

Peran tumbuhan liar dalam konservasi keragaman serangga penyerbuk Ordo Hymenoptera

The role of wild plants in the conservation of pollinating insects of the Order Hymenoptera

IMAM WIDHIONO[♥], EMING SUDIANA^{♥♥}

Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman. Jl. Dr. Soeparno no. 68, Purwokerto, Banyumas 53122, Jawa Tengah, Indonesia. Tel. +62-281-638794, Fax: +62-281-631700, *email: imamwidhiono@yahoo.com, **jungki_sudiana@yahoo.co.id

Manuskrip diterima: 19Februari 2015 Revisi disetujui: 28 Agustus 2015.

Abstrak. Widhiono I, Sudiana E. 2015. Peran tumbuhan liar dalam konservasi keragaman serangga penyerbuk Ordo Hymenoptera. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 1586-1590*. Keragaman serangga penyerbuk sangat berhubungan dengan keragaman tumbuhan di alam sebagai sumber pakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peran tumbuhan liar sebagai sumber pakan lebah penyerbuk. Penelitian ini dilakukan di lahan bawah tegakan hutan Pinus di lereng utara Gunung Slamet dengan metode survei dengan teknik *purposive sampling*. Parameter yang diamati adalah jumlah dan jenis lebah yang mengunjungi tumbuhan liar serta jumlah dan jenis tumbuhan liar yang dikunjungi serangga penyerbuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian ditemukan 42 spesies tumbuhan liar dan 24 diantaranya dikunjungi oleh serangga penyerbuk yang terdiri atas 10 spesies lebah liar yaitu: *Ceratina* sp, *Nomia melanderi*, *Hyaleus modestus*, *Megachile reactiva*, *Xylocopa latipes*, *Amegilla cingulata*, *A. romandi*, *Rhopalidia cingulata*, *R. zonata*, dan *Lasioglossum leucozonium*. Delapan spesies tumbuhan liar yang dikunjungi oleh lebih dari satu spesies lebah adalah: *Cleome rutidosperma*, *Borreria laevicaulis*, *B. elegans*, *Euphorbia heterophylla*, *Rubus parviflorus*, *Salmo cantoniensis*, *Tridax procumbens*, dan *Vero cinerea*. Tumbuhan liar dengan keragaman (Shannon Index) serangga penyerbuk tertinggi adalah *Cleome rutidosperma* dengan indeks keragaman ($H' = 2.097$, $E = 0.9047$), dan keragaman terendah pada *Rubus parviflorus* ($H' = 0.5623$, $E = 0.8774$). Serangga penyerbuk yang paling banyak mengunjungi tumbuhan liar adalah *Lasioglossum leucozonium* yang mengunjungi 13 spesies tumbuhan liar. Berdasar hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa delapan tumbuhan liar tersebut dapat berperan untuk konservasi keragaman lebah liar.

Kata kunci: Konservasi, serangga penyerbuk, tumbuhan liar

Abstract. Widhiono I, Sudiana E. 2015. *The role of wild plants in the conservation of pollinating insects of the Order Hymenoptera. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 1586-1590*. The diversity of pollinating insects is closely connected with the diversity of wild plants in nature as bee forage. The purpose of this study was to determine the role of wild plants as wild bee forage. This study was conducted in an area under the pine forest stands in northern slopes of Mount Slamet; survey method was done with purposive sampling technique. Parameters measured were the abundance and the species richness of bees visited wild plants as well as the number and species of wild plants visited by insects pollinators. The results showed that at study sites found 42 species of wild plants and 24 are visited by pollinating insects that consist of 10 species of wild bees, namely: *Ceratina* sp, *Nomia melanderi*, *Hyaleus modestus*, *Megachile reactiva*, *Xylocopa latipes*, *Amegilla cingulata*, *A. romandi*, *Rhopalidia cingulata*, *R. zonata*, and *Lasioglossum leucozonium*. Eight species of wild plant visited by more than one species of bee are: *Cleome rutidosperma*, *Borreria laevicaulis*, *B. elegans*, *Euphorbia heterophylla*, *Rubus parviflorus*, *Salmo cantoniensis*, *Tridax procumbens*, and *Vero cinerea*. Wild plants with the highest diversity (Shannon Index) of pollinating insects shows that *Cleome rutidosperma* has diversity index ($H' = 2.097$, $E = 0.9047$), and the lowest in the *Rubus parviflorus* ($H' = 0.5623$, $E = 0.8774$). Insect pollinators most visited wild plants is *Lasioglossum leucozonium* visiting 13 species of wild plants. Based on the results of this study concluded that the eight wild plants that can contribute to the conservation of the diversity of wild bees.

Keywords: Conservation, insect pollinators, wild plants

PENDAHULUAN

Serangga penyerbuk dikenal karena perannya dalam penyerbukan tumbuhan berbunga, baik tumbuhan liar maupun tanaman pertanian. Peran serangga penyerbuk bagi manusia meliputi peningkatan produksi pertanian dan pelestarian tumbuhan di alam. Beberapa ordo serangga dikenal sebagai serangga penyerbuk yang penting, namun demikian yang paling penting adalah dari kelompok lebah,

baik lebah sosial maupun lebah solitair dari ordo Hymenoptera. Di berbagai negara telah banyak dilaporkan penurunan keragaman dan populasi lebah liar sebagai serangga penyerbuk yang antara lain disebabkan oleh perkembangan system pertanian modern yang mengakibatkan menurunnya keragaman tumbuhan liar sebagai penyedia pakan bagi serangga penyerbuk (Garibaldi et al. 2011). Dampak dari berkurangnya habitat alami atau semi alami yang disebabkan oleh perkembangan

pertanian dalam bentang alam akan menyebabkan penurunan keragaman dan populasi lebah liar penyerbuk (Winfree et al. 2009; Williams et al. 2010).

Keragaman dan populasi lebah liar sebagai serangga penyerbuk di alam erat berkaitan dengan keragaman dan populasi tumbuhan penghasil bunga sebagai sumber pakan berupa tepungsari dan nektar. Tumbuhan berbunga yang beragam akan mampu menyediakan sumber pakan pada suatu waktu dan sepanjang tahun karena adanya fenologi pembungaan yang berbeda antar tumbuhan (Blüthgen dan Klein 2011; Kremen dan Miles 2012; Shackelford et al. 2013). Serangga penyerbuk membutuhkan sumber energy untuk jangka waktu yang cukup lama dibanding musim berbunga suatu tumbuhan (Mandelik et al. 2012). Kebutuhan ini dapat dicukupi dialam oleh adanya tumbuhan liar berbunga yang tersedia di habitat alami atau semi alami (Nicholls dan Altieri 2013). Tumbuhan liar berbunga atau tumbuhan bawah adalah komunitas tumbuhan yang menyusun stratifikasi bawah dekat permukaan tanah. Tumbuhan ini umumnya berupa rumput, herba, semak atau perdu rendah. Jenis-jenis vegetasi ini ada yang bersifat annual, biannual atau perennial dengan bentuk hidup soliter, berumpun, tegak, menjalar atau memanjat. Gulma merupakan istilah lain dan termasuk dalam golongan tumbuhan bawah. Secara taksonomi vegetasi bawah umumnya anggota dari suku-suku Poaceae, Cyperaceae, Araceae, Asteraceae, paku-pakuan dan lain-lain. Vegetasi ini banyak terdapat di tempat-tempat terbuka, tepi jalan, tebing sungai, lantai hutan, lahan pertanian dan perkebunan (Aththorick 2005). Nilai penting tumbuhan liar atau biasa disebut sebagai gulma pertanian sebagai sumber pakan serangga penyerbuk antara lain karena mempunyai bentuk bunga, jumlah bunga dan waktu pembungaan yang beragam. (Kearns dan Inouye 1997).

Keragaman tumbuhan berbunga dengan fenologi pembungaan yang berbeda-beda, merupakan penyedia sumber pakan alternative bagi serangga yang akan meningkatkan stabilitas dan populasi yang sehat untuk serangga penyerbuk (Blüthgen dan Klein 2011; Mandelik et al. 2012). Sehingga keragaman tumbuhan liar di lahan alami atau semi alami di sekitar lahan pertanian akan

meningkatkan keragaman dan populasi serangga penyerbuk yang dibutuhkan pada lahan pertanian (Carvell et al. 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berbagai jenis tumbuhan liar yang dikunjungi lebah liar dan kemungkinannya untuk digunakan sebagai pengkaya lahan pertanian untuk konservasi serangga penyerbuk terutama dari ordo Hymenoptera.

BAHAN DAN METODE

Area kajian

Penelitian ini dilakukan di desa Serang, Kecamatan Karangreja, Kabupaten Purbalingga, atau pada kawasan hutan Pinus dan Damar di Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Gunung Slamet Timur, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Banyumas Timur, pada ketinggian 1000 m dpl -1140 m dpl, pada posisi $7^{\circ} 14' 21''$, $109^{\circ} 17' 37''$, 42 BT.

BAHAN DAN METODE

Pengamatan tumbuhan liar berbunga

Pengamatan tumbuhan liar berbunga dilakukan pada 7 lokasi sampling yang berbeda. Pada setiap lokasi dibuat 10 petak sample dengan ukuran 5mx5m, letak petak sample ditentukan secara acak, dengan cara pengamatan langsung jenis tumbuhan liar yang ditemukan pada petak sample. Jumlah dan jenis tumbuhan liar dihitung pada setiap petak sample, tumbuhan liar dibatasi hanya pada tumbuhan liar yang berbunga.

Pengamatan serangga penyerbuk

Pengamatan serangga penyerbuk dibatasi hanya pada serangga dari ordo Hymneoptera, yang melakukan penyerbukan atau mengunjungi bunga tumbuhan liar pada petak sampel. Pengamatan dilakukan mulai jam 6 sampai jam 10 wib. Jumlah spesies dan jumlah individu serangga yang ditemukan dihitung.



Gambar 1. Lokasi penelitian di desa Serang, kecamatan Karangreja, Kabupaten Purbalingga. Kotak hijau muda lokasi pengambilan sampel tumbuhan liar dan lebah liar.

Analisis data

Analisis keragaman serangga penyerbuk pada setiap tumbuhan liar dihitung dengan menggunakan indeks diversitas Shannon-Wiener, indeks dominansi menggunakan Indeks Simpson, serta menggunakan indeks Fishers (alpha), Kemerataan antar tumbuhan liar dihitung menggunakan indeks Evennes. penghitungan semua indkes menggunakan bantuan program PAST 6. Analisis statistik menggunakan Uji F dengan bantuan program SPSS 16

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman tumbuhan liar dan serangga penyerbuk

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada ke 7 lokasi pengambilan sampel ditemukan 42 spesies tumbuhan liar dan 24 spesies diantaranya dikunjungi oleh sekurang-kurangnya satu spesies serangga penyerbuk. Sebagian besar tumbuhan tersebut berasal dari familia Asteraceae. Diantara 24 spesies tumbuhan liar hanya 8 spesies tumbuhan liar yang dikunjungi lebih dari satu spesies serangga penyerbuk. Pada 24 spesies tumbuhan liar ditemukan 258 individu serangga penyerbuk yang berasal dari 10 spesies dengan populasi serangga penyerbuk yang berbeda (Tabel 1).

Berdasarkan jumlah spesies serangga yang berkunjung, didapatkan hasil bahwa tumbuhan *C. rutidospermae* paling banyak dikunjungi oleh serangga penyerbuk (9 spesies), diikuti berturut-turut oleh *B. laevicaulis* (8 spesies), *T. procumbens* (4 spesies), *E. heterophylla* (3 spesies), *B. elegans*, *R. praviflorus*, *S. cantoniensis* dan *V. cinera* masing-masing dikunjungi oleh 2 spesies serangga penyerbuk (Gambar 1A). Berdasarkan jumlah individu serangga penyerbuk yang berkunjung tumbuhan pada 8 spesies tumbuhan menunjukkan bahwa *C. rutidospermae* paling banyak dikunjungi oleh serangga yaitu sebanyak 39 ekor dan diikuti oleh *B. laevicaulis* (38 ekor), *E. heterophylla* (20 ekor), *T. procumbens* (16 ekor), *R. parviflorus* (12 ekor), *B. elegans* (9 ekor), *S. cantoniensis* (9 ekor), dan *V. cinera* (5 ekor) Gambar 1 B.

Hasil uji F jumlah serangga penyerbuk pada setiap tumbuhan menunjukkan berbeda nyata ($F_{13,764} > F_{t 0,05}$). Keragaman serangga penyerbuk pada 8 spesies tumbuhan liar menunjukkan bahwa indeks keragaman Shannon-Wiener (H) tertinggi berturut-turut pada tanaman *Cleome rutidosperma* ($H' = 2.097$, $E = 0.9047$), *Borreria laevicaulis* ($H' = 1.994$, $E = 0.9186$), *Tridax procumbens* ($H' = 1.303$, $E = 0.9203$), dan *Euphorbia heterophylla* ($H' = 1.067$, $E = 0.969$), dan keragaman terendah pada spesies, *Rubus parviflorus* ($H' = 0.5623$, $E = 0.8774$) (Tabel 2.).

Preferensi serangga penyerbuk pada tumbuhan liar

Berdasarkan jumlah tumbuhan liar yang dikunjungi oleh suatu spesies serangga penyerbuk, menunjukkan bahwa spesies *Lassioglossum malachurum* mengunjungi tumbuhan paling banyak yaitu 13 tumbuhan berbunga, diikuti oleh *Rophalidia romandi*, (8 spesies), *R. fasciata* (5 sp), *Amegilla cingulata* (5 spesies), *Xylocopa laticeps*, (4 spesies) dan spesies serangga dengan jumlah tumbuhan yang dikunjungi paling sedikit adalah *Ceratina* sp.

(Gambar 3).

Pembahasan

Penemuan 42 jenis tumbuhan liar pada lokasi sampling merupakan hal yang umum di lahan hutan di Jawa, demikian juga dominasi familia Asteracea yang merupakan gulma darat yang umum pada lahan pertanian dari 42 spesies tumbuhan liar hanya 22 spesies yang dikunjungi serangga penyerbuk serta hanya 8 spesies tumbuhan yang dikunjungi lebih dari satu spesies serangga penyerbuk. Hasil penelitian ini sejalan dengan penemuan Erminawati dan Kahono (2009) dalam penelitiannya di daerah Malang dan Pasuruan menemukan 43 jenis tumbuhan liar dari 22 famili yang dikunjungi oleh serangga penyerbuk, yang terdiri 9 jenis dari famili Asteraceae dan 7 jenis tumbuhan liar famili Fabaceae. Menurut Robson (2014) kebanyakan serangga penyerbuk mengunjungi bunga dari familia Asteraceae, diikuti oleh familia Fabaceae, bunga tumbuhan familia Asteracea, biasanya mempunyai ukuran kecil dan warna kurang atraktif sebagian besar lainnya berwarna kuning, ungu, dan putih yang sangat menarik perhatian banyak jenis-jenis lebah penyerbuk potensial.

Serangga penyerbuk tertarik kepada tumbuhan liar yang berbeda bergantung kepada sumber daya yang dibutuhkan oleh serangga, apakah nektar atau serbuk sari (Elle et al. 2012). Menz et al. (2011) menyatakan bawa untuk menyusun habitat bagi serangga penyerbuk maka perlu

Tabel 1. Spesies tumbuhan liar dan serangga penyerbuk

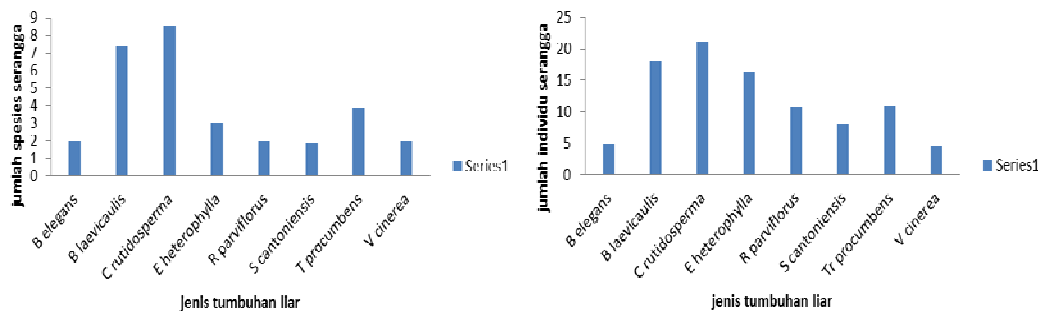
Jenis tumbuhan	Spesies serangga polinator											Jumlah Ind.	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
<i>A. conyzoides</i>												7	7
<i>A. houstonianum</i>												13	13
<i>A. spinosus</i>		4											4
<i>A. pintoi</i>												6	6
<i>B. elegans</i>					5	4							9
<i>B. lacera</i>		2											2
<i>B. laevicaulis</i>	6		3		4	2		6	3	4	8		36
<i>C. hirta</i>		4											4
<i>C. rutidosperma</i>	4		3	8	6	2		5	2	3	6		39
<i>C. hirta</i>												3	3
<i>C. crepidioides</i>			2										2
<i>C. difformis</i>				3									3
<i>E. ruderalis</i>							7					7	14
<i>E. heterophylla</i>		9	6	5									20
<i>G. parviflora</i>													8
<i>H. auricularia</i>											3	7	10
<i>H. capitata</i>			3										5
<i>K. nemoralis</i>			5										5
<i>L. camara</i>													9
<i>P. angulata</i>												7	7
<i>R. parviflorus</i>												9	3
<i>S. cantoniensis</i>					5	4							9
<i>T. procumbens</i>					3	7		3	3				16
<i>V. cinerea</i>		3	2										5
		10	22	24	16	23	19	7	14	8	26	89	258

Keterangan: A. *Nomia* sp., B. *Ropalidia fasciata*, C. *R. romandi*, D. *Hylaeus modestus*, E. *H. modestus*, F. *Amegilla cingulata*, G. *A. zonata*, H. *Ceratina* sp., I. *Philanthus politus*, J. *Xylocopa laticeps*, K. *Lassioglossum malachurum*

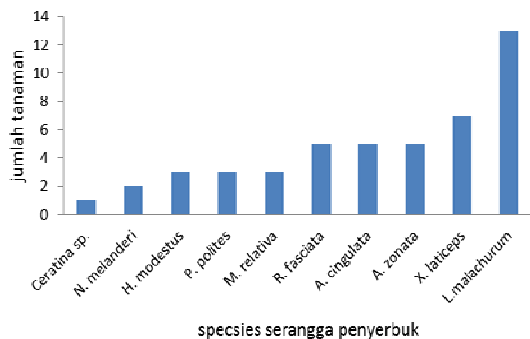
Tabel 2. Parameter keragaman serangga penyerbuk pada delapan spesies tumbuhan liar

Parameter diversitas	A	B	C	D	E	F	G	H
Taxa_S	9	8	6	3	2	2	4	2
Individuals	39	36	25	20	12	9	16	5
Dominance_D	0.1335	0.1466	0.184	0.355	0.625	0.5062	0.2969	0.52
Shannon_H	2.097	1.994	1.736	1.067	0.5623	0.687	1.303	0.673
Simpson_1-D	0.8665	0.8534	0.816	0.645	0.375	0.4938	0.7031	0.48
Evenness_e^H/S	0.9047	0.9186	0.9458	0.969	0.8774	0.9938	0.9203	0.9801
Fisher_alpha	3.668	3.189	2.504	0.9788	0.6853	0.7972	1.712	1.235

Keterangan: A. *Cleome rutidosperma*, B. *Borreria laevicaulis*, C. *B.elegans*, D. *Euphorbia heterophylla*, E. *Rubus parviflorus*, F. *Salmo cantoniensis*, G. *Tridax procumbens*, H. *Vero cinerea*



Gambar 1. A. Histogram jumlah spesies lebah liar pada tumbuhan liar. B. Histogram jumlah individu lebah liar pada tumbuhan liar.



Gambar 3. Preferensi serangga penyerbuk pada sepuluh tumbuhan liar

ditanam jenis tumbuhan liar yang paling banyak dikunjungi serangga. Pada penelitian ini, terdapat 4 spesies tumbuhan liar yang banyak dikunjungi serangga yaitu: *Borreria laevicaulis*, *Cleome rutidosperma*, *Euphorbia heterophylla*, dan *Tridax procumbens*, dan yang paling banyak dikunjungi adalah *Cleome rutidospermae* yang dikunjungi oleh 13 spesies serangga. Banyaknya kunjungan serangga penyerbuk pada tumbuhan ini kemungkinan karena tumbuhan ini mempunyai bunga yang “actinomorphic” yaitu jenis bunga yang tidak menghalangi serangga untuk mendapatkan nektar (Elle et al. 2012). Tipe bunga tersebut lebih menarik serangga untuk berkunjung dibanding spesies tumbuhan yang mempunyai tabung nektar yang

dalam dan pipih, hal ini berkaitan dengan kenyataan bahwa kebanyakan serangga penyerbuk dari ordo Hymenoptera mempunyai alat mulut (probocis) yang pendek (Stang et al. 2006).

Penemuan 22 jenis tumbuhan liar yang dikunjungi serangga penyerbuk pada lokasi penelitian di Gunung Slamet sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Korpela et al. (2013) dan Morandin dan Kremen (2013) pada lahan non pertanian. Pada lahan-lahan non pertanian biasanya ditemukan berbagai spesies tumbuhan liar yang memberikan bunga yang dibutuhkan oleh serangga penyerbuk (Kells et al. 2001; Morandin et al. 2007). Diantara tumbuhan liar seringkali terdapat gulma darat bukan asli (Carvalho et al. 2011, 2012). Lahan dengan kondisi demikian mampu menyediakan habitat untuk serangga penyerbuk untuk meningkatkan dan menjaga keberlanjutan populasinya, terutama pada saat lahan pertanian tidak tersedia bunga. Semakin banyak dan beragamnya tumbuhan liar berbunga pada suatu habitat semi alami disekitar lahan pertanian akan membuat ekosistem yang lebih stabil (Pywell et al. 2005; Winfree dan Kremen 2009). Kondisi demikian akan menghasilkan peningkatan kelimpahan dan keragaman serangga penyerbuk yang dibutuhkan untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. (Morandin dan Winston 2006; Carvalho et al. 2011, 2012; Blaauw dan Isaacs 2014).

Pada penelitian ini ditemukan 10 spesies serangga penyerbuk dari ordo Hymenoptera, dengan kelimpahan terbanyak pada *Lasioglossum malachurum* (Halictidae),

sebanyak 89 individu. Hasil ini berbeda dengan hasil penelitian Erminawati dan Kahono (2009) yang menemukan 32 jenis serangga dari super familia Apoidea yang berperan sebagai serangga penyerbuk. Spesies serangga penyerbuk *Lasioglossum malachurum* dengan kelimpahan tertinggi juga banyak ditemukan pada berbagai habitat dan tempat yang berbeda yang banyak terdapat tumbuhan liar berbunga (Morandin et al. 2007; Zink 2013). Terdapat 5 spesies serangga penyerbuk yang mengunjungi lebih dari satu spesies tumbuhan liar yaitu *Lasioglossum malachurum* mengunjungi tumbuhan paling banyak yaitu 13 tumbuhan berbunga, diikuti oleh *Ropalidia romandi*, (8 spesies), *R. fasciata* (5 sp), *Amegilla cingulata* (5 spesies), *Xylocopa laticeps*, (4 spesies). *Lasioglossum malachurum* mengunjungi 13 tumbuhan liar yang ditemukan. Robson (2014) menemukan *Lasioglossum* mengunjungi 20 spesies tumbuhan liar di Amerika, sedangkan Polidori et al. (2010) menemukan *L. malachurum* mengunjungi 27 spesies tumbuhan liar di Mediterania. Pada umumnya jenis-jenis dari ordo Hymenoptera bersifat penyerbuk generalis, menyerbuki lebih dari satu jenis bunga.

Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa tumbuhan liar dapat berperan dalam konservasi 10 spesies serangga penyerbuk dari ordo Hymenoptera di kawasan lereng Gunung Slamet.

DAFTAR PUSTAKA

- Athorick T.A. 2005. Kemiripan Komunitas Tumbuhan Bawah pada Beberapa Ekosistem Perkebunan di Kabupaten Labuhan Batu. *Komunikasi Penelitian* 17:42-48.
- Blaauw BR, Isaacs R. 2014. Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination dependent crop. *J Appl Ecol* 51: 890-898.
- Blüthgen N, Klein AM. 2011. Functional complementarity and specialisation: the role of biodiversity in plant-pollinator interactions. *Basic Appl Ecol* 12: 282-91.
- Carvalho LG, Seymour CL, Nicolson SW, Veldtman R. 2012. Creating patches of native flowers facilitates crop pollination in large agricultural fields: mango as a case study. *J Appl Ecol* 49: 1373-1383.
- Carvalho LG, Veldtman R, Shenkute AG, et al. 2011. Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. *Ecol Lett* 14: 251-259
- Carvell C, Meek WR, Pywell RF, Goulson D, Nowakowski M. 2007. Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. *J App Ecol* 44: 29-40
- Elle E, Elwell SL, Gielens GA. 2012. The use of pollination networks in conservation 11. This article is part of a Special Issue entitled "Pollination biology research in Canada: Perspectives on a mutualism at different scales". *Botany* 90: 525-534
- Erminawati, Kahono, S. 2009. Pemanfaatan tumbuhan liar dalam konservasi serangga penyerbuk ordo hymenoptera. *J Tek Ling* 10 (2): 195-203.
- Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Kremen C. 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecol Lett* 14: 1062-1072
- Korpela EL, Hyvönen T, Lindgren S, Kuussaari M. 2013. Can pollination services, species diversity and conservation be simultaneously promoted by sown wildflower strips on farmland? *Agric Ecos Environ* 179:18-24.
- Kearns CA, Inouye DW. 1997. Pollinators, flowering plants and conservation biology: Much remains to be learned about pollinators and plants. *BioScience* 97 (5): 297-305
- Kremen C, Miles A. 2012. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecol Soc* 17: 40.
- Mandelik Y, Winfree R, Neeson T, Kremen C. 2012. Complementary habitat use by wild bees in agro-natural landscapes. *Ecol Appl* 22: 1535-1546.
- Menz MHM, Phillips RD, Winfree R. 2011. Reconnecting plants and pollinators: challenges in the restoration of pollination mutualisms. *Trends Plant Sci* 16: 4-12.
- Morandin LA, Kremen C. 2013. Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. *Ecol Appl* 23: 829-839.
- Morandin LA and Winston ML. 2005. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecol Appl* 15: 871-881
- Nicholls CI, Altieri MA. 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agron Sustain Dev* 33: 257-274
- Polidori C, Rubichi A, Valeria Barbieri V, Trombino L, Donegana M. 2010. Floral Resources and Nesting Requirements of the Ground-Nesting Social Bee, *Lasioglossum malachurum* (Hymenoptera: Halictidae), in a Mediterranean Semiagricultural Landscape *Psyche* Volume 2010, Article ID 851947, 11 pages.
- Pywell RF, Warman EA, Carvell C, Sparks TH, Dicks LV, Bennett D, Wright A, Critchley CNR, Sherwood A. 2005. Providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biol Conserv* 121: 479-494.
- Robson DB. 2014. Identification of plant species for crop pollinator habitat enhancement in the northern prairies. *J Pollin Ecol* 14 (21): 218-234.
- Shackelford G, Steward PR, Benton TG. 2013. Comparison of pollinators and natural enemies: a meta-analysis of landscape. *Camb Philos* 88: 1002-1021
- Stang M, Klinkhamer PG, Van Der Meijden E. 2006. Size constraints and flower abundance determine the number of interactions in a plant-flower visitor web. *Oikos* 112: 111-121.
- Williams NM, Crone EE, Roulston TH. 2010. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biol Conserv* 143: 2280-2291.
- Winfree R, Aguilar R, Vázquez DP. 2009. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90: 2068-2076.
- Zink L. 2013. Concurrent effects of landscape context and managed pollinators on wild bee communities and canola (*Brassica napus* L.) pollen deposition. [Dissertation]. University of Calgary, Calgary, Alberta.