

**Peranan Lebah *Trigona laeviceps* (Hymenoptera: Apidae)
dalam Produksi Biji Kailan (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*)**

***The Role of Trigona laeviceps (Hymenoptera: Apidae)
in Seed Production of Kale (Brassica oleracea var. alboglabra)***

Anggreny Pramitha Wulandari^{1*}, Tri Atmowidi¹, dan Sih Kahono²

¹Program Studi Biosains Hewan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Laboratorium Ekologi, Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi, LIPI
Jl. Raya Jakarta Bogor, Gedung Widyasatwaloka, Cibinong, Bogor 16911, Indonesia

Diterima 18 Mei 2016/Disetujui 11 Oktober 2016

ABSTRACT

Kale (Brassica oleraceae) has small and compound floral-type and usually visited by bees, including Trigona laeviceps (Apidae: Melliponini) as pollinator which can increase fruit and seed production of many species of agricultural crops. Aims of the research were to study foraging activity and the role of T. laeviceps in seed production of kale. Three treatments were used i.e., caged crop with one colonies of T. laeviceps, open crop with one colonies of T. laeviceps and caged crop without bee. Foraging activities of T. laeviceps were observed during the flowering by using a focal sampling method and visual method. Measuring the amount of pollen was done by using glycerol and alcohol (70%) with a ratio 4:1 and pollen viability was observed in Brewbaker and Kwack solutions. Result showed that flower handling time of T. laeviceps was highest during 09.00-10.00 (36.3 seconds/flower) with foraging rate was 8.26 flowers per 5 minutes. Flower handling time was lowest during 15.00-16.00 (10.6 seconds/flower) with foraging rate was 28.6 flowers per 5 minutes. Pollen load of T. laeviceps in the caged crop (8125 grain) was higher than in open crop (3000 grain). Viability of the pollen in the caged crop (80.8%) was higher than that of open crop (31.4%). Pollination by T. laeviceps increased 141% number of pods per plant, 48% number of seeds per pod, 204% of seed weight per plant, and 177% of seed germination.

Keywords: foraging activity, pollination, fruit set, pollen viability

ABSTRAK

Bunga kailan bertipe bunga majemuk dan berukuran kecil yang banyak dikunjungi oleh lebah termasuk Trigona laeviceps. Trigona laeviceps (Apidae: Melliponini) diketahui merupakan lebah penyerbuk yang efektif dan mampu meningkatkan produksi buah dan biji berbagai tanaman pertanian. Penelitian ini bertujuan mempelajari aktivitas kunjungan dan peranan lebah T. laeviceps dalam penyerbukan tanaman kailan. Tiga perlakuan digunakan, yaitu pertanaman kailan dikurung dan diberi satu koloni T. laeviceps, pertanaman terbuka yang diberi satu koloni T. laeviceps, dan pertanaman dikurung tanpa lebah T. laeviceps (kontrol). Aktivitas kunjungan T. laeviceps diamati selama pembungaan berlangsung dengan menggunakan metode focal sampling yang diamati secara visual. Pengukuran jumlah polen dilakukan dengan menggunakan larutan gliserol dan alkohol 70% dengan perbandingan 4: 1. Viabilitas polen diamati menggunakan larutan Brewbaker & Kwack. Lama kunjungan T. laeviceps per bunga paling tinggi terjadi pada pukul 09.00-10.00 (36.3 detik/bunga) dengan jumlah bunga yang dikunjungi 8.26 bunga per 5 menit. Lama kunjungan per bunga paling rendah terjadi pada pukul 15.00-16.00 (10.6 detik per bunga) dengan jumlah bunga yang dikunjungi 28.57 bunga per 5 menit. Jumlah polen yang dibawa oleh T. laeviceps pada pertanaman yang dikurung lebih banyak (8125 butir) dibandingkan pertanaman terbuka (3000 butir). Viabilitas polen kailan pada pertanaman dikurung dengan T. laeviceps 80.8% lebih tinggi dibandingkan pertanaman terbuka (31.4%). Penyerbukan oleh T. laeviceps pada pertanaman yang dikurung meningkatkan 141% jumlah polong per tanaman, 48% jumlah biji per polong, 204% bobot biji per tanaman, dan 177% perkecambahan biji dibandingkan pertanaman kontrol.

Kata kunci: aktivitas mencari pakan, penyerbukan, pembentukan buah, viabilitas polen

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: anggrenypw@rocketmail.com

PENDAHULUAN

Penyerbukan memiliki peranan yang sangat penting dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi tanaman hortikultura. Penyerbukan dengan bantuan serangga dapat meningkatkan produksi pertanian (Atmowidi *et al.*, 2007; Kasno *et al.*, 2010; Rianti *et al.*, 2010; Garibeldi *et al.*, 2014). Penyerbukan serangga pada tumbuhan berbunga merupakan bentuk interaksi yang saling menguntungkan. Dalam interaksi tersebut, tumbuhan berbunga menyediakan sumber pakan (serbuk sari dan nektar) bagi serangga, sedangkan tumbuhan mendapat keuntungan dengan terjadinya penyerbukan.

Serangga yang paling penting peranannya dalam penyerbukan tanaman adalah lebah, terutama lebah sosial yang mengumpulkan nektar dan polen. Lebah sosial dikenal sebagai agen penyerbuk potensial yang dapat meningkatkan produksi pertanian (Thomas *et al.*, 2009). *Stingless bees* (Apidae: Melliponinae) merupakan lebah sosial yang tidak memiliki sengat. Lebah *T. laeviceps* merupakan salah satu spesies dari *stingless bees* yang berperan penting dalam penyerbukan tanaman di daerah tropik (Willms *et al.*, 1996). Kahono *et al.* (2012) melaporkan bahwa ditemukan sebanyak enam jenis lebah (Apidae) yang diduga sebagai penyerbuk potensial kelapa sawit, salah satunya yaitu *T. laeviceps*. Di Brazil, *T. spinipes* dapat meningkatkan hasil panen pada jambu monyet (*cashew*) dari rata-rata 780 g per pohon menjadi 3890 g per pohon (Freitas *et al.*, 2014).

Tanaman kailan (*Brassica oleracea* var. *albolabra*) merupakan salah satu tanaman sayuran daun yang memiliki prospek baik untuk dibudidayakan. Beberapa permasalahan penting dalam budidaya tanaman kailan adalah pembentukan biji yang relatif rendah serta serangan hama yang dapat mempengaruhi produksi biji. Bunga kailan dapat melakukan penyerbukan sendiri, tetapi keberhasilan tanaman melalui penyerbukan silang lebih tinggi daripada tanaman melalui penyerbukan sendiri (Waites 2005). Bunga kailan berdiameter sekitar 4.62 mm dan termasuk bunga majemuk berumah satu yang memiliki 4 petal dengan 6 benang sari dan memiliki kepala putik. Putik berada ditengah bunga yang dikelilingi oleh benang sari, posisi putik lebih rendah dari benang sari. *T. laeviceps* merupakan serangga penyerbuk yang memiliki ukuran kecil yang sesuai dengan ukuran bunga kailan sehingga dapat membantu proses penyerbukan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari peranan *T. laeviceps* dalam menyerbuki bunga tanaman kailan sehingga meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi biji kailan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2014 sampai dengan Januari 2015 di lahan Pertanian Organik Bina Sarana Bakti yang terletak di Kecamatan Cisarua, Bogor, Jawa Barat. Lahan pertanian tersebut berlokasi di lereng Gunung Pangrango, dengan ketinggian 953.9 m dpl dan tingkat kemiringan 3-5%.

Penyiapan Tanaman

Biji kailan disemai dalam *polybag* yang sudah diberi pupuk kandang dari kotoran sapi. Setelah kailan berumur sekitar 20 hari, sebanyak 150 bibit tanaman kailan dipindahkan dari persemaian ke lahan penelitian dan ditanam dengan jarak 25 cm x 25 cm. Penanaman dilakukan dengan menggunakan pola *zig zag*. Pemupukan dilakukan sekali dalam seminggu dengan menggunakan pupuk organik cair sampai tanaman berbunga. Pupuk organik cair dibuat dari urin kelinci yang dilarutkan dengan air dengan perbandingan 1:9. Pengendalian hama dilakukan secara manual tanpa pestisida.

Penggunaan *T. laeviceps* dalam Penyerbukan Tanaman Kailan

Sebanyak 150 tanaman dikurung dengan kain kasa berukuran 3m x 4m x 3m, sebelum tanaman kailan berbunga. Setelah tanaman mulai berbunga, satu koloni lebah *T. laeviceps* dimasukkan ke dalam kurungan yang berisi 50 tanaman kailan. Lima puluh tanaman kailan yang lain dibiarkan terbuka, sehingga serangga penyerbuk dapat mengunjungi bunga tersebut. Sebagai kontrol, 50 tanaman kailan dikurung dengan kasa, namun tidak diberi koloni *T. laeviceps*.

Pengamatan Aktivitas Kunjungan *T. laeviceps*

Aktivitas kunjungan *T. laeviceps* diamati selama pembungaan berlangsung, yaitu pada pertanaman terbuka dan pertanaman yang dikurung dengan kasa dengan menggunakan metode *focal sampling* yang dilakukan mulai pada pukul 08.00-16.00 WIB tiap hari selama pembungaan. Aktivitas kunjungan yang diamati meliputi jumlah bunga yang dikunjungi per lima menit (*foraging rate*), lama kunjungan per bunga (*handling time*) dan lama kunjungan dalam satu tanaman. Aktivitas kunjungan diamati secara visual dengan bantuan *stopwatch*. Selama pengamatan aktivitas kunjungan *T. laeviceps*, juga diukur parameter lingkungan, meliputi kelembaban dan suhu udara, intensitas cahaya dan kecepatan angin.

Pengukuran Pollen Load

Pengukuran *pollen load* dilakukan dengan memasukkan satu individu *T. laeviceps* ke dalam *micro tube* yang berisi alkohol 70% dan gliserol dengan perbandingan 4:1 dan disentrifus dengan kecepatan 300 rpm selama 3 menit. Setelah disentrifugasi, polen mengendap di dasar *micro tube*. Sebanyak 0.1 mL larutan yang mengandung polen diteteskan pada haemosyotometer dan diamati di bawah mikroskop. Pengukuran *pollen load* dilakukan sebanyak 10 kali ulangan.

Pengamatan Morfologi Polen

Pengamatan morfologi polen bertujuan untuk mengetahui polen apa saja yang dibawa oleh *T. laeviceps* pada pertanaman terbuka. Sampel polen yang diperoleh dari tungkai *T. laeviceps* dan polen dari bunga kailan yang digunakan sebagai perbandingan dimasukkan masing-masing ke dalam ependorf yang berisi larutan preparasi polen dengan metode *acetolysis*. Sampel polen dipanaskan dalam *waterbath* dengan suhu 80-90 °C selama 10 menit. Sampel kemudian disentrifugasi pada kecepatan 12,000 rpm selama 2 menit, lalu supernatan dibuang. Sampel selanjutnya ditambah dengan 1 mL akuades, kemudian disentrifus pada kecepatan 12,000 rpm selama 2 menit. Penambahan akuades dilakukan sampai supernatan yang dihasilkan berwarna bening. Sampel di oven selama satu malam dengan tutup ependorf terbuka pada suhu 60 °C, selanjutnya dibuat preparat polen dan diamati di bawah mikroskop.

Pengukuran Viabilitas Polen

Pengukuran viabilitas polen dari tubuh *T. laeviceps* dilakukan dengan memasukkan 2 individu lebah *T. laeviceps* ke dalam *micro tube* yang berisi larutan *Brewbaker & Kwack* (1963). Larutan selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 700 rpm selama 5 menit. Setelah disentrifugasi, lebah dikeluarkan dari larutan. Sebanyak 0.1 mL pelet diambil menggunakan pipet tetes, lalu diteteskan pada kaca preparat. Kaca preparat selanjutnya disimpan pada cawan petri yang telah dilapisi oleh *tissue* lembab. Cawan petri ditutup dan didiamkan selama 2 jam. Pengamatan perkecambahannya polen dilakukan di bawah mikroskop cahaya dan dihitung persentase perkecambahannya. Pengamatan perkecambahannya polen dilakukan dalam 10 kali ulangan.

Pengukuran Hasil Panen

Parameter pengukuran hasil panen meliputi tinggi tanaman, jumlah polong per tanaman, jumlah biji per polong, bobot biji per tanaman, serta pengukuran perkecambahannya biji dari masing-masing perlakuan. Pengukuran perkecambahannya biji dilakukan menggunakan cawan petri dengan kapas yang lembab.

Analisis Data

Data aktivitas kunjungan *T. laeviceps* ditampilkan dalam grafik. Hubungan parameter lingkungan dan aktivitas kunjungan *T. laeviceps* dianalisis menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Hasil panen dari hasil penyerbukan dari setiap perlakuan, ditampilkan dalam tabel dan dianalisis dengan ANOVA yang dilanjutkan dengan uji *Tukey*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

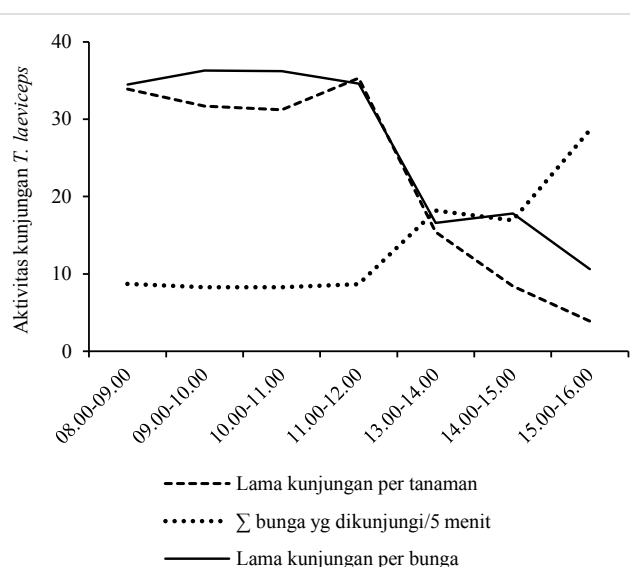
Aktivitas Kunjungan *T. laeviceps* pada Bunga Kailan

Aktivitas kunjungan dan jumlah individu *T. laeviceps* yang melakukan pencarian pakan bervariasi berdasarkan waktu pengamatan. Hal ini dapat dilihat dari hasil rata-rata aktivitas kunjungan *T. laeviceps* pada bunga kailan dari pertanaman terbuka dan terkurung dengan waktu pengamatan pagi sampai sore hari. Kunjungan *T. laeviceps* terlama (36.3 detik per bunga) terjadi pada pukul 09.00-10.00 WIB dan kunjungan *T. laeviceps* dalam satu tanaman kailan terlama (35.3 menit) terjadi pada pukul 11.00-12.00 WIB. Semakin lama kunjungan dalam satu bunga, maka jumlah bunga yang dikunjungi persatuan waktu semakin sedikit. Jumlah bunga yang dikunjungi *T. laeviceps* pada pukul 08.00-09.00 WIB (8.26 bunga per 5 menit) lebih sedikit dibandingkan pada pukul 15.00-16.00 (28.6 bunga per 5 menit) (Tabel 1). Jumlah bunga yang dikunjungi *T. laeviceps* pada pagi hari lebih sedikit karena semakin lama kunjungan *T. laeviceps* dalam satu bunga maka semakin sedikit jumlah bunga yang dikunjunginya begitupun sebaliknya pada sore hari.

Aktivitas kunjungan *T. laeviceps* untuk pertanaman terbuka dan tertutup pada pukul 08.00 sudah cukup tinggi dan puncak aktivitasnya terjadi pada pukul 11.00. Aktivitas mulai menurun kembali pada sore hari, hal ini terjadi pada pertanaman terbuka dan dikurung (Gambar 1). Hasil ini sesuai dengan laporan Polatto *et al.* (2011) bahwa pencarian pakan pada *Trigona* dilakukan di pagi sampai sore hari dan mencapai puncaknya pada pukul 10.00 pagi. Lebah *Trigona* aktif berkunjung pada pukul 09.00-13.00 pada bunga tanaman *Heconia angusta* (Stein dan Hensen, 2011). Umumnya, *T. laeviceps* mengunjungi bunga kailan

Tabel 1. Nilai rata-rata aktivitas kunjungan *T. laeviceps* pada bunga kailan dari kedua perlakuan dengan waktu pengamatan pagi sampai sore hari

Waktu	Jumlah bunga yang dikunjungi per 5 menit (bunga)	Lama kunjungan per bunga (detik)	Lama kunjungan per tanaman (menit)
08.00-09.00	8.69	34.5	33.9
09.00-10.00	8.26	36.3	31.7
10.00-11.00	8.29	36.2	31.2
11.00-12.00	8.67	34.6	35.3
13.00-14.00	18.18	16.6	15.4
14.00-15.00	16.94	17.8	8.41
15.00-16.00	28.57	10.6	3.88



Gambar 1. Grafik aktivitas kunjungan *T. laeviceps* pada bunga kailan

dalam waktu yang cukup lama. Hal ini karena bentuk dan ukuran bunga kailan yang sesuai dengan ukuran tubuh *T. laeviceps*.

Selain *T. laeviceps*, ditemukan juga tiga spesies serangga penyerbuk pada pertanaman kailan yang terbuka, yaitu *Xylocopa* sp., *Ceratina* sp. dan *Apis cerana* yang melakukan aktivitas pada pukul 10.00 WIB. Lebah tersebut memiliki ukuran tubuh lebih besar dari *T. laeviceps* sehingga terjadi kompetisi dalam mencari pakan pada bunga kailan. Pada pertanaman terbuka *T. laeviceps* menghindari ketika lebah berukuran besar berkunjung dan mulai melakukan aktivitas ketika kompetisi dengan serangga penyerbuk lain mulai berkurang. Kompetisi terjadi akibat setiap spesies memerlukan makan, tempat hidup, cahaya, dan kebutuhan hidup lainnya yang sama (Apituley *et al.*, 2012).

Berdasarkan analisis korelasi Pearson, intensitas cahaya ($r = 0.946$; $p = 0.001$) dan suhu ($r = 0.8888$; $p = 0.008$) berkorelasi positif terhadap lama kunjungan per bunga. Jumlah bunga yang dikunjungi oleh *T. laeviceps* berkorelasi negatif terhadap suhu ($r = -0.861$; $p = 0.013$) dan intensitas cahaya ($r = -0.944$; $p = 0.001$) (Tabel 2). Aktivitas *T. laeviceps* meningkat ketika suhu dan intensitas cahaya meningkat yang menyebabkan kunjungannya di bunga lebih lama sehingga frekuensi kunjungan ke bunga menjadi

sedikit. Kelimpahan serangga penyerbuk dipengaruhi oleh suhu, intensitas cahaya, dan kelembaban sisanya dipengaruhi oleh faktor lain, sebagaimana dilaporkan oleh Mustakim *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa faktor lingkungan mempengaruhi kelimpahan serangga dalam mencari pakan. Secara umum, kunjungan *T. laeviceps* pada satu bunga lebih lama untuk memaksimalkan dalam mendapatkan sumberdaya, sehingga frekuensi kunjungan ke bunga lain makin sedikit. Kelembaban udara yang tinggi menyebabkan suhu dan intensitas cahaya menjadi rendah, sehingga mempengaruhi jumlah individu lebah yang berkunjung pada bunga berkurang. Kelembaban udara dan angin berkorelasi negatif terhadap aktivitas kunjungan *T. laeviceps* (Gambar 2). Kelembaban mempengaruhi perilaku pencarian pakan bagi lebah, kelembaban yang tinggi menyebabkan kandungan gula dalam nektar yang disekresikan oleh bunga relatif lebih rendah (Ruslan *et al.*, 2015).

Polen yang Dibawa oleh *T. laeviceps*

Jumlah polen yang menempel pada tungkai *T. laeviceps* pada tanaman yang dikurung lebih banyak (8125 butir) dibandingkan dari tanaman terbuka (3000 butir). Perbedaan jumlah polen yang dibawa oleh *T. laeviceps* pada dua perlakuan diduga berkaitan dengan adanya kompetisi dengan serangga pengunjung lain (*Xylocopa* sp., *Apis cerana*, dan *Ceratina* sp.) pada pertanaman terbuka sehingga menyebabkan jumlah polen yang didapatkan sedikit. Pada pertanaman yang dikurung, *Trigona* lebih efektif mencari polen, karena tidak ada kompetisi dengan serangga pengunjung lain. Chan dan Saw (2011) menyatakan bahwa *T. laeviceps* merupakan penyerbuk yang potensial karena banyaknya jumlah polen yang ditemukan pada bagian thorax, tarsus, dan *corbicula*.

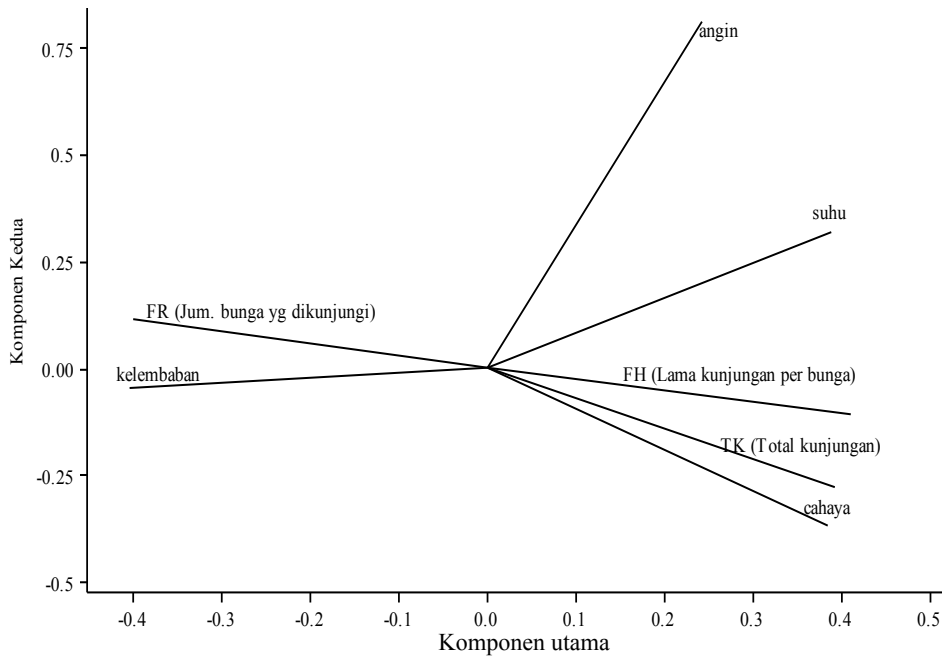
Morfologi Polen dan Viabilitas Polen Kailan

Polen kailan bertipe *tri-kolpate*, secara equatorial berbentuk *prolate* dan secara polar berbentuk *circular-lobate* (Gambar 3). Polen yang dibawa oleh *T. laeviceps* pada pertanaman terbuka yang teridentifikasi merupakan polen dari tanaman kailan, yang menunjukkan bahwa *T. laeviceps* hanya mengunjungi bunga kailan saja dalam satu kali perjalanan mencari polen. Bunga kailan yang mekar di sekitar sarang semua dimanfaatkan sebagai sumber polen,

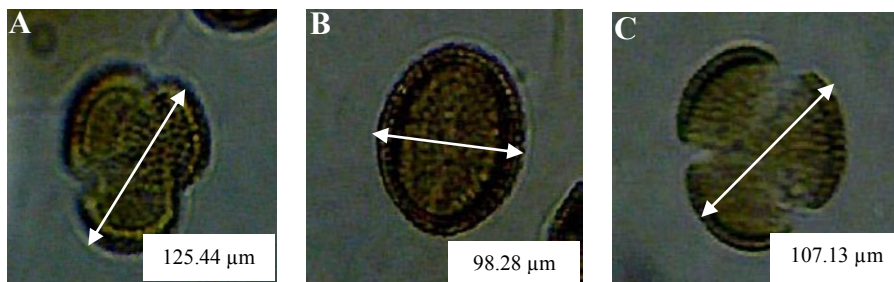
Tabel 2. Korelasi Pearson dan nilai signifikansi antara aktivitas kunjungan *T. laeviceps* dengan parameter lingkungan

Parameter lingkungan	Jumlah bunga yang dikunjungi		Lama kunjungan per bunga		Total waktu kunjungan	
	r	P	r	P	r	P
Suhu udara	-0.861	0.013	0.888	0.008	0.777	0.040
Kelembaban udara	0.895	0.006	-0.964	0.000	-0.889	0.007
Intensitas cahaya	-0.944	0.001	0.946	0.001	0.975	0.000
Kecepatan angin	-0.484	0.271	0.495	0.259	0.356	0.433

Keterangan: r = nilai korelasi Pearson; P = nilai signifikansi



Gambar 2. Biplot yang menggambarkan hubungan aktivitas kunjungan *T. laeviceps* dan parameter lingkungan



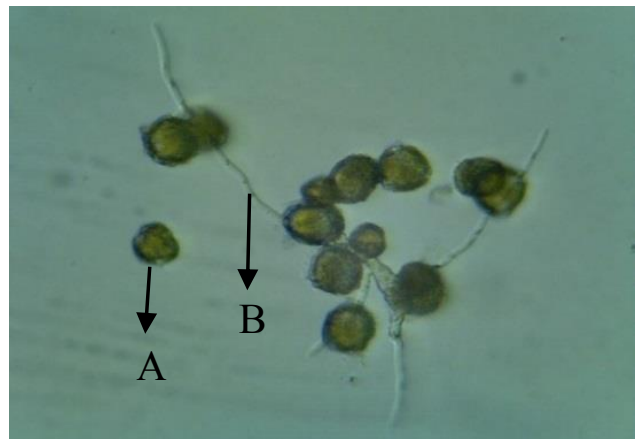
Gambar 3. Morfologi polen kailan: tipe 3-colpate (A); prolate (B); circular-lobate (C)

hal ini terjadi karena letak sarang dengan bunga kailan yang berdekatan, sehingga *T. laeviceps* dapat menggunakan energi secara optimal. Khairiah *et al.* (2012) melaporkan serangga umumnya tidak terlalu jauh dari sarangnya dalam mencari makan, seperti halnya *Apis cerana* yang cenderung mengunjungi jenis tanaman bunga yang terdekat dengan sarangnya.

Perkecambahan polen ditandai dengan terbentuknya tabung polen (Gambar 4). Persentase perkecambahan polen yang dibawa oleh *T. laeviceps* yang melakukan pencarian pakan pada pertanaman dikurung (80.8%) lebih tinggi dibandingkan dari pertanaman terbuka (31.4%). Perkecambahan polen yang lebih tinggi pada pertanaman yang dikurung karena kelembaban udara yang tinggi (58%) dengan suhu udara rendah (24.1 °C) sehingga polen kailan tidak mengalami dehidrasi atau kering yang dapat membuat polen menjadi rusak (Tabel 3). Viabilitas polen yang tinggi merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan penyerbukan tanaman.

Sebaliknya perkecambahan polen kailan pada pertanaman terbuka sangat rendah, kemungkinan karena panasnya suhu (30.2 °C) dengan kelembaban yang rendah 48.4%) pada pertanaman terbuka (Tabel 3), sehingga polen

dari tanaman kailan mengalami dehidrasi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rao *et al.* (1992) bahwa polen dari *Brassica juncea* yang matang mengalami dehidrasi sehingga viabilitasnya menurun akibat suhu yang terlalu panas. Viabilitas polen pada pertanaman terbuka yang



Gambar 4. Polen yang tidak berkecambah (A); polen yang berkecambah (B)

rendah diduga karena kerusakan struktur bunga kailan yang disebabkan oleh serangga pengunjung yang ukurannya tidak sesuai dengan morfologi bunga kailan. Pengaruh faktor-faktor pada viabilitas bervariasi dengan spesies tanaman dan berbagai adaptasi yang dapat menyebabkan kerusakan serbuk sari serta menurunkan viabilitasnya (Sari *et al.*, 2010). Setelah pengambilan sampel polen di lapangan, sampel tidak langsung diamati di laboratorium karena jarak lokasi penelitian dengan laboratorium yang cukup jauh, sehingga penyimpanan sampel polen diduga juga mempengaruhi viabilitas polen. Widiastuti dan Palupi (2008) melaporkan bahwa viabilitas polen menurun dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Selain itu, lama penyimpanan juga berpengaruh pada viabilitas benih yaitu terjadi penurunan viabilitas benih seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan benih (Rahayu dan Widajati, 2007).

Pembentukan Biji Kailan

Penyerbukan yang dilakukan oleh *T. laeviceps* pada pertanaman yang dikurung meningkatkan 141% jumlah polong yang terbentuk per tanaman, 48% jumlah biji per

polong, 204% bobot biji pertanaman, 177% perkecambahan biji (Tabel 4).

Berdasarkan pengamatan pada pertanaman terbuka, ada beberapa faktor yang menyebabkan kurangnya biji kailan yang terbentuk, diantaranya banyaknya serangga penyerbuk yang berukuran besar yang dapat merusak morfologi bunga serta menurunkan viabilitas serbuk sari dan banyaknya hama yang menyerang pucuk yang masih muda sehingga mempengaruhi tinggi tanaman. Semakin tinggi tanaman kailan, semakin banyak bunga yang dihasilkan sehingga produksi biji yang dapat dihasilkan lebih tinggi.

Penyerbukan oleh *T. laeviceps* pada pertanaman dikurung dapat mempercepat produksi biji kailan yaitu sekitar satu bulan dibandingkan dengan pertanaman kontrol (Tabel 4). Pada pertanaman kontrol (tanpa serangga penyerbuk), bunga kailan melakukan penyerbukan sendiri sehingga biji masak dalam waktu yang lama dan ada beberapa tanaman yang tidak terbentuk biji dalam polongnya. Di lahan pertanian organik Bina Sarana Bakti, usaha budidaya tanaman kailan dilakukan di atas gedung yang diberi atap dengan tujuan untuk menghindari hama yang menyerang bunga kailan. Akibatnya kondisi tersebut bunga kailan

Tabel 3. Data parameter lingkungan pertanaman terbuka dan tertutup

Waktu	Terbuka				Tertutup			
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Intensitas Cahaya (lux)	Kecepatan Angin (m/s)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Intensitas Cahaya (lux)	Kecepatan Angin (m/s)
08.00-09.00	30.1	45.4	970.1	0.87	19.6	63.3	948.00	0.00
09.00-10.00	30.8	46.7	1011.6	1.28	22.3	50.2	888.25	0.06
10.00-11.00	31.3	48.2	991.0	1.67	24.3	52.7	614.75	0.13
11.00-12.00	31.0	49.5	1060.5	1.45	27.6	60.4	805.58	0.08
13.00-14.00	32.8	55.7	553.3	0.90	29.7	58.9	721.00	0.00
14.00-15.00	30.5	48.4	509.6	1.32	26.1	59.8	486.17	0.02
15.00-16.00	25.0	44.8	352.6	0.83	19.4	60.7	246.83	0.00
Rata-rata	30.2	48.4	778.4	1.04	24.1	58.0	637.68	0.03

Tabel 4. Perbedaan pembentukan biji tanaman kailan pada perlakuan terbuka, tertutup, dan kontrol

Komponen utama	Peningkatan hasil panen (Rerata ± st.deviasi)*			Peningkatan hasil panen (%)*
	Terbuka + <i>T. laeviceps</i>	Kurungan Tanpa <i>T. laeviceps</i> (kontrol)	Kurungan + <i>T. laeviceps</i>	
Tinggi tanaman (cm)	67.9 ± 7.43a	94.8 ± 12.3b	92.5 ± 17.6b	-
Jumlah polong per tanaman (polong)	70.7 ± 34.4a	68.6 ± 22.7a	165.5 ± 51.8b	141
Jumlah biji per polong (biji)	3.9 ± 2.1a	4.3 ± 1.5a	6.4 ± 2.5b	48
Bobot biji per tanaman (g)	1.62 ± 0.94	1.67 ± 1.02	5.09 ± 2.57	204
Perkecambahan biji (%)	2.6 ± 2.2	1.8 ± 2.9	5 ± 3.4	177
Waktu panen biji (bulan)	± 4	± 5	± 4	-

Keterangan: Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan nilai yang berbeda berdasarkan analisis ragam yang dilanjutkan dengan uji *Tukey* dengan selang kepercayaan 95%. *Peningkatan hasil panen dari perlakuan kurungan + *T. laeviceps* dibandingkan dengan perlakuan kontrol

menyerbuk sendiri sehingga kemasakan biji memerlukan waktu yang lama, mencapai ± 8 bulan untuk dipanen.

Hasil panen yang tinggi pada pertanaman yang dikurung dengan *T. laeviceps* menunjukkan bahwa *T. laeviceps* efektif sebagai penyerbuk kailan, karena terdapat kesesuaian dengan morfologi bunga kailan dan kesesuaian waktu aktivitas *T. laeviceps* dengan pemasakan organ reproduktif kailan. Faktor lain yang mendukung adalah sifat *self-incompatibility* (SI) yang dimiliki oleh tanaman *Brassica oleraceae* (Takayama dan Isogai, 2005). *Self-incompatibility* merupakan mekanisme paling penting tanaman berbunga untuk mencegah pembuahan sendiri yang secara genetik menyebabkan penolakan polen dalam satu individu (Dafni, 1992). Selain itu, efek pengurungan menggunakan kasa dapat membantu untuk menghindari dari serangan hama sehingga pertumbuhan tanaman maksimal untuk produksi biji.

KESIMPULAN

Aktivitas kunjungan *T. laeviceps* pada pertanaman tertutup dan terbuka pada bunga kailan tinggi di pagi hari, dan mencapai puncak pada pukul 11.00 dan menurun kembali pada sore hari. Pada pagi hari, rerata kunjungan *T. laeviceps* pada bunga adalah 36.3 detik per bunga dan mengunjungi 8.26 bunga selama lima menit. Pada sore hari aktivitas kunjungan pada bunga mulai menurun, rerata kunjungan *T. laeviceps* pada bunga adalah 10.6 detik per bunga dan mengunjungi 28.57 bunga selama lima menit. Pada pertanaman yang dikurung, viabilitas polen (80.8%) lebih tinggi dari pada pertanaman terbuka (31.4%). *T. laeviceps* mampu membawa paling tidak 8125 polen, sedangkan pada pertanaman terbuka sekitar 3000 butir polen. Penyerbukan yang dilakukan oleh *T. laeviceps* meningkatkan 141% jumlah polong per tanaman, 48% jumlah biji per polong, 204% bobot biji per tanaman, 177% perkecambahan biji.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmowidi, T., D. Buchori, B. Suryobroto, P. Hidayat. 2007. Diversity of pollinator insect in relation to seed set of mustard (*Brassica rapa* L.; Cruciferae). Hayati J. Biosci. 14:155-161.
- Apituley, F.L., A.S.Leksono, B. Yanuwadi. 2012. Kajian komposisi serangga polinator tanaman apel (*Malus sylvestris*) di Desa Poncokusumo Kabupaten Malang. El-Hayah. 2:85-96.
- Brewbaker, J.L., B.H. Kwack. 1963. The essential role of calcium in pollen germination and pollen tube growth. Am. J. Bot. 50:859-869.
- Chan, Y.M., L.G. Saw. 2011. Notes on the pollination ecology of the palm genus *Johannesteijsmannia* (Arecacea). J. Poll. Ecol. 6:108-117.
- Dafni, A. 1992. Pollination Ecology. A Partical Approach. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Freitas, B.M., A.J.S.P. Filho, P.B. Andrade, C.Q. Lemos, E.E.M. Rocha, N.O.Pereira, A.D.M. Bezerra, D.S. Nogueira, R.L. Alencar, R.F. Rocha, K.S.Mendonca. 2014. Forest remnants enhance wild pollinator visits to cashew flowers and mitigate pollination deficit in NE Brazil. J. Poll. Ecol. 12:22-30.
- Garibeldi, L.A., L.G. Carvalheiro, S.D. Leonhardt, M.A. Aizein, B.R. Blaauw, R. Isaacs, M. Kuhlman, D. Kleijn, A.M. Klein, C. Kremen, L. Morandin, J. Scheper, R. Winfree. 2014. From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators. Fronties Ecol. Environ. 12:439-447.
- Kahono, S., P. Lupiyandiyah, Erniwati, H. Nugroho. 2012. Potensi dan pemanfaatan serangga penyerbuk untuk meningkatkan produksi kelapa sawit di perkebunan kelapa sawit Desa Api-Api, Kecamatan Waru, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Zoo Indonesia. 21:23-34.
- Kasno., A.E.Z. Hasan, D.S. Efendi, Syaefuddin. 2010. Efektifitas 3 spesies lebah madu sebagai agen polinasi untuk meningkatkan produktivitas (>40%) biji jarak pagar (*Jathropa curcas*) pada ekosistem iklim basah. J. Ilmu Pert. Indonesia. 15:25-33.
- Khairiah, N., Dahelmi, Syamsuardi. 2012. Jenis-jenis serangga pengunjung bunga pacar air (*Impatiens balsamina* Linn.:Balsaminaceae). J. Bio UA. 1:9-14.
- Mustakim, A., A.S. Leksono, Z. Kusuma. 2014. Pengaruh blok refugia terhadap pola kunjungan serangga polinator di perkebunan apel poncokusumo, Malang. Natural Biosci. 2:248-253.
- Polatto, L.P., J. Chaud-Netto, J.C. Dutra Stanzani, V.V. Junior Alves. 2011. Exploitation of floral resources on *Spartanthes leucanthum* (Bigoniaceae): foraging activity of the pollinators and the nectar and pollen thieves. Acta Ethol. 15:119-126.
- Rahayu, E., E. Widajati. 2007. Pengaruh kemasakan, kondisi ruang simpan dan periode simpan terhadap viabilitas benih caisin (*Brassica chinensis* L.). Bul. Agron. 35: 191-196.
- Rao, G.U., A Jain., K.R Shivanna. 1992. Effects of high temperature stress on brassica pollen viability, germination and ability to set fruits and seeds. Ann. Bot. 69:193-198.
- Ruslan, W., Afriani, Miswan, Eljonnahdi, Nurdiyah, M. Sataral, Fitrallisan, Fahri. 2015. Frekuensi kunjungan lebah *Apis cerana* dan *Trigona* sp sebagai penyerbuk pada tanaman *Brassica rapa*. J. Natural Sci. 4:65-72.

- Rianti, P., B. Suryobroto, T. Atmowidi. 2010. Diversity and effectiveness of insect pollinators of *Jathropa curcas* L. (Euphorbiaceae). *Hayati J. Biosci.* 17:38-42.
- Sari, N.K.Y., E. Krismiyanti, I.A. Astarini. 2010. Uji viabilitas dan perkembangan serbuk sari buah naga putih (*Hylocerus undatus* (Haw.) Britton & Rose), merah (*Hylecereus polyrhizus* (Web.) Britton & Rose) dan super merah (*Hylocereus costaricensis* (Web.) Britton & Rose) setelah penyimpanan. *J. Bio.* 14:39-44.
- Stein, K., I. Hensen. 2011. Potential pollinators and robbers: A study of the floral visitors of *Heliconia angusta* (Heliconiaceae) and their behavior. *J. Poll. Ecol.* 4:39-47.
- Takayama, S., A. Isogai. 2005. Self-incompability in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 56:467-489.
- Thomas, S.G., S.M. Rehel, A. Varghese, P. Davidar, S.G Potts. 2009. Social bees and plant associations in the Nilgiri Biosphere Reserve, India. *Trop. Ecol.* 50:79-88.
- Waites, A.R. 2005. Plant-animal interactions and seed output in two insect-pollination herbs. Disertasi. Sweden. Umea University.
- Widiastuti, A., E.R. Palupi. 2008. Viabilitas serbuk sari dan pengaruhnya terhadap keberhasilan pembentukan buah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Biodiversitas.* 9:35-38.
- Willms, W., V.L. Imperatriz-Fonseca, W. Engels. 1996. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced Africanized honey bee on native stingless bees in the Brazilian Atlantic Rainforest, *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 31:137-151.