

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tomat (*Lycopersicon esculentum*) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia. Komoditas hortikultura ini menyumbang sebanyak 3.56 miliar rupiah dari seluruh total ekspor sayuran semusim (Kementan 2018). Selain itu, buah tomat merupakan produk tanaman hortikultura yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Rata-rata tingkat konsumsi tomat sayur per tahun masyarakat Indonesia adalah sebesar 2.7 kg/kapita (Alfaena 2018). Untuk memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat dan ekspor, ketersediaan buah tomat yang tinggi dan berkelanjutan sangat diperlukan. Produksi buah tomat nasional selama 5 tahun terakhir yaitu 877 792 ton (2015), 883 233 ton (2016), 962 845 ton (2017), 976 772 ton (2018), dan 1 020 333 ton (2019). Hal tersebut menunjukkan tren yang meningkat dengan laju pertumbuhan sebesar 4.46% per tahun (Kementan 2020).

Tingkat produksi suatu tanaman, termasuk tanaman tomat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya seperti teknik budi daya, kesehatan tanaman, dan penyerbukan. Penyerbukan menjadi salah satu faktor yang berpengaruh penting karena berperan dalam pembentukan buah dan biji tanaman (Widhiono 2015). Bantuan penyerbukan oleh lebah madu dapat meningkatkan produktivitas tanaman 5 - 50% (Gallai dan Vaissière 2009). Selain itu, kurangnya penyerbukan dapat memengaruhi sistem reproduksi tanaman sehingga buah yang dihasilkan menjadi lebih rendah kualitasnya akibat terjadinya *inbreeding* (Widhiono 2015). Jumlah penyerbuk yang berkurang disebabkan oleh penurunan jumlah serangga penyerbuk akibat budi daya monokultur, parasit dan penyakit, penggunaan pestisida, ekosistem alami di sekitar pertanaman tidak tersedia, berkurangnya sumber makanan penyerbuk, dan kondisi sarang yang kurang strategis (Hein 2009).

Penyerbukan pada tanaman tomat mampu meningkatkan persentase bunga menjadi buah sebesar 8.92%, panjang buah 43%, diameter 68%, bobot buah 20%, jumlah biji/buah 189%, dan bobot biji/buah 355% (Suhri 2015). Secara umum, tanaman tomat dapat melakukan penyerbukan sendiri karena termasuk tanaman dengan tipe bunga berumah satu. Akan tetapi, proses penyerbukan akan lebih maksimal dengan adanya bantuan serangga penyerbuk. Serangga yang berperan sebagai penyerbuk potensial di antaranya yaitu lebah, tawon, lalat, kumbang, kupu-kupu, dan ngengat (Roubik 1995). Lebah menjadi salah satu agens penyerbukan penting pada pertanaman tomat (Suhri 2015). Beberapa jenis lebah yang berperan sebagai penyerbuk pada tanaman tomat di antaranya *Amegilla cingulata* (Fabricius), *Lasioglossum malachurum* (Kirby), *L. leucozonium* (Schrank), *Xylocopa latipes*, *Hylaeus modestus* (Say), dan *Tetragonula laeviceps* (Widhiono dan Sudiana 2015).

Lebah tanpa sengat *T. laeviceps* (Apidae: Meliponinae) dapat meningkatkan persentase efisiensi penyerbukan dan jumlah buah yang dihasilkan setiap tanaman. Berdasarkan penelitian Putra dan Kinasih (2014), penyerbukan dengan bantuan lebah tanpa sengat mampu meningkatkan pembentukan buah tomat sebesar 70.2% dan menghasilkan 52 buah/tanaman, sedangkan tanpa bantuan lebah hanya menghasilkan 60.3% keberhasilan pembentukan buah dan 48 buah/tanaman. Hal

tersebut menunjukkan bahwa lebah tanpa sengat berpotensi meningkatkan produktivitas tanaman.

Sebagai penyedia jasa lingkungan, serangga memiliki nilai ekonomi tinggi dalam meningkatkan produktivitas tanaman. Aktivitas penyerbukan meningkatkan kuantitas serta kualitas produksi dari suatu tanaman. Peningkatan produksi tersebut berpengaruh terhadap nilai ekonomi dari produk tanaman yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Amerika Serikat, lebih dari 30% tanaman pangan penyerbukannya dibantu oleh lebah madu dan memiliki nilai ekonomi berkisar 14.6 miliar dolar pada tahun 2000 (Liferdi 2008). Menurut Hein (2009), nilai ekonomi penyerbuk di Australia berdasarkan surplus konsumen dan surplus produsen masing-masing yaitu sebesar 839 juta dan 452 juta dolar Australia. Penelitian lainnya melaporkan bahwa nilai ekonomi serangga penyerbuk di Australia pada tahun 2014 – 2015 sebesar 28.4 miliar dolar Australia (Karasiński 2018). Di Indonesia, penelitian yang berkaitan dengan penentuan nilai ekonomi serangga penyerbuk ini masih belum banyak dilakukan.

Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini yaitu menentukan pengaruh penyerbukan oleh *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain terhadap produksi buah tomat dan mengestimasi nilai ekonomi serangga penyerbuk tersebut. Tujuan lainnya yaitu mengetahui pengaruh iklim mikro terhadap aktivitas *T. laeviceps* keluar-masuk sarang pada proses penyerbukan.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pentingnya penyerbukan oleh serangga pada tanaman tomat dalam meningkatkan produksi buah. Selain itu, penelitian ini juga memberikan informasi tentang aktivitas *T. laeviceps* pada pertanaman tomat sehingga dapat dilakukan konservasi terhadap lebah penyerbuk.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Cikarawang, Institut Pertanian Bogor, Dramaga, Bogor pada bulan Februari hingga Juni 2020.

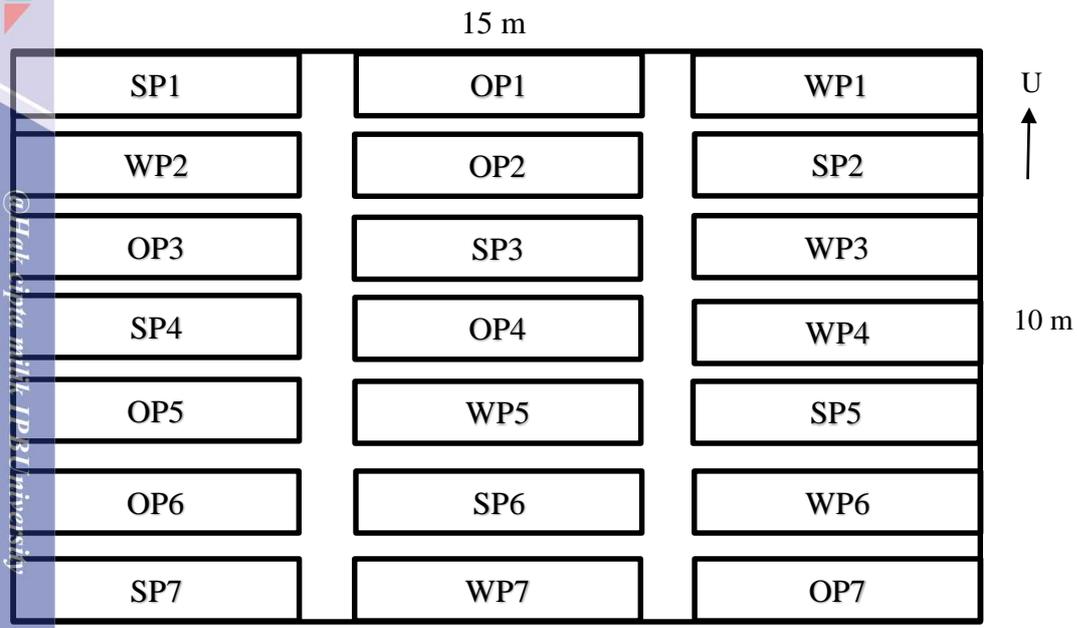
Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi *tray*, *hand counter*, *thermohygrometer*, lux meter, kamera, kain tile, kertas minyak, pita kawat, pinset, timbangan digital, jangka sorong, baki, plastik bening, rumah lebah, gembor, mulsa plastik hitam perak, tali rafia, gunting dan ajir. Bahan yang digunakan adalah koloni lebah *T. laeviceps* (Koleksi pribadi Nadzirum Mubin S.P., M.Si.), benih tomat Varietas New Mutiara F1, Furadan 3 G, pupuk kompos, pupuk NPK mutiara 16-16-16, dan PGPR.

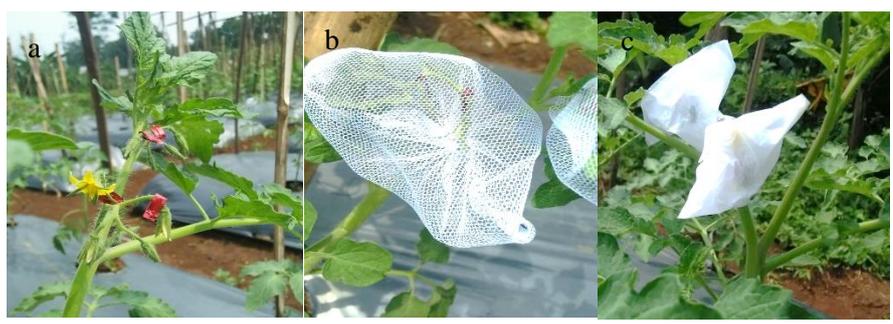
Perancangan Percobaan

Percobaan lapangan dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 3 perlakuan penyerbukan. Ketiga perlakuan tersebut meliputi penyerbukan terbuka (*open pollination*/OP), penyerbukan oleh angin (*wind pollination*/WP), dan penyerbukan sendiri (*self pollination*/SP). Perlakuan OP merupakan penyerbukan dengan bantuan *T. laeviceps*, serangga penyerbuk lain, angin, dan penyerbukan sendiri. Perlakuan WP terjadi penyerbukan oleh angin dan penyerbukan sendiri. Setiap perlakuan diulang sebanyak 7 kali (Gambar 1). Satuan percobaan yang digunakan adalah bedengan yang berukuran 1 m x 4 m. Setiap unit percobaan, sebanyak 5 tanaman contoh diambil secara acak sederhana untuk diamati berbagai indikator kuantitas dan kualitas produksinya.

Perlakuan OP menggunakan lebah *T. laeviceps* sebagai agens penyerbuk tambahan di lahan percobaan. Jumlah lebah yang diintroduksi ke pertanaman tomat sebanyak dua koloni. Introduksi lebah ini dilakukan saat tomat memasuki fase berbunga. Saat tanaman tomat mulai berbunga, bunga pada perlakuan OP diberi tanda menggunakan pita kawat (Gambar 2a). Bunga tanaman tomat dengan perlakuan WP diberi tanda dan disungkup menggunakan kain tile sebelum bunga mekar (Gambar 2b). Penyungkupan dengan kain tile bertujuan agar bunga tetap terserbuki oleh angin, namun serangga tidak dapat menyerbuki bunga tersebut. Bunga tanaman tomat dengan perlakuan SP yang belum mekar diberi tanda dan disungkup menggunakan kertas minyak (Gambar 2c). Penyungkupan menggunakan kertas minyak bertujuan menghindari penyerbukan oleh angin dan serangga penyerbuk. Kemudian, sungkup pada perlakuan WP dan SP dilepas ketika bunga telah menjadi buah.



Gambar 1 Denah petak percobaan



Gambar 2 Bunga perlakuan OP (a), bunga perlakuan WP (b), dan bunga perlakuan SP (c)

Persiapan Lahan dan Penanaman

Pengolahan Lahan Tanaman

Pengolahan lahan dilakukan sebelum penanaman bibit tomat sebanyak dua kali. Pengolahan pertama dilakukan untuk membersihkan gulma dan pengolahan kedua untuk membuat bedengan. Ukuran bedengan yang digunakan adalah 4 m x 1 m dengan jarak antar bedeng 0.4 m. Petakan percobaan dibuat sebanyak 21 bedeng. Setiap bedeng ditutup menggunakan mulsa plastik hitam perak dan dilubangi sesuai dengan jarak tanam yaitu 0.5 x 0.6 m. Masing-masing lubang tanam diaplikasikan pupuk kandang sebanyak 100 g. Hal tersebut sesuai dengan Maryanto dan Rahmi (2015), dosis pupuk kandang 20 ton/ha setara dengan 100 g per *polybag*.

Penyemaian Tomat

Penyemaian tomat dimulai dengan perendaman benih menggunakan PGPR dengan konsentrasi 5 g/l selama 2 jam. Perlakuan tersebut dilakukan sebagai salah satu perlakuan benih sebelum disemai. Perendaman dilakukan untuk merangsang

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

perkecambahan benih. Setelah perendaman benih, benih disemai pada *tray* berisi campuran tanah dan pupuk kandang perbandingan 2 : 1. *Tray* diletakkan pada tempat yang ternaungi untuk menghindari intensitas cahaya tinggi yang dapat membakar daun muda tomat, namun mendapatkan cahaya yang cukup selama 30 hari setelah semai (HSS).

Penanaman Tanaman Tomat

Bibit tomat yang telah memiliki 4 helai daun atau berumur 30 HSS (Gambar 2) dipindah tanam ke lahan. Saat pindah tanam, setiap lubang tanam diaplikasikan insektisida/nematisida Furadan 3 G sebanyak ± 0.5 g. Aplikasi Furadan bertujuan menghindari tanaman dari serangan serangga pemakan bibit tomat dan nematoda parasit. Apabila terdapat tanaman yang mati, maka dilakukan penyulaman menggunakan bibit baru yang telah dipersiapkan sebelumnya.



Gambar 3 Bibit tanaman tomat umur 30 hari

Pemeliharaan Tanaman Tomat

Pemeliharaan tanaman tomat meliputi penyiraman, pemupukan, pemasangan ajir, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Penyiraman dilakukan sebanyak satu kali di pagi atau sore hari. Pemupukan menggunakan pupuk NPK mutiara (16-16-16) dengan dosis aplikasi 250 cc/tanaman dan konsentrasi 5g/l. Pupuk diaplikasikan dengan metode kocor setiap dua minggu sekali (Nuryana 2015). Tanaman tomat yang berumur 4 MST dipasang ajir sebagai penopang buah dan batang. Apabila terdapat serangan hama seperti *Spodoptera litura*, *Chrysodeixis chalcites*, *Helicoverpa armigera*, infeksi penyakit *Ralstonia solanacearum*, dan *Fusarium* sp. pengendalian dilakukan secara mekanis.

Indikator Penelitian

Kuantitas dan Kualitas Produksi

Pengaruh penyerbukan terhadap kuantitas buah dan biji diukur dari beberapa peubah berikut: jumlah buah yang terbentuk (*fruit set*), waktu *fruit set*, bobot buah, dan jumlah biji (*seed set*), sedangkan pengaruh penyerbukan terhadap kualitas buah diukur dari peubah-peubah berikut: panjang buah, diameter buah, dan ketebalan daging buah (Suhri 2015). Pengukuran terhadap indikator kuantitas dan kualitas buah dan biji tersebut dilakukan dengan mengambil 10 buah tomat matang sebagai

contoh pada setiap ulangan.

Jumlah buah yang terbentuk (*fruit set*) dihitung dengan membandingkan jumlah buah yang terbentuk terhadap seluruh bunga yang diamati. Bunga tomat yang diamati masing-masing tanaman contoh sebanyak 10 bunga. *Seed set* merupakan jumlah biji yang terbentuk per buah.

Daya Simpan Buah

Sebanyak sepuluh buah dari setiap perlakuan penyerbukan dilakukan pengujian daya simpan. Pengamatan pengaruh penyerbukan terhadap daya simpan diamati dengan beberapa indikator, yaitu susut bobot, tingkat kerusakan dan tingkat kekerasan. Pengamatan dilakukan pada hari ke-4, 8, 12, 16, dan 20 setelah panen. Ruangan penyimpanan pada kondisi suhu 26 - 29 °C dan kelembaban 80 - 96%. Pengukuran perubahan bobot menurut Prastya *et al.* (2015), yaitu:

$$\text{Susut bobot (\%)} = \frac{\text{bobot awal} - \text{bobot akhir}}{\text{bobot awal}} \times 100\%$$

Tingkat kerusakan dan tingkat kekerasan buah diukur dengan metode kualitatif. Penilaian buah rusak dan buah menjadi lunak secara kualitatif berdasarkan skor seperti tercantum pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Skor tingkat kerusakan buah dan tingkat kekerasan buah

| Skor | Tingkat Kerusakan (%) ^a | Tingkat Kekerasan ^b |
|------|------------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | - |
| 1 | 1 - 5 | Lunak |
| 2 | 6 - 10 | Kurang keras |
| 3 | 11 - 15 | Cukup keras |
| 4 | 16 - 20 | Keras |
| 5 | 20 - 25 | Sangat keras |
| 6 | > 25 | - |

Sumber: ^aAndriani *et al.* (2018), ^bWidyastuti dan Aminudin (2013).

Nilai Ekonomi Penyerbukan dan Penaksiran Keuntungan

Produktivitas Tanaman

Estimasi produktivitas masing-masing perlakuan yaitu berdasarkan produktivitas buah tomat yang ada di Jawa Barat. Rata-rata produktivitas buah tomat di Jawa Barat tahun 2015 hingga 2019 yaitu sebesar 28.85 ton/ha (Kementan 2020). Apabila jarak tanam yang digunakan adalah 0.6 x 0.5 m, maka jumlah tanaman setiap hektarnya adalah 33 333 tanaman.

$$\text{produktivitas per tanaman} = \frac{28\ 850\ \text{kg/ha}}{33\ 333\ \text{tanaman/ha}} = 0.87\ \text{kg/tanaman}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

$$\text{Jumlah buah per tanaman} = \frac{\text{produktivitas}}{\text{bobot per buah}} = \frac{870 \text{ g}}{21.25 \text{ g}} = 40 \text{ buah/tanaman}$$

Berdasarkan data di atas dapat diestimasi produktivitas tanaman masing-masing perlakuan. Perhitungan produktivitas setiap perlakuannya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas (a) (kg/tanaman)} = \% \text{ fruit set (a)} \times \text{jumlah buah/tanaman} \times \text{bobot buah (a)}$$

$$\text{Produktivitas (a) (ton/ha)} = \text{produktivitas tanaman (a)} \times \text{jumlah tanaman (ha)}$$

dengan *a* merupakan perlakuan OP, WP, atau SP. Penelitian ini menggunakan bedengan dengan lebar 1 m dengan jarak antar bedengan 0.4 m. Setiap bedengannya terdiri dari 2 baris tanaman. Jarak antar baris tanaman yang digunakan adalah 0.6 m dan jarak antar tanamannya adalah 0.5 m. Jumlah bedengan dan jumlah tanaman dalam satu barisnya yaitu 71 bedeng dan 200 tanaman, sehingga dalam satu hektar lahan terdapat 28 400 tanaman.

Produktivitas bersih pengaruh dari serangga penyerbuk dan angin dapat dihitung berdasarkan produktivitas masing-masing perlakuan. Perhitungan produktivitas buah yang dipengaruhi oleh *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain yaitu hasil pengurangan dari produktivitas perlakuan OP dengan perlakuan WP. Produktivitas hasil pengaruh angin saja dihitung dari produktivitas perlakuan WP dikurangi dengan produktivitas perlakuan SP. Hal tersebut karena pada perlakuan WP terjadi penyerbukan sendiri maupun penyerbukan oleh angin.

Estimasi Nilai Ekonomi Penyerbukan

Estimasi nilai ekonomi penyerbukan pada tanaman tomat dihitung menggunakan metode valuasi ekonomi. *The Economic Value of Pollination* (EVP) merupakan metode valuasi nilai ekonomi dengan menggunakan pendekatan nilai ketergantungan terhadap serangga penyerbuk. Persentase ketergantungan tanaman terhadap penyerbukan atau *pollinator dependency* dapat dihitung dengan rumus (Carr dan Davidar 2015):

$$\text{Ketergantungan (\%)} = \text{fruit set dengan penyerbuk} - \text{fruit set tanpa penyerbuk}$$

Fruit set dengan penyerbuk merupakan persentase jumlah buah yang terbentuk dengan adanya bantuan serangga penyerbuk, dalam hal ini adalah perlakuan OP. *Fruit set* tanpa penyerbuk didapatkan dari persentase jumlah buah yang terbentuk tanpa adanya bantuan serangga dalam hal ini adalah perlakuan WP dan SP. Persentase ketergantungan penyerbukan digunakan untuk mengetahui nilai ketergantungan tanaman terhadap serangga penyerbuk. Kriteria nilai ketergantungan penyerbukan tercantum pada Tabel 2 di bawah ini.



Tabel 2 Nilai ketergantungan penyerbukan

| Kelas ^a | Ketergantungan (%) ^a | Keterangan ^a | Niai ketergantungan penyerbukan ^b |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------|--|
| 0 | < 0 | Tidak ada | 0.00 |
| 1 | 0 - 10 | Sedikit | 0.05 |
| 2 | 10 - 40 | Sederhana | 0.25 |
| 3 | 40 - 90 | Tinggi | 0.65 |
| 4 | > 90 | Esensial | 0.95 |

Sumber: ^aKlein *et al.* (2006) dan ^bGallai *et al.* (2009).

Nilai ekonomi peranan serangga penyerbuk (EVP, dalam Rp) dihitung dengan rumus berikut (Gallai *et al.* 2009):

$$EVP = P \times Q \times D$$

dengan P menyatakan harga komoditas (Rp/kg), Q total produksi (kg), dan D nilai ketergantungan penyerbukan. Harga buah tomat yang digunakan merupakan harga rata-rata dari hasil wawancara dengan petani. Dalam penelitian ini, harga buah tomat yang digunakan adalah Rp 4 000/kg. Total produksi untuk menghitung nilai ekonomi penyerbukan adalah hasil perkalian produktivitas tanaman setiap hektar dengan luas panen tomat di Indonesia pada tahun 2019. Berdasarkan data Kementan (2020), luas panen tomat tahun 2019 adalah 54 780 ha.

Nilai ekonomi penyerbukan *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain dapat dihitung dengan menggunakan rumus EVP. Akan tetapi, total produksi yang digunakan berdasarkan produktivitas bersih dari hasil penyerbukan oleh *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain. Hal tersebut juga dilakukan untuk perhitungan nilai ekonomi penyerbukan oleh angin yaitu dengan menggunakan produktivitas bersih dari penyerbukan oleh angin tanpa ada pengaruh dari penyerbukan sendiri.

Keuntungan Usaha Tani

Keuntungan hasil usaha tani komoditas tomat dihitung dari pendapatan bersih. Pendapatan bersih atau *net profit* (NP) merupakan pendapatan usaha tani setelah dikurangi dengan biaya usaha tani menggunakan rumus sebagai berikut (Saediman *et al.* 2015):

$$NP = TR - TC$$

dengan TR menyatakan *total revenue* (pendapatan kotor) dan TC menyatakan *total cost* (total biaya). Pendapatan kotor dihasilkan dari perkalian antara total produksi (Q) dengan harga komoditas (P). Total biaya adalah seluruh biaya yang dikeluarkan hingga produk dijual. Total biaya yang dikeluarkan untuk perlakuan OP yaitu Rp. 29 778 000, sedangkan untuk perlakuan WP dan SP yaitu Rp. 26 778 000.

Keuntungan usaha tani yang didapatkan dari hasil penyerbukan oleh *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain, serta angin dihitung berdasarkan produktivitas bersih. Total pendapatan yang diterima dari hasil penyerbukan oleh *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain yaitu produktivitas bersih dikali dengan

harga komoditas. Total pendapatan hasil penyerbukan oleh angin yaitu hasil kali produktivitas penyerbukan oleh angin dengan harga komoditas.

Aktivitas *T. laeviceps* dan Jenis Serangga Penyerbuk Lainnya

Pengamatan aktivitas *T. laeviceps* meliputi jumlah lebah keluar sarang, masuk membawa polen, dan masuk tidak membawa polen. Aktivitas *T. laeviceps* keluar-masuk sarang diamati selama 11 hari. Pengamatan aktivitas dilakukan mulai pukul 06.00 hingga 18.00 dengan interval pengamatan 3 jam sekali (Nataliani 2017). Durasi setiap pengamatan dilakukan selama 2 menit. Kondisi iklim di sekitar sarang seperti suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya diukur terlebih dahulu sebelum pengamatan aktivitas *T. laeviceps*.

Pengamatan serangga penyerbuk lain di lahan dilakukan untuk mengetahui jenis serangga penyerbuk tomat selain *T. laeviceps*. Pengamatan penyerbuk lain pada tanaman tomat dilakukan secara langsung. Serangga yang terlihat menyerbuki bunga tomat didokumentasikan. Identifikasi serangga penyerbuk dilakukan dengan membandingkan foto serangga di lahan dengan buku *Borror and delong's introductions to the study of insects 7th edition* (2005) dan Strategi konservasi serangga *pollinator* (2005).

Analisis Data

Pengujian pengaruh penyerbukan terhadap produksi buah, susut bobot buah tomat, total produksi, nilai ekonomi penyerbukan, dan keuntungan usaha tani dilakukan dengan sidik ragam dan uji Tukey pada taraf nyata 5%. Pengujian pengaruh penyerbukan terhadap tingkat kerusakan dan kekerasan buah menggunakan uji Kruskal-Wallis dan uji Dunn pada taraf nyata 5%. Analisis ini dilakukan menggunakan program *Statistical Analysis System (SAS) for windows* versi 9.4. Analisis hubungan antara kondisi iklim dan aktivitas *T. laeviceps* keluar-masuk sarang menggunakan uji korelasi Pearson dengan program *Statistical Package for Social Science (SPSS)* versi 22.





HASIL DAN PEMBAHASAN

Keefektifan Penyerbukan terhadap Produksi Buah Tomat

Perlakuan OP menghasilkan persentase *fruit set* tertinggi dibandingkan dengan dua perlakuan lainnya (WP dan SP). Rata-rata persentase *fruit set* yang dihasilkan oleh perlakuan OP yaitu 74.86%, sedangkan perlakuan WP dan SP masing-masing sebesar 22.86% dan 15.43% (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa penyerbukan terbuka oleh *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lainnya mampu menghasilkan buah 3 kali lipat dari penyerbukan oleh angin dan 5 kali lipat dari penyerbukan sendiri. Hal ini menunjukkan bahwa penyerbukan dengan *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain meningkatkan peluang jumlah serbuk sari yang jatuh ke stigma bunga sehingga terjadi proses fertilisasi sebagai akibatnya terjadi pembentukan buah pada tomat yang lebih tinggi.

Penelitian yang dilakukan oleh Suhri (2015) juga menunjukkan hasil serupa, yaitu penyerbukan terbuka menghasilkan persentase *fruit set* lebih tinggi dari penyerbukan yang dikurung dengan kain kasa walaupun perbedaannya tidak besar. Persentase *fruit set* pada penyerbukan terbuka sebesar 98.91%, sedangkan penyerbukan yang dikurung dengan kain kasa menghasilkan *fruit set* sebesar 90.81%. Perlakuan OP meningkatkan peluang terjadinya penyerbukan silang. Berdasarkan penelitian Deprá *et al.* (2014) penyerbukan silang menghasilkan *fruit set* yang lebih tinggi (84%) dibandingkan dengan penyerbukan sendiri (55%).

Tabel 3 Indikator kualitas hasil tanaman pada berbagai perlakuan penyerbukan

| Indikator kualitas hasil | Nilai rata-rata pada perlakuan ^{1,2} | | |
|-------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| | <i>Open pollination</i> | <i>Wind pollination</i> | <i>Self pollination</i> |
| <i>Fruit set</i> (%/tanaman) | 74.86 ± 8.47a | 22.86 ± 2.27b | 15.43 ± 5.00b |
| Waktu <i>fruit set</i> (hari) | 4.13 ± 0.19b | 5.60 ± 0.43a | 5.86 ± 0.52a |
| Panjang buah (cm) | 3.74 ± 0.27a | 3.44 ± 0.15a | 3.41 ± 0.30a |
| Diameter buah (cm) | 3.29 ± 0.18a | 3.00 ± 0.11b | 2.97 ± 0.21b |
| Ketebalan daging buah (mm) | 4.77 ± 0.34a | 4.31 ± 0.59a | 4.19 ± 0.46a |
| Bobot buah (g) | 21.25 ± 3.73a | 16.12 ± 1.68b | 15.87 ± 3.15b |
| <i>Seed set</i> (biji/buah) | 74.04 ± 9.83a | 33.54 ± 4.26b | 28.90 ± 3.06b |

¹)Angka setelah ± menyatakan nilai simpangan baku.

²)Angka dalam satu baris yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (uji Tukey, $\alpha = 5\%$).

Perlakuan OP memberikan waktu pembentukan buah yang lebih singkat dibandingkan dengan perlakuan WP dan SP, sedangkan perlakuan WP memerlukan waktu yang relatif sama dengan perlakuan SP (Tabel 3). Rata-rata waktu yang diperlukan pada perlakuan OP dalam pembentukan buah yaitu 4.13 hari, sedangkan waktu yang diperlukan oleh perlakuan WP dan SP masing-masing selama 5.60 dan

5.86 hari. Salah satu faktor yang dapat mempercepat waktu pembentukan buah adalah jumlah lebah yang mengunjungi bunga tomat. Keberadaan serangga penyerbuk dapat mempercepat proses pemindahan serbuk sari ke stigma sehingga buah yang terbentuk menjadi lebih cepat dibandingkan dengan tidak adanya serangga penyerbuk (Husby *et al.* 2015).

Panjang buah tomat yang dihasilkan pada perlakuan OP tidak jauh berbeda dengan perlakuan WP dan SP (Tabel 3). Rata-rata panjang buah tomat masing-masing perlakuan OP, WP, dan SP secara berurutan yaitu 3.74, 3.44, dan 3.41 cm. Hasil ini memperlihatkan bahwa penambahan panjang buah tomat tidak dipengaruhi oleh proses penyebukan. Namun, hal tersebut berbeda dengan penelitian Suhri (2015) dan Bashir *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa penyerbukan terbuka meningkatkan panjang buah tomat yang dihasilkan. Perbedaan hasil penelitian diduga disebabkan oleh penggunaan varietas yang berbeda dalam penelitian ini. Selain penyerbukan, faktor yang dapat memengaruhi panjang buah adalah unsur hara, kesesuaian lingkungan, dan teknik budi daya (Wijayani dan Widodo 2005).

Berbeda dengan panjang buah, diameter buah tomat yang dihasilkan pada perlakuan OP lebih besar dari perlakuan WP dan SP. Perlakuan OP memiliki diameter buah sebesar 3.29 cm, sedangkan perlakuan WP dan SP masing-masing memiliki diameter buah sebesar 3 cm dan 2.97 cm. Rata-rata diameter buah yang dihasilkan pada perlakuan WP relatif sama dengan perlakuan SP (Tabel 3). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Indraswari *et al.* (2017) dan Bashir *et al.* (2017), diameter buah tomat yang dihasilkan pada perlakuan tanaman terbuka menunjukkan rata-rata lebih besar dibandingkan dengan perlakuan tanaman yang disungkup dengan kain kasa. Penambahan jumlah biji yang dihasilkan pada perlakuan OP mengakibatkan isi buah tomat menjadi lebih banyak, sehingga buah tomat yang dihasilkan memiliki diameter yang lebih besar (Gambar 4).



Gambar 4 Buah tomat hasil penyerbukan terbuka (a), penyerbukan oleh angin (b), dan penyerbukan sendiri (c)

Ketebalan daging buah yang dihasilkan pada semua perlakuan tidak berbeda. Rata-rata ketebalan buah yang dihasilkan oleh perlakuan OP, WP, dan SP masing-masing 4.77, 4.31, dan 4.19 mm (Tabel 3). Hal tersebut dipengaruhi oleh ukuran buah tomat dan jumlah biji yang terbentuk. Tomat yang memiliki ukuran yang lebih besar akan menghasilkan daging buah yang tebal. Akan tetapi, buah tomat yang menghasilkan jumlah biji yang banyak akan menghasilkan daging buah yang lebih

tipis. Ukuran buah yang besar diiringi peningkatan jumlah biji akan memiliki ketebalan daging buah yang sama dengan ukuran buah yang kecil dengan jumlah biji sedikit. Perlakuan OP memiliki ukuran buah yang lebih besar dan jumlah biji yang lebih banyak, sehingga perlakuan OP tidak menunjukkan perbedaan dibandingkan dengan perlakuan WP dan SP. Menurut Putri *et al.* (2014), ketebalan daging buah tomat dipengaruhi oleh genotip tanaman. Tanaman tomat dengan varietas yang berbeda menghasilkan ketebalan daging buah yang berbeda.

Perlakuan OP menghasilkan bobot buah yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan WP dan SP (Tabel 3). Bobot buah yang dihasilkan pada perlakuan OP yaitu sebesar 21.25 g. Bobot buah yang dihasilkan perlakuan WP dan SP yaitu 16.12 dan 15.87 g. Perlakuan WP menghasilkan bobot buah yang tidak berbeda secara signifikan dengan bobot buah perlakuan SP. Tomat dengan perlakuan penyerbukan terbuka menghasilkan ukuran buah yang lebih besar, sehingga bobot buah yang dihasilkan pada perlakuan penyerbukan terbuka menjadi lebih tinggi. Ukuran buah yang dihasilkan pada perlakuan penyerbukan oleh angin dan penyerbukan sendiri lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan penyerbukan terbuka, sehingga bobot buah yang dihasilkan juga lebih rendah. Berdasarkan penelitian Bashir *et al.* (2017), bobot buah yang dihasilkan pada perlakuan OP lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan penyerbukan oleh angin, dan penyerbukan sendiri. Penelitian lainnya juga menunjukkan hasil yang sama bahwa penyerbukan terbuka menghasilkan bobot buah tomat yang lebih tinggi (87.57 g) dibandingkan dengan bobot buah tomat hasil penyerbukan oleh angin (72.66 g) (Indraswari *et al.* 2016). Penyerbukan terbuka mampu meningkatkan bobot buah yang dihasilkan pada tanaman tomat.

Hasil produksi tanaman dipengaruhi oleh tingkat perkecambahan polen dan viabilitas polen. Semakin tinggi daya berkecambah dan viabilitas polen maka semakin tinggi tingkat keberhasilan penyerbukan. Viabilitas polen yang tinggi mampu meningkatkan keberhasilan penyerbukan tanaman. Selain itu, kelembapan udara yang tinggi membuat polen tanaman tidak rusak karena dehidrasi sehingga tingkat perkecambahan polen menjadi lebih tinggi. Lebah *T. laeviceps* ternyata mampu meningkatkan perkecambahan polen pada tanaman. Tanaman kailan yang dikurung kasa dan diintroduksi *T. laeviceps* menghasilkan daya berkecambah polen sebesar 80.8%, sedangkan pada pertanaman terbuka perkecambahan polen hanya sebesar 31.4% (Wulandari *et al.* 2017).

Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah biji yang terbentuk pada perlakuan OP, perlakuan WP, dan perlakuan SP yaitu 74.04, 33.54, dan 28.90 biji/buah (Tabel 3). Biji yang dihasilkan oleh perlakuan OP lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan WP dan SP. Banyaknya jumlah biji yang terbentuk dipengaruhi oleh jumlah serbuk sari yang jatuh ke stigma bunga. Perlakuan OP menyebabkan jumlah serbuk sari yang menempel ke stigma lebih banyak, sehingga jumlah biji yang dihasilkan menjadi lebih banyak (Gambar 5). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Bashir *et al.* (2017), penyerbukan sendiri (SP) menghasilkan jumlah biji sebanyak 42.96 biji/buah, penyerbukan oleh angin (WP) menghasilkan 63.22 biji/buah, dan penyerbukan oleh serangga (OP) menghasilkan 65.82 biji/buah. Penelitian ini juga didukung oleh Suhri (2015), jumlah biji/buah pada pertanaman tomat yang tertutup kain kasa (41.10 biji/buah) menunjukkan hasil lebih sedikit dibandingkan dengan pertanaman terbuka (118.9 biji/buah). Hal tersebut menunjukkan bahwa penyerbukan oleh serangga dapat meningkatkan jumlah biji

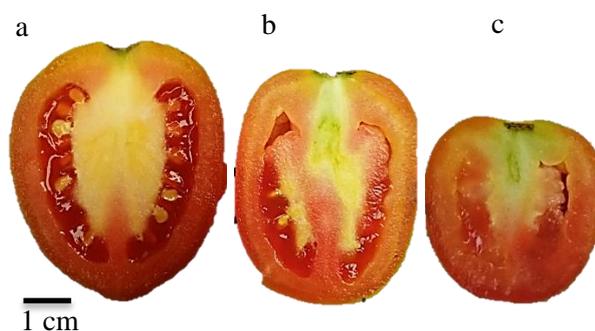
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

yang terbentuk pada setiap buahnya.



Gambar 5 Pembentukan biji tomat hasil penyerbukan terbuka (a), penyerbukan oleh angin (b), dan penyerbukan sendiri (c)

Pengaruh Penyerbukan terhadap Daya Simpan

Buah yang dihasilkan oleh tanaman tomat perlakuan OP mengalami susut bobot yang lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan SP, sedangkan susut bobot buah pada perlakuan OP tidak berbeda dengan perlakuan WP. Akan tetapi, susut bobot buah pada perlakuan WP tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan dari perlakuan SP. Perbedaan tersebut terjadi pada pengamatan hari ke-4 dan ke-8. Pengamatan hari ke-12, 16, dan 20 menunjukkan ketiga jenis penyerbukan mengalami susut bobot yang tidak berbeda secara signifikan (Tabel 4). Hal tersebut menunjukkan bahwa penyerbukan oleh serangga dapat memperkecil penyusutan bobot buah tomat di penyimpanan. Penyerbukan yang tidak sempurna dapat mengakibatkan buah yang terbentuk kopong atau tidak ada isinya, sehingga penyusutan bobot buah yang terjadi semakin tinggi. Buah kopong merupakan salah satu bentuk ketidak normalan buah yang dapat mempercepat kerusakan dan proses respirasi buah. Proses respirasi yang tinggi pada awal penyimpanan menyebabkan susut bobot yang terjadi lebih signifikan.

Menurut Arrahma (2010), salah satu gangguan fisiologi pada buah yaitu kekopongan buah akibat penyerbukan yang tidak sempurna. Hal tersebut dapat mempercepat kerusakan pada buah. Selain itu, berdasarkan Andriani *et al.* (2018), tomat sebagai salah satu jenis buah klimaterik akan tetap mengalami proses respirasi sehingga menyebabkan susut bobot pada buah. Proses respirasi tersebut, terjadi secara signifikan pada awal penyimpanan dan semakin lama di penyimpanan proses respirasi akan semakin melambat. Proses respirasi yang melambat menyebabkan proses kehilangan air dan substrat menjadi lebih lambat (Johansyah *et al.* 2014).

Selain mengalami penyusutan, buah tomat yang diletakan di penyimpanan juga mengalami kerusakan. Hasil pengujian menunjukkan tidak adanya pengaruh penyerbukan terhadap tingkat kerusakan buah tomat (Tabel 4). Sama halnya dengan susut bobot, buah perlakuan SP mengalami penyerbukan yang tidak sempurna karena biji yang terbentuk lebih sedikit sehingga buah yang dihasilkan kopong dan mudah mengalami kerusakan. Menurut Arrahma (2010) kerusakan buah tomat

dapat disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu kerusakan secara mekanis, fisiologis, dan akibat suhu dingin. Kerusakan secara mekanis dan fisik dapat mempercepat proses pertumbuhan mikroorganisme dan mempercepat kondisi layu pada buah tomat (Yuniastri *et al.* 2020).

Tabel 4 Indikator daya simpan buah tomat pada berbagai perlakuan penyerbukan

| Indikator daya simpan | Hari ke- | <i>Open pollination</i> | <i>Wind pollination</i> | <i>Self pollination</i> |
|----------------------------------|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Susut bobot (%) ^{1,3} | 4 | 1.71 ± 0.83b | 2.47 ± 0.85ab | 3.31 ± 1.63a |
| | 8 | 3.47 ± 1.37b | 5.17 ± 1.94ab | 6.18 ± 3.12a |
| | 12 | 5.25 ± 2.31a | 8.48 ± 4.30a | 10.36 ± 7.30a |
| | 16 | 6.52 ± 2.51a | 11.88 ± 8.64a | 14.98 ± 13.78a |
| | 20 | 8.38 ± 3.18a | 15.78 ± 13.80a | 22.61 ± 23.68a |
| Tingkat kerusakan ^{2,3} | 4 | 0.00a | 0.00a | 0.00a |
| | 8 | 0.00a | 0.00a | 0.00a |
| | 12 | 0.00a | 0.00a | 0.00a |
| | 16 | 0.00a | 0.00a | 0.00a |
| | 20 | 0.00a | 0.00a | 0.00a |
| Tingkat kekerasan ^{2,3} | 4 | 5.00a | 5.00a | 5.00a |
| | 8 | 5.00a | 5.00a | 5.00a |
| | 12 | 5.00a | 4.00a | 4.00a |
| | 16 | 4.50a | 4.00a | 4.00a |
| | 20 | 4.00a | 4.00a | 3.50a |

¹⁾ Angka sebelum tanda ± menyatakan rata-rata dan setelah tanda ± menyatakan simpangan baku.

²⁾ Angka menyatakan nilai median.

³⁾ Angka dalam satu baris yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (uji Tukey/uji Dunn, $\alpha = 5\%$).

Patogen yang tumbuh pada permukaan buah tomat meningkatkan laju kerusakan buah. Buah yang rusak akibat patogen mengalami perubahan bentuk, warna, bau, tekstur, dan tingkat kekerasan buah. Berdasarkan penelitian Ahmed *et al.* (2017), patogen pascapanen yang paling umum ditemukan yaitu *Alternaria*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Muchor*, *Stemphyllum*, *Rhizopus*, dan *Penicillium* dari kelompok cendawan, sedangkan patogen dari kelompok bakteri yaitu *Acetobacter*, *Gluconobacter*, *Klebsiella*, *Leuconostoc*, dan *Pectobacterium*.

Skor kekerasan buah tomat pada semua perlakuan tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan (Tabel 4). Perlakuan penyerbukan tidak mempengaruhi tingkat kekerasan buah tomat di penyimpanan. Penurunan skor kekerasan pada buah tomat disebabkan oleh proses respirasi, metabolisme tomat di penyimpanan, dan infeksi patogen. Kerusakan pada buah menyebabkan buah menjadi semakin lunak. Selain itu, tingkat kekerasan buah juga dipengaruhi oleh kadar air pada buah. Buah tomat yang memiliki kadar air yang lebih rendah memiliki tingkat kekerasan buah lebih tinggi dibandingkan dengan buah tomat yang memiliki kadar air yang

tinggi. Menurut Wijayani dan Widodo (2005), kekerasan buah akan memengaruhi tingkat ketahanan buah terhadap kerusakan mekanis. Kekerasan buah erat kaitannya dengan kadar air pada buah, semakin tinggi kadar air buah maka buah akan semakin lunak.

Skor kekerasan pengamatan hari ke-12 pada perlakuan SP dan WP mulai mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan oleh rusaknya buah sehingga skor kekerasan buah menjadi berkurang. Perlakuan SP dan WP memiliki kualitas buah yang kurang baik karena gangguan fisiologis dari penyerbukan yang tidak sempurna. Buah yang mengalami gangguan fisiologis akan lebih cepat rusak dan terinfeksi oleh patogen. Patogen di penyimpanan dapat menyebabkan perubahan tingkat kekerasan buah yang signifikan. Buah yang terinfeksi oleh patogen mengalami respirasi yang lebih tinggi, kemudian lama-kelamaan buah yang rusak akan hancur dan respirasi yang terjadi mulai menurun. Menurut Yuniastri *et al.* (2020), laju respirasi dan metabolisme tomat meningkat drastis pada awal setelah panen kemudian perlahan melambat seiring waktu penyimpanan.

Estimasi Nilai Ekonomi Penyerbukan

Pengaruh Masing-Masing Perlakuan

Perlakuan OP menghasilkan total produksi buah tomat per hektar tertinggi dibandingkan dengan perlakuan WP dan SP. Produktivitas buah tomat pada perlakuan OP yaitu 18.33 ton/ha, sedangkan produktivitas pada perlakuan WP dan SP, yaitu 4.17 dan 2.72 ton/ha (Tabel 5). Produksi buah pada perlakuan OP sangat jauh berbeda dengan kedua perlakuan penyerbukan lainnya. Kementan (2020) melaporkan bahwa produktivitas buah tomat pada perlakuan OP tidak jauh berbeda dibandingkan dengan data produktivitas buah tomat nasional. Rata-rata produktivitas buah tomat di Indonesia pada tahun 2019 yaitu 18.63 ton/ha.

Produktivitas buah tomat dipengaruhi oleh jumlah buah yang terbentuk (*fruit set*) dan bobot buah tomat yang dihasilkan setiap tanaman. Tanaman pada perlakuan OP menghasilkan *fruit set* dan bobot buah lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan WP dan SP, sehingga produktivitas yang dihasilkan oleh perlakuan OP menjadi lebih tinggi. Menurut Klein *et al.* (2006), penyerbukan memengaruhi produksi buah tomat. Penyerbukan dapat meningkatkan produksi tomat berupa *fruit set*, bobot buah, dan kualitas buah.

Tabel 5 Estimasi nilai ekonomi pengaruh penyerbukan pada berbagai perlakuan penyerbukan

| Perlakuan | Produktivitas (ton/ha) ¹ | EVP (triliun rupiah) ¹ | Keuntungan usaha tani (juta rupiah/ha) ¹ |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| <i>Open pollination</i> | 18.33a | 1.83a | 43.56a |
| <i>Wind pollination</i> | 4.17b | 0.05b | -10.11b |
| <i>Self pollination</i> | 2.72b | 0.03b | -15.91b |

¹Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (uji Tukey, $\alpha = 5\%$).

Estimasi nilai ekonomi perlakuan OP berdasarkan data produktivitas dan luas panen tomat di Indonesia, yaitu sebesar 1.83 triliun rupiah. Produktivitas buah yang lebih tinggi pada perlakuan OP memengaruhi estimasi nilai ekonominya. Selain itu, harga buah tomat juga memengaruhi nilai ekonomi yang dihasilkan, semakin tinggi harga komoditas maka nilai ekonomi penyerbukan juga akan meningkat. Estimasi nilai ekonomi yang dihasilkan oleh perlakuan OP ini adalah 61 kali lipat dari perlakuan SP dan 37 kali lipat dari perlakuan WP. Nilai ekonomi yang dihasilkan oleh perlakuan WP yaitu 2 kali lipat dari perlakuan SP (Tabel 5). Estimasi nilai ekonomi penyerbuk pada tanaman tomat di India, yaitu 11 977.90 crores atau setara dengan 23.44 miliar rupiah (Chaudhary dan Chand 2017).

Nilai ketergantungan tanaman terhadap penyerbukan pada perlakuan OP, WP, dan SP, yaitu 0.25 - 0.65, 0.05, dan 0.05. Berdasarkan hal tersebut, nilai ketergantungan tanaman tomat masing-masing perlakuan termasuk dalam kategori sederhana hingga tinggi untuk perlakuan OP, kategori sedikit untuk perlakuan WP dan SP. Berdasarkan hasil penelitian Chaudhary dan Chand (2017), tanaman tomat di India memiliki tingkat ketergantungan yang tinggi terhadap penyerbuk dengan nilai ketergantungan, yaitu sebesar 0.65. Hal tersebut menunjukkan bahwa apabila tidak ada serangga penyerbuk akan sangat memengaruhi produksi buah pada tanaman tomat.

Keuntungan usaha tani tanaman tomat dengan perlakuan OP bernilai positif, artinya perlakuan OP berperan dalam meningkatkan hasil usaha tani. Perlakuan WP dan SP memiliki nilai keuntungan usaha tani negatif, artinya usaha tani yang dilakukan mengalami kerugian. Budi daya tomat dengan bantuan serangga penyerbuk mendapatkan keuntungan, sedangkan apabila tidak ada bantuan serangga penyerbuk di alam budi daya tanaman tomat akan mengalami kerugian. Kerugian pada perlakuan WP dan SP disebabkan oleh biaya total (TC) yang dikeluarkan lebih besar dibandingkan dengan total pendapatan (TR). Keuntungan yang didapatkan dengan adanya bantuan serangga penyerbuk sebesar Rp 43.56 juta/ha, sedangkan dengan cara budi daya yang sama perlakuan WP mengalami kerugian sebesar Rp 10.11 juta/ha, dan perlakuan SP mengalami kerugian sebesar Rp 15.91 juta/ha.

Pengaruh Bersih Penyerbukan

Produktivitas bersih hasil penyerbukan oleh *T. laeviceps* dan serangga penyerbukan lain menunjukkan pengaruh yang sangat besar dibandingkan dengan pengaruh penyerbukan oleh angin dan penyerbukan sendiri. Produktivitas bersih hasil penyerbukan *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain yaitu 14.17 ton/ha, sedangkan produktivitas penyerbukan oleh angin saja yaitu 1.46 ton/ha (Tabel 6). Hal tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar produktivitas buah tomat merupakan hasil kontribusi serangga penyerbuk, sedangkan penyerbukan oleh angin saja memberikan pengaruh yang sangat kecil.

Berdasarkan penelitian Mburu *et al.* (2006), serangga mampu meningkatkan produksi buah tomat di dalam *greenhouse* yaitu sebesar 103.2 ribu ton (tomat musim panas) dan 10.1 ribu ton (tomat musim dingin). Penelitian lainnya menyebutkan bahwa rata-rata produktivitas tanaman tomat dengan tambahan lebah madu, lebah tanpa sengat, dan tidak ada tambahan penyerbuk secara berurutan, yaitu 52.05, 51.58, dan 48.06 buah/tanaman (Putra dan Kinasih 2014). Hal tersebut membuktikan bahwa peningkatan produksi buah tomat dipengaruhi oleh

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

penyerbuk.

Tabel 6 Estimasi nilai ekonomi pengaruh bersih penyerbukan oleh *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain, angin, serta penyerbukan sendiri

| Jenis penyerbukan | Produktivitas (ton/ha) ¹ | EVP (triliun rupiah) ¹ | Keuntungan usaha tani (juta rupiah/ha) ¹ |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| <i>T. laeviceps</i> + serangga lain | 14.17a | 1.31a | 26.89a |
| Angin | 1.46b | 0.02b | -20.93b |
| Sendiri | 2.72b | 0.03b | -15.91b |

¹Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (uji Tukey, $\alpha = 5\%$).

Berdasarkan produktivitas buah tomat hasil penyerbukan oleh *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain dapat diestimasi nilai ekonominya. Nilai ekonomi *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain yaitu berkisar 1.31 triliun rupiah atau setara dengan 44 kali lipat dari nilai ekonomi penyerbukan sendiri dan 65 kali lipat dari nilai ekonomi penyerbukan oleh angin saja (Tabel 6). Penelitian di Etiopia menyebutkan estimasi ekonomi lebah pada pertanaman tomat yaitu sebesar 8 139.8 dolar (Alebachew 2018). Hal tersebut, menunjukkan bahwa serangga penyerbuk memiliki nilai ekonomi yang tinggi terhadap tanaman tomat.

Penyerbukan oleh *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap keuntungan usaha tani. Adanya serangga sebagai agens penyerbuk meningkatkan keuntungan usaha tani yang didapatkan. Lebih dari 50% keuntungan usaha tani dari perlakuan OP merupakan hasil penyerbukan *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lain. Walaupun tomat memiliki struktur bunga sempurna yang dapat melakukan penyerbukan sendiri, tomat tetap membutuhkan serangga sebagai agens penyerbuk untuk meningkatkan produktivitasnya. Kehilangan agens penyerbuk di alam akan berdampak sangat besar bagi produksi tanaman, khususnya pada tanaman tomat.

Hubungan antara Kondisi Iklim dan Aktivitas *T. laeviceps*

Kondisi iklim di sekitar sarang *T. laeviceps* menunjukkan rata-rata intensitas cahaya tertinggi terjadi pada pukul 09.00 – 12.00 yaitu 22 787 lux. Rata-rata intensitas cahaya terendah terjadi pada pukul 12.00 – 15.00 yaitu 3 545 lux. Intensitas cahaya yang tinggi meningkatkan suhu di sekitar sarang sehingga suhu tertinggi di sekitar sarang terjadi pada pukul 09.00 – 12.00 mencapai 34.48 °C. Suhu terendah di sekitar sarang yaitu 28.88 °C yang terjadi pada pukul 06.00 – 09.00. Kelembapan udara terendah di sekitar sarang sebesar 59.35% dan tertinggi 86.5% masing-masing pada interval waktu 09.00 – 12.00 dan 06.00 – 09.00 (Tabel 7).

Tabel 7 Kondisi intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembapan udara di sekitar sarang *T. laeviceps*

| Interval waktu pengamatan | Intensitas cahaya (x100 lux) ¹ | Suhu (°C) ¹ | Kelembapan (%) ¹ |
|---------------------------|---|------------------------|-----------------------------|
| 06.00 - 09.00 | 96.97 ± 69.98 | 28.88 ± 2.34 | 86.50 ± 12.80 |
| 09.00 - 12.00 | 227.87 ± 202.42 | 34.48 ± 2.16 | 59.35 ± 11.67 |
| 12.00 - 15.00 | 35.45 ± 20.10 | 30.11 ± 1.17 | 73.80 ± 5.06 |
| 15.00 - 18.00 | 41.63 ± 50.61 | 30.73 ± 1.90 | 74.30 ± 9.18 |

Angka sebelum tanda ± menyatakan rata-rata dan setelah tanda ± menyatakan simpangan baku

Aktivitas *T. laeviceps* keluar-masuk sarang berkaitan dengan aktivitas mencari makanan dan membersihkan sarang. Lebah keluar dari sarang untuk mencari makanan berupa nektar atau polen bunga (Gambar 6a). Selain itu, lebah juga mencari resin sebagai bahan pembuat sarang. Pencarian sumber daya tersebut dilakukan oleh lebah kasta pekerja. Secara umum lebah kasta pekerja bertugas untuk mencari polen, nektar, air, dan resin. Lebah yang berperan mencari polen kembali ke sarang dengan membawa polen (Gambar 6b). Polen yang dibawa lebah kembali ke sarang terletak pada korbikulum tungkai belakang (Gambar 6c). Lebah yang kembali ke sarang tanpa polen merupakan lebah yang membawa air, nektar, atau resin (Gambar 6d). Menurut Amano *et al.* (2000), *stingless bee* mengumpulkan pakan berupa serbuk sari, nektar, dan propolis. Lebah *Tetragonula* akan memberikan sinyal berupa zat kimia yang dikeluarkan untuk memberitahukan sumber makanan kepada anggota koloni lainnya (*nestmate*) (Asmini 2016).



Gambar 6 Aktivitas *T. laeviceps* keluar sarang (a), masuk sarang membawa polen (b), *T. laeviceps* membawa polen (c), dan masuk sarang tanpa polen (d)

Individu *T. laeviceps* mulai beraktivitas pada pukul 06.00. Rata-rata lebah keluar di pagi hari yaitu sekitar 7 - 8 individu. Aktivitas tersebut mulai meningkat hingga pukul 12.00. Puncak aktivitas lebah keluar-masuk sarang terjadi dari pagi hingga siang hari. Kisaran lebah keluar pada pukul 09.00 – 12.00, yaitu 0 hingga 18 individu (Tabel 8). Jumlah lebah yang keluar menjadi lebih sedikit pada saat kondisi suhu dan intensitas cahaya menurun dan kelembapan udara meningkat. Rata-rata lebah keluar pada pukul 12.00 – 15.00 yaitu 5 individu. Berdasarkan penelitian Putra *et al.* (2017), aktivitas *T. laeviceps* dimulai ketika pukul 07.00 dengan suhu udara berkisar 21 °C. Peningkatan jumlah individu keluar terjadi pada pukul 11.00 dengan jumlah individu yang keluar sebanyak 34 - 35 individu/10 menit

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

pengamatan. Penelitian lainnya menyebutkan bahwa aktivitas *T. laeviceps* dimulai pukul 06.00 dengan rata-rata individu yang keluar sebanyak 1 hingga 5 individu/5 menit pengamatan. Puncak aktivitas lebah keluar sarang terjadi pada pukul 11.00 (Yusita 2016).

Tabel 8 Jumlah individu *T. laeviceps* keluar-masuk sarang setiap 2 menit

| Interval Waktu Pengamatan | Keluar sarang | | Masuk sarang dengan polen | | Masuk sarang tanpa polen | |
|---------------------------|---------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| | Kisaran | Rata-rata | Kisaran | Rata-rata | Kisaran | Rata-rata |
| 06.00 - 09.00 | 1 - 15 | 7 - 8 | 0 - 6 | 2 - 3 | 0 - 19 | 5 - 6 |
| 09.00 - 12.00 | 0 - 18 | 7 - 8 | 0 - 8 | 3 - 4 | 0 - 10 | 4 |
| 12.00 - 15.00 | 0 - 14 | 5 | 0 - 6 | 2 | 0 - 13 | 3 - 4 |
| 15.00 - 18.00 | 0 - 15 | 5 | 0 - 6 | 2 | 0 - 10 | 3 - 4 |

Setelah keluar untuk mencari pakan lebah akan kembali ke sarang. Salah satu jenis makanan yang dibawa oleh lebah ke sarang adalah polen. Lebah mencari polen sejak pagi hari. Rata-rata individu lebah yang masuk membawa polen sebanyak 2 - 3 individu. Jumlah tersebut meningkat pada interval pengamatan 09.00 – 12.00 menjadi 3 - 4 individu. Berdasarkan penelitian Yusita (2016), puncak aktivitas lebah membawa polen terjadi pada pukul 09.00 untuk koloni dengan jumlah lebah pekerja yang lebih sedikit (koloni lemah) dan pukul 10.00 untuk koloni dengan jumlah lebah pekerja yang lebih banyak (koloni kuat). Penelitian lainnya menyebutkan bahwa puncak aktivitas lebah membawa polen terjadi pada pukul 06.00 – 12.00 (Utari 2017).

Selain itu, terdapat lebah yang masuk ke sarang tanpa polen. Lebah yang masuk ke sarang tanpa polen merupakan lebah yang bertugas untuk mencari air, nektar, atau resin sehingga tidak terlihat pada tungkai belakangnya. Rata-rata lebah masuk tanpa polen paling tinggi terjadi pada pagi hari pukul 06.00 – 09.00. Jumlah lebah yang masuk tanpa polen menurun sejak interval waktu pengamatan 09.00 – 12.00. Berdasarkan penelitian Yusita *et al.* (2017), puncak aktivitas lebah masuk membawa nektar terjadi pada pukul 11.00 – 13.00, sedangkan yang membawa resin cenderung berfluktuasi. Penelitian lainnya menyebutkan bahwa puncak aktivitas masuk sarang membawa air atau nektar terjadi pukul 11.00 – 13.00 dan membawa resin pukul 10.00 – 14.00 (Utari 2017).

Pagi hari pukul 06.00 – 09.00, rata-rata suhu udara, intensitas cahaya, dan kelembapan udara masing-masing adalah 28.8 °C, 9 697 lux, dan 86.5%. Saat kondisi iklim tersebut, lebah mulai melakukan aktivitas keluar-masuk sarang. Aktivitas keluar-masuk sarang meningkat pada interval waktu 09.00 – 12.00 saat suhu udara, intensitas cahaya meningkat, sedangkan kelembapan udara menurun. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Asmini (2016) yang menunjukkan bahwa lebah *Tetragonula* mulai beraktivitas ketika suhu berkisar 21 – 34 °C, kelembapan udara minimum 49.7%, intensitas cahaya minimum 959.92 lux, dan kecepatan angin 0.492 m/s. Namun demikian, hasil analisis korelasi Pearson penelitian ini menunjukkan bahwa hanya peubah intensitas cahaya saja yang berkorelasi nyata dengan aktivitas keluar sarang dan

masuk sarang membawa polen, sedangkan peubah suhu dan kelembapan udara tidak menunjukkan korelasi yang nyata (Tabel 9).

Tabel 9 Korelasi antara kondisi iklim mikro dan aktivitas keluar-masuk sarang *T. laeviceps*

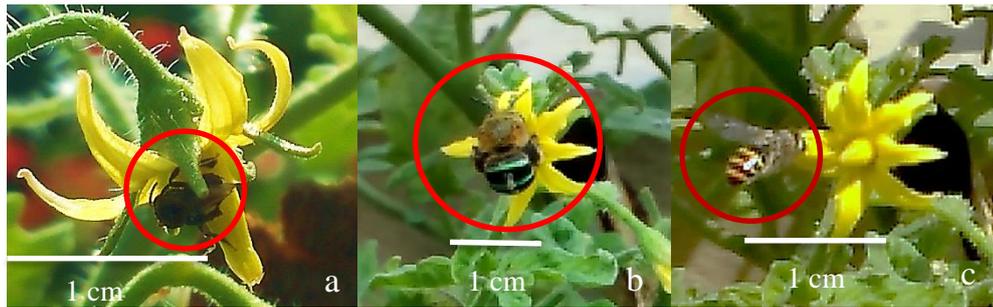
| Faktor lingkungan | Keluar Sarang | Masuk sarang membawa polen | Masuk sarang tanpa polen |
|--------------------------|---------------|----------------------------|--------------------------|
| Suhu | | | |
| Korelasi Pearson | 0.066 | 0.193 | -0.033 |
| Nilai-P | 0.545 | 0.075 | 0.760 |
| Kelembaban | | | |
| Korelasi Pearson | 0.052 | -0.83 | 0.094 |
| Nilai-P | 0.633 | 0.448 | 0.387 |
| Intensitas cahaya | | | |
| Korelasi Pearson | 0.367 | 0.376 | 0.154 |
| Nilai-P | 0.001 | 0.000 | 0.157 |

Nilai korelasi Pearson antara intensitas cahaya dengan jumlah lebah keluar sarang dan jumlah lebah masuk sarang membawa polen, yaitu 0.367 dan 0.376. Nilai ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya berkorelasi positif dengan kedua aktivitas lebah tersebut namun masih tergolong rendah. Suhu dan kelembapan udara pada penelitian ini tidak menunjukkan korelasi. Hal tersebut dapat disebabkan oleh perilaku *T. laeviceps* yang mudah beradaptasi terhadap lingkungan. Selain itu, jenis pakan yang tersedia juga memengaruhi aktivitas *T. laeviceps* keluar-masuk sarang.

Berdasarkan penelitian Yusita *et al.* (2017), nilai korelasi antara suhu udara dengan aktivitas *T. laeviceps* keluar sarang, yaitu 0.502 (korelasi sedang). Nilai korelasi antara intensitas cahaya dengan aktivitas *T. laeviceps* keluar sarang, yaitu 0.539 (korelasi sedang). Kategori korelasi antara intensitas cahaya dengan aktivitas *T. laeviceps* masuk sarang membawa polen, yaitu kategori sangat lemah ($r = 0.163$). *T. laeviceps* termasuk lebah tanpa sengat yang mudah beradaptasi terhadap tekanan dan perubahan lingkungan (Asmini 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Harahap (2013) pada tanaman stroberi menunjukkan hasil berbeda, yaitu aktivitas *T. laeviceps* berkorelasi positif dengan suhu udara, namun tidak berkorelasi dengan kelembapan udara dan intensitas cahaya.

Serangga Penyerbuk pada Tanaman Tomat

Selain *T. laeviceps* (Gambar 7a), pertanaman tomat juga dikunjungi oleh lebah penyerbuk lain dari Famili Apidae. Dua genus lebah yang ditemukan yaitu genus *Amegilla* dan *Apis*. Lebah *Amegilla* memiliki ciri abdomen berwarna hitam dengan garis-garis biru (Gambar 7b) dan lebah *Apis* yang memiliki ciri abdomen berwarna hitam dengan garis kuning (Gambar 7c).



Gambar 7 Lebah penyerbuk pertanaman tomat *T. laeviceps* (a), *Amegilla* sp. (b), dan *Apis* spp. (c)

Lebah liar dengan garis biru ini dikenal dengan *blue banded bee*. Lebah ini memiliki 5 strip biru pada betina dan 4 strip pada imago jantan. Lebah *Amegilla* ini termasuk kelompok lebah yang menghasilkan getaran saat penyerbukan (*buzz pollination*). Getaran yang dihasilkan memungkinkan lebah untuk mendapat lebih banyak polen (Suhri 2015). Lebah *Amegilla* menempati sarang secara tunggal dan beberapa individu membuat sarang secara berkelompok (Widhiono 2015).

Selain *blue banded bee*, terdapat lebah lain yang juga menyerbuki tanaman tomat, yaitu lebah madu *Apis* spp.. Lebah madu memiliki warna tubuh bervariasi mulai dari coklat gelap hingga hitam kuning (Free 1982). Menurut Widhiono (2015), lebah madu termasuk serangga sosial sejati (*eusocial*) yang hidup secara berkoloni. Lebah madu merupakan salah satu penyerbuk yang tidak menghasilkan getaran seperti lebah *Amegilla* (Deprá *et al.* 2013). Secara umum, terdapat empat spesies utama lebah madu yaitu lebah kerdil (*A. florea*), lebah hutan (*A. dorsata*), lebah lokal (*A. cerana*), lebah madu import (*A. mellifera*) (Widhiono 2015).

Tingkat kunjungan dan lama kunjungan lebah di setiap bunganya menunjukkan kemampuan lebah dalam penyerbukan. Dalam penelitian ini tidak diamati tingkat kunjungan dari masing-masing penyerbuk. Akan tetapi, berdasarkan hasil penelitian Putra dan Kinasih (2014), bahwa lebah kelompok *Apis* (lebah madu) dan *Tetragonula* (lebah tanpa sengat) dapat menyerbuki tanaman tomat. Rata-rata tingkat kunjungan (*visitation rate*) lebah madu dan lebah tanpa sengat di setiap bunga per 5 menit pengamatan yaitu sebanyak 6 – 8 dan 5 - 7 individu. Lamanya lebah mengunjungi bunga (*handling time*) yaitu 3 detik/bunga (lebah madu) dan 6 detik/bunga (lebah tanpa sengat).



SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Perlakuan penyerbukan terbuka (OP) dengan bantuan *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lainnya mampu meningkatkan persentase buah yang terbentuk, diameter buah, bobot buah, jumlah biji yang terbentuk, mempercepat waktu *fruit set*, dan memperkecil persentase susut bobot. Perlakuan ini tidak berpengaruh terhadap panjang buah, ketebalan daging buah, tingkat kerusakan, dan tingkat kekerasan buah. Nilai ekonomi *T. laeviceps* dan serangga penyerbuk lainnya terhadap produksi buah tomat yaitu 1.31 triliun rupiah atau sekitar 44 kali lipat dari nilai ekonomi penyerbukan sendiri dan 65 kali dari nilai ekonomi penyerbukan oleh angin saja. Aktivitas *T. laeviceps* keluar-masuk sarang dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang berkorelasi positif dengan jumlah lebah keluar sarang dan lebah masuk membawa polen. Puncak aktivitas *T. laeviceps* keluar-masuk sarang terjadi pada pukul 09.00 – 12.00.

Saran

Penelitian sejenis tentang pengaruh *T. laeviceps* secara tunggal dalam proses penyerbukan perlu dilakukan untuk menambah bobot dan cakupan hasil penelitian ini. Selain itu, perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh dari serangga penyerbuk lain secara tunggal terhadap peningkatan kualitas dan kuantitas buah tomat, sehingga diketahui jenis serangga yang paling efektif sebagai penyerbuk tanaman tomat.

@HacchajainkIPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed FA, Sipes BS, Alvarez AM. 2017. Postharvest diseases of tomato and natural products for disease management. *Afr J Agric Res.* 12(9):684-691. doi:10.5897/AJAR2017.12139.
- Alebachew GW. 2018. Economic value of pollination service of agricultural crops in Ethiopia: biological pollinators. *J Apic Sci.* 6(2):265-273. doi: 10.2478/JAS-2018-0024.
- Alfaena. 2018. Proyeksi konsumsi buah dan sayur utama di Indonesia tahun 2018-2020 [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Amano K, Nemoto T, Heard TA. 2000. What are stingless bees, and why and how to use them as crop pollinators?. *JARQ.* 34(3):183-190.
- Andriani ES, Nurwantoro, Hintono A. 2018. Perubahan fisik tomat selama penyimpanan pada suhu ruang akibat pelapisan dengan agar-agar. *JTP.* [Internet]. [diunduh 2020 Mei 8];2(2):176-182. Tersedia pada: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/tekpangan/article/viewFile/20958/20433>.
- Arrahma R. 2010. Perlakuan pendahuluan buah tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) segar untuk transportasi jarak jauh [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Asmini. 2016. Peranan lebah *Trigona* spp. (Apidae: Melliponinae) dalam penyerbukan dan pembentukan biji tanaman sawi (*Brassica rapa* L.: Brassicaceae) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Bashir MA, Alvi Am, Khan KA, Rehmani MIA, Ansari MJ, Atta S, Ghramh HA, Batool T, Tariq M. 2017. Role of pollination in yield and physicochemical properties of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *J Biol Sci.* 25(7):1291-1297. doi:10.1016/j.sjbs.2017.10.006.
- Carr AS, Davidar P. 2015. Pollinator dependency, pollen limitation and pollinator visitation rates to six vegetable crops in Southern India. *J Pollinat Ecol.* 16(8):51-57. doi:10.26786/1920-7603(2015)8.
- Chaudhary OP, Chand R. 2017. Economic benefits of animal pollination to Indian agriculture. *Ind J Agric Sci.* [Internet]. [diunduh 2020 Jul 2];87(9):1117-1138. Tersedia pada: https://www.researchgate.net/publication/320136745_Economic_benefits_of_animal_pollination_to_Indian_agriculture.
- Deprá MS, Delaqua GCG, Freitas L, Gaglianone MC. 2014. Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio De Janeiro State, Southeast Brazil. *J Pollinat Ecol.* 12(1):1-8. doi:10.26786/1920-7603(2014)7.
- Free BJ. 1982. *Bees and Mankind*. London (UK): George Allen & Unwin Ltd.
- Gallai N, Salles JM, Settele J, Vaissière BE. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol Econ.* 68(3):810-821. doi:10.1016/j.ecolecon.2008.06.014.
- Gallai N, Vaissière BE. 2009. *Guidelines for the Economic Valuation of Pollination Services at a National Scale*. Rome (IT): FAO.
- Harahap KK. 2013. Efektivitas polinasi *Apis cerana* Fabricus dan *Trigona laeviceps* Smith (Hymenoptera: Apidae) pada *Fragaria x annanassa* Kultivar Earlibrite [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Hein L. 2009. The economic value of the pollination service, a review across scales. *Open J Ecol.* 2(1):74-82. doi:10.2174/1874213000902010074.
- Husby JF, Roy CJL, Fimbel C. 2015. Pollinators may not limit native seed set at puget lowland prairie restoration nurseries. *J Pollinatl Ecol.* 15(5):30-37. doi:10.26786/1920-7603(2015)4.
- Indraswari AGM, Atmowidi T, Kahono S. 2016. Keanekaragaman, aktivitas kunjungan, dan keefektifan lebah penyerbuk pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L: Solanaceae). *J Entomol Indones.* 13(1):21-29. doi:10.5994/jei.13.1.21.
- Johnsnyah A, Prihastanti E, Kusdiyantini E. 2014. Pengaruh plastik pengemas *low density polyethylene* (LDPE), *high density polyethylene* (HDPE) dan *polipropilen* (PP) terhadap penundaan kematangan buah tomat (*Lycopersicon esculentum*. Mill). *J Anat.* 22(1): 46-57. doi:https://doi.org/10.14710/baf.v22i1.7808.
- Karasiński JM. 2018. *The Economic Valuation of Australian Managed and Wild Honey Bee Pollinators in 2014 – 2015*. Bentley (AU): Curtin University.
- [Kementan] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2018. *Statistik Konsumsi Pangan*. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- [Kementan] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2020. Data lima tahun terakhir [Internet]. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian Republik Indonesia; [diunduh 2020 Agu 15]. Tersedia pada: <https://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61>.
- Klein AM, Vaissie`re BE, Cane JH, Dewenter IS, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T. 2006. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc R Soc B.* 274(1608):303-313. doi:10.1098/rspb.2006.3721.
- Liferdi L. 2008. Lebah polinator utama pada tanaman hortikultura. *J Iptek Hortik.* [Internet]. [diunduh 2019 Apr 3];4:1-5. Tersedia pada: <https://docplayer.info/33318989-Lebah-polinator-utama-pada-tanaman-hortikultura.html>.
- Maryanto, Rahmi A. 2015. Pengaruh jenis dan dosis pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) varietas permata. *JIPK.* 14(1):87-94.
- Mburu J, Hein LG, Gemmil B, Collette L. 2006. *Economic Valuation of Pollination Services: Review of Methods*. Roma (IT): FAO.
- Nataliani Y. 2017. Aktivitas mencari polen dan keanekaragaman polen lebah madu *Apis mellifera* di Boyolali Jawa Tengah [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nuryana FI. 2015. Respons beberapa varietas tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) terhadap penanaman kacang hias (*Arachis pintoi* Krap. & Greg.) dalam sistem olah tanah minimum [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Prastya OA. Utama IMS, Yulianti NL. 2015. Pengaruh pelapisan emulsi minyak wijen dan minyak sereh terhadap mutu dan masa simpan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill). *J Beta.* [Internet]. [diunduh 2020 Jul 5]; 3(1):1-10. Tersedia pada: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/beta/article/view/16655>.
- Putra RE, Kinasih I. 2014. Efficiency of local Indonesia honey bee (*Apis mellifera* L.) and stingless bee (*Trigona irridipenis*) on tomato (*Lycopersicon*

- esculentum* Mill.) pollination. *Pak J Biol Sci.* 17(1): 86-91. doi:10.3923/pjbs.2014.86.91.
- Putra RE, Subagio J, Kinasih I, Permal AD, Rosmiati M. 2017. Pola kunjungan serangga liar dan efek penambahan koloni *Trigona (Tetragonula) laeviceps* Smith pada penyerbukan kabocha (*Cucurbita maxima*). *JEI.* 14(2):69-79. doi:10.5994/jei.14.2.69.
- Putri RM, Adiwirman, Zuhry E. 2014. Studi pertumbuhan dan daya hasil empat galur tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) di dataran rendah. *Jom Faperta.* [Internet]. [diunduh 2020 Jul 24]; 1(2): 1-9. Tersedia pada: <https://media.neliti.com/media/publications/202823-studi-pertumbuhan-dan-daya-hasil-empat-g.pdf>.
- Roubik DW. 1995. *Pollination of Cultivated Plants in The Tropics*. Roubik DW, editor. Roma (IT): FAO.
- Saediman H, Amini A, Basiru R, Nafisu LO. 2015. Profitability and value addition in cassava processing in Buton District of Southeast Sulawesi Province, Indonesia. *J Sustain Dev.* 8(1): 226-234. doi:10.5539/jsd.v8n1p226.
- Suhri AGMI. 2015. Diversitas, aktivitas kunjungan, dan efektifitas lebah penyerbuk pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill: Solanaceae) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Utari NWS. 2017. Aktivitas terbang keluar-masuk sarang dan *pollen load* pada *Tetragonula laeviceps* (Smith) (Apidae: Melliponinae) asal Subang dan Sukabumi, Jawa Barat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Widhiono I, Sudiana E. 2015. Keragaman serangga penyerbuk dan hubungannya dengan warna bunga pada tanaman pertanian di Lereng Utara Gunung Slamet, Jawa Tengah. *Biospesies.* 8(2):43-50.
- Widhiono I. 2015. *Strategi Konservasi Serangga Pollinator*. Purwokerto (ID): Universitas Jenderal Soedirman.
- Widyastuti N, Aminudin. 2013. Pengembangan *edible coating* ekstrak daun randu dan pengaruhnya terhadap kualitas mentimun. *Biosaintifika.* 5(2):106-113. doi:10.15294/biosaintifika.v5i2.2750.
- Wijayani A, Widodo, W. 2005. Usaha meningkatkan kualitas beberapa varietas tomat dengan system budi daya hidroponik. *JlPI.* 12(1):77-83.
- Wulandari AP, Atmowidi P, Kahono S. 2017. Peranan Lebah *Trigona laeviceps* (Hymenoptera: Apidae) dalam Produksi Biji Kailan (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*). *J Agron Indones.* 45(2):196-203. doi:dx.doi.org/10.24831/jai.v45i2.13236.
- Yuniastri R, Ismawati, Atkhiyah VM, Faqih KA. 2020. Karakteristik kerusakan fisik dan kimia buah tomat. *JFTA.* 2(1):1-8. doi:doi.org/10.24929/jfta.v2i1.954.
- Yusita IPJ, Rauf A, Maryana N. 2017. Ritme aktivitas penerbangan harian *Tetragonula laeviceps* (Smith) (Hymenoptera: Apidae) di Bogor. *J Entomol Indones.* 14(3):117-125. doi:10.5994/jei.14.3.117.
- Yusita IPJ. 2016. Aktivitas penerbangan harian teuweul *Tetragonula laeviceps* (Smith) (Hymenoptera: Apidae) dalam hubungannya dengan status koloni dan faktor cuaca [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 10 Oktober 1998 di Desa Tanjung Beringin sebagai anak ke-4 dari pasangan ibu Nurlela dan bapak Hasni. Penulis menyelesaikan pendidikan di SMA N 4 Lahat pada tahun 2016. Penulis diterima di program studi sarjana Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2016.

Selama kuliah penulis menerima beberapa beasiswa. Tahun 2017 penulis menerima beasiswa Kapten 47 dari Himpunan Alumni Proteksi Tanaman 47. Tahun 2017 – 2018 penulis menerima beasiswa pemberdayaan dari Paragon. Tahun 2018 – 2020 penulis menjadi salah satu penerima beasiswa program Teladan Tanoto Foundation.

Beberapa lomba yang diikuti oleh penulis selama kuliah, yaitu lomba cepat tepat *Plant Protection Day* tahun 2018 dan 2019, lomba cepat tepat *Plant Protection Competition* tahun 2019, dan cepat tepat entomologi *Linnaean Games* 2019. Selain itu, penulis meraih juara 1 lomba cepat tepat Jambore Perlindungan Tanaman Indonesia tahun 2019 dan juara 3 lomba identifikasi serangga *Insect Day* tahun 2019.

Selama kuliah di IPB penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan. Penulis merupakan anggota divisi Legislasi Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Pertanian tahun 2017/2018 dan 2018/2019. Selain aktif di organisasi penulis juga mengikuti beberapa kepanitiaan yaitu kepanitiaan Jambore Perlindungan Tanaman Indonesia tahun 2018 dan 2019, kepanitiaan pemilihan raya wilayah Fakultas Pertanian tahun 2017 dan 2018. Adapun kegiatan pengabdian yang pernah diikuti oleh penulis, yaitu Bina Cinta Lingkungan tahun 2017 dan IPB *Goes to Field* (IGTF) Tanah Bumbu 2018.

Sebagai mahasiswa Proteksi Tanaman penulis pernah menjadi asisten praktikum. Pada tahun 2019, penulis menjadi asisten praktikum Pengantar Mikologi Tumbuhan dan asisten praktikum Hama dan Penyakit Benih di jurusan Teknologi Industri Benih, Sekolah Vokasi IPB. Selain itu, penulis juga menjadi asisten praktikum Biometrika dalam Proteksi Tanaman pada tahun 2020.