

## EFISIENSI SERANGGA PENYERBUK TERHADAP PEMBENTUKAN POLONG DAN BIJI *Vigna unguiculata* L. Walp

Rut Normasari  
(rutnormasari@unklab.ac.id)  
Fakultas Pertanian, Universitas Klbat

### ABSTRAK

Interaksi tumbuhan dan penyerbuk merupakan salah satu simbiosis mutualisme alami yang ada di ekosistem. Penyerbukan oleh serangga penyerbuk menyediakan layanan yang penting khususnya bagi tanaman pangan. Efektifitas penyerbukan oleh serangga penyerbuk diuji pada tanaman kacang panjang. Sebagian tanaman kacang panjang dibiarkan terbuka, sehingga serangga penyerbuk dapat membantu proses penyerbukan, sedangkan tanaman kacang panjang yang lain ditutup sehingga tidak memungkinkan bagi serangga penyerbuk untuk melakukan penyerbukan. Semua variabel pengamatan menunjukkan bahwa tanaman kacang panjang terbuka menghasilkan jumlah polong dan biji yang lebih tinggi daripada tanaman kacang panjang tertutup. Perbedaan yang signifikan terdapat pada jumlah polong per tanaman dan bobot biji kering per polong. Hal ini menunjukkan bahwa serangga penyerbuk memiliki peran dalam meningkatkan jumlah polong dan biji tanaman kacang panjang; oleh sebab itu, diperlukan upaya dalam konservasi habitat alami serangga penyerbuk.

Kata Kunci: kacang panjang, serangga penyerbuk, polong, biji

### ABSTRACT

Plant and pollinator interactions are one of the natural symbiotic mutualisms in the ecosystem. Pollination by insect pollinators provides services which are particularly important for food crops. The effectiveness of pollination by pollinating crops insects was tested on long beans. Some of the long bean crops were left open so that insect pollinators could help the process of pollination, while other long bean plants were closed so as not to allow the insect pollinators to pollinate. All observed variables showed that opened long bean plants produced pods and seeds higher than closed long bean plants. The significant differences were in the number of pods per plant and dry seed weight per pod. This demonstrates that insect pollinators play a role in increasing the number of pods and seeds of long bean plants; therefore, efforts in the conservation of the natural habitat of insect pollinators are necessary.

Keywords: long bean, insect pollinator, pod, seed

Interaksi antara tumbuhan dan polinator membentuk hubungan yang sangat kompleks (Mitchell, Irwin, Flanagan, & Karron, 2009). Hampir tiga perempat tumbuhan Angiospermae bergantung pada hewan sebagai perantara untuk memindahkan polen di antara tumbuhan (Cresswell, 2005). Warna, bentuk, dan bau merupakan karakteristik bunga yang diketahui akan menentukan tipe hewan penyerbuk yang akan mengunjunginya (Heinrich & Raven, 1972). Bahkan beberapa tumbuhan memiliki penyerbuk yang spesifik (Chen et al., 2009).

Penyerbukan oleh serangga merupakan suatu pelayanan penting yang diberikan oleh ekosistem

untuk keberhasilan produksi pada banyak tumbuhan (Klein et al., 2007). Hal inilah yang menyebabkan permintaan untuk pelayanan penyerbukan oleh serangga semakin meningkat (Loscy & Vaughan, 2006). Resiko kurangnya penyerbukan tumbuhan akan semakin meningkat seiring dengan menurunnya penyerbuk liar dan penyerbuk yang dipelihara oleh manusia (Potts et al., 2010). Pada area di mana jumlah serangga penyerbuk menurun, tumbuhan tidak terserbuki dengan cukup dan akan menyebabkan berkurangnya hasil produksi dan terjadinya kesulitan ekonomi yang potensial bagi petani (Allen-Wardell et al., 1998), dan pada akhirnya itu akan

menyebabkan menurunnya persediaan nutrisi makanan bagi manusia (Eilers, Kremen, Greenleaf, Garber, & Klein, 2011).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerbuk menyediakan pelayanan penyerbukan pada produksi tanaman, antara lain pada tanaman bunga matahari (Greenleaf & Kremen, 2006a), kopi (Veddeler, Olschewski, Tschardtke, & Klein, 2008), cerri (Holzschuh, Dudenhoffer, & Tschardtke, 2012), blueberry (Isaacs & Kirk, 2010), tomat (Greenleaf & Kremen, 2006b), dan jeruk (Hoehn, Tschardtke, Tylianakis, & Steffan-Dewenter, 2008). Penyerbuk yang paling berperan dalam membantu penyerbukan tanaman adalah lebah. Pada tanaman semangka, penyerbukannya dibantu oleh lebih dari 30 spesies lebah (Kremen, Williams, & Thorp, 2002), dan pada tanaman blueberry penyerbuk yang paling efektif adalah *bumble bee* dibandingkan dengan lebah madu (Dogterom, Winston, & Mukai, 2000).

Intensifikasi pertanian dan konversi lahan menjadi ancaman terbesar bagi ekosistem (Tilman, 1999; Green, Cornell, Scharlemann, & Balmford, 2005). Perubahan struktur lahan pertanian ini secara langsung membahayakan keragaman makhluk hidup, tetapi hal ini juga membahayakan produktivitas, keragaman, dan stabilitas bagi sistem produksi makanan melalui merusak komunitas penyerbuk. Menurunnya populasi lebah liar telah dilaporkan pada beberapa bagian di dunia (Biesmeijer et al., 2006). Pemahaman tingkat, pola, dan mekanisme layanan penyerbukan serta manfaat lain yang disediakan ekosistem untuk pertanian penting untuk keberlangsungan produksi pangan (Kremen et al., 2007; Zhang, Ricketts, Kremen, Carney, & Swinton, 2007). Menjaga layanan penyerbukan oleh hewan penyerbuk membutuhkan konservasi dan manajemen sumber daya yang cukup untuk penyerbuk alami di lahan pertanian. Sumber daya ini termasuk habitat sarang yang sesuai (pohon dan substrat tanah yang sesuai) dan juga sumber daya bunga yang cukup (polen dan nektar) (Kremen et al., 2007).

Kacang panjang termasuk ke dalam famili Fabaceae. Kacang panjang merupakan tanaman polong-polongan yang tumbuh di daerah tropis dan subtropis dengan 150-190 spesies (Westphall, 1974). Nilai ekonomi kacang panjang terletak pada kandungan proteinnya yang tinggi (23-29%) dan kemampuannya untuk memperbaiki nitrogen atmosfer yang memungkinkan kacang panjang untuk tumbuh di tanah yang tidak subur (Pasquet, 1996). Kacang panjang umumnya dibudidayakan untuk benih, sedangkan polong dan daunnya dikonsumsi sebagai sayuran hijau, dan bijinya digunakan sebagai makanan ringan dalam bentuk biji kering yang sudah diolah. Biji kacang panjang merupakan suplemen nutrisi penting yang berasal dari sereal. Biji kacang panjang memiliki rasa yang lezat, bergizi tinggi, dan relatif bebas metabolit atau

racun lainnya. Setelah polong dipanen, sisa tanaman kacang panjang dapat digunakan sebagai pakan ternak yang bergizi (Kay, 1979).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peranan serangga penyerbuk pada pembentukan polong dan biji kacang panjang. Diperkirakan bahwa jumlah dan bobot polong dan biji yang terbentuk akan lebih banyak pada tanaman kacang panjang yang dibantu serangga penyerbuk dibandingkan dengan tanaman kacang panjang yang tidak dibantu serangga penyerbuk. Penelitian ini diharapkan akan memberikan informasi tentang tingkat peranan serangga penyerbuk pada keberhasilan penyerbukan seiring dengan perubahan fungsi lahan pertanian khususnya di Minahasa Utara.

## Metode

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Klabat, Airmadidi Bawah, Kabupaten Minahasa Utara. Ketinggian tempat adalah 100-150 m dpl. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Januari sampai Desember 2013.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah benih kacang panjang (*Vigna unguiculata* L. Walp), urea, NPK, dan air. Alat yang digunakan adalah bambu, *insect screen*, cangkul, daun kelapa, gergaji, *hand sprayer*, tali rafia, sekop, parang, timbangan, dan alat tulis.

### Perlakuan Tanaman dan Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan 40 tanaman kacang panjang. Sebelum berbunga, 20 tanaman kacang panjang dikurung dengan menggunakan *insect screen* untuk mencegah serangga penyerbuk mengunjungi atau menyerbuki bunga kacang panjang, sedangkan tanaman yang lain dibiarkan terbuka sehingga memungkinkan serangga penyerbuk untuk membantu melakukan penyerbukan pada bunga kacang panjang. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua perlakuan yaitu tanaman kacang panjang terbuka dan tanaman kacang panjang tertutup.

### Variabel Pengamatan

Pengamatan dibagi menjadi dua kelompok yaitu tanaman kacang panjang terbuka dan tanaman kacang panjang tertutup. Variabel yang diamati adalah jumlah polong per tanaman, bobot kering polong per tanaman, jumlah biji per polong, dan bobot biji kering per polong.

### Prosedur Kerja

**Pengolahan tanah.** Tahapan pengolahan tanah yang pertama adalah tanah dibersihkan dari gulma. Selanjutnya, dilakukan penggemburan, pembelahan, dan pemecahan tanah. Sesudah itu, tanah dibiarkan selama satu minggu. Tanah kemudian dibalik lagi dan dilakukan pemerataan tanah serta pembuatan bedeng. Ukuran bedeng yang dibuat adalah 3.6 x 0.7 m dengan lebar parit 30 cm dan tinggi bedengan 15 cm.

**Penanaman.** Satu hari setelah pembuatan bedeng, dilakukan penanaman biji kacang panjang di bedeng yang telah dibuat. Jarak tanam adalah 45x30 cm. Penanaman dilakukan pada sore hari. Untuk setiap satu lubang dimasukkan dua biji kacang panjang. Dua minggu setelah penanaman biji, dilakukan pencabutan salah satu dari benih yang tumbuh, sehingga yang tersisa dan dibiarkan tumbuh adalah satu tanaman kacang panjang yang terbaik.

**Pemupukan.** Pemupukan dilakukan satu kali menggunakan pupuk NPK dan Urea. Dosis yang digunakan adalah 100 kg/ha. Pemupukan dilakukan satu minggu setelah tanam.

**Pemeliharaan.** Pemeliharaan meliputi penyiraman, penyiangan, serta pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan pada pagi dan sore hari, tergantung dari keadaan cuaca. Apabila kondisi hujan, tidak dilakukan penyiraman. Penyiangan dilakukan apabila di sekitar tanaman terdapat tanaman pengganggu. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan cara mekanis dan kimiawi (menggunakan Curacron) sesuai dengan kebutuhan. Hama yang terdapat pada tanaman kacang adalah kutu *Aphids croccivora* yang berwarna hitam. Kutu ini menyerang bagian daun dan polong tanaman kacang panjang dan banyak bergerombol pada bagian belakang daun kacang panjang.

**Panen.** Panen kacang panjang yang pertama dilakukan pada 70 hari setelah tanam. Gejala panen dilihat dari adanya perubahan warna polong dari hijau tua menjadi warna coklat. Hal ini menandakan bahwa biji sudah tua. Panen dilakukan dengan memetik polong kacang panjang. Panen dilakukan seminggu sekali dan dilakukan sampai lima kali. Untuk pengambilan data, polong yang sudah dipetik dihitung jumlahnya kemudian dikeringkan sampai biji di dalam polong kering. Setelah kering, dilakukan penimbangan polong. Setelah itu, biji dikeluarkan dari polong, dihitung jumlah bijinya, dan dilakukan penimbangan untuk mendapatkan bobot biji kering.

### Analisis Data

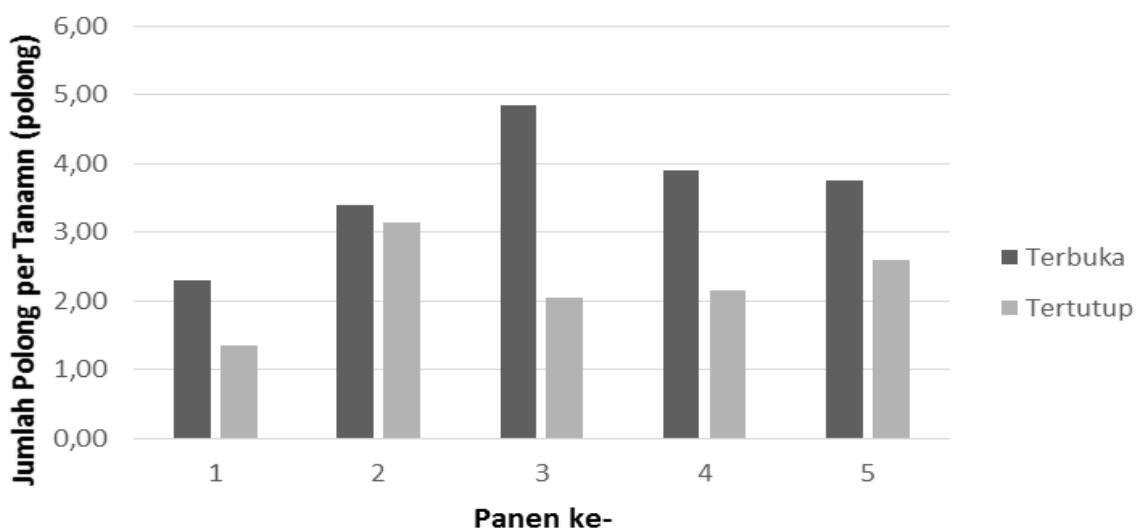
Keberhasilan pembentukan biji yang meliputi jumlah polong per tanaman, bobot kering polong per tanaman, jumlah biji per tanaman, dan bobot biji kering per tanaman dari setiap perlakuan ditampilkan dalam bentuk diagram dan diuji dengan t-test dengan menggunakan program SPSS versi 20.

### Hasil dan Pembahasan

#### Jumlah Polong per Tanaman

Jumlah polong per tanaman kacang panjang terbuka lebih banyak daripada jumlah polong per tanaman kacang panjang tertutup. Perbandingan jumlah polong per tanaman kacang panjang terbuka dan tertutup dapat dilihat pada Gambar 1. Pada tanaman kacang panjang terbuka, jumlah polong per tanaman tertinggi adalah 4.85 polong (panen ke-3), dan terendah adalah 2.30 polong (panen ke-1), sedangkan pada tanaman kacang panjang tertutup, jumlah polong per tanaman tertinggi adalah 3.15 polong (panen ke-2), dan terendah adalah 1.35 polong (panen ke-1).

**Gambar 1 Perbandingan Jumlah Polong per Tanaman**





Berdasarkan hasil uji t-test, jumlah polong per tanaman kacang panjang terbuka dan tertutup menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan di mana t

hitung > t tabel (3.22 > 2.13) dan p value < .05 (.03 < .05). Hasil uji t-test jumlah polong per tanaman antara tanaman kacang panjang terbuka dan tertutup dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1

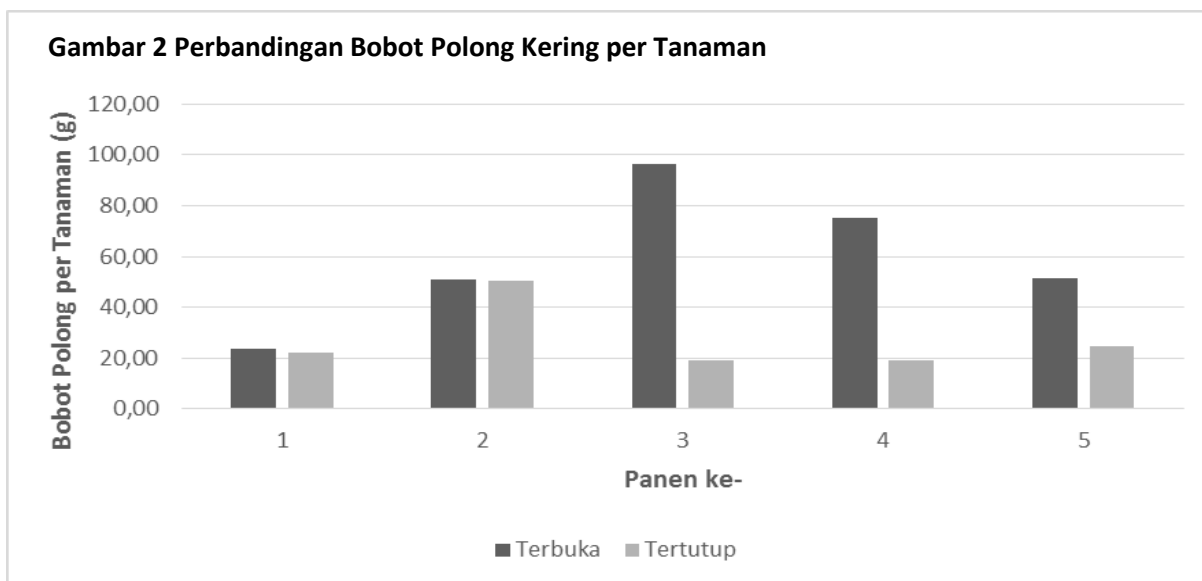
Uji t-test Jumlah Polong per Tanaman Antara Tanaman Kacang Terbuka dan Tertutup

Pair 1	Terbuka - Tertutup	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
		1.38	.96	.43	.19	2.57	3.22	4	.03

**Bobot Polong Kering per Tanaman**

Bobot polong kering per tanaman kacang panjang terbuka lebih tinggi daripada bobot polong kering per tanaman kacang panjang tertutup. Perbandingan bobot polong kering per tanaman kacang panjang terbuka dan tertutup dapat dilihat pada Gambar 2. Pada tanaman kacang panjang

terbuka, bobot polong kering per tanaman sebesar 96.50 g (panen ke-3), dan terkecil adalah 23.50 g (panen ke-1), sedangkan pada tanaman kacang panjang tertutup, bobot polong kering per tanaman terbesar adalah 50.50 g (panen ke-2), dan terkecil adalah 19.00 g (panen ke-4).



Berdasarkan hasil uji t-test, bobot polong kering per tanaman antara tanaman kacang panjang terbuka dan tanaman kacang panjang tertutup menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan. Hal ini dapat dilihat dari hasil

perhitungan di mana t hitung < t tabel (2.13 < 2.13) dan p value > .05 (.10 > .05). Hasil uji t-test bobot polong kering per tanaman antara tanaman kacang panjang terbuka dan tertutup dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2

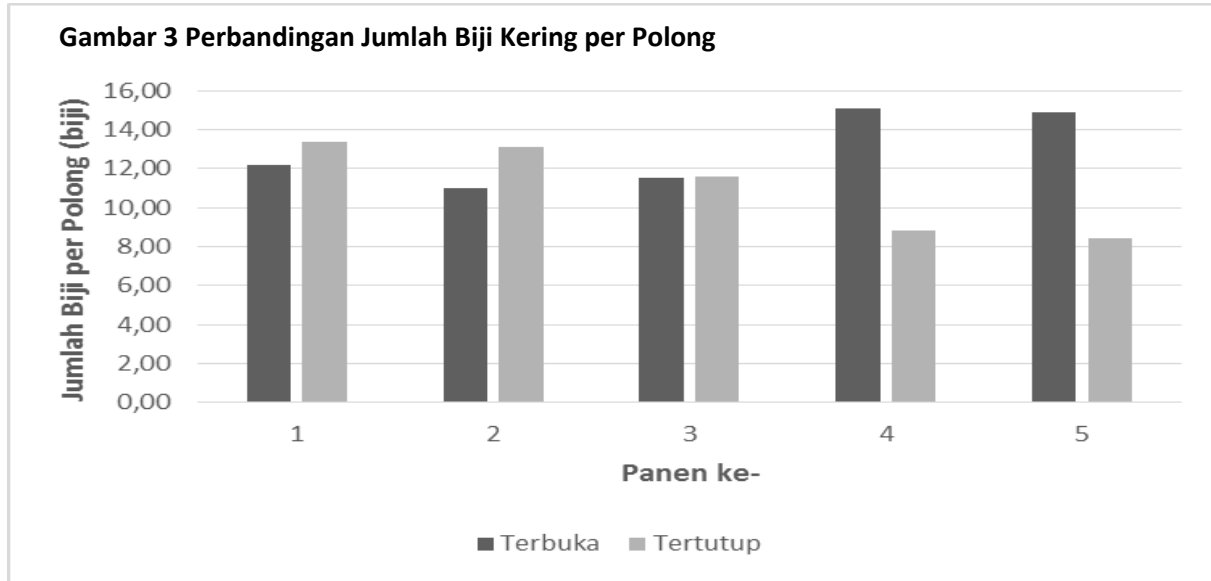
Uji t-test Bobot Polong Kering per Tanaman Antara Tanaman Kacang Panjang Terbuka dan Tertutup

Pair 1	Terbuka - Tertutup	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
		32.30	33.93	15.17	-9.83	74.43	2.13	4	.10

**Jumlah Biji Kering per Polong**

Jumlah biji kering per polong pada tanaman kacang panjang terbuka lebih banyak daripada jumlah biji kering per polong pada tanaman kacang panjang tertutup. Perbandingan jumlah biji kering per polong pada tanaman kacang panjang terbuka dan tertutup dapat dilihat pada Gambar 3. Pada

tanaman kacang panjang terbuka, jumlah biji kering per polong tertinggi adalah 15.07 biji (panen ke-4), dan terendah adalah 11.01 biji (panen ke-2), sedangkan pada tanaman kacang panjang tertutup, jumlah biji kering per polong tertinggi adalah 13.04 biji (panen ke-1), dan terendah adalah 8.41 biji (panen ke-5).



Berdasarkan hasil uji t-test, jumlah biji kering per polong antara tanaman kacang panjang terbuka dan tanaman kacang tertutup tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan di mana  $t_{hitung} < t_{tabel}$

( $1.00 < 2.13$ ) dan  $p \text{ value} > .05$  ( $.37 > .05$ ). Hasil uji t-test jumlah biji kering per polong antara tanaman kacang panjang terbuka dan tertutup dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3

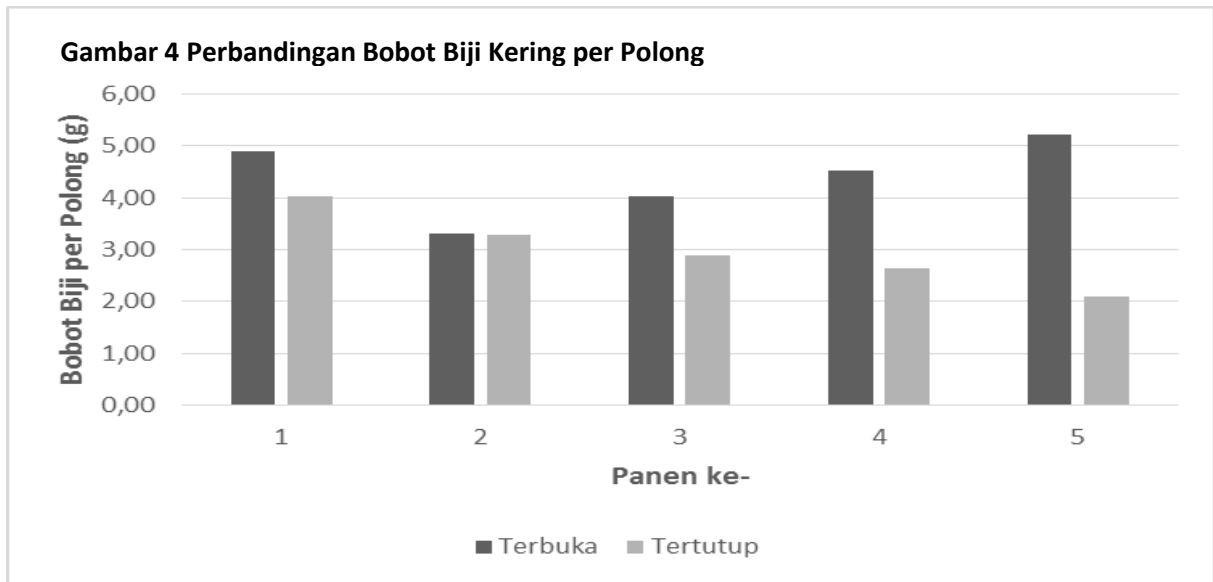
*Uji t-test Jumlah Biji Kering per Polong antara Tanaman Kacang Panjang Terbuka dan Tertutup*

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Terbuka - Tertutup	1.87	4.17	1.86	-3.31	7.04	1.00	4	.37

**Bobot Biji Kering per Polong**

Bobot biji kering per polong pada tanaman kacang panjang terbuka lebih tinggi daripada bobot biji kering per polong pada tanaman kacang panjang tertutup. Perbandingan bobot biji kering per polong pada tanaman kacang panjang terbuka dan tertutup dapat dilihat pada Gambar 4. Pada

tanaman kacang panjang terbuka, bobot biji kering per polong terbesar adalah 5.21 g (panen ke-5), dan terkecil adalah 3.30 g (panen ke-2), sedangkan pada tanaman kacang panjang tertutup, bobot biji kering per polong terbesar adalah 4.02 g (panen ke-1), dan terkecil adalah 2.10 g (panen ke-5).



Berdasarkan hasil uji t-test, bobot biji kering per polong pada tanaman kacang panjang terbuka dan tanaman kacang panjang tertutup menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan di mana  $t_{hitung} > t_{tabel}$

( $2.69 > 2.13$ ) dan  $p \text{ value} < .05$  ( $.04 < .05$ ). Hasil uji t-test bobot biji kering per polong antara tanaman kacang panjang terbuka dan tertutup dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4

Uji t-test Bobot Biji Kering per Polong Antara Tanaman Kacang Panjang Terbuka dan Tertutup

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Terbuka - Tertutup	1.40	1.16	.52	-.044	2.84	2.69	4	.04

**Peranan Serangga Penyerbuk Pada Pembentukan Polong dan Biji Kacang Panjang**

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serangga penyerbuk memiliki peran dalam pembentukan polong dan biji tanaman kacang panjang yang dihasilkan. Jumlah polong per tanaman dan bobot biji kering per polong menunjukkan perbedaan yang signifikan antara tanaman kacang panjang terbuka dan tanaman kacang panjang tertutup. Bobot kering polong per tanaman dan jumlah biji kering per polong, walaupun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara tanaman kacang panjang terbuka dan tanaman kacang panjang tertutup, memiliki bobot kering polong per tanaman dan jumlah biji kering per polong yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman kacang panjang tertutup. Untuk lebih mempertegas hasil penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam hal keberhasilan perkecambahan biji pada hasil biji tanaman kacang panjang terbuka dan tanaman kacang panjang tertutup.

Lebah dan hewan penyerbuk dapat meningkatkan ukuran dan kualitas panen (Allen-

Wardell et al., 1998). Hal ini didukung oleh Kevan & Eisikowitch (1990). Rata-rata jumlah biji yang dari penyerbukan sendiri lebih rendah daripada tanaman yang dibantu oleh *bumblebee*. Hal ini disebabkan terjadinya penyerbukan silang. Keberhasilan perkecambahan biji juga lebih tinggi pada tanaman yang dibantu oleh penyerbuk. Hal ini menunjukkan bahwa hewan penyerbuk meningkatkan jumlah dan kualitas biji. Penelitian Wanigasekara dan Karunaratne (2012) pada tanaman *Solanum violaceum* terbuka yang penyerbukannya dibantu oleh lebah menghasilkan jumlah buah dan biji yang lebih banyak dibandingkan dengan tanaman yang tertutup. Aizen, Ashworth, dan Galetto (2002) melaporkan jumlah biji yang banyak dihasilkan dari penyerbukan silang yang dibantu oleh lebah pada tanaman *Solanum melongena*.

Semakin tinggi keragaman penyerbuk, semakin stabil layanan penyerbukan sepanjang waktu (Fontaine, Dajoz, Meriguet, & Loreau, 2006). Petani di daerah tropis akan lebih cepat kehilangan penyerbuk tanaman akibat perubahan penggunaan lahan yang menghasilkan isolasi lahan pertanian

dari habitat alami penyerbuk. Penurunan kelimpahan penyerbuk terjadi seiring dengan meningkatnya isolasi dari habitat alami penyerbuk. Penurunan ini dapat diatasi dengan menjaga area habitat alami atau semi alami dari serangga penyerbuk yang ada di dekat lahan pertanian dengan mengatur lahan tersebut untuk mendukung kehidupan penyerbuk (Ricketts et al., 2008).

### Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serangga penyerbuk mampu meningkatkan produksi polong dan biji tanaman kacang panjang sehingga diperlukan konservasi dari habitat alami dan semi-alami penting bagi serangga penyerbuk khususnya lebah yang akan membantu penyerbukan tumbuhan khususnya tanaman pangan.

### Daftar Pustaka

- Aizen, M. A., Ashworth, L., & Galetto, L. (2002). Reproductive success in fragmented habitats: Do compatibility systems and pollination specialization matter? [Kesesuksesan reproduksi di habitat yang terfragmentasi: Apakah sistem kecocokan dan spesialisasi penyerbukan itu penting]. *Journal of Vegetation Science*, 13(6), 885-892.
- Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S., Cane, J., . . . Nabhan, G. P. (1998). The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yield [Kemungkinan konsekwensi penurunan penyerbuk pada konservasi keanekaragaman hayati dan stabilitas hasil tanaman makanan]. *Conservation Biology*, 12(1), 8-17.
- Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P. M., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., . . . Kunin, W. E. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands [Penurunan paralel pada penyerbuk dan tumbuh-tumbuhan yang diserbuki serangga di Inggris dan Belanda]. *Science*, 313, 351-354.
- Chen, C., Song, Q., Proffitt, M., Bessiere, J. M., Li, Z., & Hossaert-McKey, M. (2009). Private channel: A single unusual compound assures specific pollinator attraction in *Ficus semicordata* [Saluran tersendiri: Senyawa tunggal luar biasa memastikan daya pikat penyerbuk spesifik]. *Functional Ecology*, 23, 941-950.
- Cresswell, J. E. (2005). Accurate theoretical prediction of pollinator-mediated gene dispersal [Prediksi teori akurat dari pemencaran gen yang dimediasi penyerbuk]. *Ecology*, 86(3), 574-578.
- Dogterom, M. H., Winston, M. L., & Mukai, A. (2000). Effect of pollen load size and source (self, outcross) on seed and fruit production in highbush blueberry cv.'bluecrop' (*Vaccinium corymbosum*; Ericaceae) [Pengaruh ukuran dan sumber beban serbuk sari (inti, penyilangan) pada produksi biji dan buah blue berry cv.'bluecrop' semak tinggi (*Vaccinium corymbosum*; Ericaceae)]. *American Journal of Botany*, 87(11), 1584-1591.
- Eilers, E. J., Kremen, C., Greenleaf, S. S., Garber, A. K., & Klein, A. M. (2011). Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply [Kontribusi tanaman-tanaman yang dimediasi penyerbuk pada gizi persediaan makanan manusia]. *PLoS ONE*, 6(6), 1-6.
- Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J., & Loreau, M. (2006). Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities [Keragaman fungsional dari jaringan interaksi penyerbuk tanaman meningkatkan kegigihan komunitas tanaman]. *PLoS Biology*, 4(1), 129-135.
- Green, R. E., Cornell, S. J., Scharlemann, J. P. W., & Balmford, A. (2005). Farming and the fate of wild nature [Pertanian dan nasib alam liar]. *Science*, 307, 550-555.
- Greenleaf, S. S., & Kremen, C. (2006a). Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower [Lebah-lebah liar meningkatkan penyerbukan lebah-lebah madu dari bung matahari hibrida]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.
- Greenleaf, S. S. & Kremen, C. (2006b). Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California [Spesies lebah liar meningkatkan produksi tomat dan memberi respon yang berbeda pada penggunaan lahan sekitar di Kalifornia bagian utara]. *Biological Conservation*, 133(1), 81-87.
- Heinrich, B., & Raven, P. H. (1972). Energetics and pollination ecology [Energetika dan ekologi penyerbukan]. *Science*, 176, 597-602.
- Hoehn, P., Tschardtke, T., Tylianakis, J. M., & Steffan-Dewenter, I. (2008). Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield [Keragaman kelompok fungsional dari penyerbuk-penyerbuk lebah meningkatkan hasil tanaman]. Proceedings of the Royal Society B.



- Holzschuh, A., Dudenhoffer, J. H., & Tschardtke, T. (2012). Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry [Pertamanan dengan habitat lebah liar meningkatkan penyerbukan, buah dan hasil ceri manis]. *Biological Conservation*, *153*, 101-107.
- Isaacs, R., & Kirk, A. K. (2010). Pollination services provided to small and large highbush blueberry fields by wild and managed bees [Layanan penyerbukan yang diberikan kepada ladang blueberry semak yang kecil dan besar oleh lebah-lebah liar dan dikelola]. *Journal of Applied Ecology*, *47*(4), 841-849.
- Kay, D. E. (1979). *Food legumes* [Tumbuhan polong untuk makanan]. London, England: Tropical Development and Research Institute.
- Kevan, P. G., & Eisikowitch, D. (1990). The effects of insect pollination of canola (*Brassica napus* L. cv. O.A.C.Triton) seed germination [Pengaruh-pengaruh penyerbukan serangga dari pengecambahan biji canola (*Brassica napus* L. cv. O.A.C.Triton)]. *Euphytica*, *45*(1), 39-41.
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops [Pentingnya penyerbuk dalam merubah pertamanan bagi tanaman-tanaman dunia]. *Proceedings of the Royal Society B*.
- Kremen, C., Williams, N. M., Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees from agricultural intensification [Penyerbukan tanaman dari lebah-lebah asli intensifikasi pertanian]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., . . . Ricketts, T. H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change [Penyerbukan dan layanan ekosistem lainnya yang diproduksi oleh organisme yang berpindah-pindah: Sebuah kerangka konseptual bagi pengaruh-pengaruh perubahan penggunaan lahan]. *Ecology Letters*, *10*(4), 299-314.
- Loscy, J., & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects [Nilai ekonomi layanan ekologi yang diberikan oleh serangga]. *Biosciences*, *56*(4), 311-323.
- Mitchell, R. J., Irwin, R. E., Flanagan, R. J., & Karron, J. D. (2009). Ecology and evolution of plant-pollinator interactions [Ekologi dan evolusi interaksi penyerbuk tanaman]. *Annals of Botany*, *103*(9), 1355-1363.
- Pasquet, R. S. (1996). Cultivated cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetic organization and domestication [Kacang tunggak yang dibudidayakan (*Vigna unguiculata*): Organisasi dan proses penjinakan genetika]. Dalam B. Pickersgill & J. M. Lock (Eds.), *Advances in legume systematics 8: Legumes of economic importance* (pp. 101-108) [Kemajuan-kemajuan sistematika kacang-kacangan 8: Kepentingan ekonomi dari tanaman polong. Kew, United Kingdom: Royal Botanic Garden.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers [Penurunan penyerbuk secara global: Tren, dampak dan penggerak]. *Trends in Ecology and Evolution*, *25*(6), 345-353.
- Ricketts, T. H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Bogdanski, A., . . . Viana, B. F. (2008). Landscape effects on crop pollination services: Are there general patterns? [Pengaruh-pengaruh pertamanan pada layanan penyerbuk tanaman: Apakah ada pola umum?]. *Ecology Letters*, *11*(5), 499-515.
- Tilman, D. (1999). Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices [Dampak lingkungan secara global dari ekspansi pertanian: Perlunya praktek-praktek berkelanjutan dan efisien]. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, *25*(11), 5995-6000.
- Veddeler, D., Olschewski, R., Tscharntke, T., & Klein, A. M. (2008). The contribution of non-managed social bees to coffee production: New economic insights based on farm-scale yield data [Kontribusi lebah sosial yang tidak dikelola pada produksi kopi: Wawasan ekonomi baru berdasarkan data hasil skala kebun]. *Agroforestry Systems*, *73*(2), 109-114.
- Wanigasekara, R. W. M. U. M., & Karunaratne, W. A. I. P. (2012). Efficiency of buzzing bees in fruit set and seed set of *Solanum violaceum* in Sri Lanka [Efisiensi lebah yang berdengung pada buah dan biji *Solanum violaceum* di Sri Lanka]. *Psyche*, *2012*, 1-7.
- Westphal, E. (1974). Pulses in Ethiopia: Their taxonomy and agricultural significance [Kacang-kacangan di Etiopia: Taksonomi mereka dan signifikansi pertanian]. *Field Crop Abstracts*, *24*(2), 213-232.
- Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture [Layanan dan kerugian ekosistem bagi pertanian]. *Ecological Economics*, *64*(2), 253-260.