

MANIPULASI HABITAT SEBAGAI UPAYA OPTIMALISASI PENGENDALIAN HAYATI PADA BEBERAPA TIPE LANSKAP

MIHWAN SATARAL



**PROGRAM STUDI ENTOMOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- 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.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Manipulasi Habitat sebagai Upaya Optimalisasi Pengendalian Hayati pada Beberapa Tipe Lanskap” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, November 2025

Mihwan Sataral
NIM A3601211002

RINGKASAN

MIHWAN SATARAL. Manipulasi Habitat sebagai Upaya Optimalisasi Pengendalian Hayati pada Beberapa Tipe Lanskap. Dibimbing oleh DAMAYANTI BUCHORI, HERMANU TRIWIDODO, I WAYAN WINASA dan AKHMAD RIZALI.

Intensifikasi pertanian dapat mengurangi kompleksitas lanskap, yang menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati dan jasa pengendalian hama di lanskap pertanian. Salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah ini adalah manipulasi habitat melalui intervensi refugia, seperti tanaman berbunga, di lahan pertanian. Refugia dapat memulihkan keanekaragaman serangga dan menyediakan layanan ekosistem tambahan dengan menarik dan mendukung musuh alami. Namun, efektivitas manipulasi habitat sangat dipengaruhi oleh kondisi lanskap di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan; 1) menganalisis pengaruh refugia dan jaraknya dari lahan terhadap keanekaragaman dan kelimpahan hama dan musuh alami pada pertanaman jagung, 2) menganalisis pengaruh refugia dalam skala lanskap terhadap keanekaragaman dan kelimpahan musuh alami serta keefektifannya dalam menekan populasi hama, dan 3) menganalisis pengaruh refugia dan komposisi lanskap terhadap struktur jaring-jaring makanan hama-parasitoid pada tanaman jagung.

Penelitian ini dilakukan pada delapan pertanaman jagung di Bogor. Lahan dibagi menjadi dua kelompok perlakuan utama: empat lahan perlakuan yang ditanami refugia dan empat lahan kontrol yang tidak ditanami refugia. Pada lahan perlakuan, dibuat tiga jalur pengamatan berdasarkan jarak dari refugia yaitu 0, 10, dan 20 m. Pengamatan hama dan koleksi musuh alami dilakukan di semua lahan pada umur jagung 2, 4, 6, dan 8 minggu setelah tanam. Koleksi musuh alami menggunakan *yellow trap* dan *pitfall trap*. Untuk koleksi hama fase telur, larva dan pupa dilakukan koleksi langsung pada 100 tanaman jagung. Hama tersebut kemudian dipelihara di laboratorium untuk melihat terjadinya parasitisasi dan imago parasitoid yang muncul. Serangga yang dikoleksi dan parasitoid yang muncul dari hama yang dipelihara diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi hingga tingkat morfospesies. Penentuan komposisi lanskap menggunakan citra Sentinel-2 yang diolah melalui platform komputasi awan *Google Earth Engine*. *Band* atau saluran yang dipakai sebagai input klasifikasi adalah kombinasi *band* asli antara lain *band*- 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 11 dan 12. Sampel training terdiri atas lahan terbangun, badan air, pepohonan, sawah, pertanian lahan kering, semak, dan lahan kosong. Selanjutnya dilakukan klasifikasi menggunakan algoritma *machine learning* yakni *random forest* dan uji akurasi. Parameter lanskap yang digunakan yaitu kelas area (CA) dan jumlah *patch* (NumP) dari lahan pertanian dan habitat-semi-alami, serta *landscape shape index* (LSI).

Dari hasil penelitian ini telah teridentifikasi 42 famili serangga hama dari 6 ordo, sementara predator terdiri dari 25 famili dari 6 ordo, dan parasitoid terdiri dari 23 famili dari 2 ordo. Tidak ada perbedaan signifikan yang diamati dalam hal kelimpahan atau kekayaan hama, predator dan parasitoid antara pertanaman jagung dengan dan tanpa tanaman refugia. Efek positif dari penanaman refugia terlihat pada beberapa kelompok parasitoid, namun pengaruhnya menurun secara signifikan seiring bertambahnya umur jagung.

Hubungan negatif yang signifikan ditemukan antara jarak dari refugia dengan kelimpahan dan kekayaan predator. Analisis kausalitas menunjukkan bahwa kelimpahan predator yang lebih tinggi berhubungan dengan berkurangnya kelimpahan dan kekayaan hama. Selain itu, meskipun peningkatan kelimpahan parasitoid tampaknya meningkatkan tingkat parasitisasi hama Lepidoptera dan *S. frugiperda*, namun hal ini tidak berkorelasi dengan peningkatan kekayaan parasitoid. Hasil ini menggarisbawahi tantangan dalam pengelolaan lahan pertanian untuk membangun habitat yang sesuai untuk predator dan parasitoid, yang pada akhirnya meningkatkan pengendalian hama secara alami melalui praktik rekayasa ekologi.

Studi ini menemukan bahwa dalam skala lanskap, penanaman refugia di tepi lahan pertanian jagung tidak meningkatkan kelimpahan atau kekayaan parasitoid dan kekayaan predator. Komposisi lanskap yang relatif heterogen, dengan proporsi habitat semi-alami >20% dan terfragmentasi menjadi *patch* kecil yang tersebar dan dipisahkan oleh matriks pertanian luas, tampaknya mengaburkan pengaruh refugia dalam meningkatkan populasi musuh alami, karena suplai serta pergerakan musuh alami lebih ditentukan oleh konektivitas antar *patch* daripada pengayaan lokal. Variabel lanskap, seperti jumlah *patch* dan *class area* semi-alami, berdampak negatif pada kelimpahan dan kekayaan parasitoid, sementara habitat semi-alami berdampak positif pada kelimpahan predator. Keberadaan refugia dapat meningkatkan parasitisasi hama, meskipun dalam kondisi lanskap yang kompleks. Temuan ini menyoroti variabilitas geografis dalam jumlah habitat semi-alami yang diperlukan untuk praktik konservasi lokal yang efektif. Sangat penting untuk mempertimbangkan refugia dan area semi-alami secara kolektif untuk meningkatkan pengendalian hama dan studi multi-tahun lebih lanjut sangat penting untuk memaksimalkan manfaat refugia pada skala lanskap.

Analisis jaringan bipartiti mengidentifikasi sembilan morfospesies inang (Lepidoptera) di pertanian jagung, dengan delapan di pertanian tanpa refugia dan enam di pertanian dengan refugia. Delapan parasitoid utama ditemukan pada kedua jenis lahan, dengan *Paratetracnemoidea* sp.1 dan *T. remus* mendominasi lahan tanpa refugia, sedangkan *T. remus* paling banyak ditemukan di lahan yang ditanami refugia. Spesies *S. frugiperda* muncul sebagai inang utama di kedua lokasi, dengan *Paratetracnemoidea* sp.1 dan *T. remus* yang dikenal sebagai agen pengendali hayati yang potensial. Hasil ini menunjukkan bahwa refugia dapat meningkatkan metrik jaring-jaring makanan, seperti *Shannon diversity* dan *linkage density*. Struktur dan komposisi lanskap dapat menutupi efek dari refugia, sehingga menghasilkan struktur rantai makanan yang disederhanakan dengan bertambahnya luas lahan pertanian. Penelitian ini menyoroti pentingnya konteks lanskap dalam memengaruhi interaksi tanaman-hama-parasitoid, memberikan wawasan berharga bagi pengelolaan lanskap pertanian yang berfokus pada konservasi musuh alami dan mendorong strategi pengendalian hama yang berkelanjutan.

Kata kunci: hama, jagung, komposisi lanskap, konservasi musuh alami, refugia

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

MIHWAN SATARAL. Habitat Manipulation as An Effort to Optimize Biological Control in Several Landscape Types. Supervised by DAMAYANTI BUCHORI, HERMANU TRIWIDODO, I WAYAN WINASA, and AKHMAD RIZALI.

Agricultural intensification can reduce landscape complexity, leading to decreased biodiversity and pest control services in agricultural landscapes. One approach to address this issue is habitat manipulation through the introduction of refugia, such as flowering plants, into maize fields. Refugia can restore biodiversity and provide additional ecosystem services by attracting and supporting natural enemies. However, the effectiveness of habitat manipulation is strongly influenced by surrounding landscape conditions. This study aims to 1) analyze the effect of refugia and their distance from the field on the diversity and abundance of pests and natural enemies in maize crops, 2) examine the impact of refugia at the landscape scale on the diversity and abundance of natural enemies, as well as their effectiveness in suppressing pest populations, and 3) investigate the influence of refugia and landscape composition on the structure of pest-parasitoid food webs in maize crops.

This study was conducted in eight maize fields in Bogor. The fields were divided into two main treatment groups: four treated fields planted with refugia and four control fields without refugia. In the treated fields, three observation transects were established based on the distance from the refugia: 0, 10, and 20 m. Pest observation and natural enemy collection were performed in all fields at 2, 4, 6, and 8 weeks after maize planting. Natural enemies were collected using yellow traps and pitfall traps. Pests in the egg, larval, and pupal stages were collected directly from 100 maize plants. The pests are then reared in the laboratory to observe the occurrence of parasitization and the emergence of parasitoid imago. The collected insects and emerging parasitoids from the reared pests are being identified based on morphological characteristics to the morphospecies level. Landscape composition was determined using Sentinel-2 images processed using the Google Earth Engine cloud computing platform. The classification input consisted of a combination of the original bands, including bands 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 11, and 12. The training sample included built-up land, water bodies, trees, rice fields, dryland agriculture, shrubs, and vacant land. The classification was carried out using a machine learning algorithm, specifically a random forest, and accuracy testing. The landscape parameters used were class area (CA) and the number of patches (NumP) for agricultural land and semi-natural habitats, as well as landscape shape index (LSI).

The study identified 42 insect pest families across six orders, 25 predator families across six orders, and 23 parasitoid families across two orders. No significant differences were observed in the abundance or richness of pests, predators, or parasitoids between the fields with and without refuge plants. The positive effects of refugia planting were observed in several groups of parasitoids, but their influence decreased significantly as the maize aged.

A significant negative correlation was found between distance from refugia and predator abundance and richness. Causality analysis indicated that higher predator abundance was associated with reduced pest abundance and richness. Additionally, while increased parasitoid abundance seemed to enhance the parasitization rates of Lepidoptera and Fall Armyworm, it did not correlate with



increased parasitoid richness. These results underscore the challenges in farmland management in establishing suitable habitats for predators and parasitoids, ultimately enhancing natural pest control through ecological engineering practices.

This study found that at the landscape scale, planting refugia along maize field edges did not significantly increase the abundance or richness of parasitoids, nor did it increase predator richness. The landscape was relatively heterogeneous with more than 20% semi-natural habitat fragmented into small, dispersed patches separated by an extensive agricultural matrix. This structure appears to obscure the effect of refugia on boosting natural enemy populations, as natural enemy supply and movement are driven more by connectivity among patches than by local enrichment. Landscape variables such as the number of patches and the class area of semi-natural habitat negatively affected parasitoid abundance and richness, whereas semi-natural habitats positively affected predator abundance. Despite this complexity, refugia can increase pest parasitism even under complex landscape conditions. These findings highlight geographic variability in the amount of semi-natural habitat needed for effective local conservation. It is essential to consider refugia and semi-natural areas collectively to enhance pest control, and multi-year studies are needed to maximize the landscape-scale benefits of refugia.

Bipartite network analysis identified nine host morphospecies (Lepidoptera) in maize fields, with eight in fields without refugia and six in fields with refugia. Eight primary parasitoids were observed in both field types, with *Paratetracnemoidea* sp.1 and *T. remus* dominating fields without refugia, whereas *T. remus* was most prevalent in refugia-planted fields. Species of *S. frugiperda* emerged as the primary host in both settings, with *Paratetracnemoidea* sp.1 and *T. remus* recognized as potential biological control agents. These results indicate that refugia can enhance food web metrics such as Shannon diversity and linkage density. Landscape structure and composition can mask the effects of refugia, resulting in simplified food chain structures as agricultural land areas increase. This study highlights the importance of landscape context in influencing plant-pest-parasitoid interactions, providing valuable insights for agricultural landscape management focused on natural enemy conservation and promoting sustainable pest control strategies.

Keywords: landscape composition, maize, natural enemies conservation, pest, refugia



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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

MANIPULASI HABITAT SEBAGAI UPAYA OPTIMALISASI PENGENDALIAN HAYATI PADA BEBERAPA TIPE LANSKAP

MIHWAN SATARAL

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor
pada
Program Studi Entomologi

**PROGRAM STUDI ENTOMOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Prof. Dr. Ir. Lilik Budi Prasetyo, M.Sc
2. Dr. Dra. Dewi Sartiami, M.Si

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Prof. Dr. Ir. Lilik Budi Prasetyo, M.Sc
2. Prof. Dr. Dra. Maria Kanan, M.Kes



Judul Disertasi : Manipulasi Habitat sebagai Upaya Optimalisasi Pengendalian Hayati pada Beberapa Tipe Lanskap
Nama : Mihwan Sataral
NIM : A3601211002

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Damayanti Buchori, M.Sc.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Hermanu Triwidodo, M.Sc.

Pembimbing 3:
Dr. Ir. I Wayan Winasa, M.S.

Pembimbing 4:
Dr. Akhmad Rizali, SP, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Entomologi:
Prof. Dr. Ir. Dadang, M.Sc.
NIP. 196402041990021002

Dekan Fakultas Pertanian
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP. 196902121992031003

Tanggal Ujian: 12 Agustus 2025

Tanggal Lulus: 28 NOV 2025



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga disertasi dengan judul “Manipulasi Habitat sebagai Upaya Optimalisasi Pengendalian Hayati pada Beberapa Tipe Lanskap” dapat diselesaikan.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Damayanti Buchori, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Hermanu Triwidodo, MSc., Dr. Ir. I Wayan Winasa., M.Si dan Dr. Akhmad Rizali, SP, M.Si selaku komisi pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan saran dan motivasinya dalam proses penyusunan disertasi ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pimpinan Program Studi Entomologi dan penguji luar komisi pembimbing yang telah banyak memberikan saran untuk perbaikan disertasi ini. Terimakasih kepada Pusat Layanan Pembiayaan Pendidikan (Puslapdik), Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi serta Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) atas bantuan studi melalui Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) tahun 2021.

Ucapan terima kasih yang tulus kepada kedua orang tua Ibunda dan Ayahanda, istri dan putri tercinta Endang Prasetyawati Wahyuningsih dan Azkayra Azzahra, saudara kandung, saudara ipar, seluruh anggota keluarga lainnya, dan para sahabat atas dukungan dan semangat yang telah diberikan selama masa studi. Selain itu, penulis menyampaikan penghargaan yang tulus kepada seluruh tim riset Laboratorium Pengendalian Hayati atas bantuan, dukungan, dan kerja samanya selama pelaksanaan penelitian, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga disertasi ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, November 2025

Mihwan Sataral

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Kebaruan (<i>novelty</i>)	4
1.6 Hipotesis	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Peran Tanaman Berbunga terhadap Keanekaragaman Musuh Alami dan Jasa Pengendalian Hayati	6
2.2 Pengaruh Tanaman Berbunga terhadap Jasa Pengendalian Hayati dalam Konteks Lanskap	7
2.3 Interaksi Tritrofik Tanaman, Hama dan Parasitoid	8
III PENGARUH REFUGIA TERHADAP KELIMPAHAN DAN KEANEKARAGAMAN HAMA DAN MUSUH ALAMI	10
3.1 Abstrak	10
3.2 Abstract	10
3.3 Pendahuluan	10
3.4 Metode Penelitian	13
3.5 Analisis Data	14
3.6 Hasil dan Pembahasan	14
3.7 Simpulan	25
IV PENILAIAN EFEKTIVITAS REFUGIA DALAM KONTEKS LANSKAP TERHADAP JASA PENGENDALIAN HAYATI	26
4.1 Abstrak	26
4.2 Abstract	26
4.3 Pendahuluan	27
4.4 Metode Penelitian	28
4.5 Analisis Data	30
4.6 Hasil dan Pembahasan	31
4.7 Simpulan	37
V KEBERADAAN REFUGIA PADA BEBERAPA KOMPOSISI LANSKAP DAN PENGARUHNYA TERHADAP JARING-JARING MAKANAN HAMA-PARASITOID	38
5.1 Abstrak	38
5.2 Abstract	38
5.3 Pendahuluan	39
5.4 Metode Penelitian	41



5.5 Analisis Data	41
5.6 Hasil dan Pembahasan	42
5.7 Simpulan	48
VI PEMBAHASAN UMUM	49
VII SIMPULAN DAN SARAN	53
7.1 Simpulan	53
7.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	77
RIWAYAT HIDUP	81

DAFTAR GAMBAR

1.1 Kerangka konseptual penelitian	5
3.1	
2 Lokasi dan desain plot penelitian di pertanaman jagung di Bogor	13
3.2 Desain penanaman tanaman berbunga: <i>Cosmos caudatus</i> (*), <i>Turnera subulata</i> (*), <i>Helianthus annuus</i> (*), <i>Vigna unguiculata</i> (*), <i>Arachis pinto</i> (*), dan <i>Antigonon leptopus</i> (*).	14
3.3 Perbedaan kelimpahan hama, predator dan parasitoid pada lahan dengan refugia (perlakuan) dan tanpa refugia (kontrol)	18
3.4 Dinamika temporal kelimpahan dan kekayaan spesies hama, berdasarkan umur tanaman jagung. A–C pada plot kontrol, B–D pada plot dengan penambahan refugia, MST: minggu setelah tanam	21
3.5 Jalur sebab akibat antara jarak dari tepi lahan tanpa refugia (A) dan jarak dari refugia (B) ke lahan jagung, predator, parasitoid, hama, dan tingkat parasitisasi. Panah hitam menunjukkan korelasi positif, sedangkan panah merah menunjukkan korelasi negatif. Garis tebal menunjukkan hubungan yang kuat, sedangkan garis putus-putus menunjukkan hubungan yang tidak signifikan.	24
4.1 Peta lokasi penelitian berdasarkan tipe penggunaan lahan di Bogor.	30
4.2 Komposisi lanskap di sekitar lahan pertanaman jagung dalam radius 500 meter.	31
5.1 Penggunaan lahan dalam radius 500 m dari titik tengah pertanaman jagung. Keterangan kode lokasi dapat dilihat pada Tabel 5.1.	43
5.2 Ilustrasi jaring-jaring makanan menggambarkan sistem trofik inang-parasitoid di pertanaman jagung dalam dua skenario: (a) lahan tanpa tanaman refugia dan (b) lahan dengan pengayaan tanaman refugia. Garis horizontal menunjukkan kelimpahan setiap spesies inang yang diparasit (garis bawah) dan parasitoid utamanya (garis atas). Keterangan inang dan parasitoid dapat dilihat pada Tabel 5.2.	45

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

3.1		
3	Kelimpahan dan jumlah spesies hama, predator dan parasitoid pada lahan jagung tanpa refugia (kontrol) dan dengan refugia (perlakuan)	16
3.2	Analisis <i>generalized linear mixed model</i> hubungan antara refugia dan umur tanaman jagung terhadap kelimpahan dan kekayaan parasitoid. Tingkat signifikan: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$	19
3.3	Analisis <i>structural equation models</i> hubungan kausal antara jarak dari tepi lahan jagung, predator, parasitoid, hama, dan tingkat parasitisasi. Tingkat signifikan: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$	22
3.4	Analisis <i>structural equation models</i> hubungan kausal antara jarak refugia ke lahan, predator, parasitoid, hama, dan tingkat parasitisasi. Tingkat signifikan: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$	23
4.1	Informasi <i>band</i> pada citra Sentinel-2 yang digunakan untuk klasifikasi penggunaan lahan	29
4.2	Komposisi lanskap di lokasi studi, jumlah <i>patch</i> pertanian (NumP Agri), jumlah <i>patch</i> semi-alami (NumP SemNat), <i>class area</i> pertanian (CA Agri), dan <i>class area</i> semi-alami (CA SemNat)	32
4.3	Kelimpahan dan kekayaan parasitoid dan predator pada lahan jagung dengan dan tanpa refugia. CWK = Cibitung Wetan, CI = Cihideung Ilir, CU = Cihideung Udik, PR = Petir	33
4.4	Analisis <i>generalized linear mixed model</i> hubungan antara refugia dan komposisi lanskap dengan kelimpahan dan kekayaan parasitoid dan predator. Taraf signifikan : * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$	34
4.5	Hubungan parasitisasi hama Lepidoptera dengan kelimpahan dan kekayaan Lepidoptera (inang) dan parasitoid, refugia, <i>class area</i> lahan pertanian (CA Agri) dan habitat semi-alami (CA SemNat), serta interaksi refugia dengan CA Agri dan CA SemNat sebagai prediktor. Taraf signifikan: $^mP < 0,1$; * $P < 0,05$	36
5.1	Struktur dan komposisi lanskap pada lahan jagung dengan dan tanpa refugia. Jumlah <i>patch</i> pertanian (NumP.Aгри), jumlah <i>patch</i> semi-alami (NumP.SemNat), <i>class area</i> lahan pertanian (CA. Agri), <i>class area</i> semi-alami (CA.SemNat) dan <i>landscape shape indeks</i> (LSI)	42
5.2	Daftar morfospesies parasitoid dan inangnya yang tercatat dari pertanaman jagung di Bogor	44
5.3	Hubungan antara refugia, umur jagung, dan lanskap termasuk jumlah <i>patch</i> lahan pertanian (NumP.Aгри), jumlah <i>patch</i> semi-alami (NumP.SemNat), <i>class area</i> lahan pertanian (CA. Agri), <i>class area</i> semi-alami (CA.SemNat), dan <i>landscape shape index</i> (LSI) dengan <i>Shannon diversity</i> , <i>links per species</i> , <i>linkage density</i> , dan <i>vulnerability</i> . Tingkat signifikansi: $^mP < 0,1$; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$	47