



syngenta

REKAYASA EKOLOGIS DAN RAPID BIODIVERSITY ASSESSMENT DI AGROEKOSISTEM: UNTUK KONSERVASI SERANGGA BERGUNA



Tim Penulis:

Damayanti Buchori, Windra Priawandiputra, Akhmad Rizali, Nadzirum Mubin, Adha Sari, Azru Azhar, Rizky Nazarreta, Rosyid Amrulloh, Fajrin Fahmi, Muhammad Harianto

Rekayasa Ekologis dan *Rapid Biodiversity Assessment* di Agroekosistem: Untuk Konservasi Serangga Berguna



Judul:

Rekayasa Ekologis dan *Rapid Biodiversity Assessment* di Agroekosistem:
Untuk Konservasi Serangga Berguna

Penulis:

Damayanti Buchori, Windra Priawandiputra, Akhmad Rizali, Nadzirum
Mubin, Adha Sari, Azru Azhar, Rizky Nazarreta, Rosyid Amrulloh, Fajrin
Fahmi, Muhammad Harianto

Desain Sampul:

Rosyid Amrulloh

Penata Isi:

Rosyid Amrulloh

Penyunting Bahasa:

Meri Eliza

Perhimpunan Entomologi Indonesia

Jl. Kamper Kampus IPB Dramaga, Wing 7 Level 5, Departemen Proteksi
Tanaman, Fakultas Pertanian,
Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat, 16680, Indonesia

ISBN: 978-623-91798-1-6

©2023, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
tanpa izin tertulis dari penerbit

Kata Pengantar

Rekayasa Ekologis dan *Rapid Biodiversity Assessment* di Agroekosistem: Untuk Konservasi Serangga Berguna merupakan buku yang dapat digunakan untuk bahan pelatihan konservasi serangga berguna di pertanian. Buku ini membahas pengenalan *rapid biodiversity assessment* (RBA). Serangga penyerbuk memainkan peran penting bagi manusia sebagai pemberi jasa ekosistem berupa penyerbukan bunga. Penyerbukan oleh serangga penyerbuk dapat memberikan valuasi hingga \$577 miliar per tahun atau setara Rp8 ribu triliun per tahun. Jumlah yang besar ini tidak disadari oleh orang banyak bahkan orang yang bekerja di bidang pertanian. Adapun pengenalan musuh alami penting karena memiliki berbagai manfaat baik bagi lingkungan, kesehatan maupun produk pertanian yang dihasilkan.

Buku ini juga menyajikan berbagai metode RBA yang dapat digunakan untuk menganalisis serangga bermanfaat. Materi mengenai metode RBA penting diberikan dalam rangka memberikan bekal bagi pembaca untuk mengetahui biodiversitas serangga di suatu tempat. Hasil RBA ini juga dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan kebijakan konservasi serangga bermanfaat di alam terutama di agroekosistem.

Buku ini dilengkapi dengan ilustrasi gambar terkait sehingga dapat memudahkan pembaca mengenali berbagai jenis serangga bermanfaat seperti serangga penyerbuk dan musuh alami.

Bogor, April 2023

Tim Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Manfaat.....	3
BAB II <i>RAPID BIODIVERSITY ASSESSMENT</i>	5
2.1 Metode RBA untuk Serangga Berguna.....	7
2.2 Analisis Data.....	13
BAB III METODOLOGI:	17
3.1 Metode Eksperimen.....	19
a. Lokasi pengamatan.....	19
b. Desain eksperimen	20
c. Sampling dan monitoring serangga penyerbuk.....	21
d. Keanekaragaman serangga penyerbuk	22
e. Kepadatan serangga penyerbuk.....	22
f. Jumlah tanaman berbunga.....	23
g. Hasil produksi tanaman.....	23
3.2 Tabel untuk Pengamatan.....	24
BAB IV PENGENALAN MUSUH ALAMI	29
4.1 Latar Belakang	30
4.2. PREDATOR	32
4.2.1 Kumbang Kubah/koksi (Coleoptera: Coccinellidae).....	32
4.2.2 Kumbang Fuscipes/Tomcat (Coleoptera: Staphylinidae).33	
4.2.3 Kumbang Tanah (Coleoptera: Carabidae).....	34
4.2.4 Serangga Sayapjala Hijau/Lacewings.....	34
4.2.5 Kepik Predator <i>Sycanus</i> sp. (Hemiptera: Reduviidae).....	35

4.2.6 Kepik Predator <i>Andrallus</i> sp. (Hemiptera: Pentatomidae)	36
4.2.7 Lalat Apung/Lalat Syrphid (Diptera: Syrphidae)	37
4.2.8 Lalat Penyamun (Diptera: Asilidae)	37
4.2.9 Capung (Odonata)	38
4.2.10 Bebelang Sembah (Mantodea)	39
4.3. PARASITOID	41
4.3.1 Parasitoid Telur	41
4.3.1.1 <i>Telenomus</i> sp. (Hymenoptera: Scelionidae)	41
4.3.1.2 <i>Trichogramma</i> sp.	42
4.3.2 Parasitoid Larva	43
4.3.2.1 <i>Anagyrus lopezi</i> (Hymenoptera: Encyrtidae)	43
4.3.2.2 <i>Apanteles</i> sp. dan <i>Microplitis</i> sp.	44
4.3.2.3 Lalat Tachinid (Diptera: Tachinidae)	45
4.3.3 Parasitoid Pupa	46
4.3.3.1 <i>Pteromalus puparum</i> (L.)	46
4.3.3.2 <i>Brachymeria</i> sp. (Hymenoptera: Chalcididae)	47
4.3.3.3 <i>Tetrastichus</i> sp. (Hymenoptera: Eulophidae)	47
BAB V PENGENALAN SERANGGA PENYERBUK	49
5.1. Latar Belakang	50
5.2. Serangga Penyerbuk	53
5.2.1 Bagian Umum Serangga	53
5.2.2 Cara Identifikasi	54
5.2.3 Penyerbuk dari Kelompok Lebah	55
5.2.3.1 Lebah Madu	55
5.2.3.2 Lebah Tanpa Sengat	62
5.2.3.3 Lebah Soliter	66
5.3. Penyerbuk dari Serangga Lain	69
5.3.1 Kupu-Kupu	69
5.3.2 Lalat Bunga	70
5.4 Perilaku Lebah Madu	71
5.5 Musuh Alami bagi Serangga Penyerbuk	72

5.6	Prosedur Sampling Serangga Penyerbuk	77
5.6.1	Pengamatan Langsung	77
5.6.2	Sweep Net	78
5.6.3	Yellow Pan Trap	79
5.7	Prosedur Sortasi dan Identifikasi.....	80
5.8	Prosedur Tabulasi dan Analisis Data.....	81
5.9	Kunci Identifikasi Lebah Madu di Indonesia.....	

Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

BAB VI REKAYASA DAN KONSERVASI LINGKUNGAN

	PERTANIAN	84
6.1	Latar Belakang.....	84
6.2	Rekayasa Lingkungan Pertanian.....	85
6.3.	Konservasi Habitat Alami Serangga Bermanfaat.....	92
	DAFTAR PUSTAKA	98
	DAFTAR INDEKS.....	105
	BIOGRAFI PENULIS	110

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Teknik pengamatan berbagai jenis serangga.....	8
Tabel 2.	Pengamatan serangga dengan metode <i>pitfall trap</i>	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Ukuran lahan dan petak pengamatan untuk RBA	7
Gambar 2	Pengamatan langsung pada pertanaman	10
Gambar 3	Salah satu contoh nampan kuning yang dapat digunakan untuk perangkap.....	11
Gambar 4	Salah satu pemasangan perangkap <i>pitfall</i> di lahan penelitian..	12
Gambar 5	Morfologi telur kumbang kubah.	32
Gambar 6	Imago <i>Paederus</i> sp.....	33
Gambar 7	Morfologi kumbang tanah	34
Gambar 8	Morfologi telur Chrysopidae yang menggantung di daun.	35
Gambar 9	Spesies <i>Sycanus</i> sp.....	36
Gambar 10	Spesies <i>Andrallus</i> sp.....	36
Gambar 11	<i>Episyrphus balteatus</i>	37
Gambar 12	Lalat perompak (.....	38
Gambar 13	Perilaku makan capung.....	39
Gambar 14	Perilaku makan belalang sembah.....	39
Gambar 15	Laba-laba Oxyopidae sedang memakan	40
Gambar 16	Parasitoid telur <i>Telenomus remus</i>	41
Gambar 17	<i>Trichogramma</i> sp.	42
Gambar 18	<i>Anagyrus lopezi</i> dan hiperparasitoidnya	44
Gambar 19	Pupa parasitoid Braconidae	45
Gambar 20	Spesies lalat tachinid di Indonesia	45
Gambar 21	<i>Pteromalus puparum</i>	46
Gambar 22	Imago <i>Brachymeria</i> dan (b) Betina <i>Brachymeria</i> yang sedang memarasit pupa.	47

Gambar 23 Imago <i>Tetrastichus</i> sp.	48
Gambar 24 Jenis-jenis polinasi.....	51
Gambar 25 Proses pembuahan pada bunga yang menghasilkan biji dan dapat menjadi tanaman yang baru.....	52
Gambar 26 Beberapa jenis dan bentuk polen dari berbagai tumbuhan	52
Gambar 27 Bagian-bagian umum lebah	53
Gambar 28 Foto dari bagian atas lebah madu Eropa (<i>Apis mellifera</i>).....	56
Gambar 29 Siklus hidup dari lebah madu dari telur hingga dewasa.....	56
Gambar 30 Pembagian kasta pada lebah yang terdiri dari pekerja, ratu, dan jantan.....	57
Gambar 31 Produk-produk yang dihasilkan dari lebah madu.	57
Gambar 32 Tampak dari atas dan samping lebah madu Asia (<i>Apis cerana</i>).....	58
Gambar 33 Peta yang menunjukkan persebaran dan tempat ditemukannya lebah madu Asia (<i>Apis cerana</i>)	58
Gambar 34 Tampak dari atas dan samping lebah <i>Apis mellifera</i>	59
Gambar 35 Tampak dari atas dan samping lebah madu Eropa	59
Gambar 36 Tampak dari atas dan samping lebah madu hutan (<i>Apis dorsata</i>) pekerja.....	60
Gambar 37 Sarang lebah madu hutan di pohon.....	61
Gambar 38 Pemanenan madu dari sarang lebah madu hutan	61
Gambar 39 Spesies lebah tanpa sengat di Lubuk Bintialo dan Pangkalan Bulian.....	62
Gambar 40 Bagian tubuh lebah tanpa sengat <i>T. laeviceps</i>	63
Gambar 41 Bagian tubuh lebah tanpa sengat <i>T. biroii</i>	64
Gambar 42 Bagian tubuh lebah tanpa sengat <i>T. sarawakensis</i>	65

Gambar 43 Bagian tubuh lebah tanpa sengat <i>H. itama</i>	66
Gambar 44 Lebah garis biru <i>Amegilla</i> sp.	67
Gambar 45 Lebah kayu <i>Xylocopa</i> sp. yang sedang mengunjungi bunga kenikir	68
Gambar 46 Potongan sarang lebah kayu (<i>Xylocopa aestuans</i>) yang menunjukkan beberapa tingkat perkembangan	68
Gambar 47 Kupu-kupu bolina (<i>H. bolina</i>) sedang mengunjungi bunga <i>Turnera</i>	69
Gambar 48 Morfologi lalat bunga	70
Gambar 49 <i>Waggle dance</i> yang dilakukan lebah.....	71
Gambar 50 Proses tarian (<i>waggle dance</i>)	72
Gambar 51 Burung kirik-kirik laut (<i>Merops philippinus</i>) yang sedang memakan lebah madu.....	73
Gambar 52 Tabuan (<i>Vespa</i> sp.) yang memangsa lebah madu.....	73
Gambar 53 Semut api yang menyerang sarang lebah.....	74
Gambar 54 Bentuk dari tungau <i>Tropilaelaps</i> sp.	74
Gambar 55 Tungau <i>Tropilaelaps</i> sp.....	74
Gambar 56 Kumbang sarang kecil (<i>Aethina tumida</i>) yang memarasit sarang lebah madu.....	75
Gambar 57 Larva lebah madu (berwarna putih) yang terserang cendawan <i>Ascospaera apis</i>	75
Gambar 58 Larva lebah madu yang terserang bakteri <i>Melissococcus</i> <i>plutonius</i>	76
Gambar 59 Lebah madu yang terserang virus <i>Deformed Wing Virus</i>	76
Gambar 60 Contoh dari metode pengamatan serangga secara langsung...	77

Gambar 61 Salah satu metode koleksi serangga menggunakan sweep net.....	78
Gambar 62 Serangga yang terjebak di <i>Yellow Pan Trap</i>	79
Gambar 63 Sortasi dari serangga berdasarkan kelompok taksa tertentu	80
Gambar 64 Salah satu buku referensi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi lebah.	81
Gambar 65 Tanaman pinggir kenikir dan bunga kertas yang ditanam pada area persawahan	86
Gambar 66 Kotak lebah di tengah lingkungan pertanian.	87
Gambar 67 Sarang lebah madu buatan yang terdiri dari kotak yang berisi beberapa bingkai	88
Gambar 68 Contoh tanaman pinggir seperti kenikir, tahi kotok dan bunga matahari.....	91
Gambar 69 Beberapa jenis tanaman berbunga yang bisa dijadikan tanaman refugia	91
Gambar 70 Pepohonan yang tetap di ada di antara tengah lahan pertanian untuk mendukung kehidupan serangga bermanfaat	93
Gambar 71 Beberapa lokasi serangga penyerbuk yang berpotensi terpapar oleh pestisida.....	94



A close-up photograph of several white flowers with green leaves. The flowers are in various stages of bloom, with some showing yellow centers. The background is softly blurred, focusing attention on the foreground blooms.

BAB I

PENDAHULUAN

©Rosyid Amrulloh

1.1 Latar Belakang

Serangga memiliki peran penting bagi manusia maupun ekosistem alam. Peran serangga ini dapat dikelompokkan menjadi empat yaitu sebagai herbivor, karnivor, penyerbuk, dan dekomposer. Serangga herbivor merupakan serangga pemakan tumbuhan dan dapat berperan sebagai hama, ataupun pengendali gulma tertentu. Serangga karnivor adalah serangga pemakan serangga lain sehingga dapat berperan sebagai predator ataupun parasitoid. Serangga penyerbuk berperan sebagai agen penyerbuk berbagai tumbuhan baik tanaman penyedia pangan maupun non pangan. Adapun serangga dekomposer merupakan kelompok serangga yang berperan sebagai pengurai bahan-bahan organik di alam.

Peranan serangga tersebut sangat signifikan dalam menjaga keseimbangan ekosistem di alam. Namun, keanekaragaman serangga sedang menghadapi berbagai ancaman seperti hilangnya habitat, perubahan iklim, penggunaan pestisida, penyakit dan polusi. Hal tersebut dapat menyebabkan penurunan populasi serangga dan berdampak negatif pada ekosistem secara keseluruhan.

Pada era yang semakin kompleks ini, pelestarian keanekaragaman hayati menjadi semakin penting. Untuk memahami dan melindungi beragam spesies dan ekosistem di sekitar kita perlu adanya metode atau pendekatan yang efisien diperlukan. Salah satu pendekatan ini adalah Rapid Biodiversity Assessment (RBA). *Rapid Biodiversity Assessment* (RBA) adalah suatu metode yang digunakan untuk secara cepat untuk mengevaluasi keanekaragaman hayati di suatu daerah atau lokasi tertentu. Metode ini biasanya dilakukan dalam batasan waktu yang terbatas namun tetap menghasilkan data yang relevan.

Metodologi menghitung kepadatan dan kelimpahan serangga penyerbuk adalah kunci dalam memahami populasi dan peran penting serangga tersebut dalam ekosistem. Definisi kepadatan merujuk pada jumlah serangga penyerbuk per unit area atau volume, sementara definisi kelimpahan mengacu pada frekuensi atau keberadaan serangga penyerbuk dalam suatu wilayah atau waktu tertentu. Metodologi ini memungkinkan para peneliti untuk mengumpulkan data tentang kehadiran, distribusi, dan pola populasi serangga penyerbuk.

1.2 Tujuan

Penulisan buku ini bertujuan untuk:

- ✚ Memberikan pengetahuan terkait metode RBA terutama untuk serangga berguna pertanian (penyerbuk dan musuh alami)
- ✚ Menyajikan contoh-contoh dan cara identifikasi terhadap penyerbuk dan musuh alami di lahan pertanian
- ✚ Memperkenalkan fungsi dan keuntungan dari rekayasa ekologi terhadap serangga berguna.

1.3 Manfaat

Buku ini disusun supaya pembaca bisa memanfaatkannya untuk:

- ✚ Buku pegangan dalam pelatihan pelaksanaan RBA di lahan pertanian atau agroekosistem
- ✚ Menjadi pedoman dalam identifikasi penyerbuk maupun musuh alami di lahan pertanian
- ✚ Memberikan pengetahuan terkait rekayasa ekologis bagi serangga berguna di agroekosistem

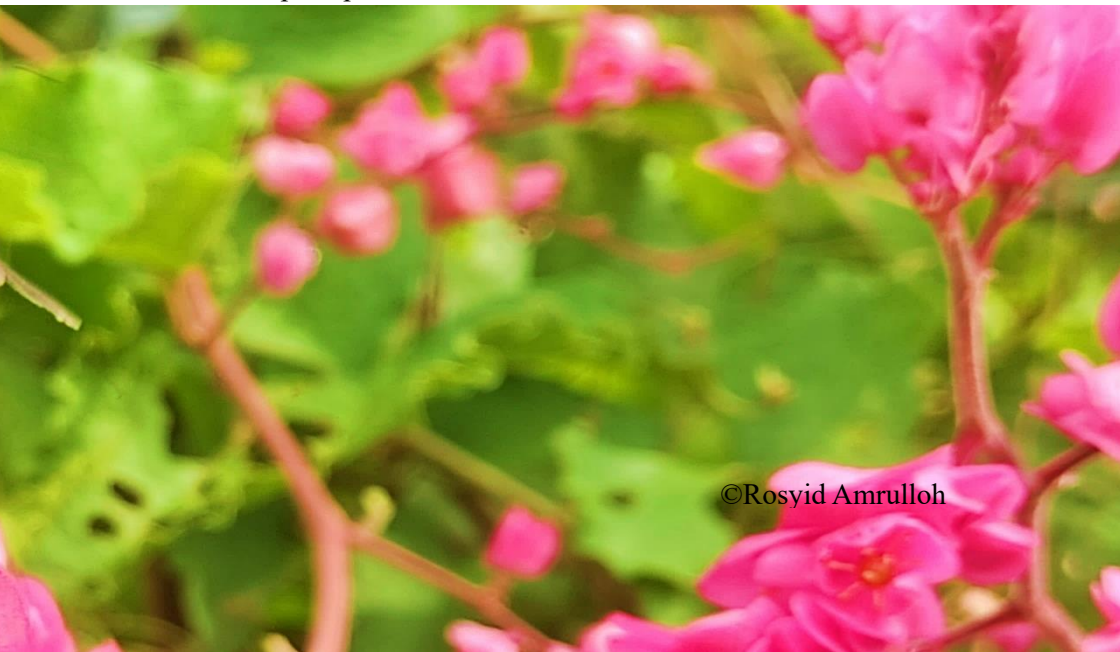


BAB II
RAPID BIODIVERSITY
ASSESSMENT



Rapid biodiversity assessment (RBA) adalah proses penilaian keanekaragaman hayati secara cepat pada lokasi yang telah ditetapkan, seperti untuk menilai keanekaragaman serangga berguna di agroekosistem. Dalam pelaksanaannya, penting untuk diketahui bahwa proses penilaian RBA sangat hati-hati dalam memastikan ada atau tidaknya keberadaan serangga berguna di agroekosistem.

RBA merupakan teknik penting untuk mengetahui keanekaragaman hayati di terestrial maupun perairan, terutama di daerah di mana informasinya jarang diketahui atau tidak diketahui sama sekali. Metode RBA dikenalkan pada tahun 1990-an, sejak saat itu, penilaian cepat telah berhasil mengumpulkan berbagai data biologi seperti tumbuhan, mamalia, dan hewan buruan (Albuquerque *et al* 2010). Namun, belum banyak laporan terkait metode RBA yang diujikan untuk pengambilan sampel serangga. Alternatif yang dimasukkan ke dalam RBA untuk menginventarisasi serangga di suatu agroekosistem dapat berupa pengambilan sampel dari lapang dan wawancara kepada petani.

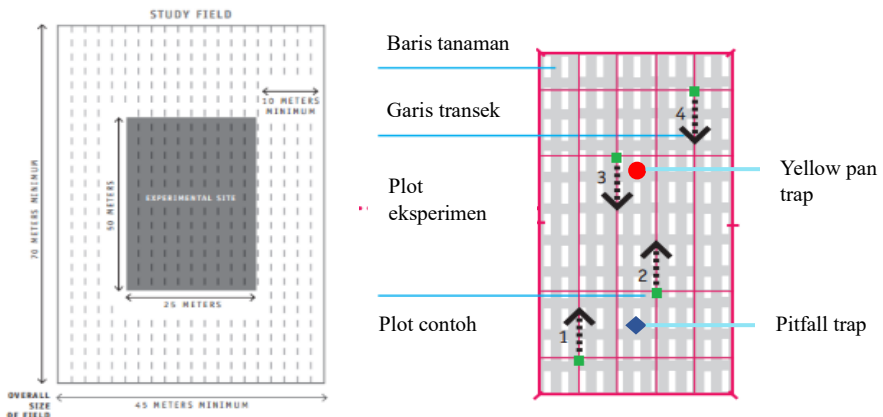


2.1 Metode RBA untuk Serangga Berguna

Metode RBA yang digunakan untuk mengetahui keanekaragaman serangga pada suatu agroekosistem dilakukan dengan membuat sebuah eksperimen. Eksperimen tersebut mulai dari penyiapan lahan atau petak pengamatan, pengambilan serangga secara langsung dan pemasangan perangkat.

a. Penentuan Lahan atau Petak Pengamatan

Pentuan plot dilakukan di lahan pertanian dengan luas lebih kurang 75 m x 45 m. yang kemudian dari luasan tersebut dibuat sebuah subplot di dalamnya dengan ukuran 50 m x 25 m. Pada subplot tersebut dibuat transek sepanjang 50 m untuk pengamatan inventarisasi (Gambar 1). Pengamatan yang dilakukan meliputi pencatatan jenis, peran, dan jumlah serangga yang ada pada plot pengamatan tersebut. Pengamatan harus dilakukan pada kondisi cuaca yang cerah, tidak berawan, dan angin tidak kencang.




Gambar 1 Ukuran lahan dan petak pengamatan untuk RBA yang sudah dimodifikasi. Arah panah pada gambar kanan menunjukkan arah jalan transek dan nomor penunjukkan urutan dalam melakukan sampling transek.

b. Penentuan Serangga Target

Serangga target yang digunakan pada metode RBA yaitu serangga bermanfaat, meliputi karnivora, penyerbuk, dan detritivor. Serangga karnivora memiliki potensi sebagai musuh alami bagi hama pertanian sehingga perlu diketahui jenis dan jumlahnya di lapangan. Serangga penyerbuk memiliki peran penting bagi penyerbukan tanaman pertanian terutama dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas produk pertanian.

Tabel 1. Teknik Pengamatan berbagai jenis serangga

Jenis Serangga	Teknik Pengamatan	Gambar
Karnivora	Pengamatan dilakukan dengan mengamati keberadaan serangga karnivor yang berupa predator atau parasitoid. Umumnya serangga predator berukuran lebih besar dan aktif bergerak. Parasitoid berukuran sangat kecil, keberadaannya dapat dilihat dari keberadaan inang yang telah terparasit.	 <p data-bbox="706 1046 938 1230">Belalang sembah (Family: Mantidae) yang berada di pertanaman mentimun.</p>



Ulat *Manduca sexta* yang diparasit oleh ektoparasitoid dari famili Braconidae.

Penyerbuk Pengamatan dilakukan pada bunga yang muncul di plot pengamatan. Serangga penyerbuk umumnya hinggap dan terlihat di bunga.



Ceratina sp. pada bunga tumbuhan *Asystasia gangetica*.



Lebah tak bersengat *Tetragonula laevicep* pada bunga tanaman mentimun.

Detrivor

Serangga ini sering ditemukan pada area yang banyak terdapat bahan organik, seperti serasah, batang pohon yang telah lapuk, dan juga di permukaan tanah.



Rayap yang berada di dalam kayu yang telah lapuk.

c. Penentuan Metode Pengambilan Contoh**1. Pengamatan langsung**

Metode pengamatan langsung dilakukan dengan mengamati secara detail jenis dan jumlah serangga yang ada pada di sepanjang transek pengamatan ataupun pada bagian tanaman yang kita amati. Selain mengamati jenis dan jumlah dari taksa yang diamati, metode ini juga dapat digunakan untuk mengamati perilaku dari serangga target yang sedang diamati.



Gambar 2 Pengamatan langsung pada pertanaman (Sumber: Azru Azhar)

2. Jaring serangga (*insect sweep net*)

Metode sampling dengan jaring serangga adalah metode paling umum dilakukan dalam RBA. Metode ini dilakukan dengan mengayunkan jaring serangga sambil berjalan sepanjang transek yang telah kita tentukan. Metode ini akan mendapatkan variasi jenis serangga yang sangat tinggi. Umumnya digunakan untuk mendapatkan serangga yang aktif terbang.

3. Perangkap nampan kuning (*yellow pan trap*)

Perangkap nampan kuning merupakan jenis perangkap yang berbentuk seperti nampan kecil atau mangkok yang berwarna kuning. Perangkap ini berwarna kuning dengan tujuan untuk menarik kedatangan serangga, terutama yang peka terhadap warna kuning. Perangkap ini diisi dengan larutan sabun sebanyak $\frac{1}{3}$ dari keseluruhan volume perangkap. Perangkap ini diletakkan di permukaan tanah dan biasanya akan mendapatkan jenis serangga parasitoid.



Gambar 3 Salah satu contoh nampan kuning yang dapat digunakan untuk perangkap (Sumber: Azru Azhar)

4. Perangkap *pitfall*

Perangkap *pitfall* adalah perangkap jebakan yang dikubur di dalam tanah dan diisi oleh larutan sabun, dan kemudian dibiarkan di plot pengamatan. Sehingga serangga-serangga yang lewat di sekitar perangkap ini akan jatuh ke dalam perangkap ini. Perangkap ini cocok untuk mendapatkan serangga-serangga yang berada di permukaan tanah, seperti semut dan rayap. Metode ini dan nampan kuning adalah metode yang paling mudah dalam pemasangan perangkapnya dan juga mudah dalam penanganan spesimen yang telah didapat.



Gambar 4 Salah satu pemasangan perangkap *pitfall* di lahan penelitian (Sumber: Azru Azhar)

2.2 Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan dari pengamatan yang telah dilakukan akan dianalisis sehingga hasilnya dapat diinterpretasikan sesuai dengan kondisi yang terjadi dilokasi, diantaranya:

a. Indeks Shannon Wiener (H')

Indeks Shannon-Wiener merupakan salah satu analisis yang paling sederhana yang dapat digunakan untuk membandingkan kestabilan lingkungan dari suatu ekosistem, dengan cara mengukur parameter kekayaan spesies dan proporsi kelimpahan dari masing-masing spesies di suatu habitat.

$$H' = -\sum P_i \ln(P_i)$$

Keterangan: H' = Indeks keanekaragaman Shnon Wiener

$$P_i = n_i/N$$

n_i = jumlah individu spesies ke- i

N = jumlah individu seluruh spesies

Kriteria nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'):

$H' \leq 1$ = keanekaragaman rendah (kurang stabil)

$1 < H' < 3$ = keanekaragaman sedang (stabil)

$H' \geq 3$ = keanekaragaman tinggi (sangat stabil)

b. Indeks Kemerataan

Indeks kemerataan digunakan untuk mengetahui tingkat kestabilan keanekaragaman spesies pada suatu komunitas yang dipengaruhi oleh besarnya kerapatan jumlah jenis, banyaknya jumlah spesies dan tingkat penyebaran masing-masing spesies.

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Keterangan: E = Indeks pemerataan

H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

S = Jumlah spesies yang ditemukan

ln = Logaritma natural

Kriteria nilai indeks pemerataan (Maguran, 1988):

$E \leq 0.3$ = pemerataan spesies rendah

$0.3 < E < 0.6$ = pemerataan spesies sedang

$E \geq 0.6$ = pemerataan spesies tinggi

c. Indeks Dominansi Simpson

Indeks dominansi digunakan untuk mengetahui penyebaran spesies yang dominan. Indeks dominansi berkisar antara 0 sampai 1, dimana semakin kecil nilai indeks dominansi maka menunjukkan bahwa tidak ada spesies yang mendominasi, sebaliknya jika semakin besar nilai dominansi maka menunjukkan ada spesies tertentu yang dominan (Odum, 1993).

$$= \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Keterangan: D = Indeks dominansi Simpson

n_i = jumlah individu jenis ke-i

N = jumlah individu seluruh jenis

Contoh analisis data:

Tabel 2 Pengamatan serangga dengan metode *pitfall trap*

No.	Serangga yang ditemukan	Sampling 1	Sampling 2	Sampling 3	Sampling 4	Sampling 5	Jumlah total (N)
1.	Semut	10	5	3	5	8	31
2.	Laba-laba	5	3	0	3	2	13
3.	Belalang	3	0	0	1	1	5
4.	Collembola	8	6	5	2	2	23
5.	Kumbang	10	0	5	3	7	25
Total							97

Analisis data:


Spesies semut

$$\begin{aligned}
 H' &= -\sum P_i \ln (P_i) \\
 &= -\sum 0.319 \ln (0.319) \\
 &= 0.364
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{H'}{\ln (S)} \\
 &= \frac{0.364}{\ln (97)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\ln (97) \\
 &= 0.079 \\
 D &= \sum (ni/N)^2 \\
 &= \sum (0.319)^2 \\
 &= 0.101
 \end{aligned}$$

BAB III
METODOLOGI:
MENGHITUNG KEPADATAN
PENYERBUK



Serangga penyerbuk berperan penting dalam jasa ekosistem untuk menjaga dan meningkatkan produktivitas tanaman pertanian. Hampir 75% tanaman pertanian sangat bergantung terhadap kehadiran dan peran serangga penyerbuk pada berbagai tingkatan (Klein *et al.*, 2007). Sebagian besar tanaman pertanian diserbuki oleh lebah, terutama lebah madu dari spesies *Apis mellifera* L. dan *Apis cerana* F. (Klein *et al.*, 2007; Rader *et al.*, 2009). Keberadaan serangga penyerbuk di agroekosistem wajib diperhatikan dalam rangka meningkatkan peran serangga tersebut.

3.1 Metode Eksperimen

a. Lokasi pengamatan

Eksperimen penanaman tanaman berbunga dicontohkan dilakukan di Lembang, Jawa Barat dan Malang, Jawa Timur. Lahan pertanian yang terpilih pada setiap perlakuan ditanami oleh berbagai jenis bunga berbeda yang sudah ditentukan (Tabel 3).

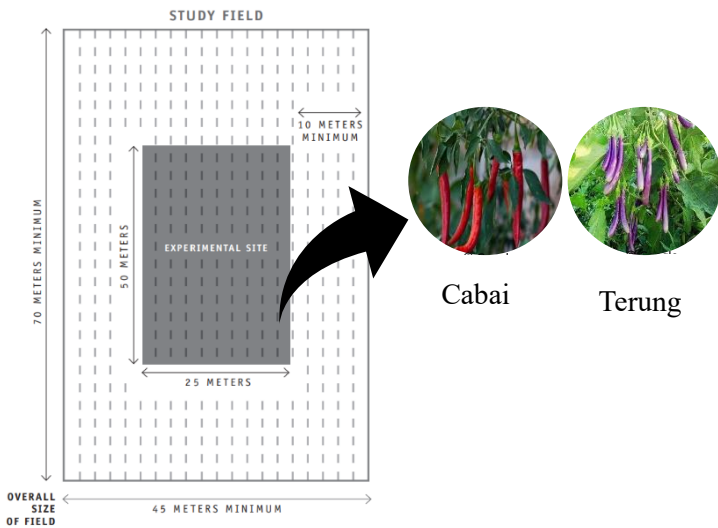
Tabel 1. Deskripsi lokasi lahan penanaman dan jenis bunga yang terpilih

Lokasi	Total ukuran lahan penanaman bunga/baris	Ukuran petak bunga	Jenis bunga contoh*
Lembang	3 plots @20-50 m ²	Baris	Bunga taiwan (<i>Cuphea hyssopifolia</i>) Bunga matahari mini (<i>Melampodium divaricatum</i>) Bunga kertas (<i>Zinnia violacea</i>)
	Lahan petani (kontrol)	Tanpa bunga	
Malang	4 plots @12 m ²	Baris	Bunga matahari (<i>Helianthus annuus</i>) Bunga marigold (<i>Tageret erecta</i>) Bunga kenikir (<i>Cosmos caudatus</i>)
	Lahan petani (kontrol)	Tanpa bunga	

*Contoh jenis bunga dapat disesuaikan dengan keperluan di lapang

b. Desain eksperimen

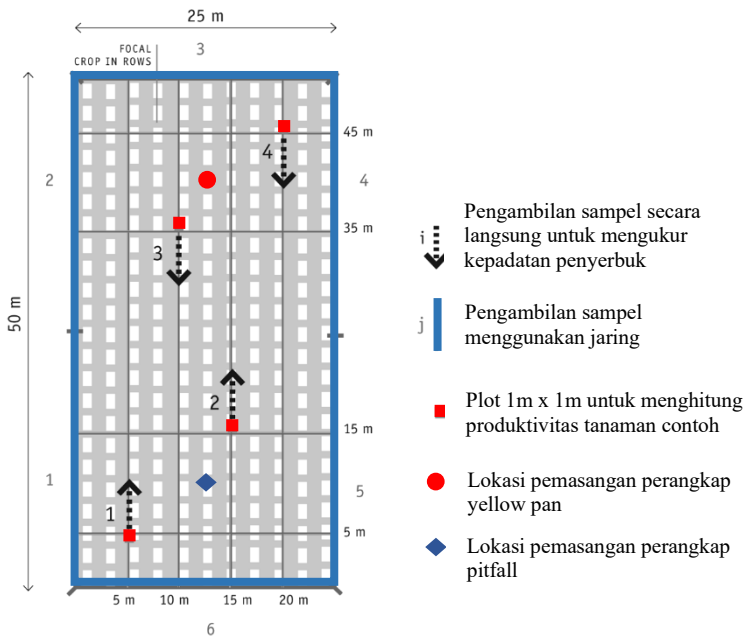
Desain eksperimen penanaman tanaman berbunga didasarkan pada protokol yang telah disesuaikan dari Organisasi Pangan dan Pertanian PBB (Food and Agricultural Organization of the United Nation – FAO) (Vaissière *et al.* 2011). Setiap lokasi dipilih tiga petak pengamatan yang memiliki ukuran lahan minimum 25 m x 50 m yang ditanami oleh tanaman cabai atau terong (Gambar 5). Penempatan rancangan eksperimen penanaman tanaman berbunga menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada dua wilayah yang berbeda, yaitu di Lembang dan Malang.



Gambar 5 Desain eksperimen penanaman tanaman berbunga (modifikasi dari Vaissière *et al.*, 2011).

c. Sampling dan monitoring serangga penyerbuk

Terdapat empat variabel utama yang akan diukur dalam pengamatan ini seperti keanekaragaman dan kepadatan serangga penyerbuk yang mengikuti metode pengambilan sampel berdasarkan protokol FAO (Vaissière *et al.*, 2011), kemudian jumlah bunga pada setiap tanaman, dan produksi tanaman (Gambar 2). Perbedaan orang yang melakukan pengamatan (observer) akan dicatat beberapa variabel tertentu di setiap petak pengamatan dalam waktu yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk menghindari kesalahan manusia dalam pengambilan sampel.



Gambar 6 Desain eksperimen petak pengamatan lahan tanaman berukuran 50 m x 25 m (modifikasi dari Vaissière *et al.*, 2011).

d. Keanekaragaman serangga penyerbuk

Keanekaragaman serangga penyerbuk diamati dengan menggunakan jaring ayun (*sweep net*) pada enam transek di setiap petak pengamatan. Pengambilan sampel menggunakan jaring ayun dilakukan pada empat waktu yang berbeda (pukul 09.00, 11.00, 13.00 dan 15.00) selama musim tanaman berbunga. Pengambilan sampel ini dilakukan dengan cara menyusuri jalan sambil mengayunkan jaring tepi lahan pertanaman sepanjang 25 meter selama 5 menit di setiap transek.

e. Kepadatan serangga penyerbuk

Kepadatan serangga penyerbuk diamati dengan pencatatan sampel tanaman berbunga yang terbuka di setiap petak pengamatan. Pengambilan sampel dilakukan pada empat waktu yang berbeda berbeda (pukul 09.00, 11.00, 13.00 dan 15.00) selama musim tanaman berbunga. Pengambilan sampel ini dilakukan dengan cara berjalan perlahan di sepanjang transek lahan pertanaman sambil mengamati dan mencatat jumlah bunga yang terbuka dan serangga penyerbuk yang ada di sekitar bunga. Serangga yang ditemukan pada setiap 100 bunga (unit sampel tetap) dicatat dan dihitung pada setiap transek untuk mengukur kelimpahan serangga penyerbuk di lahan pertanaman tersebut.

f. Jumlah tanaman berbunga

Dalam pengamatan ini akan menghitung jumlah kuncup dan bunga yang terbuka di empat petak pertanaman dengan ukuran 1m x 1m di setiap lokasi pengamatan pada empat waktu yang berbeda.

g. Hasil produksi tanaman

Rangkaian variabel pengamatan yang terakhir adalah menghitung jumlah buah dalam petak pengamatan berukuran 1m x 1m. Buah yang didapatkan juga diukur bobotnya, jumlah biji dan bobot biji kering. Buah akan dipanen pada saat benih mudah dihitung dan dikeringkan. Data lain yang berkaitan dengan hasil agronomis yang dinyatakan seperti berat buah, jumlah biji, lebar dan panjang buah juga akan dicatat untuk menilai dampak tingkat penyerbukan terhadap hasil tanaman.

Hasil Produksi Tanaman

Area:

Fokus tanaman:

Tanggal pengamatan:

Kode dan Luas area (ha)	Lokasi	Perlakuan	Hasil produksi (kg)	Nomor plot (0.5 m ² quadrat)		Jumlah tanaman yang dipanen per plot	Berat biji hasil panen per tanaman	Jumlah biji hasil panen per tanaman
				1	1			
					2			
					3			
					4			
					5			
				2	1			
					2			
					3			
					4			
					5			
				3	1			
					2			
					3			
					4			
					5			



©Rosyid Amrulloh

BAB IV
PENGENALAN
MUSUH ALAMI

4.1 Latar Belakang

Musuh alami merupakan organisme yang ditemukan di alam dan dapat mengendalikan populasi hama pada suatu tanaman. Musuh alami bagi hama pertanian dikelompokkan menjadi tiga yaitu **predator**, **parasitoid** dan **entomopatogen**. Predator merupakan artropoda yang memiliki ukuran tubuh relatif lebih besar dari mangsanya. Predator memiliki beberapa sifat yaitu bersifat monofag adalah memiliki mangsa hanya satu jenis, oligofag adalah memiliki mangsa lebih dari satu jenis, dan polifag adalah memiliki mangsa yang banyak. Predator yang bersifat polifag tidak terlalu efektif jika dibandingkan dengan predator monofag (Santoso dan Baehaki, 2005).

Parasitoid merupakan serangga yang memiliki ukuran tubuh lebih kecil dari serangga inangnya. Parasitoid dapat dibedakan menurut cara parasitasinya. Jika menyerang bagian luar serangga disebut ektoparasitoid dan jika bagian dalam serangga disebut endoparasitoid. Parasitoid yang hanya ada satu ekor dalam inang disebut parasitoid soliter, sedangkan apabila lebih dari seekor maka disebut parasitoid gregarius. Parasitoid dapat dikelompokkan menjadi parasitoid telur, parasitoid larva, dan parasitoid pupa (Kartohardjono, 2009).

Entomopatogen merupakan mikroorganisme seperti jamur, bakteri, dan virus yang dapat menginfeksi serangga hama. Jamur menginfeksi inangnya melalui kutikula/kulit atau masuk ke dalam alat pencernaan melalui makanan. Hama yang terserang jamur akan berubah warna menjadi merah muda atau kemerahan dan terjadi mumifikasi sehingga mengeras. Hama yang terinfeksi bakteri menjadi lemah, tidak mau makan, tidak aktif, dan

akan mati. Adapun, hama yang tertular virus juga menjadi lemah, warna berubah menjadi pucat dan mengering, kemudian larva menuju pucuk tanaman, dan akan mati menggantung (Kartohardjono 2009).

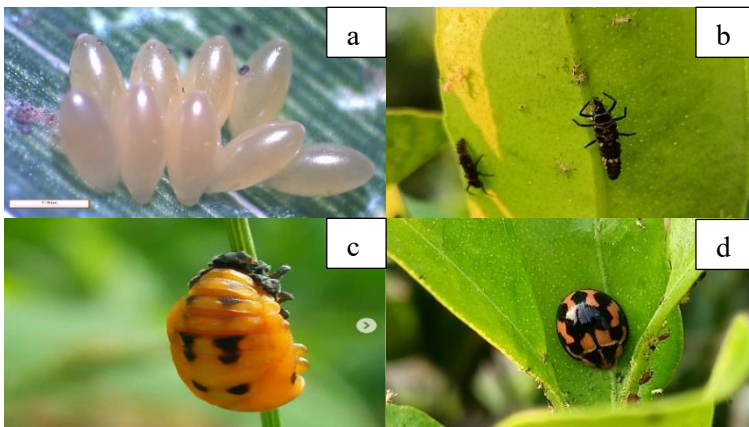
Pemanfaatan musuh alami di ekosistem pertanian dapat memberikan beberapa keuntungan yaitu: 1) relatif lebih aman, 2) tidak menyebabkan hama sasaran menjadi resisten, 3) dapat bekerja secara selektif terhadap inangnya, dan 4) lebih murah dan dapat digunakan dalam waktu yang relatif panjang (Jumar, 2000). Selain itu, pengendalian hayati menggunakan musuh alami perlu memperhatikan lanskap dan habitat. Lanskap dan keanekaragaman habitat yang tinggi serta struktur yang kompleks cenderung mendukung kontrol alami yang lebih efektif untuk serangga herbivor (Buchori *et. al.* 2008)

Penggunaan musuh alami juga dapat memberikan keuntungan secara ekonomi. Penelitian Huang *et al.* (2018) menemukan bahwa peningkatan kepadatan kumbang kubah (Coccinellidae) pada perkebunan kapas di China dapat meningkatkan hasil sekitar 300 USD bagi petani. Sebaliknya, penelitian Daniel set *et al.* (2017) menunjukkan bahwa hilangnya tiga predator di perkebunan pir dapat menurunkan pendapatan bersih pertanian dari 88,86 € per hektar menjadi 2186,5 € per hektar. Dengan adanya peningkatan nilai ekonomi dalam pemanfaatan musuh alami, maka perlu dilakukan upaya konservasi sekaligus sosialisasi pemanfaatan musuh alami bagi petani dan pihak terkait.

4.2. PREDATOR

4.2.1 Kumbang Kubah/koksi (Coleoptera: Coccinellidae)

Kumbang kubah atau kumbang koksi merupakan serangga predator yang umum ditemui di pertanian. Stadia pra dewasa atau larva maupun dewasa kumbang kubah berperan sebagai predator. Namun, beberapa spesies kumbang kubah bersifat fitofag sehingga menjadi hama bagi pertanian. Kumbang predator biasanya memiliki permukaan sayap/elitra yang lebih berwarna cerah dan mengkilap. Sedangkan kumbang yang bersifat fitofag tidak terlalu mengkilap. Sebagian besar spesies kumbang kubah dewasa memiliki bintik-bintik atau tanda berwarna di bagian elitra.



Gambar 5 Morfologi telur kumbang kubah (a), larva (b), pupa (c), dan imago (d) (Sumber: Amrulloh 2020).

Kumbang betina dewasa akan meletakkan telur secara berkelompok di permukaan daun. Telur berbentuk lonjong dan berwarna kuning cerah (Gambar 1). Telur (oranye, memanjang) diletakkan berkelompok di bagian bawah daun dan dahan. Biasanya hanya satu generasi per tahun. Baik larva

maupun dewasa memakan hama. Larva berukuran antara 1,0-7,5 mm dan serangga dewasa berkisar antara 1,0-5,0 mm. Kumbang koxsi merupakan predator polifag. Beberapa mangsa dari predator ini antara lain, kutudaun, kutu tempurung, tungau, kutu putih, dan serangga bertubuh lunak lainnya (www2.gov.bc.ca 2016).

4.2.2 Kumbang Fuscipes/Tomcat (Coleoptera: Staphylinidae)

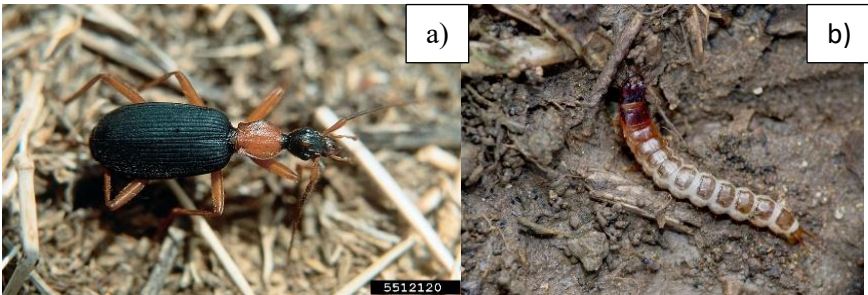
Kumbang fuscipes (*Paederus fuscipes*) merupakan predator yang umum ditemukan di pertanaman padi. Stadia kumbang fuscipes yang bersifat sebagai predator yaitu stadia imago. Ciri-ciri kumbang ini yaitu memiliki panjang tubuh 7-10 mm, kepala hitam, antena filiform berwarna cokelat kehitaman, elitra berwarna biru mengkilap, tungkai berwarna merah bata kehitaman, tarsi/kuku beruas lima, ujung abdomen meruncing dengan dua segmen terakhir berwarna hitam. Kumbang fuscipes dapat memangsa wereng batang coklat, wereng daun, *Bemissia tabaci*, dan hama bertubuh lunak lainnya.



Gambar 6 Imago *Paederus* sp. (Sumber: Prasetyo 2013).

4.2.3 Kumbang Tanah (Coleoptera: Carabidae)

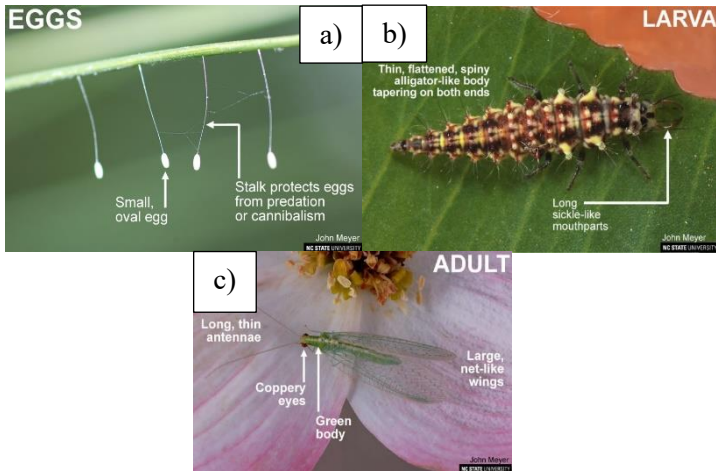
Kumbang tanah merupakan kumbang yang hidup di permukaan tanah. Stadia kumbang tanah yang berperan sebagai predator adalah stadia larva dan imago. Kumbang tanah mencari makan di area pertanian dan tanah seperti berbagai jenis ulat, wereng dan belalang. Kumbang tanah memiliki karakter tubuh berwarna coklat dan bintik-bintik hitam. Beberapa kumbang tanah memiliki warna hitam gelap dan beberapa berwarna metalik.



Gambar 7 Morfologi kumbang tanah (a) imago, b) larva (Sumber: bugguide.net)

4.2.4 Serangga Sayapjala Hijau/Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae)

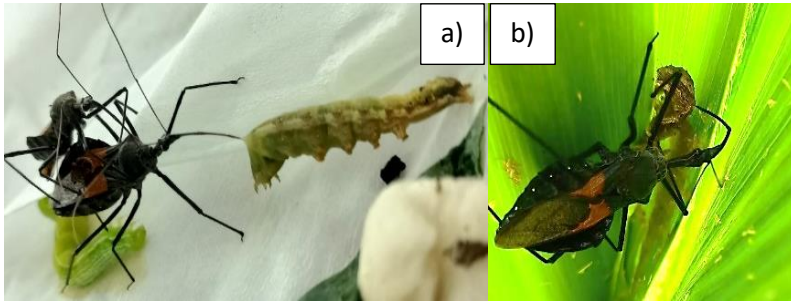
Famili Chrysopidae biasanya dapat ditemukan di pertanian pepaya dan singkong. Ciri umum dari famili Chrysopidae yaitu mempunyai sayap kehijauan, mata berwarna kuning emas atau kemerahan dengan panjang 12-20 mm. Imago hidup bebas dengan memakan embun madu dan pollen. Larva mempunyai mulut yang kuat dan berbentuk bulan sabit untuk merobek mangsanya (Pramayudi, 2020). Larva memangsa berbagai jenis serangga seperti kutudaun, psyllids, tungau merah, thrips, lalat putih, telur wereng, ngengat, pengorok daun, ulat kecil, larva kumbang, dan ulat grayak.



Gambar 8 Morfologi (a) telur Chrysopidae yang menggantung di daun, (b) larva dengan alat mulut seperti bulan sabit, dan (c) imago (Sumber: <https://entomology.ces.ncsu.edu/>).

4.2.5 Kepik Predator *Sycanus* sp. (Hemiptera: Reduviidae)

Sycanus sp. (Hemiptera: Reduviidae) merupakan salah satu spesies predator yang relatif mudah dikenali karena bentuknya yang khas. Kepik ini memiliki ciri kepala memanjang, bagian belakang kepala menggantung mirip leher, rostrum pendek dan kokoh. Tubuhnya berwarna hitam dengan tanda segitiga kuning di bagian tengah sayap depan. Bagian tengah abdomennya melebar sehingga tidak tertutupi oleh sayapnya. Panjang tubuh 2,25 cm dan lebar bagian abdomen 0,5 cm (Daeli 2010). *Sycanus* sp. merupakan predator bagi larva Lepidoptera seperti *Spodoptera litura*, dan *Spodoptera frugiperda*.



Gambar 9 Spesies *Sycanus* sp. (a) sedang kopulasi, imago betina sekaligus memangsanya *Spodoptera litura* dan (b) memangsanya *Spodoptera frugiperda* di tanaman jagung (Sumber: Amrulloh 2022).

4.2.6 Kepik Predator *Andrallus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae)

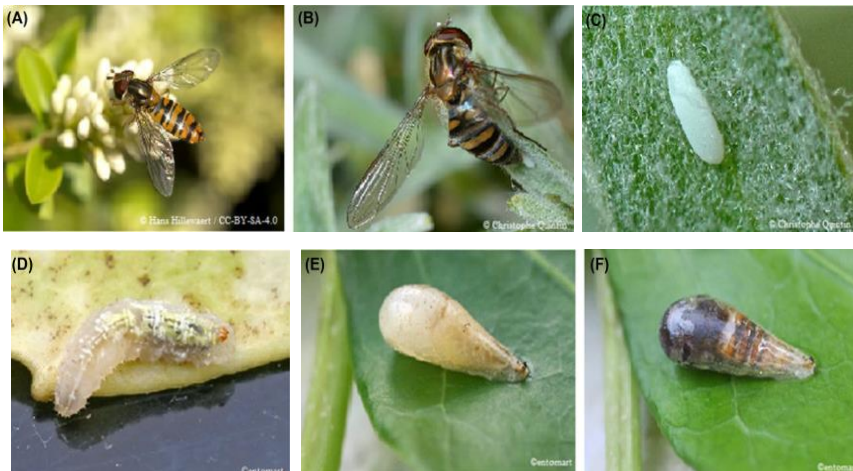
Andrallus sp. (Hemiptera: Pentatomidae) merupakan predator yang memiliki ciri khas seperti duri pada bagian dorsal. Spesies ini memiliki panjang sekitar 11 mm, lebar kepala 2,3 mm dan lebar humerus 7,6 mm. *Andrallus* sp. menjadi musuh alami bagi larva Lepidoptera seperti ulat grayak.



Gambar 10 Spesies *Andrallus* sp. memangsanya *Spodoptera* sp. (Sumber: Amrulloh 2020)

4.2.7 Lalat Apung/Lalat Syrphid (Diptera: Syrphidae)

Stadia lalat Syrphid yang berperan sebagai predator adalah stadia larva, sedangkan stadia imago memakan nektar dan serbuk sari. Larva lalat Syrphid merupakan predator bagi kutudaun, thrips dan serangga kecil bertubuh lunak lainnya (Mishra 2016). Larva berukuran antara 10,0 - 15,0 mm dan serangga dewasa antara 8,0-15,0 mm. Imago lalat Syrphid berwarna kuning dengan garis hitam di abdomennya sehingga mirip dengan warna lebah *Apis*.



Gambar 11 *Episyrphus balteatus*: (a) Betina dewasa, (b) Betina bertelur, (c) Telur, (d) Larva instar ketiga, (e) Pupa awal, dan (f) Pupa akhir (Sumber: Mishra 2016).

4.2.8 Lalat Penyamun (Diptera: Asilidae)

Famili Asilidae dikenal dengan nama lalat perompak atau penyamun. Lalat ini memiliki karakter morfologi seperti lalat pada umumnya namun memiliki ukuran yang lebih besar. Lalat ini mampu memakan banyak jenis serangga hama bahkan dapat menangkap mangsa yang berukuran lebih besar. Sebagian lalat perompak ada yang menangkap mangsa serangga terbang, dan sebagian lagi menangkap mangsa serangga yang hinggap di

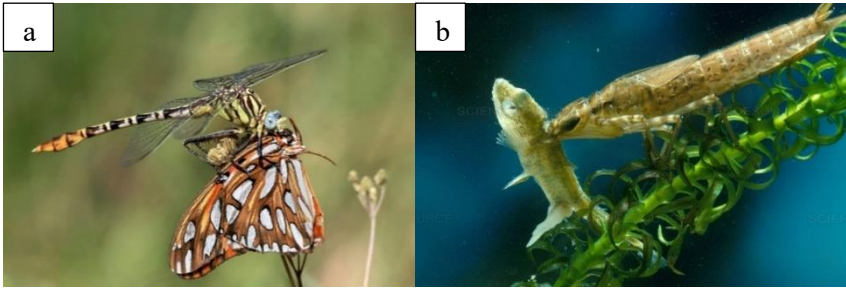
tanaman (Rahim,2010). Beberapa mangsa dari predator ini antara lain, belalang, lalat, kumbang, dan hama lainnya.



Gambar 12 Lalat perompak (Sumber: britishnatureguide.com, bugguide.net)

4.2.9 Capung (Odonata)

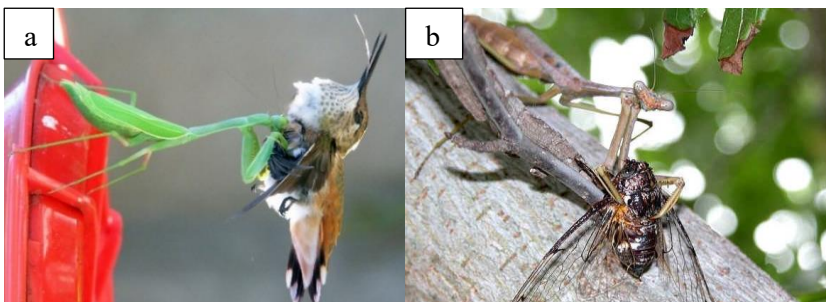
Capung terbagi menjadi dua subordo yaitu Anisoptera (capung biasa) dan Zygoptera atau capung jarum. Hampir semua capung merupakan predator alami di alam. Hal ini karena semua fase hidupnya baik dalam naiad/pradewasa maupun dewasa dapat berperan sebagai predator. Sebagian besar hidup capung dihabiskan dalam bentuk naiad yang bergantung pada habitat perairan seperti sungai, sawah, rawa, dan danau. Capung juga dapat menjadi indikator kualitas ekosistem air karena capung betina ketika melakukan oviposisi lebih memilih habitat perairan yang jernih dan bersih. Capung dewasa dapat menjadi musuh alami bagi hama tanaman padi seperti penggerek batang padi, wereng coklat, dan walang sangit (Rizal dan Hadi, 2015). Capung dewasa juga dapat memakan berbagai jenis serangga terbang lain seperti kupu-kupu maupun memakan sesama capung. Adapun naiad capung yang hidup di air dapat memakan ikan dan organisme kecil yang hidup di air.



Gambar 13 Perilaku makan capung; (a) capung dewasa yang memakan kupu-kupu dan (b) naiad capung memakan ikan kecil (Sumber: bugguide.net)

4.2.10 Belalang Sembah (Mantodea)

Belalang sembah dikenal juga sebagai *praying mantis*. Ciri khas dari serangga ini adalah memiliki femur yang besar pada tungkai depannya dan digunakan untuk menangkap mangsa. Terdapat hal unik yang dilakukan oleh belalang sembah setelah kopulasi yaitu belalang sembah betina biasanya akan memakan belalang jantan. Hal ini menyebabkan belalang sembah memiliki sifat kanibalisme. Belalang sembah dapat memakan berbagai jenis serangga baik serangga bermanfaat maupun hama. Tidak hanya itu, belalang sembah ternyata juga dapat memangsa burung.



Gambar 14 Perilaku makan belalang sembah; (a) memakan burung *hummingbird* (sumber: roaringearth.com) dan (b) memakan tonggeret (Sumber: brisbaneinsect.com)

4.2.11 Laba-laba (Araneae)

Laba-laba (Ordo Araneae) merupakan anggota Filum Artropoda yang memiliki adaptasi tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan. Laba-laba tergolong hewan karnivora dan kebanyakan merupakan pemakan serangga sehingga laba-laba juga berperan penting dalam pengendalian hama (Ghavani, 2005). Salah satu famili yang paling banyak ditemui adalah famili Araneidae. Menurut Barrion and litsinger (1995), Araneidae merupakan famili yang memiliki penyebaran yang luas. Semua anggotanya membuat sarang dengan tipe sarang membulat dan menunggu mangsanya di tengah-tengah jaring. Laba-laba memiliki kisaran mangsa yang cukup luas, mulai dari kutudaun, belalang, kepik, larva dan imago penggerek, lalat, dan lainnya.



shutterstock.com · 654485929

Gambar 15 Laba-laba Oxyopidae sedang memakan; (a) memakan kepik dan (b) memakan ulat (Sumber: shutterstock.com)

4.3. PARASITOID

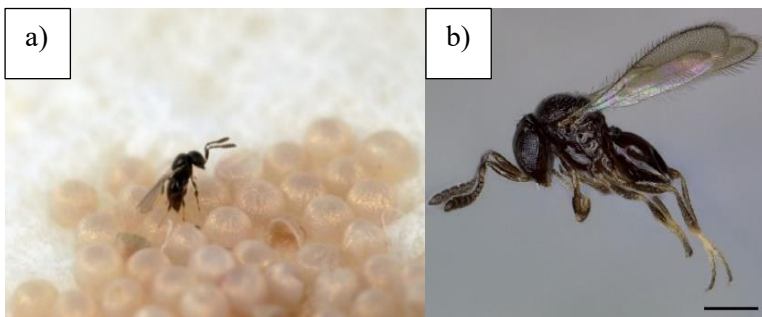
Parasitoid dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu parasitoid telur, parasitoid larva, dan parasitoid pupa. Beberapa parasitoid juga berperan sebagai hiperparasit. Hampir semua parasitoid berasal dari ordo Hymenoptera dan Diptera.

4.3.1 Parasitoid Telur

Parasitoid telur adalah parasitoid yang menyerang hama pada fase telur. Berikut adalah contoh-contoh parasitoid telur yang umum ditemukan di pertanian:

4.3.1.1 *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae)

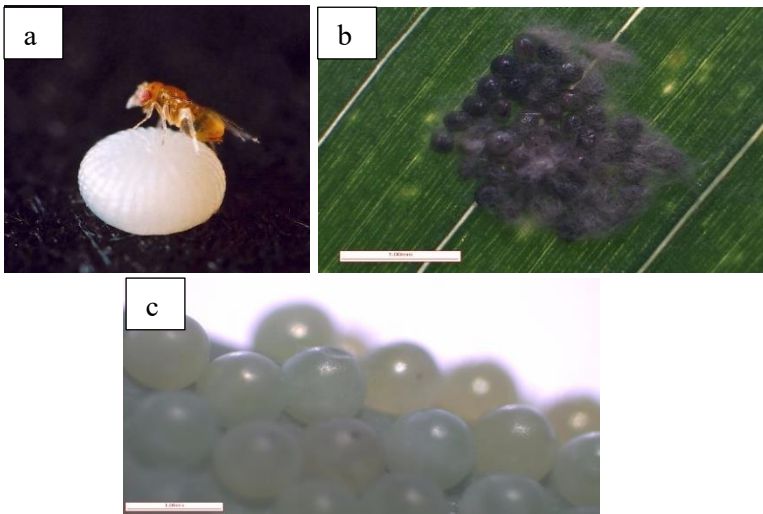
Parasitoid ini memiliki karakter tubuh berwarna hitam kemilau, antena terdiri dari 10 – 11 segmen, sayap belakang lebih kecil dari pada sayap depan dan memiliki satu kait kecil, sedangkan tarsus/kuku berjumlah 5 bagian dan terdapat duri-duri halus (Borror *et al.* 1996). *Telenomus* sp. dapat memarasit berbagai jenis telur hama seperti telur Lepidoptera, Coleoptera maupun Hemiptera.



Gambar 16 Parasitoid telur *Telenomus remus* (Sumber: Sari *et al.* 2020; Liao *et al.* 2019)

4.3.1.2 *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammitidae)

Parasitoid ini memiliki tubuh berwarna hitam sampai kuning dan berukuran sangat kecil, antena parasitoid ini terdiri dari 6 ruas, diujungnya terdapat rambut-rambut pendek. Bagian tepi sayap berbulu lebih panjang dari jenis lainnya, sedangkan tarsus berjumlah 3 ruas (Ni Nyoman 2012). Parasitoid ini meletakkan telur dengan menyuntikkan ovipositorinya di dalam telur hama. Telur hama yang terparasit biasanya akan berubah warna menjadi hitam. Parasitoid dari famili Trichogrammatidae telah umum digunakan sebagai agens hayati dalam mengendalikan berbagai hama seperti *Spodoptera frugiperda*, *S. litura*, *S. innotata* dan lain sebagainya.



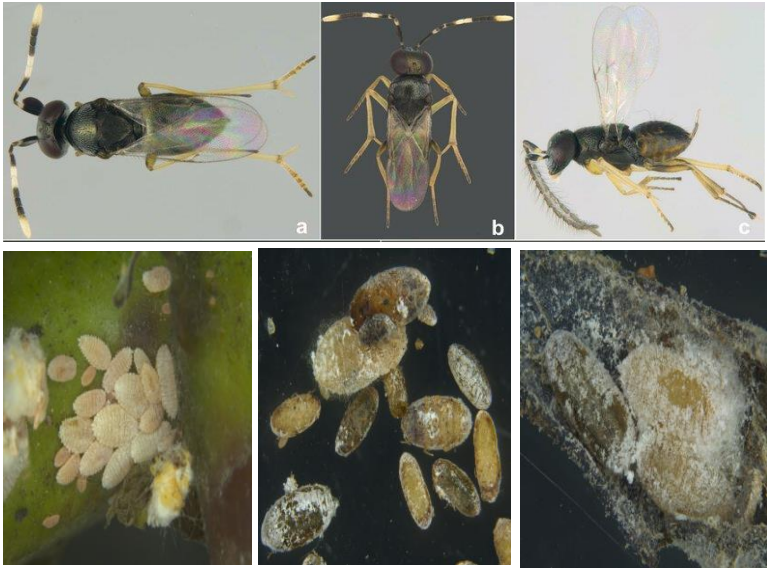
Gambar 17 (a) *Trichogramma* sp. sedang memarasit telur, (b) telur *S. frugiperda* yang terparasit, dan (c) telur *S. frugiperda* tidak terparasit (Sumber: Amrulloh 2022)

4.3.2 Parasitoid Larva

Parasitoid larva adalah parasitoid yang hanya menyerang hama pada fase larva. Terdapat juga parasitoid telur-larva yaitu parasitoid yang menyerang telur hama dan imagonya akan keluar ketika hama sudah menjadi larva.

4.3.2.1 *Anagyrus lopezi* (Hymenoptera: Encyrtidae)

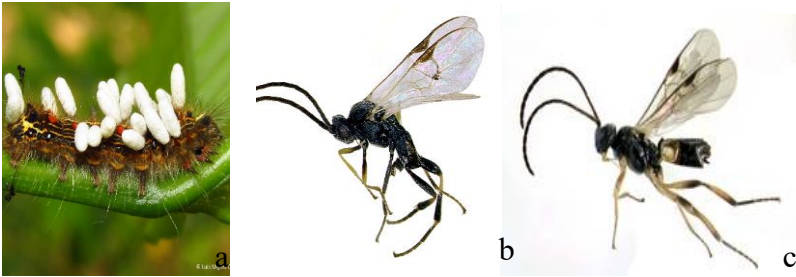
Parasitoid ini merupakan endoparasitoid spesifik bagi kutu putih *Phenacoccus manihoti* pada singkong. Parasitoid ini telah terbukti efektif dalam mengendalikan *P. manihoti* di 25 negara di Afrika (Herren dan Neuenschwander 1991) dan Thailand (Wyckhuys *et al.* 2019). Imago *A. lopezi* berwarna hitam mengkilap dengan panjang 1.2 –1.5 mm. Bagian kepala memiliki 4 ruas funikel, 4 ruas palpus maksila serta 3 ruas palpus labium. Imago betina memiliki skapus lebar dan rata, 3 ruas clavus, dengan bagian funikel lebih panjang dari skapus pada setiap ruasnya dan memiliki tungkai yang ramping. Pada bagian sayapnya terdapat vena submarginal yang tidak lebih besar dari stigma, gaster lebih pendek dari toraks. Antena imago *A. lopezi* betina berwarna putih dan hitam dengan 6 ruas funikel (Noyes dan Hayat 1994).



Gambar 18 *Anagrus lopezi* dan hiperparasitoidnya: a, b) *A. lopezi*, betina; c) *A. lopezi*, jantan; d) Kutu putih singkong, *Phenacoccus manihoti* (koloni sehat); e,f) mumi kutu putih (Sumber: Poorani *et al.* 2022)

4.3.2.2 *Apanteles* sp. dan *Microplitis* sp. (Hymenoptera: Braconidae)

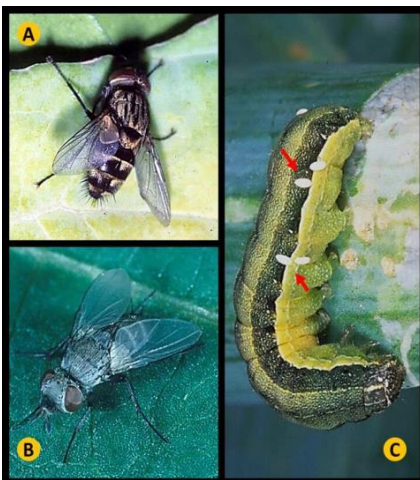
Dua jenis parasitoid ini merupakan parasitoid larva dari famili Braconidae. Parasitoid ini menyerang dengan cara meletakkan telur di dalam larva inang. Ketika larva instar akhir akan membentuk pupa, maka larva dari parasitoid ini akan keluar dan membentuk pupa di luar tubuh inangnya. Kebanyakan inang dari parasitoid ini adalah larva Lepidoptera.



Gambar 19 a) pupa parasitoid Braconidae, b) *Apanteles* sp, c) *Microplitis* sp. (Sumber: mindsculpt.me, waspweb.org)

4.3.2.3 Lalat Tachinid (Diptera: Tachinidae)

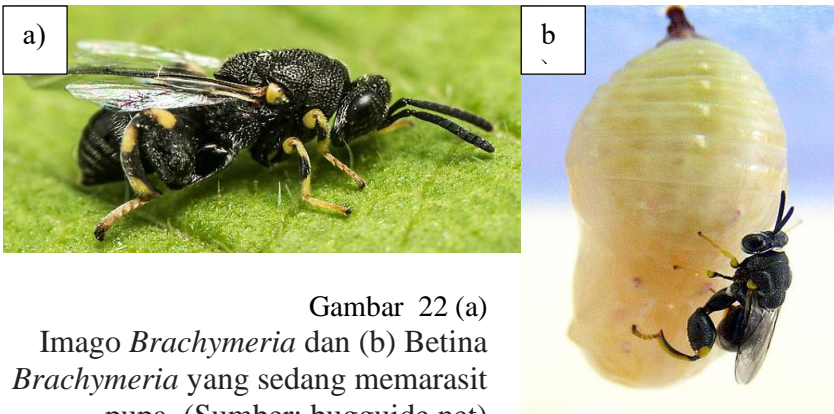
Tachinidae adalah salah satu famili dari ordo Lalat yang berisi 10.000 spesies parasit. Parasitoid ini digunakan sebagai pengontrol hama penggerek batang tebu *Rhabdoscelus* obscurus. Selain itu, larva Tachinid adalah parasit internal dari pradewasa kumbang, kupu-kupu, ngengat, sawflies, earwigs, dan belalang.



Gambar 20 Spesies lalat tachinid di Indonesia: (a). *Drino* sp. dewasa; (b). *Argyrophylax* sp. dewasa; (c). *Spodoptera exigua*, salah satu inang dari lalat Tachinid parasit di Indonesia dan telur lalat Tachinid. (Sumber: Petr Kapitola, 2010)

4.3.3.2 *Brachymeria* sp. (Hymenoptera: Chalcididae)

Spesies ini merupakan parasitoid pupa ulat penggulung daun pisang (*Erionota thrax*) dan beberapa pupa Lepidoptera lainnya. Parasitoid ini memiliki ciri khas yaitu bagian femur/paha tungkai belakang yang membesar. Tubuh parasitoid ini berwarna hitam dengan ujung tungkai berwarna kuning. Beberapa spesies memiliki kepala yang berbentuk segitiga. *Brachymeria* sebagian bersifat parasit pada Lepidoptera, tetapi beberapa spesies bersifat hiperparasit.



Gambar 22 (a) Imago *Brachymeria* dan (b) Betina *Brachymeria* yang sedang memarasit pupa. (Sumber: bugguide.net)

4.3.3.3 *Tetrastichus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae)

Parasitoid ini merupakan parasitoid yang umumnya bersifat endoparasit pada larva atau pupa dari ordo Diptera dan Lepidoptera. Kemampuan *Tetrastichus* sp. memarasit pupa lebih tinggi karena pupa tidak aktif untuk bergerak sehingga parasitoid lebih mudah untuk memarasitnya (Pitkin, 2004). Parasitoid ini umumnya menyerang beberapa hama seperti penggerek batang di pertanaman padi, tebu (Kartohardjono 1995) dan dilaporkan juga menyerang kumbang daun *Brontispa longissima* di tanaman kelapa

(Kementan 2017). Parasitoid ini memiliki karakter tubuh berwarna hitam dan beberapa spesies memiliki mata yang berwarna merah gelap.



Gambar 23 Imago *Tetrastichus* sp. (Sumber: Plantwise)



BAB V
PENGENALAN
SERANGGA
PENYERBUK

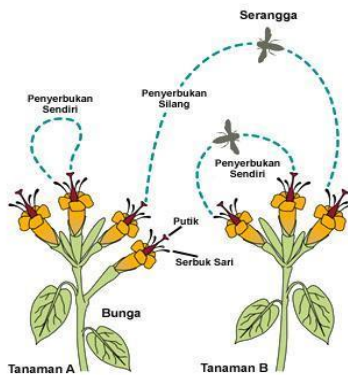
5.1. Latar Belakang

Serangga penyerbuk merupakan anggota kelompok serangga yang melakukan polinasi atau penyerbukan. Serangga penyerbuk merupakan kelompok hewan yang mendominasi proses penyerbukan. Serangga penyerbuk dapat berupa lebah, lalat, tawon, kupu-kupu, ngengat, dan kumbang. Lebah merupakan kelompok serangga penyerbuk dominan yang banyak menyerbuki berbagai jenis tumbuhan. Penelitian Buchori *et. al.* (2019), terdapat 13 spesies serangga dari ordo Hymenoptera, Diptera, dan Lepidoptera yang menyerbuki mentimun di Bogor. Ordo Hymenoptera termasuk penyerbuk yang paling melimpah, terutama kelompok Apidae (lebah). Beberapa spesies serangga penyerbuk yang bersifat soliter yaitu *Ceratina sp.*, *Xylocopa sp.*, *Nomia sp.*, *Megachile disjuncta*, *Papilio memnon*, dan *Eurema sp.*

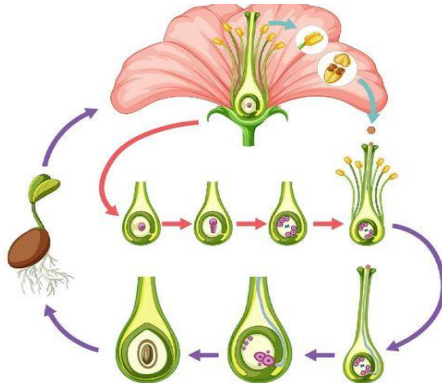
Penyerbukan hewan terutama lebah secara langsung bertanggung jawab atas 5-8 persen volume produksi pertanian global saat ini. Nilai pasar tahunan dari 5-8 persen produksi yang terkait langsung dengan jasa penyerbukan diperkirakan mencapai \$235 miliar - \$577 miliar. Sayangnya, tren saat ini, populasi serangga penyerbuk mengalami penurunan sehingga dapat mengakibatkan kerugian ekonomi sesuai nilai tersebut. Bahkan, hilangnya penyerbuk secara global berpotensi menurunkan produksi tanaman lebih dari 90 persen pada 12 persen tanaman utama dunia. Hilangnya penyerbuk juga dapat menyebabkan rendahnya ketersediaan tanaman yang menyediakan mikronutrien penting untuk diet manusia. Hal ini akan berdampak pada kesehatan, keamanan nutrisi dan dapat meningkatkan jumlah orang yang menderita kekurangan vitamin A, zat besi dan folat.

Selain jasa ekosistem, serangga penyerbuk seperti lebah juga memberikan manfaat penting bagi manusia. Lebah umumnya dimanfaatkan sebagai penghasil madu yang memberikan nilai ekonomi bagi peternak lebah. Sebagai ilustrasi, satu koloni *stingless bee* (*Tetragonula biroi*) dapat menghasilkan madu sebanyak 1 kg, propolis 350 gr, dan bee pollen 100 gr dalam waktu 3 bulan. Harga madu stingless bee yaitu 130 ribu per kg, harga propolis yaitu 150 ribu per kg, dan *bee pollen* yaitu 250 ribu per kg. Selain nilai ekonomi, lebah juga telah lama dimanfaatkan untuk pengobatan. Hal ini karena lebah dapat menghasilkan madu, propolis dan *bee pollen* yang bermanfaat bagi kesehatan.

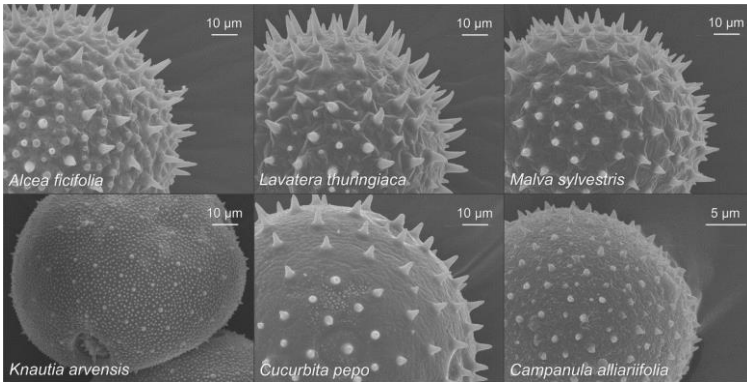
Keberadaan serangga penyerbuk di alam juga memiliki hubungan yang khusus dan harmonis dengan tumbuhan berbunga. Penelitian di tahun 2019 oleh Veits *et al.* menunjukkan adanya respons dari bunga terhadap kehadiran serangga penyerbuk. Serangga penyerbuk akan mengeluarkan getaran yang direspons oleh bunga dengan meningkatnya produksi nektar. Hal ini yang membuat keberadaan serangga penyerbuk dapat sangat penting bagi tanaman pertanian, terutama yang berbunga untuk menghasilkan buah.



Gambar 24 Jenis-jenis polinasi (Sumber: IPBES 2016)



Gambar 25 Proses pembuahan pada bunga yang menghasilkan biji dan dapat menjadi tanaman yang baru. (Sumber: IPBES 2016)

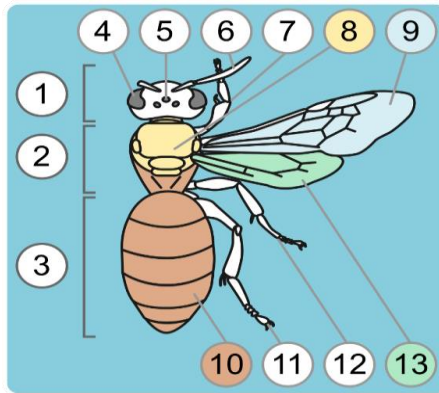


Gambar 26 Beberapa jenis dan bentuk polen dari berbagai tumbuhan. (Sumber: Konzmann *et al.* 2019)

5.2. SERANGGA PENYERBUK

5.2.1 Bagian Umum Serangga

Bagian tubuh serangga secara umum terdiri dari 3 bagian utama, yaitu kepala, toraks/dada, dan abdomen/perut. Bagian kepala dapat terlihat antena, mata, dan mulut. Bagian toraks/dada dapat terlihat sayap dan kaki (biasanya 3 pasang). Sedangkan perut dapat terlihat corak abdomen dan kelamin jantan dan betina.



Gambar 27 Bagian-bagian umum lebah. (Sumber: www.idmybee.com/)

Bagian-bagian umum dari serangga:

- | | |
|--|----------------------|
| 1. Struktur kepala | 7. Tungkai depan |
| 2. Mesosoma | 8. Toraks |
| 3. Metasoma | 9. Sayap depan |
| 4. Mata majemuk | 10. Abdomen/perut |
| 5. Mata sederhana
(<i>ocellus/ocelli</i>) | 11. Tungkai belakang |
| 6. Antena | 12. Tungkai tengah |
| | 13. Sayap belakang |

5.2.2 Cara Identifikasi

Identifikasi merupakan kegiatan mencocokkan spesimen yang didapatkan dengan spesimen yang telah diberi nama sebelumnya. Identifikasi serangga biasanya dimulai dari bagian paling depan atau kepala hingga bagian paling belakang atau abdomen/perut. Bagian tersebut dilihat dari berbagai sisi seperti atas, bawah, samping, depan, dan belakang.

Pada bagian kepala dapat dilihat bentuk antena, bentuk mata, dan bentuk mulut. Pada bagian dada/toraks dapat dilihat bentuk kaki, ornamen kaki (seperti *pollen basket*), bentuk toraks/dada, corak toraks/dada, bentuk sayap, *petiole* (celah seperti pinggang antara toraks/dada dan abdomen/perut), dan venasi sayap (sayap depan dan belakang). Bagian abdomen/perut dapat dilihat ukuran, bentuk, dan corak abdomen/perut, serta bentuk organ kelamin. Bagian-bagian tersebut dicocokkan dengan kunci identifikasi serangga yang tersedia baik dalam bentuk buku maupun publikasi lainnya. Setelah dicocokkan dan mendapatkan hasil, perlu dipastikan dengan keterangan lain yang menguatkan hasil identifikasi serangga seperti sebaran spesies (di daerah mana biasa ditemukan), ukuran spesies, tempat mencari makan, tempat hidup, kebiasaan, dan lain-lain. Untuk lebih lanjut identifikasi, dapat dilihat di lampiran.

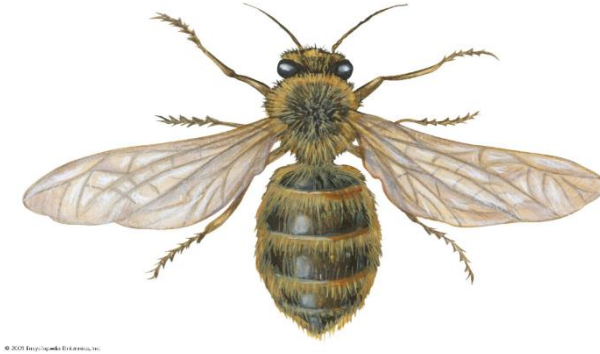
Beberapa jenis serangga penyerbuk yang sering ditemui di Indonesia adalah kupu-kupu, lebah madu berkoloni (*Apis mellifera*, *Apis cerana*, dan *Apis dorsata*), lebah soliter/tak berkoloni (*Amegilla sp.* dan *Xylocopa sp.*), dan lebah tanpa sengat (*Tetragonula* dan *Heterotrigona*). Lebah tanpa sengat di Indonesia memiliki beberapa nama seperti teuweul (Bahasa Sunda), gala-gala atau galo-galo (Sumatera Barat), ketape atau kammu (Sulawesi Selatan), lanceng atau klanceng (Bahasa Jawa), dan kelulut.

5.2.3 Penyerbuk dari Kelompok Lebah

Beberapa jenis lebah yang sering ditemui di Indonesia adalah lebah madu (*Apis mellifera*, *Apis cerana*, dan *Apis dorsata*), lebah soliter (*Amegilla* sp. dan *Xylocopa* sp.), dan lebah tanpa sengat (*Tetragonula* dan *Heterotrigona*). Lebah tanpa sengat di Indonesia memiliki beberapa nama seperti lebah trigona, teuweul (Bahasa Sunda), gala-gala atau galo-galo (Sumatera Barat), ketape atau kammu (Sulawesi Selatan), lanceng atau klanceng (Bahasa Jawa), dan kelulut. Aktivitas mencari makan dari spesies lebah tak bersengat biasanya lebih tinggi di pagi hari dibandingkan di sore hari. Dalam Publikasi Buchori *et. al.* (2022) terdapat 22 spesies lebah, termasuk 3 spesies lebah madu dan 19 spesies lebah tanpa sengat, yang dibudidayakan oleh peternak lebah di Indonesia. *A. cerana* dan *T. laeviceps* adalah spesies lebah yang paling umum ditenakkan oleh peternak lebah.

5.2.3.1 Lebah Madu

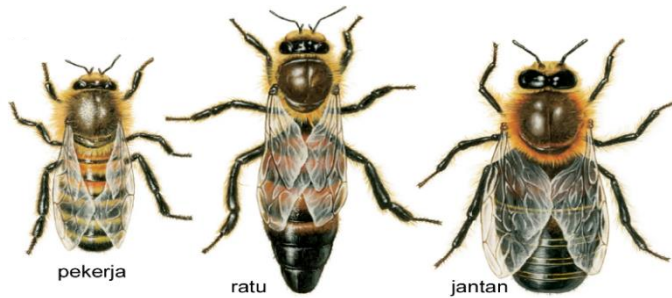
Lebah madu merupakan lebah yang hidup secara berkoloni. Lebah ini biasanya memiliki tingkatan seperti ratu, pekerja, dan pejantan/jantan. Ratu biasanya berperan sebagai pemimpin dan menghasilkan telur. Ukuran dari ratu biasanya lebih besar dari lebah lainnya. Lebah pekerja merupakan lebah yang bertugas untuk mengumpulkan pakan seperti madu dan polen serta merawat sarang. Lebah jantan/drone memiliki peran dalam mengawini lebah betina untuk menghasilkan telur. Lebah madu yang umum ditemukan di area pertanian adalah lebah madu Asia (*Apis cerana*), lebah madu Eropa (*Apis mellifera*), dan lebah madu hutan (*Apis dorsata*).



Gambar 28 Foto dari bagian atas lebah madu Eropa (*Apis mellifera*).
(Sumber: <https://www.britannica.com/animal/honeybee>)

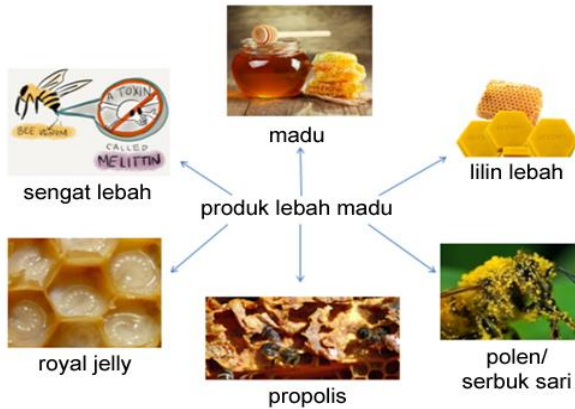


Gambar 29 Siklus hidup dari lebah madu dari telur hingga dewasa. (Sumber: <https://www.britannica.com/animal/honeybee>)



© 2012 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Gambar 30 Pembagian kasta pada lebah yang terdiri dari pekerja, ratu, dan jantan. (Sumber: <https://www.britannica.com/animal/honeybee>)



Gambar 31 Produk-produk yang dihasilkan dari lebah madu. (Sumber: Malik & Azad 2020).

5.2.3.1.1 Lebah Madu Asia (*Apis cerana*)

Bentuk tubuh dari lebah madu Asia dan lebah madu Eropa (*Apis mellifera*) hampir serupa. Pada pekerja memiliki kantong serbuk sari (*pollen basket*) pada kaki bagian belakang untuk membawa serbuk sari. Pada bagian ujung perut/abdomen terdapat sengat yang berwarna kuning dan hitam.

Terdapat garis hitam berjumlah empat pada bagian perut, sedangkan lebah madu Eropa berjumlah tiga. Secara alami, lebah madu Asia membuat sarang di lubang pohon.



Gambar 32 Tampak dari atas dan samping lebah madu Asia (*Apis cerana*). (Sumber: <https://bees4life.org/>)



Gambar 33 Peta yang menunjukkan persebaran dan tempat ditemukannya lebah madu Asia (*Apis cerana*). (Sumber: <https://entnemdept.ufl.edu/>)

5.2.3.1.2 Lebah Madu Eropa (*Apis mellifera*)

Lebah pekerja dari lebah madu Eropa berukuran paling kecil dibandingkan dengan ratu dan jantan. Seluruh tubuh ditutupi oleh rambut halus. Pada bagian kaki belakang terdapat kantong serbuk sari (*pollen basket*) yang berfungsi untuk membawa serbuk sari. Pada ujung perut/abdomen terdapat sengat untuk menyerang musuh. Namun ketika sudah menyerang musuh, lebah akan mati. Lebah madu Eropa tersebar luas di seluruh dunia kecuali di Kutub Utara dan Selatan.



Gambar 34 Tampak dari atas dan samping lebah *Apis mellifera*. (Sumber: <https://bees4life.org>).



Gambar 35 Tampak dari atas dan samping lebah madu Eropa (*Apis mellifera*) jantan (kiri) dan pekerja (kanan). (Sumber: <https://entnemdept.ufl.edu/>)

5.2.3.1.3 Lebah Madu Hutan (*Apis dorsata*)

Lebah madu hutan lebih sering ditemui di hutan dan lanskap yang berdekatan dengan hutan. Lebah pekerja dari lebah ini memiliki ukuran 1,7 - 2,0 cm. Lebah madu hutan merupakan lebah liar yang jarang di pelihara oleh peternak lebah madu. Lebah madu hutan memiliki bentuk yang hampir mirip dengan lebah madu Eropa (*Apis mellifera*), namun memiliki ukuran yang lebih besar. Lebah madu hutan biasanya membuat sarang di dahan pohon yang besar seperti kedondong (*Spondias* sp.), keruing (*Dipterocarpus* spp.), dan kempas (*Koompassia* sp.). Ukuran dari sarang lebah ini juga besar, yaitu panjang hingga 1,5 x 0,7 meter. Bentuk dari sarang seperti mengerucut ke bawah.



Gambar 36 Tampak dari atas dan samping lebah madu hutan (*Apis dorsata*) pekerja. (Sumber: <https://bees4life.org/>)



Gambar 37 Sarang lebah madu hutan di pohon. (Sumber: <https://entnemdept.ufl.edu/>)

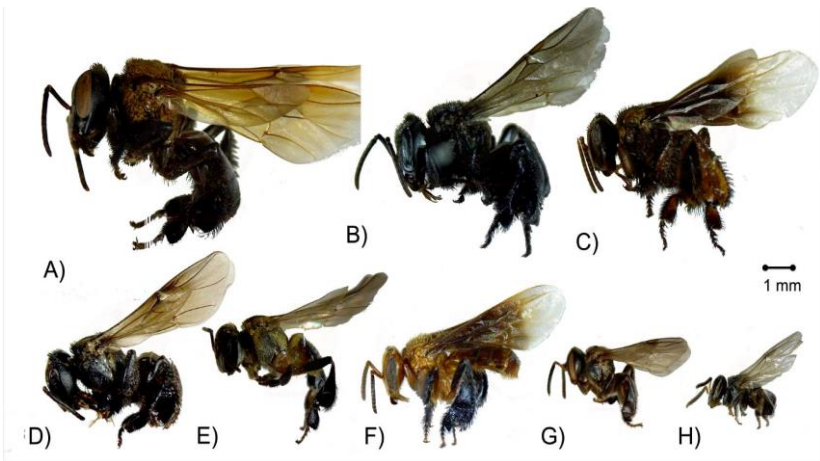


Gambar 38 Pemanenan madu dari sarang lebah madu hutan. (Sumber: <https://entnemdept.ufl.edu/>)

5.2.3.2 Lebah Tanpa Sengat

Sesuai namanya, lebah tanpa sengat memiliki ciri khas tidak memiliki sengat seperti lebah madu pada umumnya. Lebah tanpa sengat berwarna gelap atau hitam dan memiliki ukuran lebih kecil dari lebah madu. Semua lebah tanpa sengat hidup di dalam koloni secara eusocial yang terdiri dari ratu, pekerja (betina yang tidak dapat bereproduksi) dan jantan. Dalam satu koloni, jumlah pekerja dapat mencapai ribuan dengan hanya ada satu ratu. Pada satu waktu, dapat ditemukan sedikit sampai banyak jantan tapi terkadang tidak ditemukan di dalam koloni (Priawandiputra 2020).

Lebah tanpa sengat juga menghasilkan madu dengan jumlah yang lebih sedikit dari lebah madu karena ukuran tubuh dan sarangnya memang lebih kecil dari lebah madu. Produk lainnya yang dapat dihasilkan oleh lebah tanpa sengat yaitu propolis.



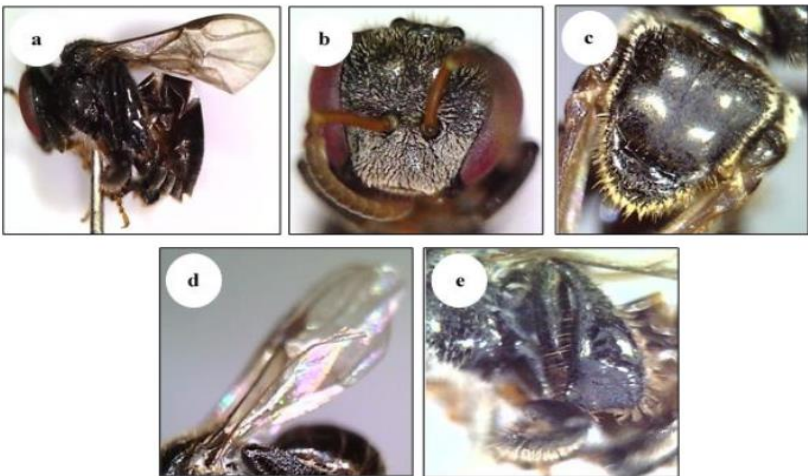
Gambar 39 Spesies lebah tanpa sengat di Lubuk Bintialo dan Pangkalan Bulian: A) *Geniotrigona thoracica*, B) *Lophotrigona canifrons*, C) *Tetrigona apicalis*, D) *Heterotrigona itama*, E) *Lepidotrigona terminata*, F) *Tetragonula atripes*, G) *T. laeviceps*, and H) *T. fucobalteata*. (Sumber: Priawandiputra *et al* 2020)

Genus *Tetragonula*

Ciri khas dari genus *Tetragonula* ini adalah terdapat enam baris rambut yang terdapat pada bagian atas dari toraks. Contoh yang ada di Indonesia adalah *Tetragonula laeviceps*, *Tetragonula biroi*, *Tetragonula minangkabau*, dan *Tetragonula sarawakensis*.

5.2.3.2.1 Lebah Tanpa Sengat *Tetragonula laeviceps*

Warna tubuh dari lebah pekerja *T. laeviceps* didominasi oleh hitam. Ukuran kepala kecil dengan rambut halus. Warna mata majemuk kemerahan. Warna antena coklat kekuningan hingga sedikit hitam di bagian ujungnya. Toraks/dada bagian tengah terdapat enam garis rambut yang berwarna kuning. Bagian toraks atas memanjang hingga mendekati perut/abdomen. Perut/abdomen berwarna coklat. Warna sayap seragam dan agak transparan.



Gambar 40 Bagian tubuh lebah tanpa sengat *T. laeviceps*: a. Tubuh dari samping, b. bagian kepala, c. toraks bagian atas, d. sayap depan, e. kaki bagian belakang. (Sumber: Purwanto & Trianto 2021).

5.2.3.2.2 Lebah Tanpa Sengat *Tetragonula biroi*

Warna tubuh dari lebah tanpa sengat biroi (*T. biroi*) pekerja didominasi oleh hitam termasuk bagian dada. Ukuran kepala kecil dengan rambut halus.. Warna mata majemuk coklat. Warna antena dari pangkal coklat hingga ujung berwarna hitam. Terdapat enam garis rambut di bagian atas toraks/dada. Warna kaki bagian belakang hitam dengan bentuk “buah pir”. Warna dari perut coklat kehitaman. Warna dari sayap depan seragam dan transparan.



Gambar 41 Bagian tubuh lebah tanpa sengat *T. biroi*: a. tubuh dari samping, b. bagian kepala, c. toraks bagian atas, d. sayap depan, e. kaki bagian belakang. (Sumber: Purwanto & Trianto 2021)

5.2.3.2.3 Lebah Tanpa Sengat *Tetragonula sarawakensis*

Kepala terdapat rambut halus berwarna coklat. Warna mata majemuk coklat. Antena berwarna coklat. Toraks/dada bagian atas terdapat rambut berwarna coklat dan hitam. Warna sayap transparan dengan venasi (jejaring sayap) berwarna coklat gelap. Perut/abdomen bagian atas halus hingga ke belakang kasar dengan bulu halus. Perut/abdomen berwarna coklat.

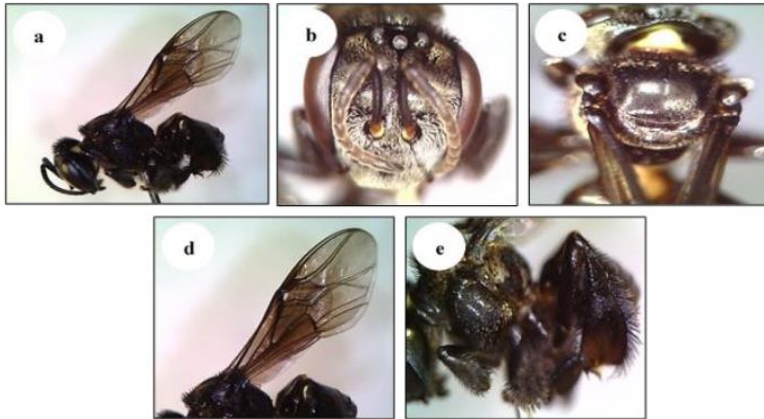


Gambar 42 Bagian tubuh lebah tanpa sengat *T. sarawakensis*: a. tubuh dari samping, b. bagian kepala, c. toraks bagian atas, d. sayap depan, e. kaki bagian belakang. (Sumber: Purwanto & Trianto 2021)

Genus *Heterotrigona*

5.2.3.2.4 Lebah Tanpa Sengat *Heterotrigona itama*

Warna tubuh dari lebah pekerja *H. Itama* didominasi oleh hitam. Bagian toraks/dada juga berwarna hitam dengan terdapat rambut-rambut pada bagian atasnya. Kaki bagian belakang panjang dengan bentuk “buah pir”. Perut bagian atas halus dan bagian belakang kasar dan ditutupi rambut halus. Perut/abdomen berwarna hitam. Ukuran tubuh *H. itama* lebih besar dari lebah *Tetragonula*. Lebah ini termasuk jenis lebah yang agak sulit untuk dibudidayakan. Peternak lebah biasanya menggunakan log kayu sebagai bahan rumah bagi *H. itama*.



Gambar 43 Bagian tubuh lebah tanpa sengat *H. itama*: a. Tubuh dari samping, b. bagian kepala, c. toraks bagian atas, d. sayap depan, e. kaki bagian belakang. (Sumber: Purwanto & Trianto 2021)

5.2.3.3 Lebah Soliter

Lebah soliter merupakan kelompok lebah yang hidup tanpa koloni dan tidak memiliki tingkatan kasta. Lebah ini biasanya hidup liar dan tidak ditenakkan karena tidak menghasilkan madu. Walaupun demikian, lebah ini tetap memiliki peran dalam penyerbukan bunga. Berapa contoh yang sering ditemui adalah lebah garis biru dan lebah kayu.

5.2.3.3.1 Lebah Bergaris Biru (*Amegilla* sp.)

Lebah bergaris biru merupakan serangga yang banyak hidup di dekat sungai. Sarang dari lebah ini berbentuk lubang yang ada di lumpur yang kering. Lebah ini sudah teradaptasi untuk hidup dekat dengan manusia. Ukuran dari sarangga ini sekitar 1,5 cm. Ciri khas dari lebah ini adalah terdapat pola garis di bagian perut dengan warna biru dan hitam. Jumlah garis

pada jantan lima baris, sedangkan betina empat garis. Lebah bergaris biru biasanya menyerbuki tanaman yang hampir sama seperti lebah madu yaitu hampir semua tanaman seperti cabai, terong, tomat, kenikir, tahi kotok, dan lain-lain.



Gambar 44 Lebah garis biru *Amegilla* sp. (Sumber: <https://australian.museum>)

5.2.3.3.2 Lebah Kayu (*Xylocopa* sp.)

Lebah kayu merupakan lebah yang biasanya berukuran besar dan seluruh tubuhnya berwarna hitam. Bagian toraks dari serangga ini biasanya terdapat rambut yang berwarna kuning atau biru. Lebah kayu ini memiliki sarang di dalam kayu dengan cara dilubangi. Karena berukuran besar, serangga ini biasanya mengunjungi bunga yang juga berukuran besar seperti bunga matahari, kacang tunggak, kacang panjang, tahi kotok, kenikir, dan terong.



Gambar 45 Lebah kayu *Xylocopa* sp. yang sedang mengunjungi bunga kenikir. (Sumber: Amrulloh 2022)



Gambar 46 Potongan sarang lebah kayu (*Xylocopa aestuans*) yang menunjukkan beberapa tingkat perkembangan. Paling kiri menunjukkan larva hingga ke kanan semakin dewasa. (Sumber: bugguide.net)

5.3. Penyerbuk dari Serangga Lain

5.3.1 Kupu-Kupu

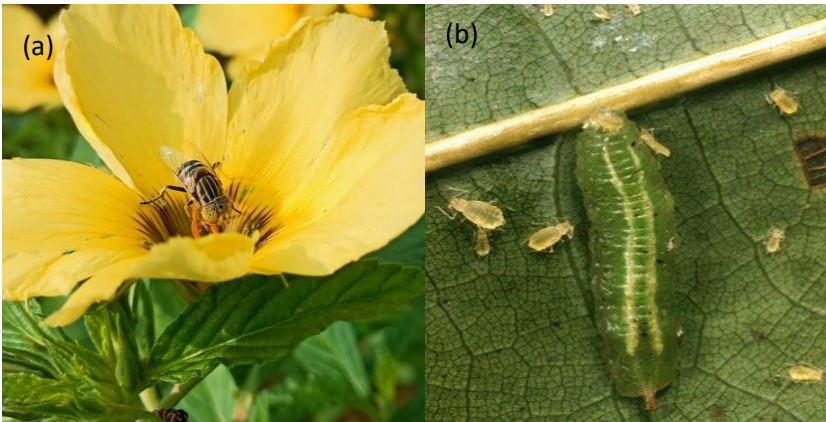
Kupu-kupu merupakan serangga yang aktif di waktu pagi hingga siang hari. Kupu-kupu tertarik untuk mencari bunga yang memiliki warna cerah seperti merah, kuning, dan jingga. Kupu-kupu dewasa mengunjungi bunga untuk mendapatkan nektar/madu. Pada saat memakan nektar, serbuk sari akan menempel pada tubuh kupu-kupu dan akan melakukan penyerbukan pada saat kupu-kupu mengunjungi bunga berikutnya. Beberapa kupu-kupu yang umum ditemui di pertanaman adalah kupu-kupu bolina (*Hypolimnas bolina*) dan kupu-kupu limau kecil (*Papilio polytes*). Bunga yang dibantu penyerbukannya oleh kupu-kupu adalah tanaman yang berwarna cerah seperti bunga matahari, terong, tomat, kenikir, tahi kotok, dan lain-lain.



Gambar 47 Kupu-kupu bolina (*H. bolina*) sedang mengunjungi bunga *Turnera*. (Sumber: Amrulloh 2022)

5.3.2 Lalat Bunga

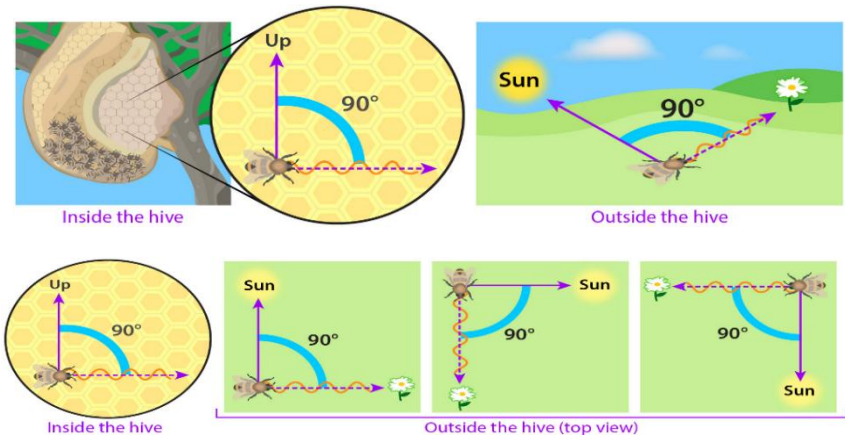
Lalat bunga merupakan salah satu serangga penyerbuk penting bagi pertanian. Secara sekilas, bentuk dan warna dari lalat bunga mirip dengan lebah madu. Hanya saja, sebagai anggota dari Ordo Diptera, lalat bunga hanya memiliki sepasang sayap dan mata majemuk yang besar. Hal tersebut yang membedakannya dari lebah madu (lebah madu memiliki dua pasang sayap) pada umumnya. Selain berperan sebagai penyerbuk saat dewasa, lalat bunga juga berperan penting sebagai predator saat fase larva yang dapat mengendalikan serangga hama seperti kutu daun dan thrips. Sehingga selain sebagai agen penyerbuk, lalat bunga juga berperan sebagai agen biokontrol atau musuh alami hama.



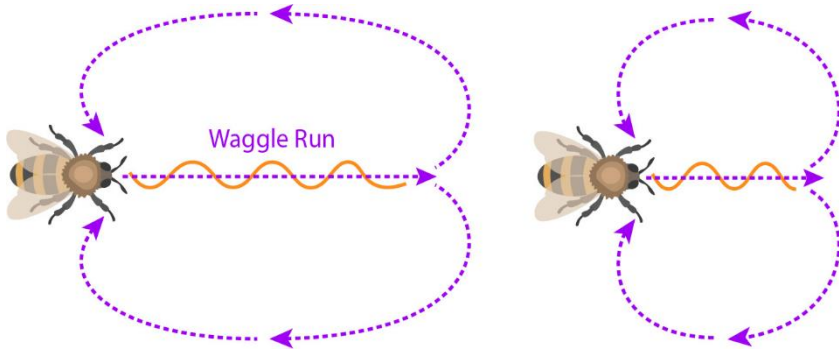
Gambar 48 Morfologi lalat bunga (a) Imago *Ischiodon scutellaris* yang menempel bunga, (b) larva yang memakan kutu daun. (Sumber: Amrulloh 2022)

5.4 Perilaku Lebah Madu

Salah satu perilaku lebah madu yang menarik adalah melakukan tarian atau *waggle dance*. Tarian ini bertujuan untuk memberi tahu koloninya terkait keberadaan sumber makanan. Tarian ini biasanya dilakukan oleh lebah pekerja yang baru saja mengetahui tanaman sumber nektar yang kembali ke sarang. Lebah tersebut akan melakukan goyangan yang menarik perhatian dari lebah pekerja lainnya. Lebah madu yang membawa informasi akan melakukan *waggle dance* dengan mengibaskan badannya kemudian memutar ke arah kanan/kiri, mengibaskan badannya kembali, memutar ke arah kiri/kanan, dan mengibaskan badannya lagi. Sudut yang terbentuk antara tarian ini dan matahari akan menunjukkan arah dari sumber makanan yang dapat diikuti oleh lebah madu pekerja lainnya.



Gambar 49 *Waggle dance* yang dilakukan lebah untuk memberi tahu lebah lain posisi makanan berdasarkan sudut yang dibentuk antara sumber makanan dan matahari. (Sumber: <https://askabiologist.asu.edu/bee-dance-game/introduction.html>)



Gambar 50 Proses tarian (*waggle dance*) dengan mengibaskan badannya kemudian memutar ke arah kanan/kiri, mengibaskan badannya kembali, memutar ke arah kiri/kanan, dan mengibaskan badannya lagi. (Sumber: <https://askabiologist.asu.edu/bee-dance-game/introduction.html>)

5.5 Musuh Alami bagi Serangga Penyerbuk

Serangga penyerbuk seperti lebah memiliki beberapa musuh yang dapat menyerangnya. Kelompok yang menyerang lebah biasanya juga dari serangga lain, tungau, dan burung. Sifat-sifat dari musuh ini adalah menyerang lebah, memarasit tubuh lebah, dan merusak sarang lebah. Musuh yang menyerang langsung lebah madu dapat berupa burung pemakan lebah dan tabuhan. Parasit yang biasa memarasit tubuh lebah madu adalah tungau seperti *Varroa* spp. dan *Tropilaelaps* spp. Salah satu serangga yang umum merusak sarang adalah kumbang sarang kecil (*Aethina tumida*). Selain hama, lebah madu dapat terjangkit penyakit yang disebabkan oleh cendawan, bakteri, dan virus.



Gambar 51 Burung kirik-kirik laut (*Merops philippinus*) yang sedang memakan lebah madu (Sumber: <http://besgroup.blogspot.com/>)



Gambar 52 Tabuan (*Vespa* sp.) yang memangsa lebah madu (Sumber: <https://entnemdept.ufl.edu/>)



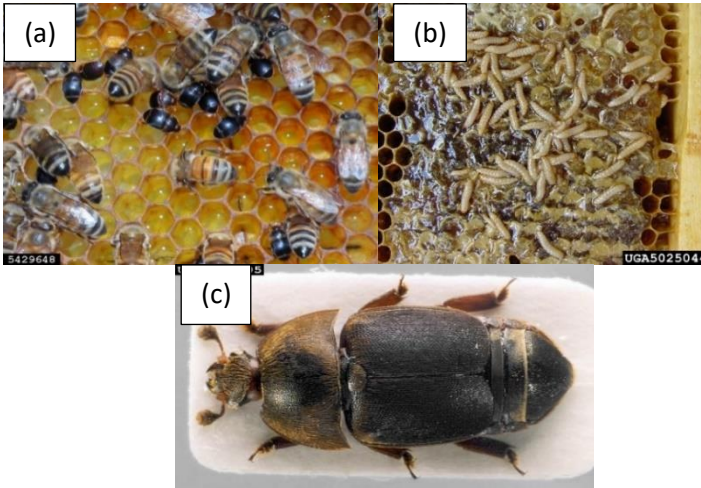
Gambar 53 Semut api yang menyerang sarang lebah. (Sumber: <https://beeinformed.org>)



Gambar 54 Bentuk dari tungau *Tropilaelaps* sp. (Sumber: <https://entnemdept.ufl.edu/>)



Gambar 55 Tungau *Tropilaelaps* sp. Yang memarasiti anakan lebah madu. (Sumber: <https://americanbeejournal.com/>)



Gambar 56 Kumbang sarang kecil (*Aethina tumida*) yang memarasit sarang lebah madu. (a) imago kumbang sarang kecil menyerang sarang lebah madu, (b) larva dari kumbang sarang kecil merusak sarang lebah madu, dan (c) penampakan *dewasa* dari kumbang sarang kecil. (Sumber: <https://www.cabidigitalibrary.org/>)



Gambar 57 Larva lebah madu (berwarna putih) yang terserang cendawan *Ascospaera apis*. (Sumber: <https://www.sare.org/>)



Gambar 58 Larva lebah madu yang terserang bakteri *Melissococcus plutonius* dengan ciri-ciri melengkung ke atas, berwarna coklat, dan lembek. (Sumber: <https://bee-health.extension.org/>)



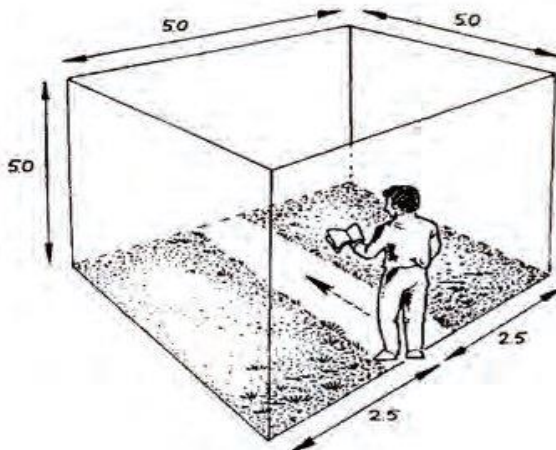
Gambar 59 Lebah madu yang terserang virus *Deformed Wing Virus* dengan sayap tidak berkembang dengan baik. (Sumber: <https://www.blog-veto-pharma.com/us/deformed-wing-virus-dwv-new-deadly-variant-threatening-honey-bees-globally-2/>)

5.6 Prosedur Sampling Serangga Penyerbuk

Sampling dari serangga penyerbuk dapat dilakukan dengan pengamatan langsung atau dengan koleksi serangga penyerbuk. Kedua cara ini dapat dilakukan untuk mendapatkan data serangga penyerbuk atau salah satunya saja. Namun, jika dilakukan keduanya akan memperkaya keragaman serangga penyerbuk yang didapat.

5.6.1 Pengamatan Langsung

Pengamatan langsung dapat dilakukan dengan mengamati secara langsung jenis dan jumlah serangga penyerbuk yang hadir di suatu lokasi. Pengamatan dilakukan pada garis transek yang telah ditentukan. Pada lahan pertanian, celah antar bedengan dapat menjadi transek. Pengamat akan berjalan di sepanjang garis transek sambil mengamati dan mencatat jumlah dan jenis serangga apa saja yang hadir.



Gambar 60 Contoh dari metode pengamatan serangga secara langsung.
(Sumber: <https://www.researchgate.net/>)

5.6.2 Sweep Net

Koleksi serangga penyerbuk dapat dilakukan dengan menggunakan *sweep net* atau dengan *yellow pan trap* (jebakan). Kedua metode koleksi ini dinilai efektif untuk serangga penyerbuk yang kebanyakan merupakan penerbang aktif. *Sweep net* dilakukan secara aktif dengan mengibaskan jaring serangga di atas tanaman secara merata. Sama halnya dengan metode pengamatan, metode *sweep net* dilakukan di sepanjang garis transek yang telah ditentukan sebelumnya. Serangga yang tertangkap kemudian disuntik dengan menggunakan suntikan yang berisi alkohol 70% untuk membuat serangga mati. Selanjutnya, serangga tersebut dimasukkan ke dalam wadah yang berisi larutan alkohol 70% untuk pengawetan. Untuk kelompok kupu-kupu, cukup dipencet bagian toraks untuk dimatikan dan dimasukkan ke dalam kertas minyak untuk menjaga sayap tidak rusak. Semua koleksi serangga diberi label yang berisi informasi lokasi, plot, tanggal, dan metode sampling.



Gambar 61 Salah satu metode koleksi serangga menggunakan sweep net. (Sumber gambar: <https://www.mafes.msstate.edu>)

5.6.3 Yellow Pan Trap

Koleksi dengan *Yellow Pan Trap* (YPT) merupakan metode koleksi yang memanfaatkan ketertarikan serangga penyerbuk terhadap warna-warna yang cerah. Metode koleksi merupakan metode pasif dengan meletakkan wadah berwarna kuning yang diisi dengan cairan sabun. Cairan sabun diisi hingga sepertiga dari total volume wadah. Larutan sabun dapat dibuat dengan mencampurkan 1 atau dua tetes larutan pencuci sabun ke dalam nampan kuning yang berisi air. YPT kemudian ditaruh di lokasi yang berdekatan dengan bunga agar menarik perhatian serangga penyerbuk. Kemudian YPT ditinggalkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, serangga yang terperangkap di YPT dikoleksi dan dimasukkan ke dalam wadah yang berisi alkohol 70% untuk pengawetan. Semua koleksi serangga kemudian diberi label yang berisi informasi lokasi, plot, tanggal, dan metode sampling.



Gambar 62 Serangga yang terjebak di *Yellow Pan Trap*. (Sumber: <https://u.osu.edu/biomuseum/tag/yellow-pan-trap/>)

5.7 Prosedur Sortasi dan Identifikasi

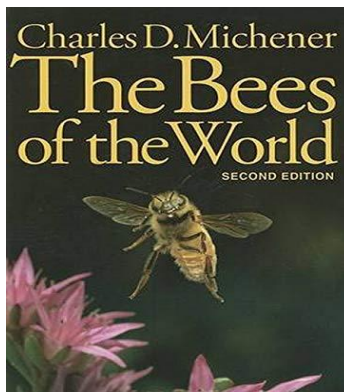
Sampel yang telah dikumpulkan kemudian disortasi terlebih dahulu. Sortasi merupakan proses pemisahan serangga yang kemudian dikelompokkan ke taksa tertentu yang mudah dikenali secara umum seperti tingkatan ordo atau famili. Sortasi dinilai penting karena memudahkan proses identifikasi selanjutnya.



Gambar 63 Sortasi dari serangga berdasarkan kelompok taksa tertentu. (Sumber: <https://noahstrycker.com/2010/05/insect-sampling/>)

Identifikasi merupakan proses pemberian nama takson dengan mencocokkan karakter yang dimiliki suatu individu dengan individu yang telah diberi nama sebelumnya. Secara sederhana, identifikasi merupakan pemberian nama takson yang sudah ada sebelumnya ke suatu individu organisme. Proses identifikasi serangga penyerbuk dimulai dengan memosisikan serangga penyerbuk yang telah dikoleksi sebelumnya agar mudah untuk dilihat karakter morfologinya. Memosisikan serangga dapat dibantu dengan jarum dan pinset. Untuk mempermudah melihat karakter morfologi serangga, dapat dibantu dengan kaca pembesar atau dengan mikroskop stereo. Identifikasi dilakukan dengan mencocokkan karakter

mengikuti kunci dikotomi atau kunci determinasi yang ada di buku atau artikel identifikasi serangga penyerbuk. Identifikasi biasanya dilakukan hingga tingkat genus atau spesies (morfoespecies). Semua serangga penyerbuk yang telah diidentifikasi kemudian siap untuk ditabulasi dan dianalisis. Identifikasi serangga penyerbuk dapat mengacu pada berbagai kunci identifikasi seperti buku *The Bees of the World* (Michener 1996) dan referensi lainnya.



Gambar 64 Salah satu buku referensi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi lebah.

5.8 Prosedur Tabulasi dan Analisis Data

Sampel yang telah didapatkan kemudian ditabulasi. Informasi mengenai setiap individu serangga penyerbuk dimasukkan ke dalam tabel. Setiap informasi seperti lokasi, plot, tanggal, metode sampling, nama spesies, dan jumlah juga turut dimasukkan. Cara paling sederhana dalam menganalisis data keanekaragaman serangga penyerbuk adalah dengan menghitung kelimpahan dan kekayaan spesies. Kelimpahan didapatkan dengan menjumlahkan semua individu serangga penyerbuk di lokasi/plot tertentu.

Kekayaan spesies didapatkan dengan menghitung jumlah spesies yang ditemukan di lokasi/plot. Data kelimpahan dan kekayaan spesies dari suatu lokasi dapat dibandingkan dengan lokasi lain atau dari penelitian yang serupa. Untuk lebih lanjut, data serangga penyerbuk dapat dianalisis dengan menghitung indeks keanekaragaman Shannon-Wiener.

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln(p_i)$$
$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

N = Total jumlah individu semua jenis yang ditemukan

n_i = jumlah individu spesies ke- i

s = jumlah spesies ditemukan

p_i = proporsi individu spesies ke- i

BAB VI
REKAYASA DAN
KONSERVASI
LINGKUNGAN
PERTANIAN

6.1 Latar Belakang

Serangga penyerbuk memainkan peran penting dalam memberikan jasa ekosistem di alam. Untuk mendukung peran serangga tersebut, perlu menyediakan lingkungan yang dapat membantu keberlanjutan serangga bermanfaat tersebut. Lanskap yang sesuai dengan serangga penyerbuk akan menyediakan tempat untuk hidup dan sumber makanan. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk menyesuaikan lanskap bagi serangga penyerbuk adalah dengan melakukan rekayasa lingkungan pertanian dan konservasi habitat alami.

Rekayasa habitat alami dapat berupa penambahan tanaman berbunga atau tanaman refugia. Tanaman bunga dapat menstimulus serangga penyerbuk liar untuk datang ke dalam lingkungan pertanian untuk menyerbuki tanaman pertanian. Dalam publikasi Buchori *et. al.* (2020) spesies lebah memiliki preferensi yang berbeda terhadap komunitas tanaman yang berbeda, dan kelimpahan populasi lebah terkait dengan keberlimpahan tanaman inang. Daerah pertanian yang didominasi oleh tanaman budidaya tertentu dapat mempengaruhi kebugaran dan pertumbuhan populasi lebah. Hal ini disebabkan oleh keragaman tanaman merupakan faktor penting dalam kebugaran lebah. Lebah ditemukan menjadi lebih sehat dan populasinya tumbuh lebih cepat di lingkungan yang memiliki keragaman bunga yang tinggi karena sumber makanan tercukupi. Selain memanggil serangga penyerbuk liar, tanaman berbunga juga dapat memberikan tempat bagi serangga bermanfaat lain seperti musuh alami hama. Musuh alami hama tanaman membutuhkan tempat mencari makan dan tempat berlindung yang dapat berupa tanaman refugia.

Selain dengan rekayasa habitat, konservasi habitat serangga penyerbuk juga sangat diperlukan untuk mendukung serangga penyerbuk di lingkungan pertanian. Konservasi habitat berperan dalam menjaga lingkungan alami dari serangga penyerbuk. Hal ini tentunya akan membuat semakin beragamnya serangga penyerbuk yang berada di lingkungan tersebut. Selain itu, untuk dapat mendatangi lingkungan pertanian, serangga penyerbuk membutuhkan “jembatan” dari lingkungan alami agar dapat mencapai ke lingkungan pertanian. Sehingga, kita juga perlu menjaga beberapa fragmen-fragmen habitat alami serangga penyerbuk yang dapat berada di sekitar lingkungan pertanian berupa pepohonan atau hutan.

6.2 REKAYASA LINGKUNGAN PERTANIAN

Rekayasa lingkungan pertanian merupakan usaha untuk membuat suatu lingkungan pertanian menjadi lebih disukai oleh serangga bermanfaat seperti serangga penyerbuk dan musuh alami hama. Rekayasa lingkungan pertanian yang paling umum adalah menambah jenis tanaman yang ditanam seperti tumpang sari. Cara untuk meningkatkan jenis tanaman yang ditanam yaitu:

1. Penanaman beragam jenis tanaman budidaya (polikultur)
2. Penanaman tanaman penutup tanah seperti kacang tanah, kacang pinto, kacang centro, mukuna, dan tanaman polong menjalar lainnya.
3. Penanaman tanaman pinggir



Gambar 65 Tanaman pinggir kenikir dan bunga kertas yang ditanam pada area persawahan. (Sumber: <https://www.utakatikotak.com>).

Cara-cara tersebut dapat memberikan tempat tinggal, tempat berlindung, dan sumber makanan bagi serangga bermanfaat. Hal yang perlu diperhatikan saat penyesuaian lingkungan pertanian adalah adanya pemilihan jenis tanaman yang akan ditanam. Tanaman lokal (berasal dari daerah tersebut) akan lebih baik karena mampu beradaptasi dengan baik dan dapat mengundang serangga bermanfaat lainnya yang ada di sekitar lokasi pertanian. Selain itu, rekayasa habitat dapat dilakukan dengan meletakkan sarang lebah (kotak lebah) agar dapat dihuni oleh lebah madu atau lebah tanpa sengat.



Gambar 66 Kotak lebah yang diletakkan di tengah lingkungan pertanian. Selain membantu penyerbukan, lebah juga dapat menghasilkan madu yang dapat dikonsumsi atau dijual. (Sumber: <https://jelajah.kompas.id/kopi-nusantara/baca/hama-hilang-madu-pun-datang/>).

Contoh-contoh dari rekayasa lingkungan pertanian yang dapat dilakukan petani adalah:

1. Menanam tanaman berbunga atau tanaman pinggir (refugia). Tanaman berbunga akan menarik lebah dan kupu-kupu untuk datang. Lebah dan kupu-kupu merupakan serangga penyerbuk yang penting bagi pertanian.
2. Menanam tanaman pohon. Tanaman pohon di lingkungan pertanian dapat mengundang keberadaan serangga penyerbuk liar

yang juga ditemukan di hutan alami. Selain itu dapat menyediakan getah yang diperlukan oleh lebah dalam membuat sarang.

3. Mendatangkan lebah dan pembuatan sarang lebah
4. Pembuatan hotel lebah. Hotel lebah berupa susunan kayu yang berrongga. Hotel lebah dapat menjadi tempat tinggal jenis lebah yang tidak berkoloni.



Gambar 67 Sarang lebah madu buatan yang terdiri dari kotak yang berisi beberapa bingkai. (Sumber: <https://agrozone.id/intip-cara-budidaya-lebah-madu-prospek-ternak-yang-menjanjikan/>).

Keuntungan Rekayasa Lingkungan Pertanian

Keuntungan dari rekayasa lingkungan pertanian adalah:

1. Dapat meningkatkan hasil produksi pertanian. Serangga penyerbuk yang datang ke lingkungan pertanian akan meningkatkan proses penyerbukan tanaman yang ada di lingkungan tersebut. Tentunya juga akan mengakibatkan meningkatnya hasil pertanian.
2. Keragaman jenis dari bunga yang ditanam juga dapat meningkatkan jenis lebah liar yang hadir di lingkungan pertanian
3. Jenis tanaman yang dipanen dapat lebih banyak. Bisa memanen dua atau lebih jenis tanaman dalam satu waktu.
4. Penambahan jenis tanaman yang ditanam dapat menambah keindahan dari lingkungan pertanian. Lingkungan pertanian lebih enak untuk dipandang.
5. Pembuatan kotak lebah dapat memberikan hasil madu yang dapat dikonsumsi atau dijual.

Tanaman Pinggir/Refugia

Salah satu metode rekayasa lingkungan pertanian yang dapat diterapkan adalah penanaman tanaman pinggir atau refugia. Tanaman pinggir merupakan penanaman tanaman yang dapat menyediakan tempat perlindungan dan sumber makanan bagi serangga penyerbuk dan serangga musuh alami hama. Biasanya tanaman pinggir ditanaman di sekitar tanaman budidaya.

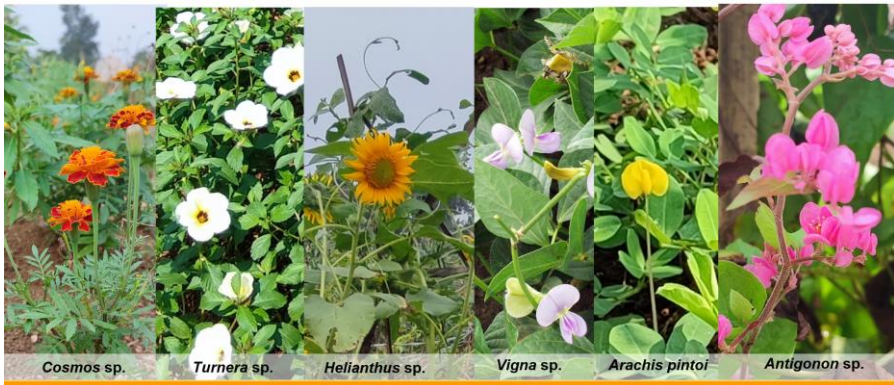
Syarat dari tanaman pinggir adalah:

- a. Memiliki bunga dan warna yang cerah
- b. Mudah ditanam dan dirawat
- c. Mudah tumbuh dan ditanam ulang
- d. Benih atau bibit mudah diperoleh
- e. Dapat ditumpangsarikan dengan tanaman lain
- f. Harganya dan perawatannya murah

Tanaman pinggir dapat berupa tanaman gulma yang tumbuh di sekitar tanaman yang dibudidayakan, yang berpotensi sebagai tempat tinggal bagi musuh alami agar pelestarian musuh alami tercipta dengan baik. Jenis-jenis tanaman yang umum digunakan sebagai tanaman refugia adalah bunga kertas (*Zinnia* sp.), bunga kenikir (*Cosmos caudatus*), bunga matahari (*Helianthus annuus*), bunga jengger ayam (*Celosia cristata*), dan bunga jengger ayam kapas (*Celosia plumosa*).



Gambar 68 Contoh tanaman pinggir seperti kenikir, tahi kotok dan bunga matahari yang ditanam pada tepi pertanaman padi (Sumber: Ali *et al.* 2019).



Gambar 69 Beberapa jenis tanaman berbunga yang bisa dijadikan tanaman refugia: (a) kenikir (*Cosmos* sp.), (b) pukul delapan (*Turnera* sp.), (c) bunga matahari (*Helianthus* sp.), (d) kacang panjang (*Vigna* sp.), (e) kacang pintoi (*Arachis pintoi*), (f) air mata pengantin (*Antigonon* sp.). (Sumber: Amrulloh *et al.* 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan tanaman refugia meningkatkan kelimpahan dan kekayaan serangga penyerbuk. Penelitian Amrulloh *et al.* (2023) menunjukkan kelimpahan dan kekayaan spesies serangga

pengunjung bunga lebih tinggi di tanaman refugia dibandingkan dengan tanaman jagung. Selain itu, refugia dapat menjadi rumah bagi musuh alami seperti *Vespa* sp. dan Eulophidae. Penelitian di Miami menunjukkan dampak dari tanaman refugia terhadap tanaman kedelai berupa menurunnya kerusakan daun dan meningkatnya berat segar polong. Tanaman refugia di sini berperan dalam mengundang dan menyediakan sumber daya bagi musuh alami hama perusak polok kedelai. Selain itu, refugia memiliki efek tidak langsung berupa meningkatkan hasil gandum di Belanda. Gandum yang semakin dekat dengan refugia memiliki hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang tanpa refugia.

6.3. KONSERVASI HABITAT ALAMI SERANGGA BERMANFAAT

Konservasi lingkungan alami serangga merupakan salah satu upaya untuk menjaga jumlah dan jenis dari serangga bermanfaat di sekitar lingkungan pertanian. Konservasi ini dapat mengundang serangga penyerbuk liar dan musuh alami yang ada di lingkungan pertanian. Penyerbuk liar dapat memperkaya jenis serangga yang membantu tanaman budidaya dalam penyerbukan sehingga kualitas dan jumlah hasil pertanian dapat meningkat. Fungsi dari konservasi lingkungan alami serangga bermanfaat adalah:

1. Mendukung serangga penyerbuk liar atau yang dipelihara untuk memiliki sumber makanan dan tempat tinggal dari lingkungan alami yang beragam.
2. Mengundang hewan lain seperti musuh alami yang bermanfaat bagi tanaman dalam melakukan pengendalian hama

3. Semakin dekat dengan lingkungan alami, lingkungan pertanian akan memiliki semakin banyak jenis serangga bermanfaat
4. Beberapa pohon dapat menjadi sumber getah yang berguna bagi lebah untuk membuat sarang



Gambar 70 Pepohonan yang tetap di ada di antara tengah lahan pertanian untuk mendukung kehidupan serangga bermanfaat (Sumber: www.communitycarbontrees.org/).

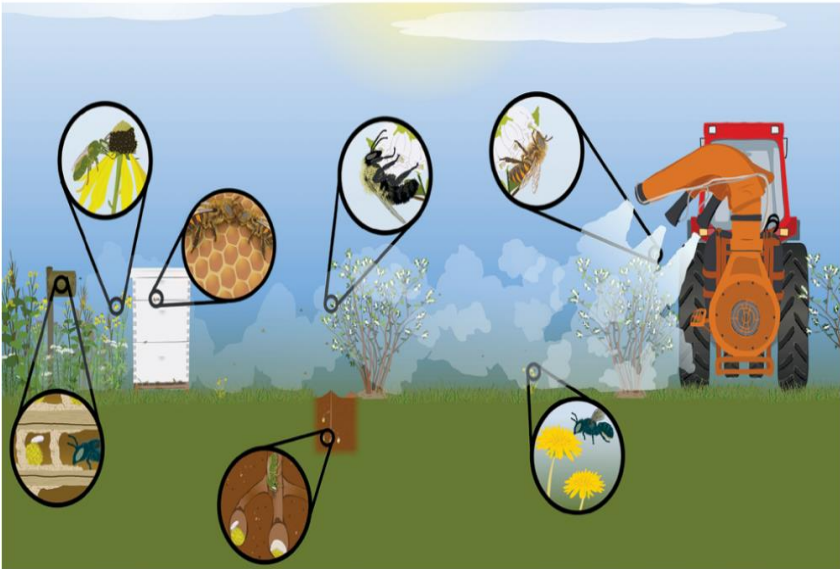
Contoh-Contoh Konservasi Habitat Alami Serangga Bermanfaat

Konservasi habitat alami serangga bermanfaat yang dapat dilakukan di lingkungan pertanian adalah :

- a. Mengatur tata letak lahan pertanian agar dapat terhubung dengan lingkungan alami seperti hutan, semak alami, sungai, danau, dan lain-lain. Pertanian yang terhubung dengan lingkungan alami akan

memberikan lebih banyak jenis serangga penyerbuk dan musuh alami.

- b. Tidak merusak lingkungan alami yang ada di sekitar pertanian
- c. Menggunakan pupuk dan pestisida yang ramah lingkungan.
- d. Menggunakan pupuk dan pestisida dengan bijak. Pestisida yang tidak ramah lingkungan dan tidak digunakan dengan bijak dapat merusak lingkungan alami dan membunuh serangga bermanfaat.



Gambar 71 Beberapa lokasi serangga penyerbuk yang berpotensi terpapar oleh pestisida. (Sumber: May *et al.* 2015).

Strategi Pelestarian Serangga Bermanfaat

Praktik Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Pengendalian hama terpadu (PHT) merupakan konsep pengendalian hama dan penyakit tanaman dengan pendekatan lingkungan. PHT mendukung adanya konservasi serangga bermanfaat karena mengedepankan pemanfaatan musuh alami. PHT memiliki empat prinsip dasar yaitu:

a. Budidaya Tanaman Sehat

Budidaya tanaman sehat dan kuat menjadi upaya penting dalam program pengendalian hama dan penyakit tanaman. Tanaman yang sehat akan lebih mampu bertahan dari serangan hama maupun penyakit.

b. Pemanfaatan Musuh Alami

Konsep PHT mengutamakan pemanfaatan musuh alami dalam mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Pemanfaatan musuh alami diharapkan dapat menjaga keseimbangan populasi hama dan musuh alaminya di pertanian, sehingga populasi hama tidak meledak.

c. Pengamatan Rutin atau Pemantauan

Perkembangan hama dan penyakit pertanian berubah-ubah sehingga diperlukan pemantauan rutin. Pemantauan ini dilakukan untuk mengetahui populasi dan tingkat serangan hama dan penyakit tanaman. Informasi dari hasil pemantauan rutin inilah yang nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman.

d. Petani Sebagai Ahli

Penerapan PHT harus menyesuaikan kondisi lahan pertanian. Rekomendasi pengendalian sesuai dengan PHT hendaknya dikembangkan oleh petani sendiri. Oleh karena itu, diperlukan sosialisasi PHT di petani baik formal maupun informal.

Menanam Secara Tumpang Sari

Menanam dengan cara tumpang sari pada dasarnya bertujuan untuk menyediakan tanaman alternatif bagi hama. Sebagai contohnya, untuk mengendalikan ulat helioverpa pada tomat, dapat menanam jagung di pematang lahan sehingga ulat helioverpa dapat berpindah ke jagung sehingga serangan pada tomat berkurang. Hama pada tanaman alternatif ini juga dapat digunakan sebagai makanan alternatif bagi musuh alami. Dengan demikian, musuh alami di lapangan dapat terjaga keberadaannya ketika populasi hama utama rendah.

Perbaikan Teknik Budidaya

Teknik budidaya pertanian sangat menentukan dalam konservasi serangga bermanfaat. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan selama bertani akan berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap populasi serangga bermanfaat. Teknik budidaya yang berpengaruh terhadap populasi musuh alami antara lain adala

a. Penggunaan Pestisida Secara Bijak

Penggunaan pestisida yang tidak bijaksana dapat mematikan serangga berguna seperti musuh alami. Oleh karena itu, perlu kehati-hatian dalam

menggunakan pestisida di pertanian. Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan pestisida adalah target hama, bahan aktif, dosis, cara aplikasi, dan waktu aplikasi.

b. Pembersihan Gulma

Pembersihan gulma menggunakan herbisida dapat mematikan musuh alami di pertanian. Sama halnya dengan insektisida dan pestisida lainnya, penggunaan herbisida perlu dilakukan dengan bijaksana dengan memperhatikan target hama, bahan aktif, dosis, cara aplikasi, dan waktu aplikasi. Alternatif dari pengendalian selain herbisida adalah dengan menggunakan mulsa, pemangkasan, dan pencabutan. Selain itu, pembersihan gulma berlebihan juga berpotensi menghilangkan sumber pakan bagi musuh alami karena sejumlah gulma dijadikan sebagai rumah bagi musuh alami. Oleh karena itu, pembersihan gulma disarankan dilakukan hanya pada area utama pertanian dan menyisakan di tepi pertanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidah SN. 2020. *Manisnya budidaya lebah madu*. Bantul: Penerbit KBM Indonesia.
- Ali MP, Bari MN, Haque SS, Kabir MMM, Afrin S, Nowrin F, Islam MS, Landis DA. 2019. Establishing next-generation pest control services in rice fields: eco-agriculture. *Scientific Reports* 9: 10180. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46688-6>.
- Altieri M.A. & Nichols C.I. 2004. *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystem*. 2nd Edition. Haworth Press Inc., New York. 236 p.
- R Amrulloh *et al* .2023. Impact of Ecological Engineering on Zea mays Plantations to Biodiversity of Insect Pollinators IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1220 012030. DOI 10.1088/1755-1315/1220/1/012030.
- Ashman TI. 2000. Pollinator selectivity and its implications for the evolution of dioecy and sexual dimorphisme. *Ecology* 81: 2577-2591.
- Ball S, Ball SG, Morris R. 2013. *Britain's hoverflies: an introduction to the hoverflies of Britain* (Vol. 9). Princeton University Press.
- Barrion AT, Litsinger. 1995. *Riceland spider of South and Southeast Asia*. International rice research institute. Manila: CAB International.
- Barrion AT, Litsinger. 1995. *Riceland spider of South and Southeast Asia*, international rice reserch institute. Manila: CAB International.
- Barrios E, Valencia V, Brauman A, Hairiah K, Mortimer PE, Okubo S. 2016. Contribution of trees to the conservation of biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes. *International Journal of Biodiversity Science. Ecosystem Services and Management*: 14(1): 1-16. Doi: 10.1080/21513732.2017.1399167.
- Borror DJ, Triplehorn CA, Johnson NF. 1996. *Pengenalan Pelajaran Serangga*. Edisi VI. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Buchori D, Rizali A, Larasati A, Hidayat P, H. Ngo, and B. Gemmil-Herren. 2019. Natural habitat fragments obscured the distance effect on maintaining the diversity of insect pollinators and crops productivity in tropical agricultural landscapes. *Heliyon*. 5: e01425. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01425.
- Buchori D, Rizali A, Priawandiputra W, Raffiudin R, Sartiami D, Pujiastuti Y, Jauharlina, Pradana MG, Meilin A, Leatemia JA, Sudiarta IP,

- Rustam R, Nelly N, Lestari P, Syahputra E, Hasriyanti, Watung JF, Daud IDA, Hariani N, Jihadi A, Johannis M. 2022. Beekeeping and managed bee diversity in Indonesia. *Perspective and preference of beekeepers diversity*. 14(1): 52. Doi: <https://doi.org/10.3390/d14010052>
- Buchori D, Rizali A, Priawandiputra W, Sartiami D, Johannis M. 2020. Population Growth and Insecticide Residues of Honey Bees in Tropical Agricultural Landscapes. *Diversity*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.3390/d12010001>
- Buchori D, Sahari B. Nurindah. 2008. Conservation of Agroecosystem through Utilization of Parasitoid Diversity: Lesson for Promoting Sustainable Agriculture and Ecosystem Health. Hayati. *Journal of Bioscience*. 15:165-172
- Daeli NC. 2010. Daya predasi *Sycanus croceovittatus* (Hemiptera: Reduviidae) terhadap ulat api *setothosea asigna* pada tanaman kelapa sawit di insektarium. [disertasi]. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Daniels S, Witter N, Belien T, Vrancken K, Vanronsveld J, Passel SV. 2017. Monetary Valuation of Natural Predators for Biological Pest Control in Pear Production. *Ecological Economic*. Vol 134: 160-173.
- Diniyati F, Dahelmi D, Herwina H. 2018. Laba-laba famili araneidae pada kawasan cagar alam lembah anai kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi UNAND*. 6(1):15-22.
- Djakaria KM, Atmowidi T, Priawandiputra W. 2022. The foraging activity and pollination services of three stingless bee species to enhance fruit quality and quantity of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Acta Univ. Agric. Silv. Mendelianae Brun*. 70(3): 215-226. doi: 10.11118/actaun.2022.016.
- Engel MS, Kahono S, Peggie D. 2018. A key to the genera and subgenera of stingless bees in Indonesia (Hymenoptera: Apidae). *Treubia*. 45: 65-84.
- Fadhilah R dan Rizkika K. 2015. *Laba lebah tanapa sengat*. Jakarta: My Trubus Potential Business.
- Forbes SJ and Northfield TD. 2017. Increased pollinator habitat enhances cacao fruit set and predator conservation. *Ecological Applications*. 27(3), 887–899. doi:10.1002/eap.1491.

- Garibaldi LA, Requier F, Rollin O, Andersson GKS. 2017. Toward an integrated species and habitat management of crop pollination. *Insect Science*. 21: 105-114.
- Ghavani S. 2005. Spider Fauna in Caspian Coastal Region of Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10 (5) : 682-691.
- Gurr GM, Scarratt SL, Wratten SD, Berndt L, Irvin N. 2004. Ecological engineering, habitat manipulation and pest management. In Gurr GM, Wratten SD, Altieri MA (ed.), *Ecological Engineering for Pest Management: Advance in Habitat Manipulation for Arthropods*. Wallingford [UK]: CABI.
- Halaj J, Cady AB, Uetz GW. 2000. Modular habitat refugia enhance generalist predators and lower plant damage in soybeans. *Environmental Entomology*. 29 (2): 383-393. Doi: <https://doi.org/10.1093/ee/29.2.383>.
- Hanifa, HS, Sartiami, D, Buchori, D. 2021. Characteristics of apiculture and meliponiculture in Banten Province, Indonesia: Profile of beekeepers, bee and pollen diversity. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 948. 012050. doi:10.1088/1755-1315/948/1/012050
- Herren H, Neuenschwander P. 1991. Biological control of cassava pests in Africa. *Annual Review of Entomology*. 36: 257–283.
- Hill R, Nates-Parra G, Quezada-Euan JJG, Buchori D, LeBuhn G, Maues MM, Pert PL, Kwapong PK, Saeed S, Brelow SJ, Cunha MC, Dicks LV, Galetto L, Gikungu M, Howlet BG, Imperatriz-Fonseca VLI, Lyver POB, Martin-Lopez B, Oteros-Roza E, Potts SG, Roue M. 2019. Biocultural approaches to pollinator conservation. *Nature Sustainability* 2: 214–222. Doi: 10.1038/s41893-019-0244-z.
- IPBES. 2016. The assessment report on pollinators, pollination and food production of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. Bonn [DE]: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPBES. 2016. The assessment report on pollinators, pollination and food production of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. Bonn [DE]: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

- Jikun Huang *et al* 2018 *Environ. Res. Lett.* **13** 064027 DOI 10.1088/1748-9326/aabfb0
- Jumar. 2000. *Entomologi Pertanian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Junaedi E, Yunus M, Hasriyanty H. 2016. Jenis dan tingkat parasitasi parasitoid telur penggerek batang padi putih (*Scirpophaga innotata* Walker) pada pertanaman padi (*Oryza sativa* L.) di dua ketinggian tempat berbeda di Kabupaten Sigi. *Agrotekbis: E-Jurnal Ilmu Pertanian*. 4(3): 280-287.
- 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 Journal of Agricultural Science*. 42 (2): 214-228. Doi: 10.17503/agrivita.v0i0.2283.
- Kartohardjono A. 2009. *Penggunaan musuh alami sebagai komponen pengendalian hama padi berbasis ekologi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian Bogor.
- Kartohardjono, A. 1995. Beberapa Aspek Biologi *Tetrastichus schoenobii* Ferr. (Hymenoptera:Eulophidae), Parasitoid Penggerek Batang Padi, *Scirpophaga* spp. (Lepidoptera:Pyralidae). [disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Kementrian Pertanian .2011. *Kebijakan Tanggap Ledakan Hama Penting Tanaman Perkebunan : Indonesia*.
- Kevan PG & Phillips TP. 2001. The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology* 5(1): 8. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol5/iss1/a rt8/>
- Klein AM, Vaissiere B, Cane J., SteffanDewenter I, Cunningham SA, Kremen C, & Tschanke T. 2007. Importance of crop pollinators in changing landscapes for worlds crops. *Proceeding Royal Society London B, Biological Sciences* 274: 303-313.
- Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. Roy. Soc. B.* 274:303-313.
- Konzmann S, Koethe S, Lunau K. 2019. Pollen grain morphology is not exclusively responsible for pollen collectability in bumble bees. *Science Report*. (9):4705. Doi: 10.1038/s41598-019-41262-6.
- Liao YL, Yang B, Xu MF, Lin W, Wang DS, Chen KW, Chen HY. 2019. The First Report of *Telenomus remus* Parasitizing Spodoptera frugiperda

- and Its Field Parasitism in Southern China. *Journal of Hymenoptera Research*. 93: 95–102.
- Malik MA and Azad AR. 2020. Economic importance and utilization of apiculture. *Just Agriculture* volume 1 (3), November 2020. <https://justagriculture.in/2020/november/publications.html>.
- May E, Wilson JK, Issacs R. 2015. Minimizing pesticide risk to bees in fruit crops. *MSU Extension Bulletin E3245*. 16 pp.
- Mei Z, de Groot GA, Kleijn D, Dimmers W, van Gils S, Lammertsma D, van Kats R, Scheper J. 2021. Flower availability drives effects of wildflower strips on ground-dwelling natural enemies and crop yield. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 318: 107570. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107570>
- Mills N. 2014. *Plant health management: biological control of insect pest. In Alfen NKV, Encyclopedia of Agriculture Food System* Volume 1. London: Academic Press.
- Mishra G. 2016. Syrphid flies (The hovering agents). *Ecofriendly Pest Management for Food Security*. 259-279.
- Naranjo SE, Frisvold GB, Ellsworth PC. 2019. Economic value of arthropod biological control. In *The economics of integrated pest management of insects*: 49-85.
- Ni Nyoman AA. 2012. Keanekaragaman Parasitoid Telur Penggerek Batang Padi Putih (*Scirpophaga innotata* Wlk.) (Lepidoptera: Pyralidae) pada Pertanaman Padi di Provinsi Sulawesi Tengah. (Skripsi). Universitas Tadulako.
- Parra JR, Zucchi RA. 2004. Trichogramma in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. *Neotropical Entomology*. 33: 271-281.
- Pitkin, B.R. 2004. Universal Chalcidoidea Database, Notes on Families Eulophidae. The Natural History Museum. www.nhm.ac.uk
- Poorani J, Diraviam, J, Tamilselvan B, Thanigairaj R. 2022. Field recovery of *Anagyrus lopezi* (De Santis) (Hymenoptera: Encyrtidae), an introduced parasitoid of cassava mealybug, with a note on its hyperparasitoids from Tamil Nadu, India. *Insect Environment*. 25 (3): 382-386.
- Pramayudi N. 2020. Bioekologi predator *Plesiochrysa ramburi* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) pada kutu putih *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae). (disertasi). Universitas Sumatera Utara.

- Prasetyo DA. 2013. *Komunitas Staphylinidae (Coleoptera) di Kebun Ubi Jalar. (Skripsi). IPB.*
- Priawandiputra W.2020. Lebah tanpa sengat (Stingless Bees) di Desa Perbatasan Hutan. Indonesia: ZSL Indonesia
- Purba DW, Dalimunthe BA, Septariani DN, Mahyati M, Setiawan RB, Sudarmi N, Measari R, Inayah AN, Anwarudin O, Amruddin. 2022. *Sistem pertanian terpadu: pertanian masa depan.* Medan [ID]: Yayasan Kita Menulis.
- Purwanto H dan Trianto M. 2021. Species description, morphometric measurement and molecular identification of stingless bees (Hymenoptera:Apidae:Meliponini) in meliponiculture industry in West Java Province, Indonesia. *Serangga.* 26 (21): 13-33. doi:
- Purwanto H, Soesilohadi RCH, Trianti M. 2022. Stingless bees from meliponiculture in South Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas.* 23 (3): 1254-1266. doi: 10.13057/biodiv/d230309
- Rader R, Howlett BG, Cunningham SA, Westcott DA, Newstrom Lloyd LE, Walker MK, Teulon DAJ Edwards W. 2009. Alternative pollinator taxa are equally efficient but not as effective as the honeybee in a mass flowering crop. *J. Appl. Ecol.* 46:1080-1087.
- Rahim A. 2010. *Identifikasi jenis serangga predator di hutan penelitian Universitas Borneo Tarakan.* *Jurnal Eksakta Borneo.* 4 (1):71-74.
- Ratto F, Steward P, Sait SM, Pryke JS, Gaigher R, Samways MJ, Kunin W. 2021. Proximity to natural habitat and flower plantings increases insect populations and pollination services in South African apple orchards. *Journal of Applied Ecology.* 58 (11): 2341-2685. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13984>.
- Reddi CS, Bai GM. 1984. Butterflies and pollination biology. *Proc. Indian Acad. Sci.* 93 (4): 391-396.
- Riendriasari, SD, Buchori, D, Hidayat, P. 2022. Preferensi dan pencarian pakan lebah tanpa sengat pada berbagai tipe penggunaan lahan di Pulau Lombok. *Journal Entomologi Indonesia* 19:9-22. <https://doi.org/10.5994/jei.19.1.9>
- Rizal, S, Hadi M. 2015. Inventarisasi jenis capung (Odonata) pada areal persawahan di desa Pundenarum Kecamatan Karangawen Kabupaten Demak. *Bioma.* 17(1):16-20.
- Sahayaraj K. 2014. Reduviids and their merits in biological control. *Basic and applied aspects of biopesticides.* 195-214.

- Santoso E, Baehaki SE. 2005. Optimalisasi pemanfaatan musuh alami dalam pengendalian hama terpadu pada budidaya padi intensif untuk sistem pertanian berkelanjutan. Dalam Inovasi teknologi padi menuju swasembada beras berkelanjutan.
- Sari A, Buchori D, Nurkomar I. 2020. The potential of the *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelinoidae) as biocontrol agent for the new fall armyworm *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Indonesia. *Planta Tropika : Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)*. 8(2);69-74
- Untung K. 1992. Konsep dan Strategi Pengendalian Hama Terpadu. Makalah Simposium Penerapan PHT. PEI Cabang Bandung. Sukamandi, 3-4 September 1992
- Untung, K. 2006. *Pengantar pengelolaan hama terpadu*. Edisi II. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Vaissière, B., Freitas, B. M., Gemmill-Herren, B. 2011. *Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use* (pp. 81-p). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Van Noort S, Fernandez Triana J, Baur H, Shaw MR. 2022. Identity of wasp parasitoids (Hymenoptera) attacking *Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pieridae) in South Africa. *African Entomology*. 30:1-8.
- Veits M, Khait I, Obolski U, Zinger E, Boonman A, Goldshtein A, Saban K, Seltzer R, Ben-Dor U, Estlein P, Kabat A, Peretz D, Ratzersdorfer I, Krylov S, Chamovitz D, Sapir Y, Yovel Y, Hadany L. 2019. Flower respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration. *Ecology Letters*. 22: 1483-1492. Doi: 10.1111/ele.13331.
- Von Königslöw V, Fornoff F, Klein AM. 2022. Pollinator enhancement in agriculture: comparing sown flower strips, hedges and sown hedge herb layers in apple orchards. *Biodiversity and Conservation* 31: 433–451. Doi: 10.1007/s10531-021-02338-w.
- Walker T. 2020. *Pollination: the enduring relationship between plant and pollinator*. New Jersey [US]: Princeton University Press.
- Wyckhuys KAG, Hughes AC, Buamas C, Johnson A C, Vasseur L, Reymondin L, Deguine JP, Sheil D. 2019. Biological control of an agricultural pest protects tropical forests. *Communications Biology*. 2: 10.

DAFTAR INDEKS

A

A. cerana, 47, 57
Aethina tumida, xiv, 78, 80
 alam, iv, 2, 3, 5, 9, 23, 33, 48, 50,
 128, 157
 Anisoptera, 33
 antena filiform, 27
Apanteles sp., vii, 41
Apis mellifera, xii, 47, 57, 59, 61,
 109, 123
 Araneae, 35

B

bee pollen, 49
Brachymeria sp., vii, 44
 bunga, iv, 4, 6, 13, 50, 51, 53, 58,
 64, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 85,
 111, 112, 114, 116, 118, 119,
 125, 128, 132, 137, 139, 140,
 141, 143

C

Capung, vi, 33
 Capung dewasa, 34
 celah antar bedengan, 83
 Chalcididae, vii, 44
 Chrysopidae, 29, 30, 160
 Coleoptera, vi, 2, 26, 27, 28, 38,
 161

D

Data, vi, viii, 18, 88, 119, 121,
 123, 125
 Diptera, vi, vii, 2, 32, 33, 37, 42,
 44, 45, 47, 74
 dosis, 154

E

efektif, 23, 25, 40, 83
 ekosistem, iv, 1, 3, 11, 18, 25, 34,
 48, 49, 109, 111, 128
 Encyrtidae, vii, 40, 160
 endoparasitoid, 23, 40, 43
 Entomopatogen, 23

F

Famili, 29, 33, 56
 famili Araneidae, 36
 FAO, 114, 116, 162
 fertilisasi, 47, 109
 fitofag, 26

G

garis transek, 83, 84
Genus *Heterotrigona*, 69
 gulma, 139, 154

H

habitat, 1, 18, 25, 34, 111, 128,
130, 132, 147, 156, 157, 158,
161
habitat perairan, 34
hama, 2, 4, 11, 23, 24, 25, 27, 33,
34, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 43,
45, 75, 78, 130, 131, 133, 139,
141, 145, 151, 152, 153, 154,
159, 162, 163
Hama, ix, 24, 151, 153, 159, 162
herbisida, 154
Heterotrigona itama, 70
hiperparasit, 37, 45
hitam, 27, 28, 30, 32, 38, 40, 44,
45, 60, 64, 67, 68, 69, 70, 71,
72
Hymenoptera, vii, 2, 37, 38, 40,
41, 43, 44, 45, 47, 90, 95, 157,
159, 160, 161, 162, 163
Hypolimnas bolina, 73

I

Identifikasi, vii, viii, 55, 86, 90,
95, 161
imago, x, xiv, 26, 27, 28, 29, 30,
31, 32, 36, 40, 43, 80
individu, 18, 20, 47, 86, 88, 89
insektisida, 154
inventarisasi, 9

J

Jumlah spesies, 19, 88

K

kanibalisme, 35
Keanekaragaman, viii, 1, 118,
121, 160
koleksi serangga, xv, 82, 84, 85
konservasi, iv, 3, 5, 6, 8, 110,
128, 130, 145, 150, 151, 154
kumbang, x, xiv, 26, 27, 28, 29,
33, 42, 45, 47, 78, 80
Kupu-kupu, 73, 74
kutu daun, xiii, 29, 32, 36, 75

L

laba-laba, 36
lalat, 29, 32, 33, 36, 43, 47, 74,
75, 76, 141
Lalat Tachinid, vii, 42
langsung, 14, 15, 49, 78, 82, 83,
141, 154
larva, x, xiii, xiv, 23, 25, 26, 27,
28, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 39,
41, 42, 43, 45, 73, 75, 81
Larva, vii, 27, 29, 32, 39, 81
Learning Development Centre,
114
lebah, viii, 2, 32, 47, 48, 49, 53,
54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62,
63, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72,
73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81,
88, 109, 123, 128, 132, 133,
134, 135, 136, 137, 138, 141,
145, 149, 156, 157, 161
lebah garis biru, 71
Lebah kayu, xiii, 72
Lebah madu, 57, 61, 62, 76, 82
lebah madu pekerja, 76

Lebah pekerja, 57, 61, 62, 65, 76
 Lebah soliter, 70
 Lebah tanpa sengat, 56, 64, 147, 161
 Lebah Tanpa Sengat, vii, 64, 67, 68, 69, 70, 95

M

makanan, xiv, 24, 49, 76, 77, 110, 153
 metode, iv, ix, 3, 14, 15, 17, 21, 83, 84, 85, 88, 116, 139
 Metode, vi, viii, 3, 10, 14, 15, 17, 85, 112
 morfologi, 33, 87, 163
 musuh alami, iv, 2, 4, 5, 11, 25, 29, 31, 34, 75, 130, 131, 139, 141, 144, 145, 147, 149, 150, 151, 153, 154, 159, 162

N

naiad, 34
 nektar, 32, 50, 64, 65, 73, 76

P

palpus labium, 40
 palpus maksila, 40
Papilio polytes, xiii, 73, 74
Paracoccus marginatus, 29, 161
 parasitoid, xi, 2, 11, 12, 15, 23, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 159, 160, 163
 Parasitoid, vi, vii, 12, 23, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 157, 159, 160
 parasitoid pupa, 23, 37

Pelatihan, iv
 pelestarian keanekaragaman hayati, 2
 pemanfaatan, 9, 151, 162
 Pembersihan Gulma, 154
 pengamatan, viii, 8, 10, 13, 14, 16, 18, 82, 83, 84, 112, 114, 116, 117, 118, 119, 121, 123, 125, 127
 Pengamatan, viii, ix, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 21, 83, 152
 pengendalian hayati, 25
 penurunan populasi serangga, 1
 penyerbuk, 1, 2, 3, 11, 13, 47, 49, 53, 74, 82, 118, 128, 130, 131, 134, 136, 138, 139, 141, 144, 145, 147, 148, 149, 150
 Penyerbuk liar, 144
 penyerbukan, iv, 1, 2, 47, 49, 53, 65, 71, 73, 109, 119, 130, 133, 136, 144
 Penyerbukan, iv, 48, 49, 109
 Perangkap, 15, 16
 Pertanaman, 10, 160
 pertanian, iv, 2, 4, 5, 6, 11, 23, 25, 26, 38, 49, 50, 53, 57, 65, 74, 83, 109, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 161, 162
 pestisida, 1, 148, 154
 petani, 112, 114, 133, 153
Phenacoccus manihoti, xi, 40, 41, 163
 PHT, ix, xvii, 151, 152, 162
 polen, 51, 52
 polinator, iv, viii, 4, 5, 6, 11, 47, 49, 50, 53, 74, 78, 82, 83, 84,

85, 87, 88, 109, 116, 118, 121, 123
 predator, 2, 11, 12, 23, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 75, 157, 160, 161
 Predator, vi, 23, 30, 31
Pteromalus puparum, vii, xi, 43, 44
 pupuk, 148

R

Rapid Biodiversity Assessment, vi, 3, 8
 rekayasa, 4, 5, 6, 128, 130, 132, 133, 136, 139
 reproduksi seksual, 2

S

Sampel, 86, 88
 sarang lebah, 62, 76, 78, 81, 134, 149
 sayap, xiii, xv, 26, 29, 30, 38, 39, 53, 55, 64, 67, 68, 69, 70, 74, 82, 84
 Scelionidae, 38
 Semut, xiv, 21, 79
 serangga, iv, viii, ix, 1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 21, 23, 25, 26, 27, 29, 32, 33, 34, 36, 44, 47, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 71, 72, 73, 74, 78, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 109, 116, 118, 121, 123, 128, 130, 131, 132, 134, 138, 139, 141, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 154, 161

SERANGGA BERMANFAAT, 144

skapus, 40
 Sortasi, viii, xv, 86
 spesies, 1, 2, 4, 5, 8, 9, 18, 19, 26, 30, 42, 44, 45, 47, 55, 56, 57, 87, 88, 89, 109, 128, 141, 143
 Spesies, 21, 31, 43, 44
Spodoptera litura, 30, 31
 Stadia, 26, 27, 28, 32
 sumber makanan, xiv, 1, 49, 76, 77, 128, 130, 132, 139, 145
 Sweep Net, viii, 83

T

tawon, 47
Teknik Budidaya, ix, 154
Telenomus sp, vii, 38
Tetragonula, xiii, 13, 49, 56, 66, 67, 68, 69
Tetragonula biroi, 66
Tetragonula sarawakensis, 66
 thrips, 29, 32, 47, 75
 Trichogrammatidae, 39
 Trichogrammitidae, 38
Tropilaelaps spp, 78
 tungau *Tropilaelaps*, xiv, 80
 Tungkai, 54

U

Upaya, 144

W

waggle dance, xiv, 76, 77
 wilayah, 1, 3, 114

X

Xylocopa confusa, 47

Xylocopa sp., 56, 72

Y

yellow pan trap, 15, 83

Z

Zygoptera, 33

BIOGRAFI PENULIS



Damayanti Buchori, IPB University

Damayanti Buchori merupakan dosen dan Kepala Laboratorium Pengendalian Hayati, Departemen Proteksi Tanaman, IPB University. Sejak tahun 2018 sampai sekarang menjabat sebagai direktur di Pusat Kajian Sains Keberlanjutan dan Transdisiplin Center for Transdisciplin and Sustainability Sciences (CTSS) serta salah satu counterpart IPB University dalam kerja sama penelitian Ecological and Socioeconomic Functions of Tropical Lowland Rainforest Transformation Systems (EFForTS) (Sumatra, Indonesia).

Akhmad Rizali, Universitas Brawijaya

Akhmad Rizali merupakan dosen di Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Universitas Brawijaya. Penulis memiliki fokus penelitian terhadap Myrmecology (ekologi semut), keanekaragaman hayati, biogeografi, agroekologi dan ekologi lanskap. Penulis pernah aktif sebagai peneliti di Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu, Departemen Proteksi Tanaman, IPB.





Windra Priawandiputra, IPB University

Windra merupakan dosen di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University. Saat ini ia juga menjadi Asisten Direktur Penerimaan dan Registrasi Mahasiswa Baru. Penelitiannya banyak tentang ekologi serangga terutama serangga penyerbuk dan invertebrata perairan. Ketertarikannya terhadap serangga penyerbuk membuat dirinya banyak memiliki publikasi terkait serangga penyerbuk.

Adha Sari, IPB University

Adha Sari saat ini bekerja sebagai pranata laboratorium pengendalian hayati, Departemen Proteksi Tanaman, IPB University. Penulis juga aktif menulis di beberapa publikasi yang berkaitan dengan serangga parasitoid seperti *Telenomus spodopterae* dan *Trichogramma* sp.





Rizky Nazarreta, IPB University

Rizky Nazarreta merupakan asisten peneliti dengan bidang keahlian taksonomi semut yang tergabung dalam proyek Ecological and Socioeconomic Functions of Tropical Lowland Rainforest Transformation Systems (EFForTS) (Sumatra, Indonesia). Ia terlibat dalam program internship (EFForTS) di Universitas Göttingen pada 2014, 2015, dan 2018. Ia menyelesaikan studi S-1 bidang Proteksi Tanaman pada 2012 dan S-2 bidang Entomologi pada 2017 di Institut Pertanian Bogor (IPB University).

Rosyid Amrulloh, IPB University

Rosyid merupakan asisten peneliti dengan bidang keahlian taksonomi kumbang daun (Chrysomelidae) yang tergabung dalam proyek Ecological and Socioeconomic Functions of Tropical Lowland Rainforest Transformation Systems (EFForTS) (Sumatra, Indonesia). Dipercaya sebagai editor di IPB pada 2019 sampai sekarang dan saat ini bekerja sebagai salah satu staf pengembang situs di Pusat Kajian Sains Keberlanjutan dan Transdisiplin LPPM-IPB.



Azru Azhar, Universitas Goettingen



Azru saat ini sedang menempuh pendidikan S3 di Universitas Goettingen, Jerman. Ia merupakan asisten peneliti dengan bidang keahlian taksonomi parasitoid yang tergabung dalam proyek Ecological and Socioeconomic Functions of Tropical Lowland Rainforest Transformation Systems (EFForTS) (Sumatra, Indonesia). Ia pernah berkesempatan mengikuti program Summer Research Program di Laboratory of Applied Entomology and Zoology, Universitas Tsukuba, Jepang pada tahun 2019 dan program internship (EFForTS) di Department of Animal Ecology, Univ Goettingen, Jerman, pada tahun 2020–2021

Nadzirum Mubin, IPB University

Nadzirum Mubin merupakan dosen di Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University. Penulis aktif mengikuti kelembagaan seperti Perhimpunan Entomologi Indonesia (Sekretaris Pusat 2019- 2024) dan anggota ISSAAS (International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences) chapter Indonesia serta memiliki bidang keahlian Entomologi, Fisiologi dan Toksikologi Serangga.





Muhammad Harianto, IPB University

Harianto merupakan Asisten Peneliti yang memiliki keahlian di bidang Ekologi Serangga dan Lanskap. Ia tergabung dalam proyek Promoting Pollinator Conservation Through Agroecosystem Habitat Manipulation, Agrochemical Safe-use, and Citizen Sciences bersama Perhimpunan Entomologi Indonesia dan Syngenta dari tahun 2022. Ia menyelesaikan Studi S1 Agroteknologi di Universitas Hasanuddin pada 2016 dan saat ini masih menempuh Pendidikan S2 Entomologi di IPB University.

Fajrin Fahmi, IPB University

Fajrin Fahmi merupakan Asisten Peneliti yang memiliki keahlian di bidang Ekologi Serangga dan Lanskap. Ia tergabung dalam proyek Promoting Pollinator Conservation Through Agroecosystem Habitat Manipulation, Agrochemical Safe-use, and Citizen Sciences bersama Perhimpunan Entomologi Indonesia dan Syngenta dari tahun 2022. Ia menyelesaikan Studi S1 Biologi di Universitas Gadjah Mada pada 2017 dan S2 Entomologi di IPB University pada 2023.





syngenta

Perhimpunan Entomologi Indonesia
Jl. Kamper Kampus IPB Dramaga, Wing 7 Level 5,
Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian,
Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat, 16680

