses secara bebas dan akses yang sah dibatasi untuk lebah yang mampu menggetarkan kepala sari. Getaran mekanis mengganggu trikoma yang mengikat kepala sari poricidal untuk membantu pelepasan serbuk sari. Kepala sari melekat pada filamen yang menonjol dari bawah ginesium betina (A), Lebah menangkap kerucut kepala sari dengan rahang bawah mereka dan menggetarkan dada mereka. Getaran mekanis dan akustik mempercepat pergerakan antera poricidal untuk melepaskan polen yang dapat menyerbuki sendiri bunga tomat (B) (Dingley *et al.*, 2022; Vallejo-Marín, 2019)



Gambar 2. Ilustrasi getaran yang dihasilkan oleh lebah yang mengunjungi bunga; Gambar kiri: diagram lebah yang menggetarkan kerucut kepala sari (berwarna kuning) dari bunga mirip *Solanum* dengan kepala sari poricidal. Gambar sebelah kanan: diagram yang menunjukkan satu kepala sari (berwarna kuning) dan tiga sumbu getaran (x, y, z). Otot terbang tidak langsung menyebabkan deformasi siklus dari dada lebah yang menghasilkan getaran (1). Getaran ini ditransmisikan ke anthercone (4) melalui kontak langsung dengan dada, kepala, perut dan, pada tingkat lebih rendah, kaki (1-3). Getaran juga ditransmisikan ke bagian lain dari bunga termasuk kelopak dan sepal (5). Lebah yang bergetar juga mentransfer energi ke udara sekitar yang menghasilkan komponen yang dapat didengar (suara; 6). Meskipun suara inilah yang memberi nama perilaku ini (yaitu sonikasi atau penyerbukan dengungan), kontribusi komponen akustik terhadap guncangan kepala sari dapat diabaikan. Serbuk sari dikeluarkan dari kepala sari karena getaran yang ditransmisikan dari lebah ke kepala sari. Dalam model biofisik Buchmann & Hurley (1978) penyerbukan buzz, laju pelepasan serbuk sari dari kepala sari sebanding dengan kecepatan getaran kepala sari di sepanjang sumbu y atau z (Cardinal *et al.*, 2018)

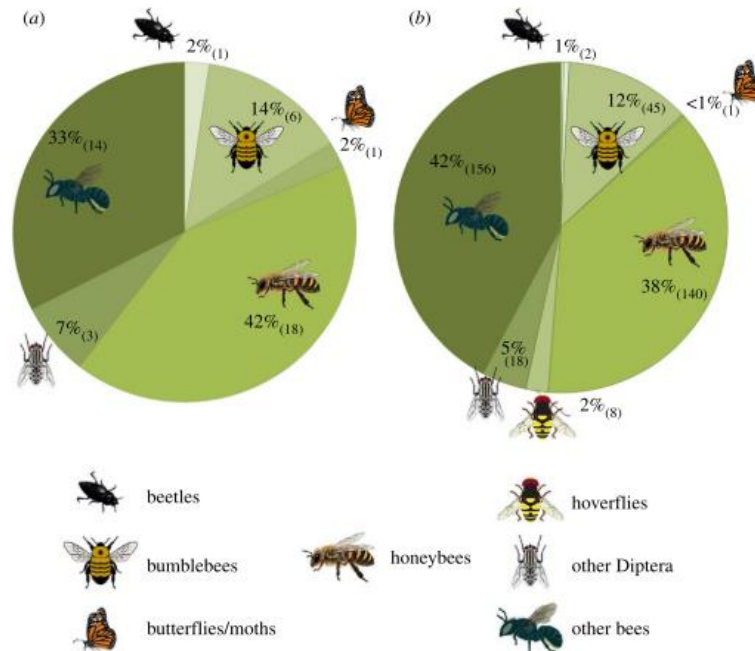


Gambar 3. Ilustrasi tahap perkembangan bunga dan buah tomat; Perkembangan bunga tomat. Skala bernomor (1-9) digunakan untuk menunjukkan setiap tahap baru. Diperlukan waktu ~1–2 hari/tahap hingga kuncup bunga (tahap 1) mencapai kematangan penuh (tahap 9; ~15–17 hari) (A). Tahap perkembangan tomat setelah penyerbukan menunjukkan tahap perkembangan buah. Skala bernomor menunjukkan bunga yang diserbuki (tahap 1), buah yang mengembang (tahap 2), buah hijau yang matang (tahap 3), buah yang matang (tahap 4) dan buah matang sempurna (B) (Dingley *et al.*, 2022)

SERANGGA PENYERBUK

Serangga penyerbuk merupakan serangga yang mengunjungi bunga yang mencari makan pada tanaman berbunga (nektar, serbuk sari) (Laxmi Rai *et al.*, 2015), dimana serangga yang mengunjungi bunga memiliki potensi untuk mentransfer gamet jantan ke gamet betina saat mencari makan, sehingga terjadi penyerbukan (Khalifa *et al.*, 2021). Banyak tanaman bergantung pada penyerbuk untuk pembentukan buah dan benih mencapai hasil yang baik. Secara global, diperkirakan 35% dari produksi tanaman

merupakan hasil dari penyerbukan serangga (Bugin *et al.*, 2022). Serangga penyerbuk yang tercatat diklasifikasikan kedalam kelompok taksonomi meliputi lebah (*Apis mellifera*, *Apis cerana*, *Apis dorsata* dan lainnya yang tercatat sebagai *Apis* sp.), *Trigona spinipes* dan *Trigona* sp., kumbang, kupu-kupu dan ngengat, lalat (tidak termasuk hoverflies), dan tawon (IPBES, 2016) (Gambar 4-5).



Gambar 4. Kelompok taksonomi penyerbuk tanaman yang paling dominan sepanjang tahun pada (a) studi dan (b) tingkat lokasi dengan jumlah studi dan jumlah lokasi dalam tanda kurung (Senapathi *et al.*, 2021)

Populasi penyerbuk dapat meningkatkan produksi beberapa tanaman dan menjadi sumber daya alam penting, tetapi populasi penyerbuk seringkali tidak diketahui oleh petani sehingga memicu petani menggunakan insektisida untuk membunuh serangga penyerbuk (karena pengetahuan dan persepsi yang salah bahwa semua serangga adalah hama). Serangga penyerbuk bermanfaat dalam melakukan penyerbukan tanaman secara memadai di lingkungan intensif pertanian seperti lebah, lebah tanpa sengat, kumbang, lebah soliter, tawon, thrip dan masih banyak lagi (Tabel 1).

Sebagian besar tanaman diserbuki oleh *Apis mellifera* L. (lebah madu Eropa) (Gambar 6), sedangkan lebah non-*Apis* merupakan penyerbuk tanaman yang penting juga, terutama untuk tanaman yang lebah madu tidak efisien dalam penyerbukan (misalnya alfalfa, labu) (Senapathi *et al.*, 2021). Beberapa contoh spesies non-*Apis* yang dikelola dalam proses penyerbukan misalnya *Bombus impatiens* Cresson (Hymenoptera: Apidae) yang dikelola untuk penyerbukan cranberry (*Vaccinium* spp.) dan tomat rumah kaca (*Solanum lycopersicum* L.). Lalat kunjungan bunga (Diptera) telah didokumentasikan sebagai penyerbuk yang mahir pada beberapa tanaman termasuk wortel (*Dacus carota* L.), sawi (*Brassica* spp.), daun bawang, (*Allium ampeloprasum* L.), dan almond (*Prunus dulcis*). Penyerbukan tanaman kelapa sawit yang dilakukan kumbang *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae) sangat berperan besar, dan tawon ara bertanggung jawab atas penyerbukan di Perkebunan Fig Smyra dan Capri (Foley *et al.*, 2014).

Tabel 1. Spesies serangga penyerbuk tanaman untuk konsumsi manusia

Kelompok penyerbuk	species
lebah madu	<i>Apis cerana</i> Fabr., <i>A. dorsata</i> Fabr., <i>A. florea</i> Fabr. and <i>A. mellifera</i> L
lebah tak bersengat	<i>Melipona favosa</i> Fabr., <i>M. subnitida</i> Duceke, <i>M. quadrifasciata</i> Lepeletier, <i>Nanotrigona perilampoides</i> Cresson, <i>N. testaceicornis</i> Lepeletier, <i>Trigona cupira</i> Sm., <i>T. iridipennis</i> Smith, <i>T. (Lepidotrigona) terminata</i> Smith, <i>T. (Tetragonoula) minangkabau</i> Sakagami, <i>T. toracica</i> Smith dan <i>Scaptotrigona depilis</i> Moure
lebah	<i>Bombus affinis</i> Cresson, <i>B. californicus</i> F. Smith, <i>B. hortorum</i> L., <i>B. hypnorum</i> L., <i>B. impatiens</i> Cresson, <i>B. lapidarius</i> L., <i>B. (Thoracobombus) pascuorum</i> Scop., <i>B. sonorus</i> L., <i>B. terrestris</i> L. dan <i>B. vosnesenskii</i> Radoszkowski
lebah soliter	<i>Amegilla chlorocyanea</i> Cockerell, <i>A. (Zonamegilla) holmesi</i> Rayment, <i>Andrena ilerda</i> Cam., <i>Anthophora pilipes</i> Fabr., <i>Centris tarsata</i> Smith, <i>Creightonella frontalis</i> Fabr., <i>Habropoda laboriosa</i> Fabr., <i>Halictus tripartitus</i> Cockerell, <i>Megachile (Delomegachile) addenda</i> Cresson, <i>M. rotundata</i> Fabr., <i>Osmia aglaia</i> Sandhouse, <i>O. cornifrons</i> Radoszkowski, <i>O. cornuta</i> Latreille, <i>O. lignaria lignaria</i> Say, <i>O. lignaria propinqua</i> Cresson, <i>O. ribifloris</i> Cockerell, <i>Peponapis limitaris</i> Cockerell, <i>P. pruinosa</i> Say, <i>Pithitis smaragdula</i> Fabr., <i>Xylocopa (Zonohirsuta) dejeanii</i> Lepeletier, <i>Xylocopa frontalis</i> Oliver dan <i>Xylocopa suspecta</i> Moure
tawon	<i>Blastophaga psenes</i> L
Lalat shipida dan lalat lainnya	<i>Eristalis cerealis</i> Fabr., <i>E. tenax</i> L. dan <i>Trichometallea pollinosa</i> Townsend
kumbang thrips	<i>Carpophilus hemipterus</i> L. dan <i>Carpophilus mutilatus</i> Erichson <i>Thrips hawaiiensis</i> Morgan dan <i>Haplothrips (Haplothrips) tenuipennis</i> Bagnall <i>Turdus merula</i> L. dan <i>Acridotheres tristis</i> L

Sumber: (Klein *et al.*, 2007)



Gambar 5. Morfologi serangga penyerbuk; *Apis cerana* (A), *Trigona* sp (B)

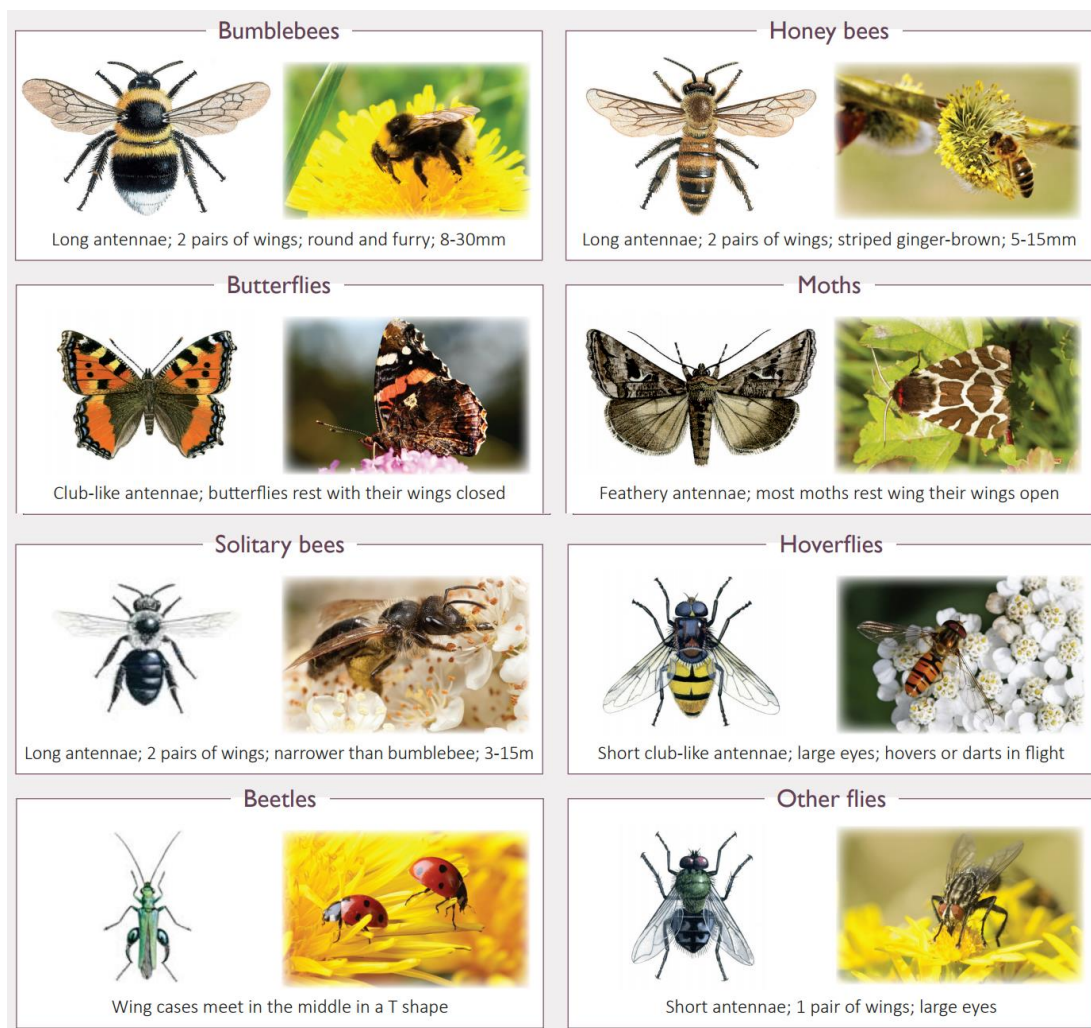
Lebah bumble (Apidae: Bombini) merupakan penyerbuk penting dalam mendukung ketahanan pangan (Crowther *et al.*, 2019). Lebah ini memiliki adaptasi yang kuat terhadap iklim dan habitat (seperti mencari makan bahkan dalam suhu tinggi dan rendah) (Peat *et al.*, 2005). Menurut Velthuis & Van Doorn (2006) ada lima spesies lebah umumnya digunakan untuk penyerbukan tanaman komersial yaitu; *Bombus terrestris* Linn (di Eropa, Afrika Utara, Asia, dan Australasia), *B. occidentalis* Greene (di Amerika Utara bagian barat), *B. ignitus* dan *B. lucorum* Linn (di Asia Timur), dan *B. impatiens* Cresson (di Amerika Utara). Lebah madu sudah banyak digunakan sebagai penyerbuk yang merupakan pengunjung tanaman paling efektif di seluruh dunia (Hung *et al.*, 2018). Ada delapan spesies lebah madu lainnya dalam genus *Apis* seperti *A. florea* Fabr., *A. cerana* Fabr., *A. andreniformis*, dan *A. dorsata* Fabr (Streinzer *et al.*, 2013).

Lebah soliter terdiri dari mayoritas spesies lebah di dunia. Mayoritas lebah soliter adalah pengumpul serbuk sari dari banyak spesies tanaman (polilektik), namun ada juga sejumlah kecil yang menggunakan kisaran tanaman yang sempit dan sedikit (oligektik). Lebah soliter adalah penyerbuk yang lebih efektif dari pada lebah madu untuk beberapa tanaman yang bergantung pada penyerbuk untuk reproduksi mereka, seperti apel (Garratt *et al.*, 2016). Syrphid berasal dari famili Syrphidae dalam ordo Diptera (Bain *et al.*, 2007).

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISSN: 2963-6051

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)



Gambar 6. Penyerbuk utama adalah lebah (lebah soliter, lebah dan lebah madu), kupu-kupu dan ngengat. Penyerbuk lainnya termasuk lalat mengunjungi bunga (termasuk hoverflies) dan kumbang (Sumber: <https://www.open.edu>)

Episyrphus balteatus DeGeer adalah salah satu spesies lalat yang umum ditemukan di daerah pertanian dan berkontribusi sebagai penyerbuk banyak tanaman di seluruh dunia (Hodgkiss *et al.*, 2018). Lalat syrphid dapat meningkatkan jumlah biji yang cukup per polong pada tanaman lobak (Khalifa *et al.*, 2021). Selain lalat syrphid juga ada lalat dron (*Eristalis tenax* L.) berperan sebagai penyerbuk pada tanaman pak choi (*Brassica rapa* subsp. *Chinensis*) dan bawang di Selandia Baru (Howlett & Gee, 2019), lobak (*Brassica rapa* L. subsp. *oleifera*), wortel (*Daucus carota* L. subsp. *sativus*) dan bawang merah di Jerman (Schittenhelm *et al.*, 1997), paprika (*C. annuum*) di Kanada (Schittenhelm *et al.*, 1997), dan buah kiwi di Italia (Khalifa *et al.*, 2021).

Kupu-kupu mewakili sekitar 10% dari Lepidoptera dan cenderung mengunjungi bunga berwarna cerah dengan aroma yang lembut dan menyenangkan. Kupu-kupu merupakan penyerbuk penting tanaman *Gloriosa minor* Rendle (Colchicaceae) melalui sayap. Kupu-kupu juga memiliki alat mulut yang panjang untuk menemukan nektar sehingga dapat melakukan penyerbukan bunga dengan bentuk tabung (Barrios & Koptur, 2011). Ordo Lepidoptera yang juga berperan sebagai penyerbuk yaitu ngengat yang aktif pada malam hari (Nokturnal) dan dikenal sebagai penyerbuk utama dari berbagai macam spesies

tanaman di habitat yang berbeda di seluruh dunia (Macgregor *et al.*, 2015). Menurut Hahn & Brühl (2016) sekitar 227 bunga telah diserbuki oleh ngengat, ngengat menyerbuki sekitar 40% spesies tanaman di lingkungan lanskap pedesaan seperti padang rumput, pertanian, tepi lapangan, dan pinggir jalan. Akibatnya, peran ngengat di lingkungan pertanian sering dikaitkan dengan penyerbukan non-tanaman.

Kumbang merupakan serangga penyerbuk yang berasal dari ordo Coleoptera, menurut Hahn & Brühl (2016) lebih dari 184 spesies angiospermae secara eksklusif diserbuki oleh kumbang (misalnya, Magnolia di Magnoliaceae) dimana kumbang tertarik pada bau, indeks visual, dan warna-warna cerah. Thrips juga merupakan penyerbuk tanaman (seperti kopi) walau belum banyak yang mempelajari, serangga kecil ini memiliki tipe mulut haustelata dan biasanya terlihat pada bunga untuk mendapatkan nektar, serbuk sari, atau kandung sel jaringan tanaman dalam makanannya (Khalifa *et al.*, 2021). Tawon sosial (Hymenoptera) adalah salah satu penyerbuk di wilayah Neotropis, dimana tawon ini tertarik pada bunga berwarna coklat kemerahan, ungu kotor, dan coklat kotor serta memiliki bunga kecil dengan pintu masuk yang bulat dan lebar (Hahn & Brühl, 2016).

PERAN SERANGGA PENYERBUK DALAM MENINGKATKAN PRODUKSI TANAMAN

Serangga penyerbuk dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas buah-buahan, minyak, kacang-kacangan, dan tanaman lainnya (Giannini *et al.*, 2015) (Tabel 2). Di Mediterania, Asia Selatan dan Timur, dan Eropa penyerbukan oleh hewan dapat meningkatkan hasil panen global dengan tambahan USD 235-577 miliar per tahun (Hinkel *et al.*, 2014). Tanaman kopi (*Coffea* spp.), kakao, almond (*Prunus dulcis* (Mill.)), dan kedelai (*Glycine max* L.) yang dibudidayakan skala besar memiliki ketergantungan pada penyerbuk yang lebih besar, karena 5-8% dari produk tanaman dapat hilang tanpa penyerbuk hewan (Aizen *et al.*, 2009). Menurut (Losey & Vaughan, 2006) penyerbukan oleh lebah di AS terbukti meningkatkan lebih dari USD 57 miliar, dimana lebah madu bertanggung jawab untuk menyerbuki lebih dari 100 tanaman komersial di Amerika Utara (Hristov *et al.*, 2020).

Kunjungan serangga penyerbuk mempengaruhi kuantitas dan kualitas tanaman yang penting terutama dari perspektif ekonomi (Hall *et al.*, 2020). Nilai layanan penyerbuk dari beberapa tanaman di Para yaitu kakao (USD 187,6 juta), kelapa sawit (USD 635,6 juta), semangka (USD 26,1 juta), dan kedelai (USD 98,4 juta) (Borges *et al.*, 2020). Nilai produksi tahunan penyerbuk liar untuk tujuh tanaman lebih dari USD 1,5 miliar. Nilai penyerbuk liar diperkirakan terbesar di apel, dengan nilai USD 1,06 miliar sedangkan perkiraan nilai semangka (USD 146 juta), blueberry (USD 50 juta), cherry manis (USD 145 juta), art cherry (USD 32 juta), dan labu (USD 101 juta) ternyata cukup tinggi. Nilai ekonomi lebah madu pada hasil di seluruh tanaman ini adalah sekitar USD 6,4 miliar (Reilly *et al.*, 2020).

Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-10 Tahun 2022, Palembang 27 Oktober 2022
“Revitalisasi Sumber Pangan Nabati dan Hewani Pascapandemi dalam Mendukung Pertanian Lahan Suboptimal secara Berkelanjutan”

Tabel 2. Pengaruh lebah penyerbuk pada kualitas dan produktivitas tanaman

Tanaman (Spesies)	Lebah penyerbuk	Dampak pada Hasil Tanaman	Referensi
Apel (<i>Malus domestica</i> L.)	Lebah madu (<i>Apis mellifera</i> L.)	Meningkatkan produksi buah dengan hasil dan kualitas tinggi (ukuran buah dan jumlah biji)	(Rahim & Khan, 2004)
	Lebah liar and lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Jumlah benih meningkat dengan banyaknya lebah	(Wu <i>et al.</i> , 2021)
	Lebah tanpa sengat (<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> Lepeletier)	Baik lebah tanpa sengat (12 sarang/hektar) dan lebah madu Afrika (7 sarang/hektar) memberikan produksi benih dan buah yang lebih tinggi daripada suplementasi dengan lebah madu saja	(Viana <i>et al.</i> , 2014)
	Lebah madu afrika (<i>A. mellifera</i>)		
	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan fruit set sebesar 15%, seed set dan kandungan gula buah, serta keuntungan petani sebesar 70%.	(Geslin <i>et al.</i> , 2017)
	Lebah bumble (<i>B. impatiens</i>) and lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Kuantitas dan kualitas buah yang dihasilkan dari penyerbukan dari kedua spesies adalah setara	(Normandeau Bonneau <i>et al.</i> , 2020)
Almond (<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb)	Lebah liar	Set buah meningkat	(Normandeau Bonneau <i>et al.</i> , 2020)
	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan set buah sebesar 60% dan hasil kernel sebesar 20% dibandingkan dengan penyerbukan sendiri.	(Sáez <i>et al.</i> , 2020)
Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill.)	Lebah soliter (<i>O. cornuta</i>)	Peningkatan produksi buah sejalan dengan peningkatan kunjungan <i>O. cornuta</i>	(Bosch <i>et al.</i> , 2021)
	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Efisiensi penyerbukan tinggi untuk set buah, meningkatkan produksi, dan meningkatkan berat buah.	(Popak <i>et al.</i> , 2019)
Anise (<i>Pimpinella anisum</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Meningkatkan hasil benih/feddan menjadi 781,55 kg dibandingkan dengan 300,24 Kg untuk kelompok kontrol (pengecualian serangga).	(Abd El-Wahab <i>et al.</i> , 2012)
Pohon palem acai (<i>Euterpe oleracea</i> Martius)	Lebah tanpa sengat (<i>Scaptotrigona aff. postica</i>)	Peningkatan produksi mencapai 2,5 kali lipat. Peningkatan tersebut terlihat dari jumlah buah per tandan dan ukuran buah.	(Muto <i>et al.</i> , 2020)
Black Seed (<i>Nigella sativa</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan hasil dan pengaturan benih tetapi tidak berpengaruh terhadap bobot benih yang dihasilkan.	(Ouvrard, 2009)
Kelapa t (<i>Cocos nucifera</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan set buah dan penyerbuk efektif dibandingkan dengan tawon	(Mallinger & Gratton, 2015)
Cape gooseberry (<i>Physalis peruviana</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan massa buah sebesar 30,3%, diameter ekuator sebesar 13,3%, varietas benih sebesar 7%, dan massa biji sebesar 8,4%.	(Chautá-Mellizo <i>et al.</i> , 2012)
Jeruk (<i>Citrus sinensis</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Menghasilkan buah yang lebih berat dengan kandungan asam yang lebih sedikit dan biji yang lebih sedikit per kuncup.	(Malerbo-Souza <i>et al.</i> , 2004)
Cranberries	Lebah madu	Produksi meningkat dari 3,7 juta pada	(Malerbo-Souza

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISSN: 2963-6051

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-10 Tahun 2022, Palembang 27 Oktober 2022
“Revitalisasi Sumber Pangan Nabati dan Hewani Pascapandemi dalam Mendukung Pertanian Lahan Suboptimal secara Berkelanjutan”

(<i>Vaccinium oxycoccus</i> L.)	(<i>A. mellifera</i>)	tahun 1989 menjadi 5,4 juta pada tahun 1998.	<i>et al.</i> , 2004)
Mentimun (<i>Cucumis sativus</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	10% peningkatan produksi.	(Losey & Vaughan, 2006)
	Lebah tanpa sengat (<i>Heterotrigona itama</i>)	Menghasilkan mentimun yang lebih besar, lebih berat, dan lebih panjang.	(Azmi <i>et al.</i> , 2017)
Jinten (<i>Cuminum cyminum</i> L.)	<i>Apis florea</i> F., <i>A. mellifera</i> dan <i>A. dorsata</i>	Peningkatan hasil sebesar 40,03% dibandingkan dengan 41,37% untuk penyerbukan terbuka	(Khalifa <i>et al.</i> , 2021)
Ketumbar (<i>Coriandrum sativum</i> Linnaeus.)	<i>Apis cerana</i> Fabricius	Set benih secara nyata lebih tinggi sebesar 69,51% dibandingkan dengan 54,89% pada kelompok kontrol. Hasilnya adalah 14,57 q/hektar vs 11,66 q/hektar pada kelompok kontrol.	(Patil & Pastagia, 2016)
Kapas (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan produksi lebih dari 12% untuk berat serat dan lebih dari 17% untuk jumlah benih.	(Pires <i>et al.</i> , 2014)
	Lebah madu dan lebah liar	Secara signifikan meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil rata-rata 62%. Hasil rata-rata adalah 953,91 kg/hektar	(Stein <i>et al.</i> , 2017)
<i>C. canephora</i> L	<i>Apis dorsata</i> F.	Lebah meningkatkan produksi buah kopi hingga 50% lebih banyak daripada angin	(Krishnan <i>et al.</i> , 2012)
Kopi (<i>Coffea arabica</i> L.)	Lebah soliter dan lebah sosial	Set buah meningkat secara signifikan.	(Klein <i>et al.</i> , 2003)
Kelapa sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	<i>Elaeidoobius kamerunicus</i>	Setelah pengenalan <i>E. kamerunicus</i> , set buah meningkat dan hasil melonjak 20% di Semenanjung Malaysia dan 53% di Sabah	(Teo, 2015)
Jambu biji (<i>Psidium guajava</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan set buah; meningkatkan kualitas panjang dan lingkaran buah.	(Khalifa <i>et al.</i> , 2021)
Green grams (<i>Vigna radiata</i> L.) dan kacang tanah (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	Lebah liar	Meningkatkan hasil dan meningkatkan kualitas tanaman.	(Kasina <i>et al.</i> , 2009)
Buah kiwi (<i>Actinidia Deliciosa</i>)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Meningkatkan set buah dan hasil.	(Howpage <i>et al.</i> , 2001)
	Lebah bumble (<i>Bombus haemorrhoidalis</i> Smith)	Lebar buah lebih tinggi, buah lebih panjang, buah lebih berat, buah sehat lebih tinggi, dan set buah lebih tinggi.	(Kureshi <i>et al.</i> , 2019)
Mangga (<i>Mangifera indica</i> L.)	Lebah madu (<i>A. cerana</i>)	Pengaturan buah adalah 42,29% dibandingkan dengan terbuka penyerbukan 33,36%.	(Gogoi <i>et al.</i> , 2018)
Mustard (<i>Brassica juncea</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan fruit set, viabilitas benih, hasil benih, dan kandungan hara minyak dalam benih.	(Eeshita Mandal <i>et al.</i> , 2018)
	Lebah madu (<i>A. cerana</i>)	Peningkatan silique/malai sebesar 20,8%, biji/silique sebesar 9,4%, dan hasil biji sebesar 17,1% dibandingkan dengan penyerbukan terbuka.	(Stanley <i>et al.</i> , 2017)
Oilseed rape (<i>Brassica napus</i> L.)	Lebah mason soliter (<i>Osmia rufa</i> L.)	Peningkatan jumlah buah, hasil, dan jumlah biji per polong menurut	(Jauker <i>et al.</i> , 2012)

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISSN: 2963-6051

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-10 Tahun 2022, Palembang 27 Oktober 2022
“Revitalisasi Sumber Pangan Nabati dan Hewani Pascapandemi dalam Mendukung Pertanian Lahan Suboptimal secara Berkelanjutan”

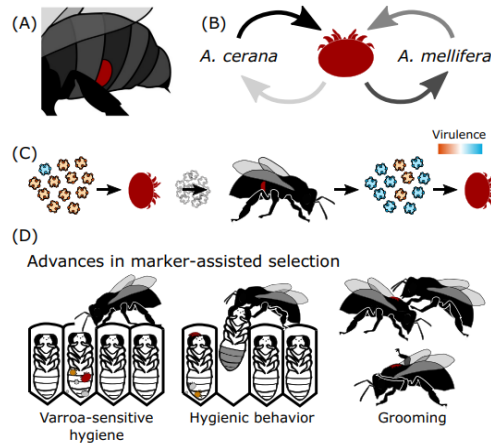
		kepadatan lebah	
	<i>Lebah madu</i> (<i>A. mellifera</i>)	Meningkatkan minyak dan menurunkan kandungan klorofil	(Bartomeus <i>et al.</i> , 2014)
	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>), dan lebah liar (<i>Lasioglossum spp.</i>)	Hasil rata-rata meningkat hingga 37,5%.	(Perrot <i>et al.</i> , 2018)
Markisa (<i>Passiflora edulis Sims. F. flavicarpa</i> Deg)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>), dan lebah kayu (<i>Xylocopa spp.</i>)	Keanekaragaman spesies lebah mempengaruhi pembentukan buah dan kualitas buah dan menyebabkan tingkat yang lebih tinggi efisiensi reproduksi.	(Barrera <i>et al.</i> , 2021)
	Lebah asal Brasil (<i>Xylocopa spp.</i>)	Biaya produksi turun 58%. Produksi rata-rata adalah 7000 kg/hektar/tahun.	(Popak <i>et al.</i> , 2019)
Pir (<i>Pyrus communis</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Ukuran buah meningkat sebesar 7% dan menghasilkan peningkatan pendapatan bersih sebesar USD 400 per hektar.	(Naumann <i>et al.</i> , 1994)
Labu (<i>Cucurbita maxima</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Set buah, ukuran buah, berat, dan jumlah biji meningkat secara linier dengan jumlah kunjungan.	(Nicodemo <i>et al.</i> , 2009)
Paprika manis (<i>Capsicum annuum</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan berat, lebar, dan volume buah. Peningkatan berat biji dan	(Shipp <i>et al.</i> , 1994)
	Lebah bumble (<i>Bombus terrestris</i> L.)	Peningkatan hasil, berat buah, dan kualitas benih, dan buah-buahan di bawah kondisi rumah kaca yang tidak dipanaskan. Set benih adalah 49,8% dibandingkan dengan 27,5% dari perlakuan kontrol (penyerbukan sendiri).	(Roldán Serrano & Guerra-Sanz, 2006)
Bunga matahari (<i>Helianthus annuus</i> L.)	Lebah liar dan lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Interaksi antara lebah liar dan lebah madu meningkatkan efisiensi penyerbukan hingga 5 kali lipat dibandingkan dengan lebah madu saja.	(Greenleaf & Kremen, 2006b)
	Lebah madu Afrika (<i>A. mellifera</i>)	Hasil rata-rata benih adalah 43% lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol.	(Chambó <i>et al.</i> , 2011)
	Lebah madu (<i>Apis mellifera</i> L.)	Memainkan peran penting dalam penyerbukan dibandingkan dengan ngengat dan angin.	(Radford <i>et al.</i> , 1979)
Kedelai (<i>Glycine max</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan hasil dikaitkan dengan peningkatan jumlah benih.	(Blettler <i>et al.</i> , 2018)
	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>)	Peningkatan hasil sebesar 18,09%.	(de O. Milfont <i>et al.</i> , 2013)
Wijen (<i>Sesamum indicum</i> L.)	Lebah madu (<i>A. mellifera</i>) dan lebah liar	Hasil rata-rata benih adalah 202,20 kg/hektar. Pengecualian penyerbuk menyebabkan kesenjangan hasil rata-rata 59%.	(Stein <i>et al.</i> , 2017)
Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	Lebah (<i>Anthophora urbana</i> Cresson dan <i>Bombus vosnesenskii</i> Radoszkowski)	Menghasilkan hasil yang lebih tinggi dan meningkatkan kualitas buah-buahan.	(Greenleaf & Kremen, 2006a)

PENYAKIT DAN PARASIT LEBAH

Serangga penyerbuk merupakan komponen kunci keanekaragaman hayati global yang menyediakan layanan ekosistem penting untuk tanaman (Stein *et al.*, 2017). Saat ini populasi serangga penyerbuk mengalami penurunan akibat hilangnya fragmentasi habitat, pestisida, patogen (Barbosa *et al.*, 2018; Meena *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2018), spesies asing, perubahan iklim, dan interaksi antar mereka yang memberikan pengaruh signifikan dalam pemeliharaan keanekaragaman tumbuhan liar (Aguilar *et al.*, 2006; Schimel, 2004), produksi tanaman (Kasina *et al.*, 2009; Khalifa *et al.*, 2021; Ssymank *et al.*, 2008), stabilitas ekosistem yang luas, ketahanan pangan dan kesejahteraan manusia (Potts *et al.*, 2010). Pestisida berperan penting dalam penurunan serangga global dengan berdampak pada keanekaragaman hayati dan jasa ekosistem penting. Paparan pestisida mengurangi produksi betina baik dari paparan langsung lebah dewasa saat mencari makan dan melalui efek dari paparan sebelumnya dan mengakibatkan kematian tinggi pada lebah (Stuligross & Williams, 2021). Lebah dewasa yang terpapar imidakloprid (selama 2 tahun) menghasilkan 30% lebih sedikit keturunan daripada lebah dewasa yang tidak terpapar.

Penyakit lebah yang berpengaruh terhadap populasi lebah yaitu predator, parasit (tungau) dan patogen (protozoa, bakteri, dan virus). Tungan trakea lebah madu (*Acarapis woodi*) merupakan parasit dari *Apis mellifera* dan *Apis cerana* meski saat ini tidak lagi menjadi masalah (Gambar 8) (Quintana *et al.*, 2019). Saat ini yang menjadi ancaman terbesar yaitu tungau parasit *Varroa destructor* yang telah mengguncang industri perlebah dan penyerbuk sejak menyebar dari inang aslinya *Apis cerana* hingga *Apis mellifera* (Quintana *et al.*, 2019). *Varroa* merupakan ancaman terbesar bagi kesehatan lebah madu yang menjadi perhatian bagi peneliti dan petani, pengendalian menggunakan akarisida dapat menyebabkan terjadinya resistensi pada tungau. Tungau ini secara tidak langsung melemahkan lebah dengan menghisap darah dan menjadi vektor virus dan bakteri (Stamets *et al.*, 2018).

Delapan belas virus berbeda telah diidentifikasi dalam lebah dari genus *Apis* (Tentcheva *et al.*, 2004). Juni 2009 peternak lebah di wilayah Peloponnesus (Gunung Mainalo), Yunani melaporkan kematian mendadak yang menurunkan populasi lebah yang diakibatkan terinfeksi virus dan residu imidakloprid (neonicotinoid) (Bacandritsos *et al.*, 2010). Laporan Bacandritsos *et al.*, (2010) saat ini ada lima virus lebah yaitu virus kelumpuhan lebah kronis (CBPV), virus kelumpuhan akut (ABPV), virus sayap cacat (DWV), virus Sacbrood (SBV), virus sel ratu hitam (BQCV) yang dapat menyebabkan kematian pada lebah. Gejala yang ditimbulkan yaitu kematian lebah di depan pintu masuk sarang, serangga berkerumun di luar pintu masuk sarang, sebagian besar melarikan diri dari sarangnya dan berkumpul di pohon-pohon terdekat yang mengakibatkan kerugian bervariasi antara 50-70% (Tabel 3). Sampai saat ini belum ada pengobatan untuk virus seperti ini, yang dapat melemahkan atau membunuh koloni lebah, namun menurut Chen *et al.*, (2006) patologi ini dapat ditanggulangi dengan pasokan serbuk sari berkualitas dari lebah yang mencari makan.



Gambar 8. Biologi varroa, distribusi, dinamika vektor virus, dan pembiakan selektif lebah madu; Tungau ini secara tidak langsung melemahkan lebah dengan menghisap darah (A), tunga parasit *Varroa destructor* menyebar antara *Apis cerana* dan *Apis mellifera* (B), *Varroa destructor* juga menjadi vektor virus lebah (C), para ilmuwan dan pemulia sedang mengembangkan teknik untuk memperkaya sifat resistensi varroa yang terjadi secara alami (D) (Quintana *et al.*, 2019)

Tabel 3. Gejala kehilangan populasi lebah pada peternakan dalam kaitanya dengan hasil parasitologi dan kimia (nd: tidak terdeteksi)

Gejala	% kerugian (dari total populasi)	Daerah pakan	imidakloprid (ng/g)	<i>N. ceranae</i>
Lebah mati di depan pintu masuk sarang		Bunga liar	nd	Positif
Lebah gemetar berkerumun di luar pintu masuk sarang		jauh dari budidaya, hutan cemara		
Lebah melarikan diri dari sarang dan berkumpul di pohon terdekat	70			
Lebah dewasa hitam (<2%)				
Lebah mati di depan pintu masuk sarang		Bunga liar		Positif
Lebah gemetar berkerumun di luar pintu masuk sarang		jauh dari budidaya, hutan cemara	nd	
Lebah melarikan diri dari sarang dan berkumpul di pohon terdekat	60			
Lebah dewasa hitam (<2%)				
Lebah mati di depan pintu masuk sarang		Zaitun, jeruk, budidaya buah dan hutan cemara		Positif
Lebah gemetar berkerumun di luar pintu masuk sarang 39 Koloni Positif berisi ratu yang tidak bertelur (10% dari total koloni)				
Koloni tanpa ratu (15% dari total koloni)	50		39	
Lebah mati di depan pintu masuk sarang		Zaitun, jeruk, budidaya buah dan hutan cemara		Positif
Lebah gemetar berkerumun di luar pintu masuk sarang				
Koloni yang mengandung ratu yang tidak bertelur (10% dari total koloni)	50		28	
Koloni tanpa ratu (10% dari total koloni)				
Lebah mati di depan pintu masuk sarang		Zaitun, jeruk, budidaya buah dan hutan cemara		Positif
Lebah gemetar berkerumun di luar pintu masuk sarang				
Lebah melarikan diri dari sarang dan berkumpul di pohon terdekat Koloni yang berisi ratu yang tidak bertelur (10% dari total koloni)	60	Zaitun, jeruk, pinus dan hutan cemara	14	

Sumber: (Bacandritsos *et al.*, 2010)

Apis mellifera dapat terinfeksi sejumlah penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan jamur (Aronstein & Murray, 2010; Berry, 2012). Chalkbrood adalah penyakit jamur pada induk lebah madu yang disebabkan oleh *Ascosphaera apis*. Penyakit ini sekarang ditemukan di seluruh dunia. *Ascosphaera apis* dapat menginfeksi lebah dari kasta apa pun

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

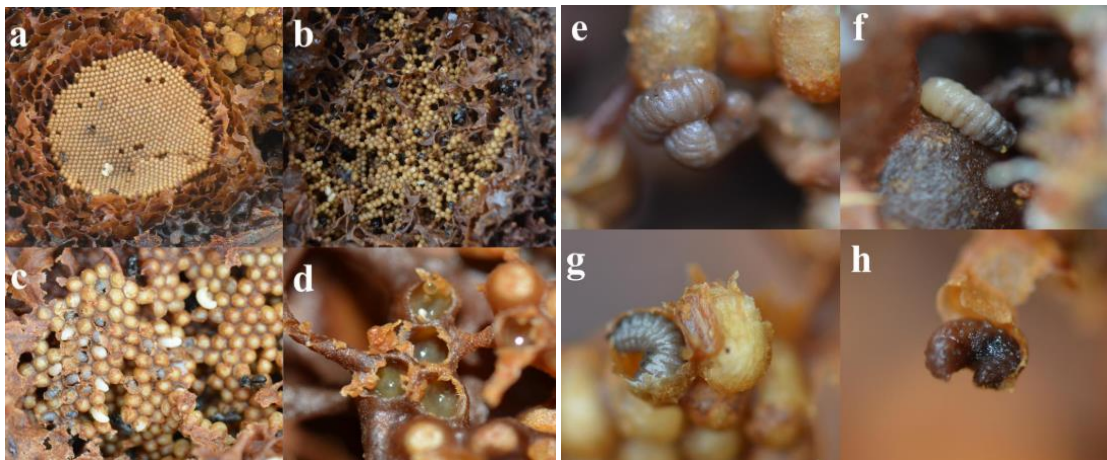
ISSN: 2963-6051

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

(pekerja, drone, atau ratu) dimana larva paling rentan berumur 3,4 hari dengan gejala mati kaku seperti mumi (Gambar 9) (Aronstein & Murray, 2010). *Lysinibacillus sphaericus* yang sebelumnya dikenal *Bacillus sphaericus* dapat menyebabkan penurunan populasi lebah, sebagian besar lebah yang terinfeksi menunjukkan aktifitas lambat atau tidak bergerak, dan tidak melakukan tugas apapun di koloni (Gambar 10).



Gambar 9. Mumi Chalkbrood. Mumi Chalkbrood berwarna putih, coklat, atau hitam. Putih (Aronstein & Murray, 2010)



Gambar 10. Tanda dan gejala infeksi induk bakteri pada koloni *Tetragonula carbonaria*. a) Sarang sehat yang khas menunjukkan cakram melingkar pusat dengan involucrum struktural yang baik yang mengelilingi ruang induk. b) Sarang yang tidak sehat, sel induk tersebar, tidak membentuk struktur cakram yang jelas dan sedikit struktur involucrum. c) Induk dengan tutup sel dilepas. Tutup sel berwarna lebih gelap mengandung larva berwarna keabu-abuan sampai coklat; sel berwarna terang mengandung larva yang sehat, putih. d) Sel cairan kental berwarna kuning kehijauan dari sarang yang terinfeksi. e) sampai h) Larva *T. carbonaria* yang tidak sehat menunjukkan gejala warna yang bervariasi, tergantung pada tahap perkembangan penyakit. Larva kadang-kadang disimpan ke dalam kelompok kecil setelah dikeluarkan dari sel induknya oleh pekerja. Semua gambar, kecuali a), direkam dari satu sarang pada hari yang sama (Shanks *et al.*, 2017)

KESIMPULAN

Serangga penyerbuk adalah serangga yang mampu membantu proses penyerbukan oleh tanaman seperti *Apis mellifera* L, *Scaptotrigona* aff. *Postica*, *Bombus terrestris* L, *Anthophora Urbana*, *Apis dorsata* F, *Bombus haemorrhoidalis* Smith dan banyak spesies

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISSN: 2963-6051

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

serangga lainnya yang berperan sebagai serangga penyerbuk. Sepertiga dari semua makanan diproduksi oleh penyerbuk, 90% penyerbukan dilakukan oleh lebah. Baik lebah madu (*Apis mellifera*) dan lebah tanpa sengat (*Melipona quadrifasciata anthidioides*) menghasilkan produksi buah apel yang lebih tinggi daripada suplementasi dengan lebah madu saja. *A. mellifera* meningkatkan 10% produksi mentimun. *A. mellifera* juga meningkatkan kualitas panjang dan lingkaran buah jambu biji (*Psidium guajava*). *Apis dorsata* meningkatkan produksi buah kopi 50% lebih banyak dibandingkan dengan angin. *Apis cerana* dapat meningkatkan penyerbukan mangga 42,29% (*Mangifera indica*) dibandingkan dengan penyerbukan terbuka (33,36%). Lebah bumble, *Anthophora urbana* dan *Bombus vosnesenskii* menginduksi hasil dan kualitas buah *Solanum lycopersicum* yang lebih tinggi. Jadi, kuantitas dan kualitas buah dapat ditingkatkan dengan penyerbuk. Serangga penyerbuk sangat penting untuk menjaga ekosistem pertanian, mengurangi penggunaan pestisida, dan meningkatkan produktivitas tanaman untuk pertanian berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rektor Universitas Sriwijaya yang telah mempercayai penulis pertama (Siti Herlinda) sebagai pemakalah kunci/utama (*keynote speaker*) pada Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-10 Tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Wahab TE, Ebadah IMA, Mahmoud YA. 2012. Insect pollinators of anise plants (*Pimpinella anisum* L.) and the important role of honey bees (*Apis mellifera* L.) on their yield productivity. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 45 (6): 677–685. DOI: 10.1080/03235408.2011.591161.
- Aguilar R, Ashworth L, Galetto L, Aizen MA. 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: Review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters*. 9 (8): 968–980. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2006.00927.x.
- Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA, Klein AM. 2009. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*. 103 (9): 1579–1588. DOI: 10.1093/aob/mcp076.
- Alexandratos, Nikos, Bruinsma J. 2012. World agriculture towards 2030 / 2050 The 2012 Revision proof copy. *ESA Working Paper*. 12 (12): 146.
- Aronstein KA, Murray KD. 2010. Chalkbrood disease in honey bees. *Journal of Invertebrate Pathology*. 103 (SUPPL. 1): S20–S29. DOI: 10.1016/j.jip.2009.06.018
- Azmi WA, Samsuri N, Hatta MFM, Ghazi R, Seng CT. 2017. Effects of stingless bee (*Heterotrigona itama*) pollination on greenhouse cucumber (*Cucumis sativus*). *Malaysian Applied Biology*. 46 (1): 51–55.
- Bacandritsos N, Granato A, Budge G, Papanastasiou I, Roinioti E, Caldon M, Falcaro C, Gallina A, Mutinelli F. 2010. Sudden deaths and colony population decline in Greek honey bee colonies. *Journal of Invertebrate Pathology*. 105 (3): 335–340. DOI: 10.1016/j.jip.2010.08.004.
- Bain RS, Rashed A, Cowper VJ, Gilbert FS, Sherratt TN. 2007. The key mimetic features of hoverflies through avian eyes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 274 (1621): 1949–1954. DOI: 10.1098/rspb.2007.0458.
- Barbosa RN, Bezerra JDP, Souza-Motta CM, Frisvad JC, Samson RA, Oliveira NT, Houbraken J. 2018. New *Penicillium* and *Talaromyces* species from honey, pollen and

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISSN: 2963-6051

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

- nests of stingless bees. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*. 111 (10): 1883–1912. DOI: 10.1007/s10482-018-1081-1.
- Barrera WB, Trinidad KAD, Presas JA. 2021. Hand pollination and natural pollination by carpenter bees (*Xylocopa* spp.) in *Passiflora edulis* Sims. *F. flavicarpa* Deg. (yellow passion fruit). *Journal of Apicultural Research*. 60 (5): 845–852. DOI: 10.1080/00218839.2020.1842580.
- Barrios B, Koptur S. 2011. Floral biology and breeding system of *angadenia berteroi* (Apocynaceae): Why do flowers of the pineland golden trumpet produce few fruits? *International Journal of Plant Sciences*. 172 (3): 378–385. DOI: 10.1086/658153.
- Bartomeus I, Potts SG, Steffan-Dewenter I, Vaissière BE, Wojciechowski M, Krewenka, KM, Tscheulin T, Roberts SPM, Szentgyörgyi H, Westphal C, Bommarco R. 2014. Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *PeerJ*. 2014 (1): 1–20. DOI: 10.7717/peerj.328.
- Berry C. 2012. The bacterium, *Lysinibacillus sphaericus*, as an insect pathogen. *Journal of Invertebrate Pathology*. 109 (1): 1–10. DOI: 10.1016/j.jip.2011.11.008.
- Blettler DC, Fagúndez GA, Caviglia OP. 2018. Contribution of honeybees to soybean yield. *Apidologie*. 49 (1) 101–111. DOI: 10.1007/s13592-017-0532-4.
- Borges RC, Brito RM, Imperatriz-Fonseca VL, Giannini TC. 2020. The Value of Crop Production and Pollination Services in the Eastern Amazon. *Neotropical Entomology*. 49 (4): 545–556. DOI: 10.1007/s13744-020-00791-w.
- Bosch J, Osorio-Canadas S, Sgolastra F, Vicens N. 2021. Use of a managed solitary bee to pollinate almonds: Population sustainability and increased fruit set. *Insects*. 12 (1): 1–11. DOI: 10.3390/insects12010056.
- Bugin G, Lenzi L, Ranzani G, Barisan L, Porrini C, Zanella A, Bolzonella C. 2022. Agriculture and Pollinating Insects, No Longer a Choice but a Need: EU Agriculture’s Dependence on Pollinators in the 2007–2019 Period. *Sustainability (Switzerland)*. 14 (6). DOI: 10.3390/su14063644.
- Cardinal S, Buchmann SL, Russell AL. 2018. The evolution of floral sonication, a pollen foraging behavior used by bees (Anthophila). *Evolution*. 72 (3): 590–600. DOI: 10.1111/evo.13446.
- Chambó ED, Garcia RC, de Oliveira NTE, Duarte-Júnior JB. 2011. Honey bee visitation to sunflower: Effects on pollination and plant genotype. *Scientia Agricola*. 68 (6): 647–651. DOI: 10.1590/S0103-90162011000600007.
- Chautá-Mellizo A, Campbell SA, Bonilla MA, Thaler JS, Poveda K. 2012. Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. *Basic and Applied Ecology*. 13 (6): 524–532. DOI: 10.1016/j.baae.2012.08.013.
- Chen Y, Evans J, Feldlaufer M. 2006. Horizontal and vertical transmission of viruses in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 92 (3): 152–159. DOI: 10.1016/j.jip.2006.03.010.
- Crowther LP, Wright DJ, Richardson DS, Carvell C, Bourke AFG. 2019. Spatial ecology of a range-expanding bumble bee pollinator. *Ecology and Evolution*. 9 (3): 986–997. DOI: 10.1002/ece3.4722.
- de O. Milfont M, Rocha EEM, Lima AON, Freitas BM. 2013. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. *Environmental Chemistry Letters*. 11 (4): 335–341. DOI: 10.1007/s10311-013-0412-8.
- Dingley A, Anwar S, Kristiansen P, Warwick NWM, Wang CH, Sindel BM, Cazzonelli CI. 2022. Precision Pollination Strategies for Advancing Horticultural Tomato Crop Production. *Agronomy*. 12 (2): 1–20. DOI: 10.3390/agronomy12020518.

- Eeshita Mandal, Amin MR, And HR, Akanda AM. 2018. Abundance and foraging behavior of native insect pollinators and their effect on mustard (*Brassica juncea* L.). *Bangladesh J. Zool.* 46 (2): 117–123.
- Foley K, Fazio G, Jensen AB, Hughes WOH. 2014. The distribution of *Aspergillus* spp. opportunistic parasites in hives and their pathogenicity to honey bees. *Veterinary Microbiology.* 169 (3–4): 203–210. DOI: 10.1016/j.vetmic.2013.11.029.
- Garratt MPD, Breeze TD, Boreux V, Fountain MT, McKerchar M, Webber SM, Coston DJ, Jenner N, Dean R, Westbury DB, Biesmeijer JC, Potts SG. 2016. Apple pollination: Demand depends on variety and supply depends on pollinator identity. *PLoS ONE.* 11 (5): 1–15. DOI: 10.1371/journal.pone.0153889.
- Geslin B, Aizen MA, Garcia N, Pereira AJ, Vaissière BE, Garibaldi LA. 2017. The impact of honey bee colony quality on crop yield and farmers’ profit in apples and pears. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 248 (July): 153–161. DOI: 10.1016/j.agee.2017.07.035.
- Giannini TC, Cordeiro GD, Freitas BM, Saraiva AM, Imperatriz-Fonseca VL. 2015. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. *Journal of Economic Entomology.* 108 (3): 849–857. DOI: 10.1093/jee/tov093.
- Gogoi J, Bathari M, Deuri A, Rahman A, Borah P. 2018. Pollinator diversity and effect of *Apis cerana* F. pollination on yield of mango (*Mangifera indica* L.). ~ 957 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies.* 6 (5): 957–961.
- Greenleaf SS, Kremen C. 2006a. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation.* 3: 1–7. DOI: 10.1016/j.biocon.2006.05.025.
- Greenleaf SS, Kremen C. 2006b. Wild bees enhance honey bees’ pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 103 (37): 13890–13895. DOI: 10.1073/pnas.0600929103.
- Hahn M, Brühl CA. 2016. The secret pollinators: an overview of moth pollination with a focus on Europe and North America. *Arthropod-Plant Interactions.* 10 (1): 21–28. DOI: 10.1007/s11829-016-9414-3.
- Hall MA, Jones J, Rocchetti M, Wright D, Rader R. 2020. Bee Visitation and Fruit Quality in Berries under Protected Cropping Vary along the Length of Polytunnels. *Journal of Economic Entomology.* 113 (3): 1337–1346. DOI: 10.1093/jee/toaa037.
- Herlinda S, Karenina T, Irsan C, Pujiastuti Y. 2019. Arthropods inhabiting flowering non-crop plants and adaptive vegetables planted around paddy fields of freshwater swamps of South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas.* 20 (11): 3328–3339.
- Hinkel J, Lincke D, Vafeidis AT, Perrette M, Nicholls RJ, Tol RSJ, Marzeion B, Fettweis X, Ionescu C, Levermann A. 2014. Coastal flood damage and adaptation costs under 21st century sea-level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 111 (9): 3292–3297. DOI: 10.1073/pnas.1222469111.
- Hodgkiss D, Brown MJF, Fountain MT. 2018. Journal of pollination ecology. *Journal of Pollination Ecology.* 21 (0): 55–66.
- Howlett BG, Gee M. 2019. The potential management of the drone fly (*Eristalis tenax*) as a crop pollinator in New Zealand. *New Zealand Plant Protection.* 72: 221–229. DOI: 10.30843/nzpp.2019.72.304.
- Howpage D, Spooner-Hart RN, Vithanage V. 2001. Influence of honey bee (*Apis mellifera*) on kiwifruit pollination and fruit quality under Australian conditions. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science.* 29 (1): 51–59. DOI: 10.1080/01140671.2001.9514160.
- Hristov P, Neov B, Shumkova R, Palova N. 2020. Significance of apoidea as main

- pollinators. ecological and economic impact and implications for human nutrition. *Diversity*. 12 (7). DOI: 10.3390/d12070280.
- Hung KLJ, Kingston JM, Albrecht M, Holway DA, Kohn JR. 2018. The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 285 (1870). DOI: 10.1098/rspb.2017.2140.
- IPBES. 2016. Pollinators, Pollination and Food Production. In *Science*. 325: 5940.
- Jauker F, Bondarenko B, Becker HC, Steffan-Dewenter I. 2012. Pollination efficiency of wild bees and hoverflies provided to oilseed rape. *Agricultural and Forest Entomology*. 14 (1): 81–87. DOI: 10.1111/j.1461-9563.2011.00541.x.
- Jeger M, Beresford R, Bock C, Brown N, Fox A, Newton A, Vicent A, Xu X, Yuen J. 2021. Global challenges facing plant pathology: multidisciplinary approaches to meet the food security and environmental challenges in the mid-twenty-first century. *CABI Agriculture and Bioscience*. 2 (1): 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00042-x>.
- Kasina JM, Mburu J, Kraemer M, Holm-Mueller K. 2009. Economic benefit of crop pollination by bees: A case of kakamega small-holder farming in Western Kenya. *Journal of Economic Entomology*. 102 (2): 467–473. DOI: 10.1603/029.102.0201.
- Khalifa SAM, Elshafiey EH, Shetaia AA, El-Wahed AAA, Algethami FA, Musharraf SG, AlAjmi MF, Chao Zhao, Masry SHD, Abdel-Daim MM, Halabi MF, Kai G, Naggar Y Al, Mokhtar Bishr MAMD, El-Seedi HR. 2021. Crop Production. *Insects*. 1–23.
- Klein AM, Steffan-Dewenter I, Tscharrntke 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.
- Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharrntke T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 274 (1608): 303–313. DOI: 10.1098/rspb.2006.3721.
- Krishnan S, Kushalappa CG, Shaanker RU, Ghazoul J. 2012. Status of pollinators and their efficiency in coffee fruit set in a fragmented landscape mosaic in South India. *Basic and Applied Ecology*. 13 (3): 277–285. DOI: 10.1016/j.baae.2012.03.007.
- Kureshi AA, Hussain T, Mirgal A, Salvi SP, Barua PC, Talukdar M, Beena C, Kar A, Zachariah TJ, Kumar S, Dhanani T, Singh RR, Kumari P. 2019. Comparative evaluation of antioxidant properties of extracts of fruit rinds of garcinia species by in vitro assays. In *Indian Journal of Horticulture*. 76 (2). DOI: 10.5958/0974-0112.2019.00053.7.
- Laxmi Rai V, Sharma P, Kushwaha R. 2015. Beneficial Insects and their Value to Agriculture. *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*. 3 (5): 25–30. www.isca.me.
- Losey JE, Vaughan M. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience*. 56 (4): 311–323. DOI: 10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2.
- Macgregor CJ, Pocock MJO, Fox R, Evans DM. 2015. Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: A review. *Ecological Entomology*. 40 (3): 187–198. DOI: 10.1111/een.12174.
- Malerbo-Souza DT, Nogueira-Couto RH, Couto LA. 2004. Honey bee attractants and pollination in sweet orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, var. Pera-Rio. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*. 10 (2): 144–153. DOI: 10.1590/s1678-91992004000200004.
- Mallinger RE, Gratton C. 2015. Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator-dependent crop. *Journal of Applied*

- Ecology*. 52 (2): 323–330. DOI: 10.1111/1365-2664.12377.
- Meena NK, Lal G, Meena RS, Meena BM, Meena RD. 2018. Pollinator’s diversity and abundance on cumin (*Cuminum cyminum* L.) and their impact on yield enhancement at semi-arid regions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 6 (4): 1017–1021.
- Moura JIL, Pereira RR, da C, Caliman ME, Pereira CE. 2022. Ocorrência de besouros polinizadores em inflorescências de dendezeiro tratado com injeção de inseticidas. *Scientia Plena*. 18 (7): 1–7. DOI: 10.14808/sci.plena.2022.070206.
- Muto NA, Oliveira R, Leite DS, Rogez G, Venturieri GC, Pereira DS, Louis H. 2020. Impact of the introduction of stingless bee colonies (*Scaptotrigona aff. postica*) on the productivity of acai (*Euterpe oleracea*) Impacto da introdução de colônias de abelhas sem ferrão (*Scaptotrigona aff. postica*) na produtividade de açaí (Euterp. *Revista Verde*. 3: 265–273. DOI: 10.18378/rvads.v15i3.8404.
- Naumann K, Winston ML, Slessor KN, Smirle MJ. 1994. Synthetic honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) queen mandibular gland pheromone applications affect pear and sweet cherry pollination. *Journal of Economic Entomology*. 87 (6): 1595–1599. DOI: 10.1093/jee/87.6.1595.
- Ndakidemi B, Mtei K, Ndakidemi PA. 2016. Impacts of Synthetic and Botanical Pesticides on Beneficial Insects. *Agricultural Sciences*. 07 (06): 364–372. DOI: 10.4236/as.2016.76038.
- Nicodemo D, Couto RHN, Malheiros EB, de Jong D. 2009. Honey bee as an effective pollinating agent of pumpkin. *Scientia Agricola*. 66 (4): 476–480. DOI: 10.1590/s0103-90162009000400007.
- Normandeau Bonneau M, Samson-Robert O, Fournier V, Chouinard G. 2020. Commercial bumble bee (*Bombus impatiens*) hives under exclusion netting systems for apple pollination in orchards. *Renewable Agriculture and Food Systems*. DOI: 10.1017/S1742170520000095.
- Ouvrard P. 2009. Pollination by Honeybee (*Apis mellifera*) Increases Seed Setting and Yield in Black Seed (*Nigella sativa*). *International Journal of Agriculture and Biology*. 611–615.
- Patil PN, Pastagia JJ. 2016. Effect of bee pollination on yield of coriander, *Coriandrum sativum* Linnaeus. *International Journal of Plant Protection*. 9 (1): 79–83. DOI: 10.15740/has/ijpp/9.1/79-83.
- Peat J, Darvill B, Ellis J, Goulson D. 2005. Effects of climate on intra- and interspecific size variation in bumble-bees. *Functional Ecology*. 19 (1): 145–151. DOI: 10.1111/j.0269-8463.2005.00946.x.
- Perrot T, Gaba S, Roncoroni M, Gautier JL, Bretagnolle V. 2018. Bees increase oilseed rape yield under real field conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 266 (December 2017): 39–48. DOI: 10.1016/j.agee.2018.07.020.
- Pesaresi P, Mizzotti C, Colombo M, Masiero S. 2014. Genetic regulation and structural changes during tomato fruit development and ripening. *Frontiers in Plant Science*. 5 (APR): 1–14. DOI: 10.3389/fpls.2014.00124.
- Pires VC, Silveira FA, Sujii ER, Torezani KRS, Rodrigues WA, Albuquerque FA, Rodrigues SMM, Salomão AN, Pires CSS. 2014. Importance of bee pollination for cotton production in conventional and organic farms in Brazil. *Journal of Pollination Ecology*. 13 (16): 151–160. DOI: 10.26786/1920-7603(2014)20
- Popak AE, Markwith SH, Strange J. 2019. Economic valuation of bee pollination services for passion fruit (*Malpighiales: Passifloraceae*) Cultivation on smallholding farms in são paulo, brazil, using the avoided cost method. *Journal of Economic Entomology*. 112 (5): 2049–2054. DOI: 10.1093/jee/toz169.

- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE. 2010. Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*. 25 (6): 345–353. DOI: 10.1016/j.tree.2010.01.007.
- Prado A, Marolleau B, Vaissière BE, Barret M, Torres-Cortes G. 2020. Insect pollination: an ecological process involved in the assembly of the seed microbiota. *Scientific Reports*. 10 (1): 1–11. DOI: 10.1038/s41598-020-60591-5.
- Quintana S, Szawarski N, Sarlo G, Medici S, Rivero M, Eguaras M, Maggi M. 2019. Comparison of qPCR and morphological methods for detection of *acarapis woodi* in honey bee samples. *Journal of Apicultural Science*. 63 (1): 125–129. DOI: 10.2478/jas-2019-0011.
- Raderschall CA, Bommarco R, Lindström SAM, Lundin O. 2021. Landscape crop diversity and semi-natural habitat affect crop pollinators, pollination benefit and yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 306 (September 2020). DOI: 10.1016/j.agee.2020.107189.
- Radford BJ, Nielsen RGH, Rhodes JW. 1979. Agents of pollination in sunflower crops on the central darling downs, queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 19 (100): 565–569. DOI: 10.1071/EA9790565.
- Rahim M, Khan M rafique. 2004. The Role of Honey Bees *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) in Pollination of Apple. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 7 (3): 359–362. DOI: 10.3923/pjbs.2004.359.362.
- Reilly JR, Artz DR, Biddinger D, Bobiwash K, Boyle NK, Brittain C, Brokaw J, Campbell, JW, Daniels J, Elle E, Ellis JD, Fleischer SJ, Gibbs J, Gillespie RL, Gundersen KB, Gut L, Hoffman G, Joshi N, Lundin O, Winfree R. 2020. Crop production in the USA is frequently limited by a lack of pollinators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 287 (1931): 2–9. DOI: 10.1098/rspb.2020.0922.
- Roldán Serrano A, Guerra-Sanz JM. 2006. Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. *Scientia Horticulturae*. 110 (2): 160–166. DOI: 10.1016/j.scienta.2006.06.024.
- Sáez A, Aizen MA, Medici S, Viel M, Villalobos E, Negri P. 2020. Bees increase crop yield in an alleged pollinator-independent almond variety. *Scientific Reports*. 10 (1): 3177. DOI: 10.1038/s41598-020-59995-0.
- Schimel JP. 2004. Concepts & Synthesis. *Ecology*, 2408–2421.
- Schittenhelm S, Gladis T, Rao VR. 1997. Efficiency of various insects in germplasm regeneration of carrot, onion and turnip rape accessions. *Plant Breeding*. 116 (4): 369–375. DOI: 10.1111/j.1439-0523.1997.tb01014.x.
- Senapathi D, Fründ J, Albrecht M, Garratt MPD, Kleijn D, Pickles BJ, Potts SG, An J, Andersson GKS, Bänisch S, Basu P, Benjamin F, Bezerra ADM, Bhattacharya R, Biesmeijer JC, Blaauw B, Blitzer EJ, Brittain CA, Carvalheiro LG, Klein AM. 2021. Wild insect diversity increases inter-annual stability in global crop pollinator communities. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 288 (1947). DOI: 10.1098/rspb.2021.0212.
- Shanks JL, Haigh AM, Riegler M, Spooner-Hart RN. 2017. First confirmed report of a bacterial brood disease in stingless bees. *Journal of Invertebrate Pathology*. 144: 7–10. DOI: 10.1016/j.jip.2017.01.004.
- Shipp JL, Whitfield GH, Papadopoulos AP. 1994. Effectiveness of the bumble bee, *Bombus impatiens* Cr. (Hymenoptera: Apidae), as a pollinator of greenhouse sweet pepper. *Scientia Horticulturae*. 57 (1–2): 29–39. DOI: 10.1016/0304-4238(94)90032-9.
- Souza JRS, Sarquis MIM, Pantoja MC, Neto PQC, Pereira JO, Galvão RMS, Silva MIL. 2018. Occurrence of filamentous fungi associated with stingless bees *Melipona* in

- meliponaries at the metropolitan region of Manaus, Amazonas. *Revista Da Biologia*. 18 (1): 1–5. DOI: 10.7594/revbio.18.01.01.
- Ssymank A, Kearns CA, Pape T, Thompson AC. 2008. Pollinating Flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production the sao paulo pollinator initiative - and subsequent steps. *Tropical Conservancy*. 9 (1–2): 86–89.
- Stamets PE, Naeger NL, Evans JD, Han JO, Hopkins BK, Lopez D, Moershel HM, Nally R, Sumerlin D, Taylor AW, Carris LM, Sheppard WS. 2018. Extracts of Polypore Mushroom Mycelia Reduce Viruses in Honey Bees. *Scientific Reports*. 8 (1): 1–6. DOI: 10.1038/s41598-018-32194-8.
- Stanley J, Sah K, Subbanna ARNS. 2017. ¿Cómo de efectiva es la abeja melífera asiática, Apis cerana, en polinizar la mostaza, Brassica campestris var. toria? Comportamiento polinizador, eficacia polinizadora, requerimientos polinizadores e impacto de la polinización. *Journal of Apicultural Research*. 56 (4): 439–451. DOI: 10.1080/00218839.2017.1329796.
- Stein K, Coulibaly D, Stenchly K, Goetze D, Porembski S, Lindner A, Konaté S, Linsenmair EK. 2017. Bee pollination increases yield quantity and quality of cash crops in Burkina Faso, West Africa. *Scientific Reports*. 7 (1): 1–10. DOI: 10.1038/s41598-017-17970-2.
- Streiner M, Brockmann A, Nagaraja N, Spaethe J. 2013. Sex and Caste-Specific Variation in Compound Eye Morphology of Five Honeybee Species. *PLoS ONE*. 8 (2): 1–9. DOI: 10.1371/journal.pone.0057702.
- Stuligross C, Williams NM. 2021. Past insecticide exposure reduces bee reproduction and population growth rate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 118 (48): 1–6. DOI:10.1073/pnas.2109909118.
- Tentcheva D, Gauthier L, Zappulla N, Dainat B, Cousserans F, Colin ME, Bergoin M. 2004. Prevalence and seasonal variations of six bee viruses in Apis mellifera L. and Varroa destructor mite populations in France. *Applied and Environmental Microbiology*. 70 (12): 7185–7191. DOI: 10.1128/AEM.70.12.7185-7191.2004.
- Teo BTM. 2015. Effectiveness of the oil palm pollinating weevil, Elaeidobius kamerunicus, in Malaysia Malaysia. *Agricultural Science*. 1 (4).
- Vallejo-Marín M. 2019. Buzz pollination: studying bee vibrations on flowers. *New Phytologist*. 224 (3): 1068–1074. DOI: 10.1111/nph.15666.
- Velthuis HHW, Van Doorn A. 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*. 37 (4): 421–451. DOI: 10.1051/apido:2006019.
- Viana BF, Coutinho JGda E, Garibaldi LA, Castagnino GLB, Gramacho KP, Silva FO. 2014. Stingless bees further improve apple pollination and production. *Journal of Pollination Ecology*. 14 (25): 261–269. DOI: 10.26786/1920-7603(2014)26.
- Wu P, Tschardt T, Westphal C, Wang M, Olhnuud A, Xu H, Yu Z, van der Werf W, Liu Y. 2021. Bee abundance and soil nitrogen availability interactively modulate apple quality and quantity in intensive agricultural landscapes of China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 305: 107168. DOI: 10.1016/j.agee.2020.107168.
- Zurawski VR, Kohr WJ, Foster JF. 1975. Conformational Properties of Bovine Plasma Albumin with a Cleaved Internal Peptide Bond. *Biochemistry*. 14 (26): 5579–5586. DOI: 10.1021/bi00697a007.