

Perilaku Kunjungan dan Efisiensi Penyerbukan *Heterotrigona itama* (Cockerell) dan *Tetragonula laeviceps* (Smith) (Hymenoptera: Apidae) pada Labu Siam

(Foraging Behaviour and Pollination Efficiency of *Heterotrigona itama* (Cockerell) and *Tetragonula laeviceps* (Smith) (Hymenoptera: Apidae) on Chayote)

Qurrotu A'yunin^{1*}, Aunu Rauf², Idham Sakti Harahap²

(Diterima Februari 2019/Disetujui Juni 2019)

ABSTRAK

Lebah tak bersengat merupakan serangga penyerbuk utama pada labu siam di daerah neotropika. Di Indonesia, informasi tentang penyerbukan pada labu siam belum tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari fenologi pembungaan labu siam, peran *Heterotrigona itama* (Cockerell), dan *Tetragonula laeviceps* (Smith) (Hymenoptera: Apidae) dalam penyerbukan labu siam. Pengamatan meliputi banyaknya bunga jantan dan bunga betina, volume nektar, konsentrasi gula nektar, durasi, dan laju kunjungan, serta persentase buah terbentuk. Tanaman labu siam menghasilkan bunga jantan lebih banyak dibandingkan bunga betina dengan nisbah 18:1. Tidak ada perbedaan volume nektar dan konsentrasi gula pada bunga jantan dan bunga betina. *H. itama* dan *T. laeviceps* yang mengunjungi kedua tipe bunga, dengan puncak kunjungan harian terjadi pada pukul 08:30–10:30 WIB. Terdapat perbedaan yang signifikan pada durasi dan laju kunjungan antara *H. itama* dan *T. laeviceps*. Muatan polen *H. itama* (2137,50±184,49 butir) lebih tinggi dibandingkan dengan *T. laeviceps* (1675,00±110,47 butir). *H. itama* memindahkan polen ke stigma (14,1±4,1 butir) lebih banyak dibandingkan *T. laeviceps* (9,8±3,1 butir). Bunga betina yang tidak dikunjungi serangga gagal membentuk buah. Kunjungan tunggal *H. itama* dan *T. laeviceps* pada bunga labu siam menghasilkan persentase buah terbentuk berturut-turut sebesar 60 dan 40%. Persentase buah terbentuk lebih tinggi 80–85% pada perlakuan penyerbukan terbuka yang mengindikasikan bahwa kunjungan yang berulang kali dapat meningkatkan peluang keberhasilan penyerbukan.

Kata kunci: *Heterotrigona itama*, labu siam, penyerbukan, *Tetragonula laeviceps*

ABSTRACT

Main insect pollinator of chayote in the neotropics is the stingless bees. In Indonesia, there is no information available on chayote pollination. Research was conducted with the objective to study the flowering phenology of chayote and the role of two specieses of stingless bees *Heterotrigona itama* (Cockerell) and *Tetragonula laeviceps* (Smith) (Hymenoptera: Apidae) on chayote pollination. Measurements included the number of staminate and pistillate flowers, volume of nectar and sugar concentration, floral handling time and visitation rate, and fruit set. Chayote plants produced more staminate flowers than pistillate flowers, with the ratio of 18:1. There was no difference in nectar volume and sugar concentration between staminate and pistillate flowers. *H. itama* and *T. laeviceps* visited both type of flowers, with the peak of daily visitation were occurred at 08:30–10:30 am local times. There were significant differences in the floral handling time and foraging rate of *H. itama* and *T. laeviceps*. Pollen load was significantly higher in *H. itama* (2137.50±184.49 grains) than those in *T. laeviceps* (1675.00±110.47 grains). *H. itama* seemed to deposit more pollen (14.1±4.1 grains) on stigma than *T. laeviceps* (9.8±3.1 grains). Flowers prevented from insect visits resulted in zero fruit set. Single flower visit by *H. itama* and *T. laeviceps* resulted in 60 and 40% fruit set, respectively. Higher percent of fruit set (80–85%) was noticed in open-pollination, suggesting that multiple visits by insect pollinators might increase the chances of successful pollination.

Keywords: chayote, *Heterotrigona itama*, pollination, stingless bee, *Tetragonula laeviceps*

PENDAHULUAN

Penyerbukan tanaman adalah salah satu jasa ekosistem yang disediakan oleh serangga (Klein *et al.*

¹ Sekolah Pascasarjana, Program Studi Entomologi, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

² Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

* Penulis Korespondensi:

Email: hannayunin@gmail.com

2007; Saunders 2018). Di antara serangga polinator atau penyerbuk yang kini banyak mendapat perhatian, khususnya di daerah tropika, adalah lebah tak bersengat (*stingless bees*) (Slaa *et al.* 2006; Bomfim *et al.* 2014; Widhiono *et al.* 2016; Azmi *et al.* 2017). Lebah tak bersengat di Indonesia dikenal dengan sebutan teuweul (Jawa Barat), klanceng atau lanceng (Jawa Tengah dan Jawa Timur), galo-galo (Sumatera Barat), linot (Aceh), ketape atau emmu (Sulawesi), dan nyanteng (Lombok) (Erniwati 2013; Riendriarsi &

Krisnawati 2017). Untuk penuturan selanjutnya, dalam artikel ini digunakan sebutan *teuweul* sebagai padanan dari *stingless bees*.

Teuweul mempunyai prospek tinggi untuk dikembangkan sebagai penyerbuk tanaman pertanian karena berukuran kecil, tidak menyengat, daya adaptasi tinggi terhadap cekaman lingkungan, penanganan mudah, aktivitas tinggi, mudah didomestikasi, serta menghasilkan produk perlembahan (Cortopassi-Laurino *et al.* 2006; Slaa *et al.* 2006; Jalil 2014). Di Indonesia, diperkirakan terdapat sekitar 35 spesies *teuweul* (Rasmussen 2008), dua di antaranya yang banyak dibudidayakan adalah *Heterotrigona itama* (Cockerell) dan *Tetragonula laeviceps* (Smith) (Hymenoptera: Apidae).

Labu siam *Sechium edule* (Jacq.) Sw. merupakan tanaman herba perenial yang tumbuh merambat. Seperti umumnya anggota famili Cucurbitaceae, labu siam bersifat monoesis atau berumah satu, yaitu bunga jantan (*staminate*) dan bunga betina (*pistillate*) terletak pada bagian tanaman yang berbeda. Polen (serbuk sari) berukuran besar dan lengket sehingga memerlukan agen untuk memindahkan dari bunga jantan ke betina. Oleh karena itu, proses perpindahan polen dari stamen (benang sari) pada bunga jantan ke permukaan stigma (kepala putik) pada bunga betina sangat bergantung pada serangga penyerbuk (Bomfim *et al.* 2016). Dilaporkan bahwa serangga dari spesies *Trigona* merupakan penyerbuk labu siam yang sangat efisien di Kosta Rika (Wille *et al.* 1983). Begitu pula di India, Rashmi *et al.* (2014) melaporkan bahwa serangga penyerbuk utama pada labu siam adalah *Trigona* sp. diikuti oleh *Apis cerana* F. Di Indonesia, penelitian tentang penyerbukan pada tanaman labu siam belum pernah dilakukan.

Dalam kaitan dengan peranan *teuweul* untuk penyerbukan labu siam, perilaku *teuweul* dan efisiensi penyerbukan perlu diketahui. Menurut Mensah & Kudom (2011) aktivitas kunjungan serangga penyerbuk dipengaruhi oleh perilaku kunjungan dan struktur bunga. Selain itu, karena perpindahan serangga penyerbuk dari bunga ke bunga sebagian merupakan fungsi dari kuantitas dan kualitas nektar (Knopper *et al.* 2016) maka informasi tentang produksi nektar di dalam bunga serta jumlah bunga jantan dan betina juga perlu diketahui.

Efisiensi penyerbukan oleh serangga biasanya diukur berdasarkan beberapa parameter, seperti laju kunjungan, durasi kunjungan, muatan polen, deposit polen, dan persentase buah terbentuk (Artz & Nault 2011; Ne'Eman *et al.* 2010). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari 1) Fenologi pembungaan labu siam, 2) Aktivitas kunjungan harian *H. itama* dan *T. laeviceps* pada bunga labu siam; 3) Muatan polen pada tubuh *teuweul* dan deposit polen pada stigma, dan 4) Pengaruh kunjungan kedua spesies *teuweul* pada keberhasilan penyerbukan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada pertanaman labu siam di Kebun Percobaan IPB Pasir Sarongge, Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, dan berlangsung pada bulan Mei–September 2018.

Penanaman Labu Siam dan Penempatan *Teuweul*

Penanaman labu siam dilakukan pada dua petak yang masing-masing berukuran 4 x 25 m. Jarak antara kedua petak tersebut adalah 150 m. Pada setiap petak ditanam delapan bibit labu siam secara tersebar dan selanjutnya dipasang para-para setinggi 1,5 m untuk tempat menjalarnya tanaman labu siam. Pemupukan dilakukan pada awal penanaman dengan menggunakan pupuk kandang. Pengendalian hama dilakukan secara manual tanpa menggunakan pestisida. Sebanyak masing-masing dua koloni *teuweul* *H. itama* dan *T. laeviceps* ditempatkan di tengah setiap petak labu siam. Penempatan *teuweul* dilakukan satu bulan sebelum penelitian dimulai, untuk memberi kesempatan kepada *teuweul* beraklimatisasi. Dalam penuturan selanjutnya, pertanaman labu siam yang diberi koloni *H. itama* disebut petak H, sedangkan yang diberi koloni *T. laeviceps* disebut petak T.

Fenologi Pembungaan

Pengamatan fenologi pembungaan meliputi saat tanaman mulai berbunga dan banyaknya bunga jantan dan betina yang muncul. Untuk maksud tersebut, semua tanaman diamati setiap minggu mulai dari minggu ke-17 sampai ke-24 bersamaan dengan waktu pengamatan pola kunjungan harian *teuweul* pada labu siam. Jumlah bunga jantan dan betina yang terbentuk dihitung dan dicatat. Selain itu, dilakukan pengamatan pada individu bunga untuk mengetahui saat bunga mulai mekar (antesis) dan menutup.

Volume Nektar dan Konsentrasi Gula

Pengukuran volume nektar dan kandungan gula dilakukan pada bunga betina dan bunga jantan dari petak H dan petak T. Sebanyak 10 bunga jantan dan bunga betina dipilih secara acak kemudian disungkup menggunakan selubung kain kasa satu hari sebelum bunga mekar. Pengambilan nektar dilakukan 4 kali selama periode antesis, yaitu pada pukul 08:00, 09:00, 11:00, dan 13:00 WIB dari bunga yang disungkup. Pengukuran volume nektar dilakukan dengan menggunakan mikropipet, yaitu dengan cara menempelkan ujung mikropipet pada cairan nektar yang terdapat pada bagian dasar bunga. Volume nektar per bunga diperoleh dari hasil penjumlahan total panjang kolom mikropipet berisi nektar dibagi panjang mikropipet dikalikan volume mikropipet (Hicks *et al.* 2016). Selanjutnya untuk pengukuran konsentrasi gula, bunga betina dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam *ice box* yang kemudian segera dibawa ke laboratorium. Pengukuran kandungan gula nektar menggunakan

refraktometer (skala brix 0–33%), yang dilakukan di Laboratorium Pascapanen, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian-IPB.

Pola Kunjungan Harian

Pengamatan aktivitas kunjungan dilakukan secara sensus pada semua bunga jantan dan betina yang dikunjungi oleh teuweul *H. itama* pada petak H dan teuweul *T. laeviceps* pada petak T. Pengamatan dilakukan setiap jam pada pukul 07:30–16:30 WIB, dengan setiap jam pengamatan berlangsung selama 15 menit. Pengamatan diulang setiap minggu dan dilakukan pada hari dengan cuaca cerah. Pada setiap pengamatan, banyaknya bunga jantan maupun betina yang dikunjungi *H. itama* dan *T. laeviceps* dicatat. Selain itu, serangga penyerbuk lain yang mengunjungi bunga dicatat dan diidentifikasi menggunakan Miranda *et al.* (2013) dan Joseph *et al.* (2016) dan juga foto yang tersedia di internet. Peubah cuaca yang meliputi kelembapan, suhu udara, dan intensitas cahaya diukur pada setiap jam pengamatan. Pengamatan pola kunjungan ini dilakukan selama dua bulan sehingga menghasilkan delapan ulangan.

Laju dan Durasi Kunjungan

Laju kunjungan didasarkan pada banyaknya bunga jantan atau betina yang dikunjungi oleh setiap individu teuweul *H. itama* dan *T. laeviceps* per satuan waktu. Untuk maksud tersebut, individu teuweul diamati perpindahannya dari bunga ke bunga, dan lama waktu perpindahan dicatat. Individu teuweul yang perpindahannya teramati paling sedikit pada 3 (tiga) bunga digunakan untuk penentuan laju kunjungan. Selain itu, lama teuweul melakukan aktivitas pada bunga jantan dan betina juga dicatat. Pengamatan tersebut dilakukan pada 40 individu teuweul sebagai ulangan.

Muatan Polen

Sebanyak masing-masing 20 ekor *H. itama* dan *T. laeviceps* ditangkap segera setelah mereka mengunjungi bunga jantan. Setiap individu teuweul kemudian dimasukkan ke dalam tabung mikro yang berisi larutan etanol 70% dan gliserol dengan perbandingan 4:1. Sampel individu teuweul tersebut kemudian disentrifugasi selama 8 menit dengan kecepatan 11.000 rpm. Endapan dari hasil sentrifugasi kemudian diambil dan diletakkan pada haemositometer untuk dihitung jumlah polennya di bawah mikroskop.

Deposit Polen

Pada masing-masing petak H dan petak T, sebanyak 10 kuncup bunga betina dipilih secara acak, kemudian disungkup dengan selubung kain kasa pada sore hari sebelum bunga antesis. Keesokan harinya, pada saat antesis, sungkup dibuka agar bunga dikunjungi oleh teuweul. Stigma yang telah dikunjungi teuweul lalu dipotong dan dimasukkan ke dalam tabung mikro yang berisi larutan etanol 70% dan gliserol dengan perbandingan 4:1. Sampel stigma tersebut kemudian disentrifugasi selama 8 menit dengan kecepatan 11.000 rpm. Endapan dari hasil

sentrifugasi diambil dan diletakkan pada haemositometer, kemudian jumlah polen yang ada dihitung di bawah mikroskop.

Pengaruh Kunjungan Tunggal

Efisiensi penyerbukan didasarkan pada kunjungan tunggal yang dilakukan oleh *H. itama* dan *T. laeviceps*. Untuk maksud tersebut, sebanyak masing-masing 40 bunga betina disungkup dengan selubung kain kasa pada sore hari sebelum bunga antesis. Pada saat antesis, sungkup dibuka agar bunga dikunjungi oleh penyerbuk. Bunga segera disungkup kembali setelah mendapatkan sekali kunjungan oleh *H. itama* atau *T. laeviceps*. Pengaruh kunjungan tunggal oleh setiap spesies teuweul pada persentase buah yang terbentuk diukur selama 14 hari setelah penyerbukan. Untuk keperluan perbandingan, sebanyak 40 bunga dibiarkan terbuka tanpa disungkup (perlakuan penyerbukan terbuka) pada masing-masing petak, sedangkan 40 bunga lainnya disungkup sebelum dan selama antesis (perlakuan kontrol).

Analisis Data

Data volume nektar, muatan polen, deposit polen, laju kunjungan, dan durasi kunjungan ditransformasi dengan akar pangkat dua untuk memenuhi persyaratan kenormalan data, sedangkan konsentrasi gula ditransformasi dengan arcsin. Pengaruh tipe bunga dan waktu harian pada volume nektar diperiksa dengan ANOVA dua arah. Perbedaan konsentrasi gula dalam nektar bunga jantan dan betina dianalisis dengan uji-t. Begitu pula perbedaan laju kunjungan, durasi kunjungan, muatan polen, dan deposit polen antara dua spesies teuweul diperiksa dengan uji-t. Hubungan aktivitas kunjungan dengan berbagai peubah cuaca dianalisis dengan korelasi Pearson. Semua pengolahan data dilakukan dengan bantuan program IBM SPSS *Statistics* 22. Sementara itu, untuk memeriksa pengaruh berbagai perlakuan penyerbukan pada persentase buah terbentuk dianalisis dengan uji khi kuadrat (*fisher exact test*) dengan bantuan program PAST 2.17 (Hammer *et al.* 2001).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fenologi Pembungaan

Pembungaan dimulai sekitar 10 minggu setelah benih labu siam ditanam, dengan bunga jantan muncul lebih awal daripada bunga betina. Bunga-bunga jantan tersusun dalam suatu tandan pada sulur sepanjang 10–20 cm yang muncul dari aksil daun. Bunga jantan yang bergerombol ini merupakan adaptasi tanaman untuk memikat serangga penyerbuk. Dengan posisi yang berdekatan, bunga jantan akan lebih mudah ditemukan oleh lebah, sebaliknya lebah dapat menghemat energi dalam menemukan bunga (Harder & Barret 1996). Bunga betina tumbuh soliter pada aksil yang sama dengan bunga jantan. Bunga jantan dan bunga betina membuka pada waktu yang hampir bersamaan. Proses pembukaan bunga baik bunga

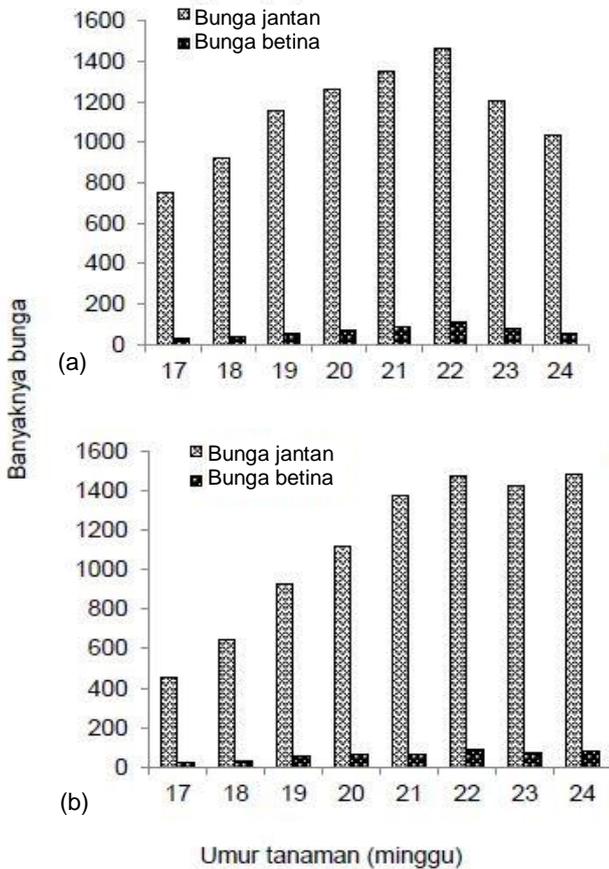
jantan maupun bunga betina berlangsung kurang lebih satu jam. Bunga mulai membuka sekitar pukul 06:30 WIB pada saat suhu sekitar 20°C, dan membuka dengan sempurna pada pukul 07:30 WIB pada saat suhu mencapai 24°C. Bunga mekar sepanjang hari dan mulai menutup pada pertengahan hari berikutnya.

Perkembangan pembentukan bunga jantan dan bunga betina pada tanaman berumur 17–24 minggu sejak benih ditanam disajikan pada Gambar 1. Tampak bahwa jumlah bunga jantan selalu lebih banyak

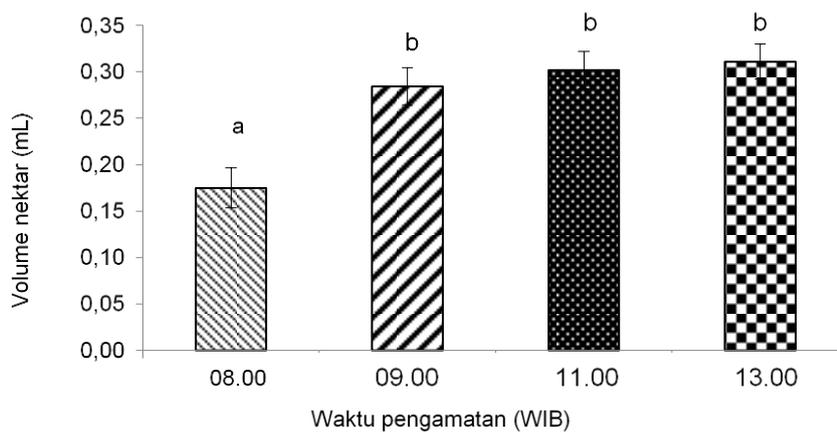
daripada bunga betina. Secara keseluruhan nisbah jumlah bunga jantan pada bunga betina adalah 18:1. Lebih banyaknya bunga jantan daripada bunga betina juga dilaporkan pada anggota Cucurbitaceae lainnya (Anusree *et al.* 2015). Nisbah bunga jantan dan bunga betina yang hampir sama (19:1) dilaporkan pada pare (*Momordica charantia* L.) (Deyto & Cervancia 2009) dan pada melon (*Cucumis melo* L.) (Revanasidda & Belavadi 2019). Menurut Bomfim *et al.* (2016), secara umum tanaman Cucurbitaceae memiliki nisbah bunga jantan dan betina berkisar 4:1 hingga 20:1. Jumlah bunga jantan yang lebih berlimpah memungkinkan serangga polinator berkunjung lebih banyak, sehingga akan lebih banyak polen yang menempel pada tubuh polinator. Hal ini dapat meningkatkan peluang terjadinya penyerbukan pada saat serangga polinator mengunjungi bunga betina untuk mengambil nektar (Njoroje *et al.* 2004).

Produksi Nektar

Pada tanaman labu siam, bunga jantan maupun bunga betina menghasilkan nektar. Hasil pengujian ANOVA dua arah menunjukkan rata-rata volume nektar pada bunga betina (0,28±0,01 mL) labu siam tidak berbeda nyata ($F_{1,52} = 1,789$; $P = 0,187$) dibandingkan dengan bunga jantan (0,25±0,01 mL). Namun demikian, rata-rata volume nektar berbeda nyata antar waktu pengamatan ($F_{3,52} = 9,019$; $P = 0,001$), dengan nilai yang terendah (0,17±0,02 mL) pada awal pengamatan (pukul 08.00 WIB) dan kemudian meningkat pada pengamatan pukul 09:00, 11:00, dan 13:00 WIB (Gambar 2). Tidak terdapat interaksi antara tipe bunga dengan waktu pengamatan ($F_{3,52} = 0,725$; $P = 0,541$). Sementara itu, konsentrasi gula pada nektar bunga betina (23,27±0,83%) tidak berbeda nyata ($t = 0,502$; $P = 0,623$) dari konsentrasi gula pada nektar bunga jantan (22,14±2,32%). Menurut Shuel (1992) sekresi nektar bunga sangat penting bagi tanaman yang penyerbukannya bergantung pada serangga. Bunga betina pada Cucurbitaceae umumnya memiliki nektar yang lebih banyak dibandingkan bunga jantan, seperti pada mentimun (*Cucumis sativus* L.), kabocha (*Cucurbita maxima* Duchesne. ex Lam.) (Collison & Martin 1979; Ashworth & Galetto 2002), dan waluh



Gambar 1 Perkembangan jumlah bunga jantan dan betina: a) Pada petak H dan b) Pada petak T.



Gambar 2 Rataan volume nektar bunga ($\bar{x} \pm SE$) menurut waktu pengamatan.

(*Cucurbita pepo* L.) (Nepi *et al.* 2001; Ali *et al.* 2014). Ketertarikan serangga penyerbuk pada bunga bergantung pada volume nektar yang tersedia serta konsentrasi gula (Karp *et al.* 2004). Semakin tinggi volume nektar, semakin lama serangga polinator mengunjungi bunga (Manetas & Petropulou 2000).

Perbedaan volume nektar harian juga dilaporkan pada waluh, yaitu rendah pada pukul 06:00 WIB dan meningkat pada pukul 09:00 dan 12:00 WIB (Nepi *et al.* 2001). Variasi volume nektar dari waktu ke waktu dapat memengaruhi laju kunjungan serangga penyerbuk (Knopper *et al.* 2016). Hal ini terkait dengan jumlah energi yang disediakan oleh nektar (Abrol 2005). Frekuensi kunjungan teuweul pada bunga yang meningkat selama pukul 08:30–10:30 WIB mungkin terkait dengan volume nektar yang tinggi pada periode tersebut. Volume nektar beserta jumlah energi tersedia yang tinggi pada pagi hari menyebabkan bunga lebih menarik bagi teuweul untuk dikunjungi (Mensah & Kudom 2011).

Pola Kunjungan Harian

Teuweul *H. itama* mulai mengunjungi bunga jantan pada pengamatan pertama pada pukul 07:30 WIB, kemudian meningkat pada pengamatan berikutnya pukul 08:30–10:30 WIB dengan jumlah kunjungan berkisar 68–71 ekor. Setelah itu, banyaknya *H. itama* yang mengunjungi bunga terus mengalami penurunan hingga pengamatan terakhir pada pukul 16:30 (Gambar 3a). Pola kunjungan *T. laeviceps* pada bunga jantan mirip dengan pola kunjungan *H. itama*, dengan kunjungan terbanyak berkisar 40–41 ekor, yang terjadi pada pukul 08:30–10:30 WIB. Lebih sedikitnya kunjungan *T. laeviceps* dibandingkan *H. itama*, seperti tampak pada kurva, disebabkan oleh perbedaan ukuran koloni. Berdasarkan hasil pengamatan pada aktivitas penerbangan pada pintu sarang, diperkirakan koloni *H. itama* berukuran lebih besar daripada koloni *T. laeviceps*.

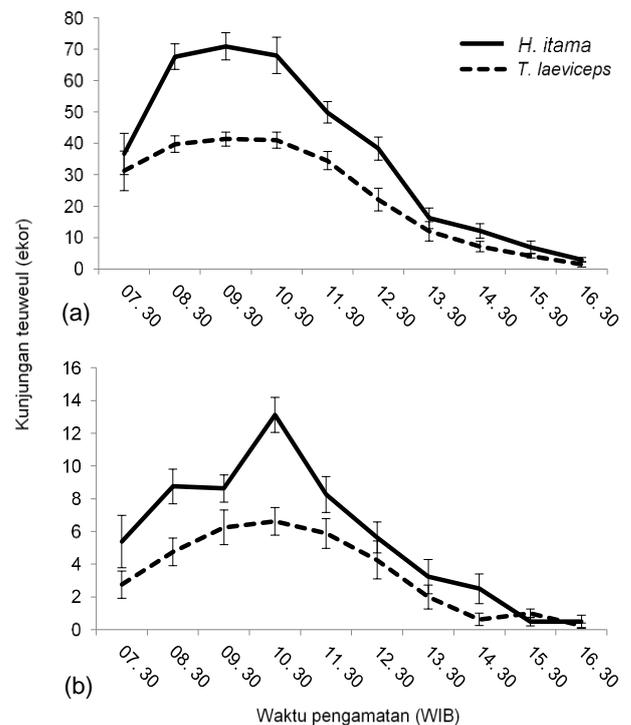
Selain mengunjungi bunga jantan yang memiliki polen dan nektar, teuweul *H. itama* dan *T. laeviceps* juga mengunjungi bunga betina yang hanya memiliki nektar. Seperti pada bunga jantan, kunjungan *H. itama* dan *T. laeviceps* pada bunga betina juga memperlihatkan pola yang hampir sama, yaitu teramati sejak pukul. 07:30 WIB. Selama periode waktu pada pukul 08:30–11:30 WIB, frekuensi kunjungan berkisar 8–13 ekor untuk *H. itama* dan 5–7 ekor untuk *T. laeviceps* (Gambar 3b). Aktivitas kunjungan pada bunga yang menurun sejak pukul 11:30 WIB, berkaitan dengan suhu tinggi. Aktivitas kunjungan pada saat suhu tinggi memerlukan lebih banyak energi, pada kondisi tersebut teuweul dapat mengalami dehidrasi (Basari *et al.* 2018).

Jumlah total kunjungan yang lebih rendah pada bunga betina disebabkan oleh jumlah bunga betina yang jauh lebih sedikit dibandingkan bunga jantan, seperti juga terjadi pada Cucurbitaceae yang lain. Dalam penelitian ini tidak membedakan durasi kunjungan pada bunga jantan dan betina. Namun pada mentimun, Collison & Martin (1979) menjelaskan

bahwa durasi kunjungan lebah madu *A. mellifera* pada bunga betina dua kali lipat lebih lama dibandingkan pada bunga jantan. Pola yang sama dilaporkan pula oleh Njoroge *et al.* (2004) pada *A. mellifera* yang berkunjung pada bunga semangka (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai).

Selama penelitian berlangsung selama 80 jam pengamatan, total kunjungan yang dilakukan oleh *H. itama* tercatat sebanyak 6.296 ekor dan *T. laeviceps* sebanyak 2.118 ekor. Berbeda dari *T. laeviceps* yang hanya berkunjung di petak T, teuweul *H. itama* dijumpai di petak H maupun di petak T yang berjarak sekitar 150 m. Hal ini menunjukkan bahwa *H. itama* memiliki kemampuan jelajah yang lebih jauh. Perbedaan ini diperkirakan terkait dengan ukuran tubuh *H. itama* yang lebih besar daripada *T. laeviceps*. Araujo *et al.* (2004) melaporkan terdapat korelasi yang kuat antara ukuran tubuh dengan jarak jelajah teuweul. Selain itu, karena koloni *H. itama* berukuran lebih besar, sumber makanan (polen dan nektar) yang tersedia di petak H tidak cukup mendukung kehidupannya sehingga teuweul perlu mencari nektar dan polen ke tempat yang lebih jauh. Menurut Dornhaus *et al.* (2006) jarak jelajah teuweul dipengaruhi oleh kelimpahan sumber daya makanan.

Berbagai faktor cuaca, seperti suhu, intensitas cahaya, angin, dan kelembapan *relative*, dilaporkan memengaruhi aktivitas kunjungan lebah. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa frekuensi kunjungan *H. itama* pada bunga labu siam berkorelasi positif dengan intensitas cahaya ($r = 0,776$; $P = 0,008$), namun tidak berkorelasi dengan suhu udara ($r = 0,167$; $P = 0,644$) dan kelembapan udara ($r = 0,367$; $P =$



Gambar 3 Rataan kunjungan harian teuweul ($\bar{x} \pm SE$): a) Pada bunga jantan dan b) Pada bunga betina.

0,296). Demikian pula kunjungan *T. laeviceps* pada bunga labu siam berkorelasi positif dengan intensitas cahaya ($r = 0,835$; $P = 0,003$), tetapi tidak berkorelasi dengan suhu ($r = 0,261$; $P = 0,467$) dan kelembapan udara ($r = 0,447$; $P = 0,195$). Tidak adanya hubungan antara suhu dan kelembapan relatif dengan aktivitas kunjungan teuweul diduga karena kotak teuweul ditempatkan persis di bawah para-para labu siam. Basari *et al.* (2018) mendapatkan tidak ada korelasi antara aktivitas kunjungan *H. itama* dengan suhu dan kelembapan relatif jika sumber makanan berjarak dekat. Namun, jika sumber makanan berjarak jauh dari sarang, aktivitas kunjungan *H. itama* berkorelasi positif dengan suhu dan berkorelasi negatif dengan kelembapan relatif.

Selain kedua spesies teuweul tersebut di atas, dijumpai juga serangga peyerbuk lainnya dalam jumlah sedikit. Di antaranya adalah lebah madu *A. cerana* sebanyak 172–209 ekor, terutama pada pagi hari pukul 07:00–08:00 WIB. Serangga lainnya dari ordo Hymenoptera yang mengunjungi bunga labu siam adalah famili Vespidae yang meliputi *Vespa velutina* Lepeletier sebanyak 24–35 ekor, *Rhynchium haemorrhoidale* (F.) sebanyak 3–10 ekor, *Polistes* sp. sebanyak 5–10 ekor, *Nomia* sp. (Halictidae) sebanyak 13–16 ekor, dan *Ceratina* sp. (Apidae) sebanyak 11–16 ekor. Dari ordo Diptera adalah *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Tephritidae) sebanyak 26–95 ekor, *Ischiodon* sp. (Syrphidae) sebanyak 3–8 ekor, dan *Episyrphus balteus* de Geer (Syrphidae) sebanyak 19–50 ekor. Serangga-serangga yang ditemukan tersebut merupakan serangga penyerbuk yang umum ditemukan di lahan pertanian (Widhiono & Sudiana 2017). Serangga famili Anthoporidae, Specidae, Formicidae, dan Muscidae juga dilaporkan mengunjungi bunga labu siam (Wille *et al.* 1983; Rashmi *et al.* 2014).

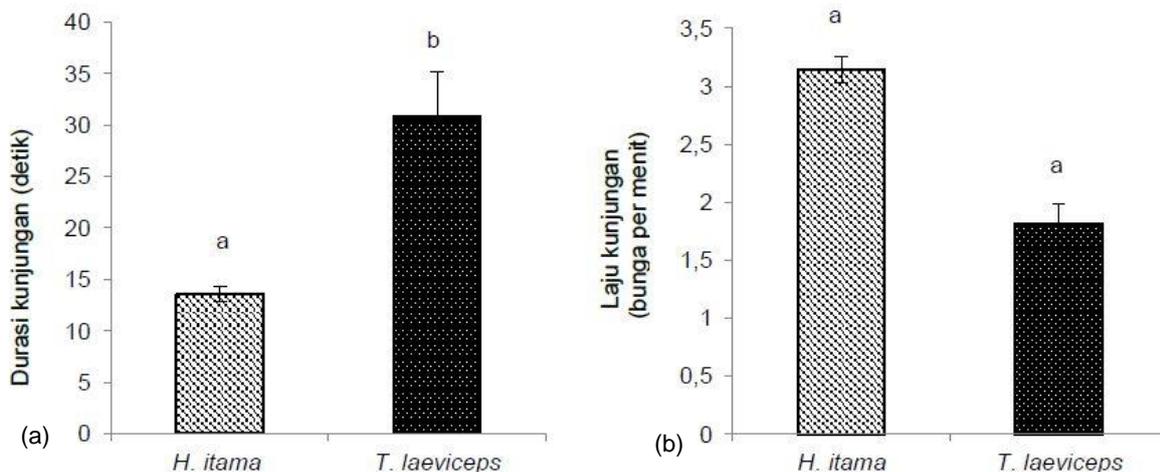
Durasi dan Laju Kunjungan

Serangga polinator biasanya memiliki perilaku kunjungan yang berbeda (Ne’eman *et al.* 2010; Couvillon *et al.* 2015). Durasi kunjungan *H. itama* pada

bunga berkisar 2,3–48,1 detik dengan rata-rata $13,6 \pm 0,7$ detik, yang berbeda nyata ($t=3,91$; $P<0,001$) dibandingkan dengan durasi kunjungan *T. laeviceps* yang berkisar 2,7–132,1 detik dengan rata-rata $30,9 \pm 4,3$ detik. Tampak bahwa durasi kunjungan *T. laeviceps* dua kali lipat lebih lama dibandingkan dengan *H. itama* (Gambar 4a). Perbedaan durasi kunjungan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh ukuran tubuh *H. itama* yang lebih besar dibandingkan dengan *T. laeviceps*. Hal ini sejalan dengan hasil pengamatan Hoehn *et al.* (2010) dan Oronje *et al.* (2012) yang melaporkan bahwa lebah yang bertubuh lebih besar mengunjungi lebih banyak bunga, dengan setiap bunga mendapatkan kunjungan yang lebih singkat. Perbedaan durasi kunjungan per bunga antara kedua spesies teuweul memengaruhi laju kunjungan, yaitu banyaknya bunga yang dapat dikunjungi per satuan waktu. Teuweul *H. itama* mengunjungi bunga sebanyak $3,1 \pm 0,2$ bunga per menit, sedangkan *T. laeviceps* sebanyak $1,8 \pm 0,1$ bunga per menit ($t=6,61$, $P<0,001$) (Gambar 4b). Laju kunjungan merupakan parameter yang penting dalam studi polinasi (Couvillon *et al.* 2015). Semakin banyak bunga yang dikunjungi semakin efisien suatu spesies serangga sebagai polinator. Namun demikian, hal ini bergantung pula pada jumlah polen per kunjungan yang berhasil ditransfer pada stigma bunga betina (Artz & Nault 2011). Dalam kaitan ini, teuweul *H. itama* tampak sedikit lebih efisien dibandingkan dengan *T. laeviceps*.

Muatan dan Deposit Polen

Polen bunga labu siam berwarna kuning dan berukuran besar dan lengket. Pada saat mengunjungi bunga jantan untuk mengambil nektar, tubuh teuweul akan menyentuh anter (kepala sari) dan polen menempel pada rambut-rambut yang terdapat pada tubuh teuweul. Polen yang terbawa oleh *H. itama* secara signifikan lebih banyak daripada polen yang terbawa oleh *T. laeviceps* ($t=2,11$; $P=0,042$) (Gambar 5a). Rata-rata banyaknya polen yang terbawa oleh teuweul *H. itama* adalah $2137,50 \pm 184,49$ butir, sedangkan yang terbawa oleh *T. laeviceps* adalah $1675,00 \pm 110,47$ butir. Muatan polen yang lebih banyak



Gambar 4 Rataan kunjungan teuweul ($\bar{x} \pm SE$): a) Durasi kunjungan dan b) Laju kunjungan.

pada *H. itama* dibandingkan pada *T. laeviceps* juga dilaporkan oleh Atmowidi *et al.* (2018).

Banyaknya polen yang terbawa bergantung pada ukuran tubuh lebah (Pearce *et al.* 2012). Secara umum, jumlah polen yang terbawa pada serangga polinator yang berukuran besar lebih banyak dibandingkan pada serangga polinator yang berukuran kecil (Huda *et al.* 2015). Panjang tubuh *H. itama* (5,52 mm) lebih besar dibandingkan dengan *T. laeviceps* (3,86 mm) (Atmowidi *et al.* 2018). Banyaknya polen terbawa tubuh lebah juga dipengaruhi oleh waktu kunjungan pada bunga. Individu lebah yang mengunjungi bunga lebih awal dilaporkan membawa lebih banyak polen (Vidal *et al.* 2010). Pada giliran berikutnya, lebah yang membawa lebih banyak polen berpeluang memindahkan polen yang lebih banyak pada stigma.

Selama penghitungan polen, hanya polen labu siam yang dijumpai pada tubuh teuweul. Hal ini menunjukkan bahwa *H. itama* dan *T. laeviceps* hanya berkunjung ke bunga labu siam. Pengamatan lapangan juga menunjukkan bahwa kedua spesies teuweul ini tidak pernah ditemukan mengunjungi bunga-bunga lain yang ada di sekitar pertanaman labu siam. Pola kunjungan seperti ini diperlihatkan juga oleh spesies lebah lainnya. Lebah madu *Apis mellifera* L. dilaporkan memperlihatkan *flower constancy*, yaitu individu lebah pada setiap kali perjalanan hanya mengunjungi satu spesies bunga tertentu (Hills *et al.* 1997). Dengan hanya mengunjungi satu jenis bunga, tingkat efisiensi penyerbukan menjadi lebih tinggi karena meningkatkan peluang deposit polen pada stigma dari spesies tanaman yang sama. Menurut Gruter *et al.* (2011) *flower constancy* dipengaruhi oleh warna dan bentuk bunga serta volume dan konsentrasi nektar. Fenomena *flower constancy* pada teuweul juga dilaporkan oleh Pangestika *et al.* (2017).

Pada saat mengunjungi bunga betina untuk mengambil nektar, polen-polen yang menempel pada tubuh teuweul kemudian berpindah pada stigma. Deposit polen pada stigma oleh *H. itama* yang mencapai sebanyak $14,1 \pm 4,1$ butir tidak berbeda nyata ($t=0,836$; $P=0,414$) dibandingkan dengan deposit polen oleh *T. laeviceps* sebanyak $9,8 \pm 3,1$ butir (Gambar 5b).

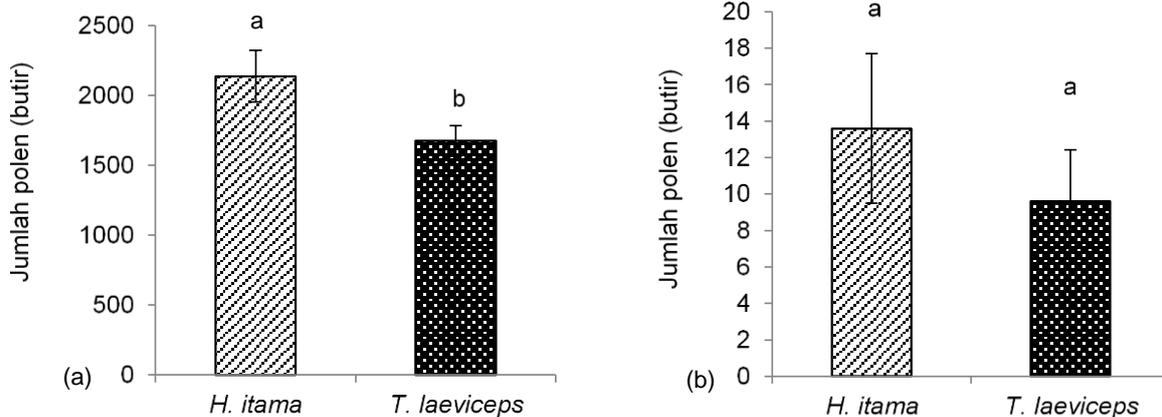
Dibandingkan muatan polen pada tubuh teuweul, jumlah deposit polen pada stigma jauh lebih rendah. Perbedaan ini disebabkan oleh banyaknya polen yang hilang pada saat teuweul keluar-masuk bunga. Pada saat teuweul meninggalkan bunga jantan, banyak butiran polen yang jatuh ke dasar stamen dan korola. Selain itu, data deposit polen ini tidak sejalan dengan data muatan polen yang berbeda nyata di antara kedua spesies teuweul. Hal ini terjadi karena durasi kunjungan *T. laeviceps* pada bunga berlangsung lebih lama (Gambar 4a) sehingga meninggalkan deposit polen pada stigma yang relatif lebih banyak. Berbagai faktor dilaporkan memengaruhi transfer polen pada stigma, di antaranya adalah ukuran tubuh (Willmer & Finlayson 2014) dan perilaku serangga polinator pada waktu mengumpulkan polen dan mengisap nektar (Michener 2007).

Persentase Buah Terbentuk

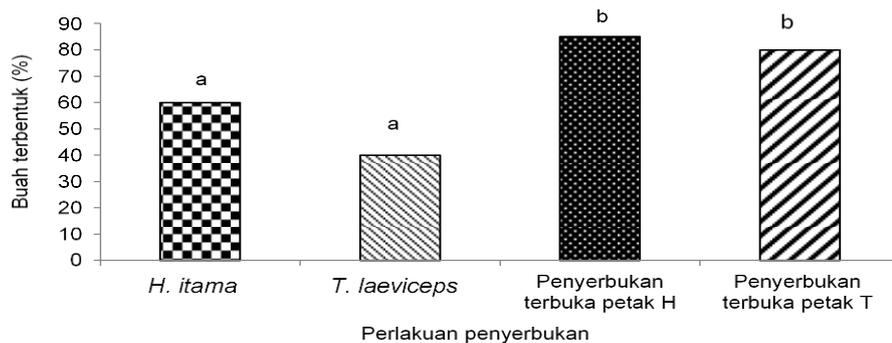
Bunga betina yang disungkup (tidak dikunjungi serangga) tidak satu pun (0%) yang berhasil membentuk buah. Hal ini membuktikan bahwa bunga labu siam bergantung pada serangga untuk penyerbukannya. Aung *et al.* (1990) melaporkan bahwa labu siam yang ditumbuhkan di dalam rumah kaca, tanpa keberadaan serangga penyerbuk, semua bakal buahnya gagal berkembang dan kemudian gugur. Hal yang sama dilaporkan terjadi pada waluh (Rani *et al.* 2016).

Berbeda dari anggota Cucurbitaceae lainnya, labu siam memiliki hanya satu ovari sehingga diduga tidak memerlukan kunjungan serangga polinator yang berulang kali untuk keberhasilan penyerbukannya (McGregor 1976). Namun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak semua bunga betina labu siam yang dikunjungi teuweul berkembang membentuk buah. Sebanyak 60% dari bunga yang mendapat satu kali kunjungan *H. itama* berhasil membentuk buah dan tidak berbeda nyata ($\chi^2=3,2$; $P=0,117$) dibandingkan dengan bunga yang mendapat satu kali kunjungan *T. laeviceps* (40%) (Gambar 6).

Pada bunga betina yang tidak disungkup (penyerbukan terbuka), persentase buah terbentuk



Gambar 5 Rataan banyaknya polen ($\bar{x} \pm SE$): a) Muatan polen dan b) Deposit polen.



Gambar 6 Persentase buah terbentuk pada empat perlakuan penyerbukan.

mencapai 85% pada petak H dan 80% pada petak T, yang berturut-turut berbeda nyata dibandingkan dengan persentase buah terbentuk dari hasil sekali kunjungan *H. itama* ($x^2=6,63$; $P=0,022$) dan *T. laeviceps* ($x^2=13,3$; $P=0,00052$) (Gambar 6). Pada penyerbukan terbuka ini, bunga betina berkesempatan dikunjungi lebih dari sekali oleh *H. itama* maupun *T. laeviceps* atau serangga penyerbuk lainnya. Dengan demikian, polen yang menempel pada stigma diperkirakan jumlahnya lebih banyak. Mempertimbangkan masa viabilitas polen dan masa reseptif stigma yang berlangsung singkat (Nepi & Pacini 1993; Tschoeke *et al.* 2015), tampaknya jumlah polen yang cukup pada stigma diperlukan untuk menjamin keberhasilan fertilisasi. Pada tanaman Cucurbitaceae dengan buah yang berbiji banyak, kunjungan serangga penyerbuk yang berulang kali diperlukan untuk keberhasilan panen. Sebagai contoh, agar semua bunga betina waluh berkembang menjadi buah, setiap bunga memerlukan sebanyak 12 kali kunjungan lebah madu *A. mellifera* (Vidal *et al.* 2010).

Implikasi Praktis

Hasil penelitian membuktikan bahwa pembentukan buah pada labu siam ditentukan oleh kehadiran serangga penyerbuk. Dalam kaitan ini, penempatan koloni teuweul di bawah atau di sekitar para-para tanaman labu siam dapat disarankan untuk menjamin terjadinya penyerbukan. Berdasarkan persentase buah terbentuk dari hasil kunjungan tunggal, teuweul *H. itama* cenderung lebih efisien dibandingkan dengan *T. laeviceps* sebagai penyerbuk bunga labu siam. Namun demikian, koloni *H. itama* harganya lebih mahal serta lebih sulit pemeliharaannya. Sementara, *T. laeviceps* harganya lebih murah dan mudah untuk dibudidayakan. Di sisi lain, masa pembungaan yang panjang dan berkesinambungan serta jumlah bunga jantan yang melimpah, menjadikan labu siam sebagai tanaman yang sesuai untuk sumber polen dan nektar bagi teuweul. Terlebih lagi pada pertanaman labu siam tidak atau jarang dilakukan penyemprotan pestisida yang dapat mengganggu kehidupan serangga penyerbuk. Oleh karena itu, kegiatan budi daya teuweul oleh petani labu siam diharapkan dapat meningkatkan hasil panen.

Pada saat yang bersamaan, petani memperoleh tambahan penghasilan dari madu dan propolis.

KESIMPULAN

Jumlah bunga jantan pada tanaman labu siam sekitar sebanyak 18 kali lipat lebih banyak dibandingkan dengan bunga betina. Teuweul *H. itama* maupun *T. laeviceps* mengunjungi kedua tipe bunga tersebut dengan puncak kunjungan terjadi pada pukul 08:30–10:30 WIB. Durasi kunjungan *T. laeviceps* pada bunga berlangsung sekitar dua kali lipat lebih lama dibandingkan dengan *H. itama*. Sebaliknya, laju kunjungan *H. itama* sekitar dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan dengan *T. laeviceps*. Bunga yang tidak dikunjungi teuweul gagal membentuk buah. Penyerbukan terbuka menghasilkan persentase buah terbentuk yang lebih tinggi dibandingkan bunga yang mendapat sekali kunjungan teuweul.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari rangkaian penelitian yang dilakukan oleh penulis pertama dalam rangka penyelesaian studi magister pada Program Studi Entomologi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, dengan dukungan dana pendidikan dan penelitian dari LPDP-Kementerian Keuangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrol DP. 2005. Pollination energetics. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 8(1): 3–14. [https://doi.org/10.1016/S1226-8615\(08\)60066-7](https://doi.org/10.1016/S1226-8615(08)60066-7)
- Ali M, Saeed S, Sajjad A, Bashir MA. 2014. Exploring the best native pollinators for pumpkin (*Cucurbita pepo*) production in Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*. 46(2): 531–539.

- Anusree T, Abhina C, Lishiba PP, Rasna TV, Varma S, Sinu PA. 2015. Flower sex expression in cucurbit crops in Kerala: implications for pollination and fruitset. *Current Science*. 109(12): 2299–2302. <https://doi.org/10.18520/v109/i12/2299-2302>
- Araujo ED, Costa M, Chaud-Netto J, Fowler HG. 2004. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): Inference of flight range and possible ecological implications. *Brazilian Journal of Biology*. 64(3B): 563–568. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842004000400003>
- Artz DR, Nault BA. 2011. Performance of *Apis mellifera*, *Bombus impatiens*, and *Peponapis pruinosa* (Hymenoptera: Apidae) as pollinators of pumpkin. *Journal of Economic Entomology*. 104(4): 1153–1161. <https://doi.org/10.1603/EC10431>
- Ashworth L, Galetto L. 2002. Differential nectar production between male and female flowers in a wild cucurbit: *Cucurbita maxima* ssp. *andreaana* (Cucurbitaceae). *Canadian Journal of Botany*. 80: 1203–1208. <https://doi.org/10.1139/b02-110>
- Azmi WA, Samsuri N, Hatta MFM, Ghazi R, Seng CT. 2017. Effects of stingless bee (*Heterotrigona itama*) pollination on greenhouse cucumber (*Cucumis sativus*). *Malaysian Applied Biology*. 46(1): 51–55.
- Atmowidi T, Prawasti S, Raffiudin R. 2018. Flight activities and pollen load of three species of stingless bees (Apidae: Melliponinae). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 197 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/197/1/012025>
- Aung LH, Ball A, Kushad M. 1990. Developmental and nutritional aspects of chayote (*Sechium edule*, Cucurbitaceae). *Economic Botany*. 44: 157–164. <https://doi.org/10.1007/BF02860483>
- Basari N, Ramli SN, Khairi ASM. 2018. Food reward and distance influence the foraging pattern of stingless bee, *Heterotrigona itama*. *Insects*. 9: 1–10. <https://doi.org/10.3390/insects9040138>
- Bomfim IGA, Bezerra ADM, Nunes AC, Aragao FAS, Freitas BM. 2014. Adaptive and foraging behavior of two stingless bee species (Apidae: Meliponini) in greenhouse mini watermelon pollination. *Sociobiology*. 61(4): 502–509. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.502-509>
- Bomfim IGA, Breno MF, Fernando ASA, Stuart AW. 2016. Pollination in cucurbit crops. In: Pessaraki M (ed.). *Handbook of Cucurbits: Growth, Cultural Practices, and Physiology*. Florida (US): CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19233-16>
- Collison CH, Martin EC. 1979. Behavior of honeybees (*Apis mellifera*) foraging on male and female flowers of *Cucumis sativus*. *Journal of Apicultural Research*. 18: 184–190. <https://doi.org/10.1080/00218839.1979.11099965>
- Cortopassi-Laurino M, Imperatriz-Fonseca VL, Roubik DW, Dollin A, Heard T, Aguilar I, Venturieri GC, Eardley C, Nogueira-Neto P. 2006. Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*. 37: 275–292. <https://doi.org/10.1051/apido:2006027>
- Couvillon MJ, Walter CM, Blows EM, Czaczkes TJ, Alton KL, Ratnieks LW. 2015. Busy bees: variations in insect-flower visiting rates across multiple plant species. *Psyche*. 2015: 1–7. <https://doi.org/10.1155/2015/134630>
- Deyto RC, Cervancia CR. 2009. Floral biology and pollination of ampalaya (*Momordica charantia* L.). *Philippine Agricultural Scientist*. 92(1): 8–18.
- Dornhaus A, Klugl F, Oechslein C, Puppe F, Chittka L. 2006. Benefits of recruitment in honey bees: effects of ecology and colony size in an individual based model. *Behavioral Ecology*. 17: 336–344. <https://doi.org/10.1093/beheco/arj036>
- Erniwati. 2013. Kajian biologi lebah tak bersengat (Apidae: *Trigona*) di Indonesia. *Fauna Indonesia*. 12: 29–34.
- Grüter C, Francis LWR. 2011. Flower constancy in insect pollinators: Adaptive foraging behaviour or cognitive limitation?. *Communicative & Integrative Biology*. 4(6): 633–636.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1): 1–9.
- Harder LD, Barret SCH. 1996. Pollen dispersal and mating patterns in animal-pollinated plants. In: Lloyd DC & Barret SC (eds). *Floral Biology*. New York (US): Chapman. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1165-2_6
- Hicks DM, Ouvrard P, Baldock KCR, Baude M, Goddard MA, Kunin WE. 2016. Food for Pollinators: Quantifying the Nectar and Pollen Resources of Urban Flower Meadows. *Plos One*. 11(6): 1–37.
- Hills PSM, Wells PH, Wells H. 1997. Spontaneous flower constancy and learning in honeybees as a function of colour. *Animal Behaviour*. 54: 615–627. <https://doi.org/10.1006/anbe.1996.0467>
- Hoehn P, Tscharrntke T, Tylianakis JM, Steffan-Dewenter I. 2010. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*. 275: 2283–2291. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0405>
- Huda AN, Che Salmah MR, Hassan AA, Hamdan A, Razak MNA. 2015. Pollination services of mango flower pollination. *Journal of Insect Science*. 15(1): 113–120. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev090>

- Jalil AH. 2014. *Beescape for Meliponines: Conservation of Indo-Malayan Stingless Bees*. Singapore (SG): Partridge Publishing.
- Joseph S, Wilson, Olivia MC. 2016. *The Bees in Your Backyard*. New Jersey (US): Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400874156>
- Karp K, Mand M, Starast M, Paal T. 2004. Nectar production of *Rubus arcticus*. *Agronomy Research*. 2: 57–61.
- Klein AM, Vaissiere BE, Cane J, Steffan-Dewenter I, Cunningham S, Kremen C, and Tscharntke T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*. 274: 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Knopper LD, Dan T, Reisig DD, Johnson JD, Bowers LM. 2016. Sugar concentration in Nectar: a quantitative metric of crop attractiveness for refined pollinator risk assessments. *Pest Management Science*. 72: 1807–1812. <https://doi.org/10.1002/ps.4321>
- Manetas Y, Petropoulou Y. 2000. Nectar amount, pollinator visit duration and pollination success in the Mediteranian shrub *Cistus creticus*. *Annals of Botany*. 86: 815–820. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1241>
- McGregor SE. 1976. *Insect Pollination of Cultivated Crop Plants*. Chapter 5: Tree Fruits & Nut and Wxotic Tree Fruits & Nuts. Washington DC (US): US Department of Agriculture.
- Mensah BA, Kudom AA. 2011. Foraging dynamics and pollination efficiency of *Apis mellifera* and *Xylocopa olivacea* on *Luffa aegyptiaca* Mill (Cucurbitaceae) in Southern Gana. *Journal of Pollination Ecology*. 4(5): 34–38. <https://doi.org/10.26786/1920-7603> (2011)6
- Michener CD. 2007. *The Bee of the World*. Baltimore (US): John Hopukulins University Press.
- Miranda GFG, Young AD, Marshall SA, Locke MM, Thompson FC. 2013. Key to the genera of Nearctic syrphidae. *Canadian Journal of Arthropod Identification*. 23: 13–51.
- Ne'eman G, Jurgens A, Newstrom-Lloyd L, Potts SG, Dafni A. 2010. A framework for comparing pollinator performance: effectiveness and efficiency. *Biological Review*. 85: 435–451. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2009.00108.x>
- Nepi M, Pacini E. 1993. Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Annals of Botany* 72: 527–536. <https://doi.org/10.1006/anbo.1993.1141>
- Nepi M, Guarnieri M, Pacini E. 2001. Nectar secretion, reabsorption, and sugar composition in male and female flowers of *Cucurbita pepo*. *International Journal of Plant Sciences*. 162(2): 353–358. <https://doi.org/10.1086/319581>
- Njoroge GN, Gemmill B, Bussmann R, Newton LE, Ngumi VW. 2004. Pollination ecology of *Citrullus lanatus* at Yatta, Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*. 24(1): 73–77. <https://doi.org/10.1079/IJT20042>
- Oronje ML, Hagen M, Gikungu M, Kasina M, Kraemer M. 2012. Pollinator diversity, behavior and limitation on yield of karela (*Momordica charantia* L. Cucurbitaceae) in Western Kenya. *African Journal of Agricultural Research* .7(11): 1629–1638. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.725>
- Pangestika NW, Atmowidi T, Kahono S. 2017. Pollen load and flower constancy of three species of stingless bees (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Tropical Life Sciences Research*. 28(2): 179–187. <https://doi.org/10.21315/tlsr2017.28.2.13>
- Pearce AM, O'Neill KM, Miller RS, Blodgett S. 2012. Diversity of flower-visiting bees and their pollen loads on a wildflower seed farm in Montana. *Journal of the Kansas Entomological Societ*. 85(2): 97–108.
- Rani DD, Yadav S, Kaushik HD, Kumar GN. 2016. Effect of different modes of pollination on yield parameters of summer squash (*Cucurbita pepo* L.) in India. *Journal of Applied and Natural Sciences* 8(2): 550–554. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i2.834>
- Rashmi MA, Gandhi Gracy R, Vinutha TM, Bhat NS. 2014. Study of pollinator activity in cho-cho *Sechium edule* (Jacq.) Sw crop. *2nd International Conference on Agricultural and Horticultural Sciences*. Hyderabad, India (IN). 3–5 February 2014.
- Rasmussen C. 2008. Catalog of the Indo-Malayan/Australasian stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Zootaxa*. 1935: 1–80. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1935.1.1>
- Riendriasari SD, Krisnawati. 2017. Produksi propolis mentah lebah madu *Trigona* spp. di Pulau Lombok. *Jurnal Hutan Tropika*. 1(1): 71–75. <https://doi.org/10.32522/u-jht.v1i1.797>
- Revanasidda, Belavadi VV. 2019. Floral biology and pollination in *Cucumis melo* L, a tropical andromonocious cucurbit. *Journal of Asia Pasific Entomology*. 22: 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.01.001>
- Saunders ME. 2018. Ecosystem services in agriculture: understanding the multifunctional role of invertebrates. *Agricultural and Forest Entomology*. 20: 298–300. <https://doi.org/10.1111/afe.12248>
- Slaa EJ, Chaves LAS, Malagodi-Braga KS, Hofstede FE. 2006. Stingless bees in applied pollination: practices and perspectives. *Apidologie*. 37: 293–315. <https://doi.org/10.1051/apido:2006022>

- Shuel RW. 1992. *The production of nectar and pollen*. In: *Graham JM* (ed.). *The hive and the honeybee*. Hamilton, Illinois (US): Dadant Publication.
- Tschoeke PH, Oliveira EE, Dalcin MS, Silveira-Tschoeke MCAC, Santos GR. 2015. Diversity and flower-visiting rates of bee species as potential pollinator of melon (*Cucumis melo* L.) in Brazilian Cerado. *Scientia Horticulturae*. 186: 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.027>
- Vidal MDG, Jong DD, Wien HC, Morse RA. 2010. Pollination and fruit set in pumpkin (*Cucurbita pepo*) by honey bees. *Revista Brasileira de Botanica*. 33(1): 107–113. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100010>
- Widhiono I, Sudiana E, Trisucianto E. 2016. Insect pollinator diversity along a habitat quality gradient on Mount Slamet, Central Java, Indonesia. *Biodiversitas*. 17(2): 746–752. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d170250>
- Widhiono I, Sudiana E. 2017. Preliminary Test of Agri-Environmental Scheme Implementation in Farmland in Northern Slope of Mount Slamet. *Journal of Agricultural Science*. 39(1): 66–73. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v39i1.871>
- Wille A, Orozco E, Raabe C. 1983. Polinización del chayote *Sechium edule* (Jacq.) Swartz en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 31: 145–154.
- Willmer PG, Finlayson K. 2014. Big bees do a better job: intraspecific size variation influences pollination effectiveness. *Journal of Pollination Ecology*. 14: 244–254. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2014\)22](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2014)22)