

Peningkatan Produksi dan Mutu Benih Botani Bawang Merah (*True Shallot Seed*) Dengan Introduksi Serangga Penyerbuk (*Increasing of True Shallot Seed Production and Quality by Pollinator Introduction*)

Palupi, ER¹⁾, Rosliani, R²⁾, dan Hilman, Y³⁾

¹⁾Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jln. Meranti Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680

²⁾Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang, Bandung Barat 40391

³⁾Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Jln. Raya Ragunan No. 29A, Pasar Minggu, Jakarta 12540

E-mail: erpalupi@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 4 Desember 2014 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 12 Januari 2015

ABSTRAK. Penggunaan *true shallot seed* (TSS) sebagai bahan tanam dapat meningkatkan produktivitas tanaman sampai 100% dibandingkan dengan penggunaan umbi dan tidak membawa atau menekan penyakit tular benih daripada umbi bibit. Ketersediaan TSS di pasar yang masih rendah dan teknologi pembibitan yang belum dikuasai oleh petani bawang merah menyebabkan penggunaan TSS sebagai bahan tanam masih rendah. Penelitian bertujuan untuk (1) mempelajari sistem perkawinan pada bawang merah dan (2) mempelajari peran serangga penyerbuk dalam meningkatkan produksi dan mutu TSS. Penelitian dilaksanakan di dataran tinggi (Kebun Percobaan Balitsa Lembang, 1.250 m dpl.) dan di dataran rendah (Kebun Percobaan Balitsa Subang, 100 m dpl.) dari bulan Maret–Agustus 2012. Penelitian terdiri atas dua percobaan yang dilaksanakan secara paralel menggunakan bawang merah varietas Bima Brebes. Percobaan pertama disusun menggunakan rancangan acak lengkap satu faktor. Perlakuannya adalah sistem perkawinan yang dipelajari dengan melakukan penyerbukan silang dan penyerbukan sendiri. Percobaan kedua disusun menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dengan satu faktor. Perlakuannya adalah percobaan penyerbukan dengan bantuan serangga penyerbuk *Apis mellifera*, *A. cerana*, dan *Trigona* sp. (Apidae), serta lalat hijau *Lucilia* sp. (Calliphoridae) masing-masing ke pertanaman yang dikerodong, dan sebagai kontrol digunakan penyerbukan terbuka. Hasil penelitian pertama menunjukkan bahwa bawang merah merupakan tanaman yang *partly self-incompatible* dimana penyerbukan sendiri dapat menghasilkan benih tetapi jumlah benih yang dihasilkan lebih rendah daripada penyerbukan silang. Mutu benih yang dihasilkan dari penyerbukan silang tidak berbeda dari penyerbukan sendiri, akan tetapi mutu benih dari dataran rendah lebih baik daripada dari dataran tinggi. Hasil penelitian kedua menunjukkan bahwa introduksi *A. cerana* menghasilkan persentase kapsul bernas dan bobot TSS per umbel paling tinggi (70,7–74% dan 0,45–0,49 g) dan *Trigona* sp. yang paling rendah (20–27,7% dan 0,08–0,16 g) baik di dataran tinggi maupun dataran rendah. Produksi TSS di dataran tinggi lebih tinggi daripada di dataran rendah karena jumlah umbel per tanaman dan jumlah bunga per umbel yang lebih tinggi, sementara mutu benih dari dataran rendah lebih baik daripada dataran tinggi yang ditunjukkan oleh bobot 100 butir dan daya berkecambah TSS. Implikasi penelitian ini bahwa introduksi lebah madu lokal *A. cerana* sangat membantu dalam memproduksi benih TSS di dataran tinggi dan dataran rendah.

Katakunci: *Apis cerana*; Penyerbukan sendiri; Dataran tinggi; Dataran rendah; Penyerbukan silang

ABSTRACT. The use of TSS as planting material increases productivity and it does not comprise seed borne diseases. TSS is not readily available in the market and the nursery technique is not yet established by the farmers, thus the use of TSS is still low. The research was aimed at studying the mating system of shallot and investigating the role of insect pollinators in increasing production and quality of TSS. The research was conducted in the highland (Indonesian Vegetable Research Institute, Lembang, West Java, 1,250 m asl.) and lowland (Research Station, Subang West Java, 100 m asl.) from March–August 2012. The study consisted of two experiments were carried out in parallel using varieties Bima Brebes. The first experiment was the mating system studied by self and cross pollination in which percentage of filled capsule and TSS were observed. The second of experiment was the role of insect pollinators studied by introducing the colonies of *A. mellifera*, *A. cerana*, and *Trigona* sp. (Apidae), and *Lucilia* sp. (Calliphoridae) each into confined plants during the flowering period. Open pollination was used as control. The both of experiment was arranged in a complete randomized block design with one factor. The results showed that shallot was a partly self incompatible in which self pollination produced seed lower than from cross pollination. The TSS quality from self pollination was similar to that of cross pollination, however, the lowland area produced better quality TSS than highland. Meanwhile the confined plants with *A. cerana* produced the highest percentage of filled capsule and TSS weight (70.7–74% and 0.45–0.49 g/umbel) whereas *Trigona* sp. the lowest (20–27.7% and 0.08–0.16 g/umbel) both in highland as well as lowland. TSS production in highland was higher than lowland due to higher number of umbel/plants and higher number of flower/umbel. On the other hand the quality of TSS in the lowland was higher than highland as indicated by 100 seed weight and germination percentage. Implication of this study, introduction of local honeybee *A. cerana* is more usefull in producing true shallot seed in highlands and lowlands.

Keywords: *Apis cerana*; Cross pollination; Highland; Lowland; Self pollination

Penggunaan benih botani (*true shallot seed*/TSS) dalam produksi bawang merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum* B.) lebih menguntungkan daripada

penggunaan umbi bibit karena TSS dapat meningkatkan produktivitas tanaman sampai 100% dibandingkan dengan penggunaan umbi (Basuki 2009). Selain itu

TSS tidak atau lebih sedikit membawa penyakit tular benih daripada umbi bibit. Penggunaan TSS sebagai bahan tanam untuk produksi umbi di kalangan petani bawang merah masih sangat rendah, di antaranya karena ketersediaan TSS di pasar yang masih rendah terutama untuk varietas-varietas lokal yang sesuai dengan preferensi petani maupun konsumen seperti Bima Brebes/Curut, Maja, Kuning, Batu Ijo, dsb. serta teknologi pembibitan yang lebih praktis perlu disosialisasikan kepada penangkar benih maupun produsen umbi bawang merah. *True shallots seed* varietas Tuk Tuk yang diproduksi besar-besaran oleh perusahaan benih swasta tidak berkembang karena memiliki karakteristik yang kurang menarik seperti warna pucat dan aroma kurang tajam serta tidak tahan hujan.

Teknologi produksi TSS masih dalam proses pengembangan, menyebabkan produksi TSS belum dapat memenuhi kebutuhan akan bahan tanam bawang merah. Salah satu kendala dalam produksi TSS adalah persentase pembungaan dan pembentukan kapsul maupun biji (*seed set*) yang rendah. Perlakuan vernalisasi pada umbi yang dikombinasikan dengan pemberian benzil amino purin (BAP) dan boron baik di dataran tinggi maupun dataran rendah menghasilkan persentase pembentukan kapsul (*fruit set*) di dataran tinggi sekitar 53% dengan pembentukan biji (*seed set*) sekitar 81% (Rosliani *et al.* 2012), sementara di dataran rendah masing-masing hanya mencapai 37% dan 69% (Rosliani *et al.* 2013). Penelitian ini dilaksanakan dalam upaya untuk meningkatkan persentase pembentukan buah (kapsul) dan biji dengan meningkatkan keberhasilan penyerbukan.

Bawang merah termasuk tanaman genus *Allium* group *agregatum* dan satu jenis dengan bawang bombay yang merupakan tanaman penyerbuk silang, karena organ jantan dan betina dalam satu bunga tidak masak pada saat yang sama (Currah & Proctor 1990). Menurut Gure *et al.* (2009), secara alami persentase penyerbukan sendiri pada tanaman bawang bombay sangat rendah, hanya sekitar 9%. Lebah dilaporkan memainkan peranan penting dalam membantu penyerbukan silang tanaman bawang, yakni memindahkan serbuk sari dari antera satu bunga ke kepala putik bunga lain yang sedang reseptif (Yucel & Duman 2005, Kameyama & Kudo 2009). Selanjutnya Yucel & Duman (2005) melaporkan bahwa lebah madu *A. mellifera* merupakan serangga penyerbuk yang efektif dalam meningkatkan produksi biji bawang bombay. Untuk memperoleh penyerbukan yang memadai dalam produksi benih bawang bombay diperlukan paling sedikit 12–15 koloni lebah per hektar.

Sajjad *et al.* (2008) melaporkan bahwa selain lebah, serangga pengunjung bunga bawang bombay yang utama adalah beberapa jenis lalat. Namun demikian, menurut Gure *et al.* (2009) lebah mempunyai kelebihan sebagai penyerbuk bawang bombay karena aktivitasnya yang tinggi dalam meningkatkan penyerbukan silang sehingga hasil dan mutu benih meningkat sebagaimana ditunjukkan oleh viabilitas dan bobot benih. Sementara pada tanaman bawang merah, lalat hijau merupakan satu-satunya serangga penyerbuk yang biasa digunakan dalam produksi TSS. Selain perannya dalam membantu penyerbukan, cukup produktif juga kemudahan dalam pengelolaan dan perbanyakannya, sedangkan lebah yang efektif pada produksi biji bawang bombay belum pernah dicoba pada produksi biji bawang merah/TSS. Pada tanaman bawang merah, jenis dan perilaku serangga penyerbuk serta efisiensinya dalam membantu penyerbukan bunga belum teridentifikasi secara jelas.

Penelitian bertujuan mempelajari sistem perkawinan pada bawang merah dan mempelajari peran serangga penyerbuk dalam meningkatkan produksi dan mutu benih botani bawang merah (TSS). Hipotesis yang diajukan adalah (1) penyerbukan silang menghasilkan produksi dan mutu benih lebih baik daripada penyerbukan sendiri dan (2) lalat hijau lebih efisien dalam membantu penyerbukan bawang merah daripada serangga penyerbuk lainnya.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini terdiri atas dua percobaan yang dilaksanakan secara paralel menggunakan bawang merah varietas Bima Brebes. Percobaan pertama bertujuan untuk mempelajari sistem perkawinan bawang merah. Di dataran tinggi, dilakukan dari bulan Maret–Agustus 2012 di Kebun Percobaan Balitsa Lembang (ketinggian 1.250 m dpl.), dan di dataran rendah dilakukan di Kebun Percobaan Balitsa Subang (ketinggian 100 m dpl.) dari bulan Mei–Agustus 2012. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok lengkap dengan satu faktor. Sebanyak 150 tanaman bawang merah digunakan untuk penyerbukan silang dan penyerbukan sendiri secara manual ketika bunga mekar. Penyerbukan (silang dan sendiri) dilakukan setiap hari sekitar pukul 07.00–12.00 secara berulang sekitar 1 bulan. Pada setiap perlakuan dipilih 46 tanaman dan dari setiap tanaman dipilih dua umbel dengan ukuran yang sama masing-masing untuk penyerbukan silang dan sendiri. Umbel yang dipilih dibungkus dengan kain kasa ketika pecah umbel. Pada

umbel untuk penyerbukan silang dilakukan emaskulasi setiap hari ketika ada bunga yang mulai mekar untuk kemudian diserbuk silang. Peubah yang diamati meliputi jumlah bunga per umbel, jumlah kapsul per umbel, jumlah TSS per umbel, bobot TSS per umbel, bobot TSS 100 benih, daya berkecambah, dan potensi tumbuh maksimum. Data dianalisis dengan uji t pada taraf 5%.

Percobaan kedua bertujuan untuk mempelajari peran serangga penyerbuk dalam meningkatkan produksi dan mutu TSS, yang dilakukan di lokasi dan waktu yang bersamaan dengan percobaan pertama. Persiapan tanaman dalam percobaan ini sama seperti pada percobaan pertama. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok lengkap dengan satu faktor, yaitu penyerbukan yang secara eksklusif dibantu oleh *A. mellifera*, *A. cerana*, dan *Trigona* sp. (Apidae), dan lalat hijau *Lucilia* sp. (Calliphoridae) serta penyerbukan terbuka. Setiap perlakuan menggunakan 60 tanaman yang ditanam dalam 20 polibag dan dikerodong dengan kain kasa agar serangga yang diintroduksi tetap berada di dalam sampai masa pembungaan berakhir. Koloni yang masing-masing mengandung 400–500 ekor lebah diintroduksi pada setiap kerodong tanaman ketika bunga mulai mekar (Gambar 1). Kotak koloni lebah dengan ukuran 35 cm x 40 cm x 50 cm diletakkan setinggi 1,5 m dari permukaan tanah di dalam masing-masing kerodong kain kasa. Bagian atas ditutup plastik transparan untuk menghindari air hujan. Bagian atas kotak koloni ditutup kardus untuk mengurangi panas matahari. Sebagai sumber makanan lebah, nampan plastik berisi cairan gula diletakkan di bawah kotak koloni dan diganti seminggu sekali sampai masa pembungaan berakhir. Pada perlakuan penyerbukan yang dibantu lalat hijau *Lucilia* sp., sekitar 400–500 ekor lalat dimasukkan ke dalam kerodong. Agar lalat hijau tersebut dapat bertahan hidup selama fase pembungaan maka di dalam kerodong diletakkan nampan plastik berisi udang segar sebanyak ½ kg dan seminggu sekali diisi dengan udang segar yang baru sampai masa pembungaan berakhir. Pada perlakuan penyerbukan terbuka, plot tanaman bawang tidak dikerodong kain kasa dan pinggir plot ditanami tagetes untuk menarik serangga mengunjungi bunga bawang. Tiap perlakuan diulang lima kali. Peubah yang diamati meliputi jumlah umbel per plot, jumlah umbel per tanaman, jumlah bunga per umbel, jumlah kapsul per umbel, jumlah TSS per umbel, bobot TSS per umbel, bobot TSS per tanaman, bobot TSS per plot (60 tanaman), bobot 100 benih TSS, daya berkecambah, dan potensi tumbuh maksimum. Sampel umbel diambil dari enam tanaman bawang per plot dengan ukuran dan fase yang hampir sama antarperlakuan. Pengujian mutu benih dilakukan di Laboratorium Benih Balitsa

Lembang. Data dianalisis dengan uji F pada taraf 5% dan pengaruh antarperlakuan dianalisis dengan uji t pada taraf 5%. Produksi dan mutu benih dari serangga penyerbuk terbaik dari dua lokasi (dataran tinggi dan dataran rendah) dianalisis dengan uji t.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi dan Mutu TSS dari Penyerbukan Silang dan Penyerbukan Sendiri

Hasil pengamatan jumlah sampel umbel yang dapat mewakili untuk penyerbukan sendiri dan penyerbukan silang serta jumlah umbel yang membentuk kapsul tidak dianalisis secara statistik (Tabel 1). Di dataran tinggi persentase umbel yang membentuk kapsul dari penyerbukan sendiri (47,8%) lebih rendah daripada penyerbukan silang (69,6%). Bunga pada umbel yang tidak menghasilkan kapsul segera layu setelah antesis dan mengering diikuti oleh seluruh umbel karena tidak terjadi pembuahan. Persentase pembentukan kapsul (*fruit set*) per umbel dari penyerbukan sendiri sekitar 6,7% lebih rendah dari pada penyerbukan silang yang mencapai 14,8% (Tabel 1). Intensitas pembungaan di dataran rendah



Gambar 1. Plot yang dikerodong kain kasa dengan koloni *Apis* sp. dan *Trigona* sp. (Plot confined with colonies of *Apis* sp. and *Trigona* sp.)

Tabel 1. Persentase umbel yang membentuk kapsul dan pembentukan kapsul per umbel dari penyerbukan sendiri dan silang di dataran tinggi dan rendah (*Percentage of umbel form capsule and fruit set per umbel of self and cross pollination in highland and lowland*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Jumlah sampel umbel (<i>Amount of umbel sample</i>)*	Jumlah sampel umbel yang membentuk kapsul (<i>Amount of umbel form capsule</i>)*	Jumlah bunga per umbel (<i>Amount of florets per umbel</i>)	Jumlah dan persentase pembentukan kapsul per umbel (<i>Fruit set per umbel</i>)
Dataran tinggi (<i>Highland</i>)				
Penyerbukan sendiri (<i>Self pollination</i>)	46	22 (47,8%)	134,8 a	6,4 b (6,7%)
Penyerbukan silang (<i>Cross pollination</i>)	46	32 (69,6%)	136,8 a	20,6 a (14,8%)
Dataran rendah (<i>Lowland</i>)				
Penyerbukan sendiri (<i>Self pollination</i>)	10	10 (100%)	97,1 a	10,9 a (11,6%)
Penyerbukan silang (<i>Cross pollination</i>)	10	10 (100%)	79,6 b	12,4 a (16,2%)
KK (CV) % DT (HL)	-	-	5,04	9,07
DR (LL)	-	-	5,58	14,17

* Data tidak dianalisis statistik (*The data were not analyzed statistically*)

lebih rendah daripada di dataran tinggi, sehingga jumlah sampel yang digunakan hanya 10 umbel. Hasil pengamatan di dataran rendah menunjukkan kecenderungan yang sama dengan di dataran tinggi bahwa penyerbukan sendiri menghasilkan persentase pembentukan kapsul (11,6%) yang lebih rendah dari pada penyerbukan silang (16,2%). Namun demikian, persentase pembentukan kapsul ini relatif rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Rosliani *et al.* (2012) dan Rosliani *et al.* (2013) yang mencapai sekitar 33–53% dari penyerbukan terbuka. Rendahnya pembentukan kapsul dari penyerbukan sendiri dalam penelitian ini tidak jauh berbeda dari hasil pengamatan Gure *et al.* (2009) pada bawang bombay sebesar 9% yang diduga disebabkan oleh adanya reaksi *self-incompatibility*. Sementara rendahnya pembentukan kapsul dari penyerbukan silang diduga disebabkan oleh pelukaan pada saat emaskulasi yang menginduksi pembentukan etilen sehingga bunga mudah gugur (Reid *et al.* 2004). Namun demikian, hasil penghitungan *index of self-incompatibility* (ISI) yang merupakan rasio pembentukan kapsul per umbel dari penyerbukan sendiri dibandingkan pembentukan kapsul per umbel dari penyerbukan silang sebesar 0,45 dan 0,72 masing-masing untuk dataran tinggi dan rendah, sehingga bawang merah dapat dikategorikan sebagai tanaman yang *partly self-incompatible* sesuai pengelompokkan yang diusulkan oleh Zapata & Arroyo (1978). Penyerbukan sendiri pada tanaman dalam kategori ini masih dapat menghasilkan benih tetapi lebih rendah daripada penyerbukan silang. *Index of self incompatibility* di dataran rendah lebih tinggi daripada

di dataran tinggi yang memberi indikasi di dataran rendah intensitas *self-incompatibility* lebih rendah. Pada kondisi suhu lebih tinggi diduga pemasakan antera dan kepala putik terjadi secara bersamaan sehingga meningkatkan keberhasilan penyerbukan sendiri.

Persentase jumlah benih bernas per umbel dari penyerbukan sendiri di dataran tinggi mencapai 29,45% dengan bobot 0,03 g dari penyerbukan sendiri lebih rendah daripada yang dihasilkan dari penyerbukan silang yang mencapai 41,93% dengan bobot 0,08 g. Persentase benih bernas di dataran rendah berkisar 76–80% dengan bobot sekitar 0,06–0,07 g dari penyerbukan sendiri maupun silang (Tabel 2). Namun demikian, produksi TSS dari penyerbukan silang secara manual pada percobaan ini tergolong sangat rendah seperti yang diperoleh Chandel *et al.* (2004) pada tanaman bawang bombay. Sebaliknya Oz *et al.* (2009) melaporkan bahwa penyerbukan silang secara manual menghasilkan produksi benih yang lebih tinggi (226%) dibandingkan dengan penyerbukan terbuka. Rendahnya produksi TSS pada percobaan ini salah satunya karena serangan embun bulu yang disebabkan oleh cendawan *Peronospora destructor* pada lokasi pelukaan karena emaskulasi. Umumnya umbel yang diserbuk silang berwarna hitam oleh cendawan, sementara umbel yang diserbuk sendiri berwarna kecokelatan.

Pengujian mutu TSS dari dataran tinggi menunjukkan bahwa TSS yang bernas dari penyerbukan sendiri dan silang memunyai mutu yang tidak berbeda sebagaimana ditunjukkan oleh peubah bobot 100

Tabel 2. Persentase dan bobot benih bernas per umbel dari penyerbukan sendiri dan silang di dataran tinggi dan rendah (*Percentage and weight of filled seed per umbel of self and cross pollination in highland and lowland*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Jumlah benih total per umbel (<i>Amount of total seed per umbel</i>)	Jumlah benih bernas per umbel (<i>Amount of filled seed per umbel</i>)	Bobot benih bernas per umbel (<i>Weight of filled seed per umbel</i>), g
Dataran tinggi (<i>Highland</i>)			
Penyerbukan sendiri (<i>Self pollination</i>)	32,26 b	9,5 b (29,45%)	0,03 b
Penyerbukan silang (<i>Cross pollination</i>)	78,94 a	33,1 a (41,93%)	0,08 a
Dataran rendah (<i>Lowland</i>)			
Penyerbukan sendiri (<i>Self pollination</i>)	18,70 a	14,20 a (75,94%)	0,06 a
Penyerbukan silang (<i>Cross pollination</i>)	23,60 a	18,80 a (79,66%)	0,07 a
KK (<i>CV</i>), % DT (<i>HL</i>)	7,99	13,51	15,74
DR (<i>LL</i>)	11,49	13,14	18,84

Tabel 3. Mutu benih botani bawang merah (TSS) dari penyerbukan sendiri dan silang di dataran tinggi dan rendah (*True shallot seed quality of self and cross pollination in highland and lowland*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Bobot 100 butir (<i>Weight of 100 seed</i>), g	Daya berkecambah (<i>Germination</i>), %	Potensi tumbuh maksimum (<i>Maximum growth potential</i>), %
Dataran tinggi (<i>Highland</i>)			
Penyerbukan sendiri (<i>Self pollination</i>)	0,24 a	49,71 a	53,43 a
Penyerbukan silang (<i>Cross pollination</i>)	0,25 a	60,00 a	65,71 a
Dataran rendah (<i>Lowland</i>)			
Penyerbukan sendiri (<i>Self pollination</i>)	0,35 a	76,67 a	80,00 a
Penyerbukan silang (<i>Cross pollination</i>)	0,31 a	66,67 b	74,00 a
KK (<i>CV</i>), % DT (<i>HL</i>)	9,99	7,06	6,80
DR (<i>LL</i>)	8,96	5,69	5,58

butir, daya berkecambah, dan potensi tumbuh maksimum (Tabel 3). Keberhasilan penyerbukan silang salah satunya dipengaruhi oleh ketepatan tingkat kematangan serbuk sari yang akan diserbukkan ke stigma yang reseptif. Pembentukan kapsul dan biji yang rendah dapat disebabkan oleh waktu penyerbukan yang tidak tepat antara serbuk sari yang matang dengan stigma reseptif, yang akan berpengaruh terhadap mutu TSS. Hal ini terlihat pada daya berkecambah dari penyerbukan silang yang lebih rendah daripada penyerbukan sendiri. Daya berkecambah pada penyerbukan sendiri memenuhi persyaratan benih bermutu ($\geq 75\%$), sedangkan dari penyerbukan silang diperoleh TSS dengan daya berkecambah 66,67%, yang tidak memenuhi persyaratan benih bermutu. Dengan demikian, dari percobaan ini hanya TSS yang dihasilkan dari penyerbukan sendiri di dataran rendah yang memenuhi syarat sebagai benih bermutu. Secara umum, TSS dari dataran rendah lebih besar dan bernas, seperti ditunjukkan oleh bobot 100 butir yang lebih tinggi, dengan daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum yang lebih tinggi daripada TSS dataran tinggi.

Berdasarkan hasil percobaan di atas diketahui bahwa di dataran tinggi Lembang penyerbukan silang menghasilkan produksi TSS yang lebih tinggi

daripada penyerbukan sendiri, walaupun mutu TSS yang dihasilkan tidak berbeda nyata. Sementara di dataran rendah Subang penyerbukan sendiri dan silang menghasilkan produksi TSS yang tidak berbeda nyata, akan tetapi daya berkecambah TSS dari penyerbukan sendiri lebih tinggi daripada penyerbukan silang. Data ini menegaskan hasil percobaan Rosliani *et al.* (2013) bahwa kondisi lingkungan dataran rendah cukup optimum untuk pemasakan kapsul. Selain itu hasil ini juga memberikan indikasi pentingnya peran polinator dalam meningkatkan produksi TSS terutama di dataran tinggi, sementara di dataran rendah upaya peningkatan pembungaan bawang merah masih diperlukan.

Introduksi Serangga Penyerbuk untuk Meningkatkan Produksi dan Mutu TSS

Pengamatan jumlah bunga per umbel dilakukan sebelum introduksi serangga penyerbuk ke dalam kerodong. Jumlah bunga per umbel rerata berkisar 172,7 bunga. Serangga penyerbuk yang diintroduksi adalah *A. mellifera*, *A. cerana*, *Trigona* sp., dan lalat hijau *Lucilia* sp., dan sebagai kontrol adalah penyerbukan terbuka.

Pengamatan terhadap serangga yang mengunjungi bunga bawang merah pada perlakuan penyerbukan terbuka antara lain lebah tabu-tabuan, lebah soliter,



Gambar 2. Serangga yang mengunjungi bunga bawang merah antara lain lebah tabu-tabuan, lalat hijau, kupu-kupu, dan lebah madu (*Pollinators visit shallot flower such as vespidae, green fly, butterfly, and honeybee*)

lalat hijau, lalat kecil, semut, dan kupu-kupu serta lebah madu (Gambar 2). Umumnya serangga tersebut mengunjungi bunga bawang pada saat cuaca cerah antara pukul 09.00–12.00, tetapi pada saat cuaca mendung atau hujan hanya lalat yang tetap mengunjungi bunga bawang merah.

Introduksi serangga penyerbuk di dataran tinggi secara eksklusif tidak meningkatkan pembentukan kapsul. Pembentukan kapsul tanaman dengan introduksi *A. mellifera* dan *A. cerana* tidak berbeda dari tanaman dengan penyerbukan terbuka, masing-masing sebesar 33,5%, 38,7%, dan 34,5% dari bunga yang terbentuk sekitar 172 buah per umbel. Kecenderungan yang sama terjadi di dataran rendah. Walaupun jumlah bunga per umbel rendah namun persentase pembentukan kapsul di dataran rendah relatif lebih tinggi daripada di dataran tinggi, berkisar antara 37,5–66,8% dari penyerbukan terbuka dan serangga yang efektif. Persentase kapsul bernas per umbel dari tanaman dengan introduksi *A. cerana* berkisar 70,67–74,08%, tertinggi di antara semua perlakuan baik di dataran

tinggi maupun di dataran rendah yang mencerminkan efektivitasnya sebagai serangga penyerbuk bawang merah dibandingkan yang lain. Kapsul bernas yang berwarna hijau dan mempunyai ukuran yang lebih besar dengan tiga lokul yang membengkak dapat dengan mudah dibedakan dengan kapsul hampa yang berwarna cokelat dengan ukuran lebih kecil dan tidak beruang (tidak berbiji) (Gambar 3).

Introduksi *Trigona* sp. dan *Lucilia* sp. secara eksklusif justru menurunkan pembentukan kapsul per umbel baik di dataran tinggi maupun di dataran rendah. *Trigona* menghasilkan persentase pembentukan kapsul (14,2–14,3%) maupun kapsul bernas (20,0–27,7%) terendah di antara semua perlakuan (Tabel 4). Rendahnya persentase kapsul bernas memberi indikasi tingginya kapsul hampa, yang mungkin disebabkan oleh terbatasnya jumlah serbuk sari yang menempel pada permukaan kepala putik sehingga jumlah biji yang berkembang dalam satu kapsul terbatas dan mengakibatkan kapsul tidak berkembang dengan sempurna.



Gambar 3. Kapsul bawang merah yang terbentuk dari penyerbukan dengan bantuan *A. mellifera* (A), *A. cerana* (B), *Trigona* sp. (C), *Lucilia* sp. (D), dan penyerbukan terbuka (E) [Capsule of shallot formed from pollination using *A. mellifera* (A), *A. cerana* (B), *Trigona* sp. (C), *Lucilia* sp. (D), open pollination (E)]

Tabel 4. Jumlah kapsul per umbel dan persentase kapsul bernas yang dihasilkan dari penyerbukan dengan bantuan berbagai serangga (Amount of capsule per umbel and percentage of filled seed produced from pollination using kinds of pollinator)

Perlakuan (Treatments)	Jumlah kapsul per umbel (Amount of capsule per umbel)	Jumlah kapsul per umbel (Amount of capsule per umbel)	Persentase pembentukan kapsul per umbel (Percentage of fruit set per umbel), %	Persentase kapsul bernas per umbel (Percentage of filled capsule per umbel), %
Dataran tinggi (Highland)				
<i>Apis mellifera</i>	170,00 a	56,57 a	33,45 ab	58,15 b
<i>Apis cerana</i>	176,10 a	66,50 a	38,74 a	74,08 a
<i>Trigona</i> sp.	179,03 a	25,27 c	14,15 c	27,69 c
<i>Lucilia</i> sp.	168,60 a	39,73 b	23,40 bc	40,67 c
Penyerbukan terbuka (Open pollination)	169,87 a	57,70 a	34,53 ab	59,93 b
Dataran rendah (Lowland)				
<i>Apis mellifera</i>	86,40 a	37,33 abc	43,83 ab	50,08 ab
<i>Apis cerana</i>	88,40 a	59,07 a	66,77 a	70,67 a
<i>Trigona</i> sp.	87,67 a	12,80 c	14,30 b	20,03 c
<i>Lucilia</i> sp.	88,87 a	23,33 bc	26,40 b	33,40 bc
Penyerbukan terbuka (Open pollination)	87,60 a	37,73 ab	37,54 ab	63,42 a
KK (CV), % DT (HL)	10,11	14,88	21,90	20,08
DR (LL)	7,22	17,26	17,53	21,99

Transformasi (Transformation) $\sqrt{(x+1)}$

DT = Dataran tinggi, DR = Dataran rendah, HL = Highland, LL = Lowland

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa *A. cerana* umumnya bergerak aktif mengitari seluruh bunga dalam satu umbel. Lebah tersebut biasanya bergerombol 3–6 ekor pada satu umbel bawang dari

jam 9.00 – 13.00 pada saat cuaca cerah. *Apis mellifera* cenderung tidak lama hinggap pada satu umbel dan tidak bergerombol tetapi aktif berpindah antarumbel. Pada penyerbukan terbuka, berbagai serangga diduga

Tabel 5. Produksi TSS per umbel dan persentase TSS bernas yang dihasilkan penyerbukan berbagai serangga penyerbuk di dataran tinggi dan dataran rendah (*Production of TSS per umbel and percentage of filled TSS produced by pollination kinds of pollinator in highland and lowland*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Jumlah TSS per umbel (<i>Amount of TSS per umbel</i>)	Persentase benih bernas per umbel (<i>Percentage of filled seed per umbel</i>), %	Bobot TSS per umbel (<i>Weight of TSS per umbel</i>), g
Dataran tinggi (<i>Highland</i>)			
<i>Apis mellifera</i>	105,20 b	86,45 a	0,318 b
<i>Apis cerana</i>	155,50 a	93,12 a	0,494 a
<i>Trigona</i> sp.	46,93 c	88,76 a	0,164 c
<i>Lucilia</i> sp.	92,23 b	91,39 a	0,322 b
Penyerbukan terbuka (<i>Open pollination</i>)	115,73 b	84,65 a	0,316 b
Dataran rendah (<i>Lowland</i>)			
<i>Apis mellifera</i>	85,36 ab	81,54 a	0,303 ab
<i>Apis cerana</i>	124,73 a	87,04 a	0,453 a
<i>Trigona</i> sp.	20,33 c	72,64 a	0,077 c
<i>Lucilia</i> sp.	40,33 bc	77,93 a	0,143 bc
Penyerbukan terbuka (<i>Open pollination</i>)	90,30 ab	80,84 a	0,303 ab
KK (CV), % DT (HL)	23,04	6,13	23,29
DR (LL)	19,13	8,99	

berperan dalam penyerbukan tapi bukan merupakan serangga penyerbuk spesialis, karena serangga tersebut juga aktif mengunjungi bunga tanaman lain yang ada di sekitar bawang merah. Pada percobaan ini, di sekitar pertanaman bawang merah ditanami tagetes berbunga kuning. Lalat hijau *Lucilia* sp. secara soliter mengunjungi bunga bawang merah. *Trigona* sp. hanya sesekali menghinggapi bunga bawang dalam waktu yang tidak lama, umumnya hanya terbang di atas tanaman dan sesekali hinggap dari satu bunga ke bunga lainnya. Perbedaan perilaku aktivitas terbang dan hinggap pada bunga-bunga yang sedang mekar (*berkelibang*) serangga tersebut yang menyebabkan perbedaan hasil biji. Menurut Yucel & Duman (2005), perilaku *berkelibang* serangga digunakan untuk menentukan penyerbuk yang efektif dalam kaitannya dengan peningkatan penyerbukan silang. Perpindahannya di dalam umbel atau antarumbel dalam tanaman atau antartanaman memengaruhi persentase keberhasilan penyerbukan. Berdasarkan jumlah kapsul per umbel yang terbentuk, *Trigona* sp. merupakan penyerbuk yang tidak efektif untuk tanaman bawang merah, sebagaimana dilaporkan Heard (1999) bahwa meskipun *Trigona* sp. merupakan pengunjung utama tanaman bawang bombay tetapi hanya kadang-kadang menyerbuki bunganya.

Produksi dan Mutu TSS

Apis cerana menghasilkan jumlah dan bobot benih bernas per umbel paling tinggi (Tabel 5), baik di dataran tinggi maupun di dataran rendah, masing-masing

berkisar 124,7–155,5 butir dengan bobot 0,453–0,494 g, tertinggi dibandingkan perlakuan penyerbukan lainnya. *Trigona* sp. menghasilkan produksi benih bernas yang paling rendah, 0,164 g/umbel. Sementara *A. mellifera*, *Lucilia* sp. dan penyerbukan terbuka menghasilkan TSS yang tidak berbeda nyata.

Bobot benih bernas per tanaman (2–3 umbel/tanaman) tertinggi dicapai oleh perlakuan *A. cerana* (1,328 g/tanaman), namun tidak berbeda dengan perlakuan *Lucilia* sp. (0,898 g/tanaman) dan *A. mellifera* (0,888 g/tanaman). Berdasarkan bobot benih per umbel dan per tanaman tampaknya lalat hijau *Lucilia* sp. merupakan penyerbuk yang cukup efektif untuk produksi benih TSS di dataran tinggi, tetapi performanya menurun di dataran rendah. Sajjad et al. (2008) melaporkan bahwa *Lucilia* sp. merupakan serangga penyerbuk kedua setelah lebah madu dan penyerbuk paling baik di antara golongan Diptera pada bawang bombay. Kelemahan lalat hijau sebagai penyerbuk adalah serangga ini meninggalkan kotoran pada bunga yang menyebabkan bunga menjadi busuk sehingga justru menurunkan produksi TSS. Persentase benih bernas relatif tinggi dan tidak berbeda antar penyerbukan, di dataran tinggi berkisar antara 84,7–93,1%, sedangkan di dataran rendah berkisar 72,6–87,0%. Data ini memberi indikasi bahwa sebagian besar kapsul yang terbentuk menghasilkan benih bernas. Jika bawang merah merupakan tanaman yang *self-incompatible* maka benih bernas yang terbentuk dapat diasumsikan sebagai hasil penyerbukan silang yang merupakan hasil aktivitas serangga penyerbuk.

Tabel 6. Peningkatan produksi benih botani bawang (TSS) per tanaman dan per plot serta persentase umbel yang dipanen dengan bantuan serangga penyerbuk (*Increasing of TSS per plant and per plot as well as percentage of harvested umbel by pollinators assistance*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Jumlah umbel dipanen per plot (<i>Amount of harvested umbel per plot</i>)	Bobot TSS per tanaman (<i>Weight of TSS per plant</i>), g	Bobot TSS per plot (<i>Weight of TSS per plot</i>) g/60 tanaman (<i>Plant</i>)
Dataran tinggi (<i>Highland</i>)			
<i>Apis mellifera</i>	167,40 b	0,888 ab	21,94 bc
<i>Apis cerana</i>	161,60 b	1,382 a	62,15 a
<i>Trigona</i> sp.	162,60 b	0,464 c	8,82 c
<i>Lucilia</i> sp.	167,20 b	0,898 ab	38,77 ab
Penyerbukan terbuka (<i>Open pollination</i>)	222,22 a	0,884 bc	42,18 ab
Dataran rendah (<i>Lowland</i>)			
<i>Apis mellifera</i>	18,27 a	0,323 b	4,020 b
<i>Apis cerana</i>	26,10 a	0,503 a	9,560 a
<i>Trigona</i> sp.	17,43 a	0,077 d	0,957 c
<i>Lucilia</i> sp.	26,67 a	0,143 cd	3,813 b
Penyerbukan terbuka (<i>Open pollination</i>)	26,71 a	0,313 bc	5,063 ab
KK (<i>CV</i>), % DT (<i>HL</i>)	8,99*	7,75*	12,12
DR (<i>LL</i>)	23,46*	14,29	12,56

Transformasi [*Transformation* $\sqrt{(x+1)}$]

Penyerbukan terbuka di dataran tinggi menghasilkan jumlah umbel dipanen per plot yang lebih tinggi (222,2 umbel) daripada penyerbukan dengan bantuan serangga penyerbuk (161,6–167,4 umbel). Jumlah umbel dipanen di dataran rendah tidak meningkat dengan introduksi serangga penyerbuk, bahkan lebih rendah (17,4–26,7 umbel) daripada hasil di dataran tinggi (Tabel 6). Rendahnya umbel yang dapat dipanen pada plot dengan serangga penyerbuk disebabkan oleh kondisi iklim mikro di dalam kerodong kain kasa yang lembab sesuai untuk perkembangan penyakit bercak ungu (cendawan *Alternaria porri*), antraknos (cendawan *Colletotrichum* sp.) dan embun bulu (cendawan *Peronospora destructor*) yang menyerang daun dan tangkai bunga bawang merah. Suhu di dalam kerodong kain kasa berkisar antara 23–24° C dengan kelembaban berkisar 70–75%, sedangkan suhu di luar kerodong kain kasa berkisar antara 19–20°C dengan kelembaban 82–87%. Kurangnya sirkulasi udara di dalam kerodong kain kasa menyebabkan penyakit cepat menyebar ke tangkai bunga yang berdekatan.

Koloni lebah yang digunakan tidak dapat dipertahankan sampai masa pembungaan selesai karena banyak lebah yang mati. Kematian lebah diduga karena suhu yang tinggi di dalam kerodong dan sirkulasi udara yang rendah. Disamping itu diduga nektar yang tersedia pada bunga bawang merah tidak mencukupi kebutuhan koloni atau kurang disukai oleh lebah. Oleh karena itu introduksi serangga penyerbuk

pada kondisi terbuka dengan berbagai sumber nektar bagi koloni untuk mempertahankan kehidupan koloni perlu diteliti lebih lanjut.

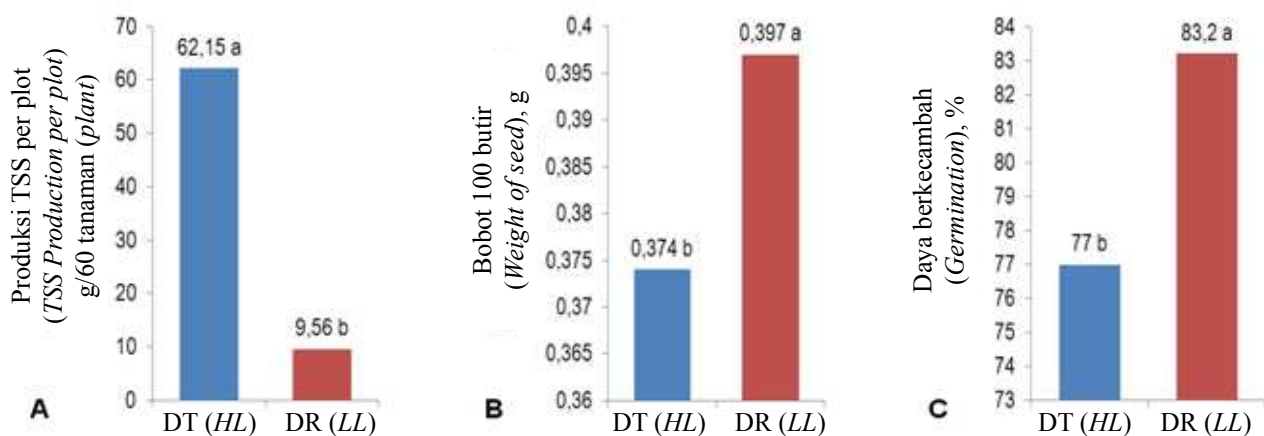
Produksi TSS per plot (60 tanaman) di dataran tinggi yang dihasilkan pada perlakuan *A. cerana* meningkat sekitar 47% dibanding penyerbukan terbuka, sementara di dataran rendah meningkat sekitar 88%. *Trigona* sp. hanya dapat memproduksi benih botani bawang merah sebanyak 8,82 g dan 0,957 g per plot masing-masing dari dataran tinggi dan dataran rendah, lebih rendah daripada produksi dari penyerbukan terbuka (Tabel 6). Data ini memberi indikasi bahwa *Trigona* sp. bukan penyerbuk bawang merah yang efektif.

Secara umum introduksi serangga penyerbuk tidak meningkatkan mutu benih yang dihasilkan baik di dataran tinggi maupun di dataran rendah. Hal ini dapat dipahami karena serangga penyerbuk berperan dalam memindahkan serbuk sari ke kepala putik yang berpengaruh terhadap produksi, tetapi tidak berperan dalam proses perkembangan biji yang berkaitan dengan mutu benih. Hasil pengamatan ini juga menunjukkan bahwa peningkatan bobot TSS per plot yang dihasilkan oleh *A. cerana* (Tabel 6) tidak menurunkan mutu benih yang dihasilkan (Tabel 7), yang memberi indikasi bahwa TSS yang dihasilkan masih dalam rentang potensi produksi tanaman.

Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa lebah madu lokal *A. cerana* merupakan penyerbuk

Tabel 7. Mutu TSS yang dihasilkan dengan bantuan serangga penyerbuk (TSS quality produced by pollinator assistance)

Perlakuan (Treatments)	Bobot 100 butir (Weight of 100 seed), g	Daya berkecambah (Germination), %	Potensi tumbuh maksimum (Maximum growth potential), %
Dataran tinggi (Highland)			
<i>Apis mellifera</i>	0,334 a	68,40 b	72,73 a
<i>Apis cerana</i>	0,374 a	77,00 a	78,00 a
<i>Trigona</i> sp.	0,356 a	71,80 ab	75,82 a
<i>Lucilia</i> sp.	0,366 a	75,80 ab	79,45 a
Penyerbukan terbuka (<i>Open pollination</i>)	0,366 a	74,60 ab	79,46 a
Dataran rendah (Lowland)			
<i>Apis mellifera</i>	0,350 b	79,60 a	84,80 a
<i>Apis cerana</i>	0,397 a	83,20 a	85,20 a
<i>Trigona</i> sp.	0,360 ab	77,20 a	84,80 a
<i>Lucilia</i> sp.	0,367 ab	80,80 a	86,40 a
Penyerbukan Terbuka (<i>Open pollination</i>)	0,397 a	82,00 a	84,40 a
KK (CV), % DT (HL)			
	6,23	8,92	8,55
DR (LL)			
	4,47	9,09	6,83



Gambar 4. Produksi TSS per plot (A), bobot 100 butir (B), dan daya berkecambah (C) TSS hasil penyerbukan *A. cerana* di dataran tinggi dan dataran rendah [TSS production per plot (A), weight of 100 seed (B) and germination of TSS, and (C) produced by pollination using *A. cerana* in highland and lowland, DT =dataran tinggi (highland), DR = dataran rendah (lowland)]

yang efektif dalam meningkatkan produksi TSS, walaupun pemanfaatannya dalam skala luas masih perlu dipelajari terutama dalam mempertahankan koloni. Sementara lalat *Lucilia* sp. kurang efektif dalam meningkatkan produksi TSS karena tidak aktif *berkelibang* antarbunga. Munawar *et al.* (2011) melaporkan bahwa lingkungan bersuhu tinggi tidak cocok untuk kehidupan lalat sehingga tidak efektif sebagai serangga penyerbuk. Lain halnya dengan lebah madu yang dapat bertahan pada suhu hingga sekitar 40°C. Berdasarkan hasil penelitian ini, introduksi *A. cerana* direkomendasikan dalam budidaya produksi TSS.

Hasil uji t peubah produksi dan mutu TSS yang dihasilkan dari penyerbukan *A. cerana* menunjukkan bahwa produksi TSS di dataran tinggi lebih tinggi daripada di dataran rendah. Akan tetapi mutu benih yang dihasilkan di dataran rendah lebih baik daripada di dataran tinggi sebagaimana ditunjukkan oleh bobot 100 butir dan daya berkecambah TSS (Gambar 4).

Sesuai dengan peraturan yang berlaku, persyaratan mutu TSS adalah daya berkecambah minimum sebesar 75% (Direktorat Bina Perbenihan 2007). Dengan demikian, maka TSS yang dihasilkan dengan bantuan *A. cerana* di dataran tinggi maupun dataran rendah memenuhi syarat mutu TSS untuk diedarkan. Akan

tetapi TSS dari dataran tinggi yang produksinya dibantu oleh *A. mellifera*, *Trigona* sp. dan dari penyerbukan terbuka tidak memenuhi standar minimum mutu yang ditetapkan. Sebaliknya TSS dari dataran rendah seluruhnya memenuhi standar minimum persyaratan mutu TSS.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Bawang merah merupakan tanaman yang *partly self-incompatible*. Benih dari hasil penyerbukan sendiri mempunyai bobot 100 butir, daya berkecambah, dan potensi tumbuh maksimum yang tidak berbeda dengan benih hasil penyerbukan silang.
2. *Apis cerana* merupakan serangga yang paling efektif dalam membantu penyerbukan bawang merah dan dapat meningkatkan produksi TSS. Di dataran tinggi, peran polinator penting dalam meningkatkan produksi maupun mutu TSS, sementara di dataran rendah upaya peningkatan pembungaan bawang merah masih diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Basuki, RS 2009, 'Analisis kelayakan teknis dan ekonomis teknologi budidaya bawang merah dengan benih biji botani dan benih umbi tradisional', *J. Hort.*, vol. 19, no. 3. pp.5-8.
2. Chandel, RS, Thakur, RK, Bhardwaj, NR & Pathania, N 2004, 'Onion seed crop pollination: A missing dimension in mountain horticulture', *Acta Hort.*, vol. 631, pp.79-86
3. Currah, L & Proctor, FJ 1990, *Onions in tropical regions*, vol. 35, Natural Resource Institute, Chatham.
4. Direktorat Bina Perbenihan, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura 2007, *Pedoman sertifikasi dan pengawasan peredaran mutu benih*, Direktorat Bina Perbenihan, Jakarta.
5. Gure, C, Gullale, W & Abdissa, T 2009, 'What we know is beyond what we think about honeybees on onion seed production', *FRG update*, vol. 6, pp. 1-4.
6. Heard, TA 1999, 'The role of stingless bees in crop pollination', *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 44, pp. 183-206
7. Kameyama, Y & Kudo, G 2009, 'Flowering phenology influences seed production and out-crossing rate in populations of an alpine snowbed shrub, *Phillodoce aleutica*: Effects of pollinators and self-incompatibility', *Annals of Botany*, pp. 1-10.
8. Munawar, MS, Raja, S, Niaz, S & Sarwar, G 2011, 'Comparative performance of honeybees (*Apis mellifera*) and blow flies (*Phormia terronovae*) in onion (*Allium cepa* L.) seed setting', *J. Agric. Res.*, vol. 49, no. 1, pp. 49-56.
9. Oz, M, Karasu, A, Cakmak, I, Goksoy, AT & Turan, ZM 2009, 'Effect of honeybee (*Apis mellifera*) pollination on seed set in hybrid sunflower (*Helianthus annuus* L.)', *African J. Biotech.*, vol. 8, no. 6, pp.1037-43.
10. Reid, MS, Nell, TA & Leonard, RT 2004, *Preventing ethylene injury on cut flowers, The American floral endowment, special research report: Postproduction*, <www.endowment.org>.
11. Rosliani, R, Palupi, ER & Hilman, Y 2012, 'Penggunaan benzylaminopurine dan boron untuk meningkatkan produksi dan mutu benih *true shallots seed* bawang merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum*) di dataran tinggi', *J. Hort.*, vol. 22, no. 3, pp.242-50.
12. Rosliani, R, Palupi, ER & Hilman Y 2013, 'Pengaruh benzylaminopurine dan boron terhadap pembungaan, viabilitas serbuk sari, produksi, dan mutu benih bawang merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum*) di dataran rendah', *J. Hort.*, vol. 23, no. 4, pp. 339-49.
13. Sajjad, A, Saeed, S & Masood, A 2008, 'Pollinator community of onion (*Allium cepa* L.) and its role in crop reproductive succes', *Pak. J. Zool.*, vol. 40, no. 6, pp.451-6.
14. Yucel, B & Duman, I 2005, 'Effect of foraging activity of honeybees (*Apis mellifera* L.) on onion (*Allium cepa*) seed production and quality', *Pak. J. Biol. Sci.*, vol. 8, no. 1, pp. 123-6.
15. Zapata, TR & Arroyo, MTK 1978, 'Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela', *Biotropica*, vol. 10, pp. 221-30.