

Pengendalian Hama Terpadu Berbasis Rekayasa Ekologi pada Agroekosistem Padi untuk Meningkatkan Peran Musuh Alami

Ecological Engineering-Based Integrated Pest Management in Rice Agroecosystems to Increase the Role of Natural Enemies

BAYU WIDHAYASA¹, DAYA TRIYULIANA, MARSILAH, RIAN ANDINI

UPTD Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Kalimantan Timur Jl. PM Noor, Sempaja, Samarinda 75119, Kalimantan Timur, Indonesia. ¹email: bwidhayasa@gmail.com

Manuscript received: 6 September 2022 Revision accepted: 4 Oktober 2022

ABSTRACT

The monoculture rice cultivation system forces farmers to intensive pest control with extensive pesticide input. Integrated Pest Management (IPM) is a pest control strategy with a critical component in keeping pest populations below the economic threshold by minimizing the negative impact of pesticides on the environment and humans. The ecological engineering-based IPM is a strategy to increase plant diversity in rice agroecosystems to create suitable habitats for natural enemies to live and breed so that biological control can occur naturally. In addition, the existence of refugee plants can provide vital resources, including shelter, nectar, pollen, and alternative hosts and prey needed by natural enemies. Therefore, selecting suitable refugee plant species is a fundamental factor for the success of biological control through ecological engineering strategies. The presence of refugee plants such as Sesame (*Sesamum indicum*), Marigold (*Cosmos caudatus*), and Samgoat dashalong (*Turnera subulata*) can increase the abundance of natural enemies of the parasitoid type, namely *Anagrus* spp. and *Oligosita* spp. These natural enemies were able to control the population of the planthopper (*Nilaparvata lugens*) to keep it below the threshold of economic damage and reduce the need for insecticide applications.

Keywords: IPM, rice, ecological engineering, natural enemies, biological control.

ABSTRAK

Sistem budidaya padi secara monokultur memaksa petani melakukan pengendalian hama secara intensif dengan banyaknya masukan pestisida. Pengendalian Hama Terpadu (PHT) sebagai sebuah gagasan teknik pengendalian hama mempunyai komponen kunci dengan menjaga populasi hama agar tetap di bawah ambang ekonomi serta meminimalisir dampak negatif pestisida terhadap lingkungan dan manusia. Penerapan PHT berbasis rekayasa ekologi merupakan strategi meningkatkan keragaman tumbuhan pada agroekosistem padi, tujuannya agar tercipta habitat yang cocok untuk musuh alami agar dapat hidup dan berkembangbiak, sehingga pengendalian hayati bisa terjadi secara alamiah. Keberadaan tanaman refugia di pematang sawah diharapkan mampu menyediakan sumber daya vital meliputi naungan, nektar, polen, serta inang dan mangsa alternatif yang dibutuhkan musuh alami. Pemilihan jenis tanaman refugia yang cocok merupakan faktor fundamental untuk keberhasilan pengendalian hayati melalui strategi rekayasa ekologi. Keberadaan tanaman refugia di pematang sawah seperti wijen (*Sesamum indicum*), kenikir (*Cosmos caudatus*) dan bunga pukul delapan (*Turnera subulata*) mampu meningkatkan kelimpahan musuh alami jenis parasitoid *Anagrus* spp. dan *Oligosita* spp, sehingga mampu mengendalikan populasi wereng (*Nilaparvata lugens*) agar tetap dibawah ambang kerusakan ekonomi, dan juga mengurangi kebutuhan aplikasi insektisida.

Kata kunci: PHT, padi, rekayasa ekologi, musuh alami, pengendalian hayati.

PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kebutuhan pangan seiring pertumbuhan populasi penduduk dunia, produksi beras terus ditingkatkan (Husnawati *et al.*, 2012). Secara global, beras telah menyumbang lebih dari seperlima kalori yang diperlukan oleh manusia (Ali *et al.*, 2019). Namun, petani padi masih menghadapi banyak kendala baik biotik maupun abiotik dalam usaha mereka untuk meningkatkan produksi. Ledakan serangga hama pemakan padi merupakan ancaman serius terhadap keamanan pangan. Sebanyak 226 spesies serangga telah teridentifikasi di ekosistem padi, dengan 42 spesies dinyatakan sebagai hama (Alam *et al.*, 2016). Dengan introduksi varietas padi baru yang lebih tahan terhadap dampak perubahan iklim (banjir dan kekeringan), maka dibutuhkan juga usaha untuk menekan kehilangan hasil padi yang disebabkan oleh hama (Huang *et al.*, 2014). Seiring dengan maraknya sistem budidaya monokultur untuk meningkatkan produksi padi, harus diikuti oleh

pengendalian hama padi yang juga dilakukan secara intensif (Heinrichs & Muniappan, 2017; Heong *et al.*, 2015; Hong-xing *et al.*, 2017).

Tren budidaya padi secara monokultur dan skala luas berkaitan erat dengan peningkatan masukan kimia seperti pupuk dan pestisida (Sattler *et al.*, 2021; Thorburn, 2015). Aplikasi insektisida pada budidaya padi meningkat sangat signifikan dalam beberapa dekade terakhir karena petani percaya bahwa aplikasi insektisida merupakan satu-satunya cara ampuh untuk mencegah ledakan hama (Bottrell & Schoenly, 2018). Insektisida sering menjadi pilihan pertama untuk pengendalian hama, padahal aplikasinya tidak hanya bisa membunuh hama sasaran, tapi juga membahayakan lingkungan dan manusia (Isman, 2019). Aplikasi insektisida secara terus-menerus tidak hanya menyebabkan resistensi hama, tetapi juga terjadinya resurgensi karena matinya musuh alami (Akter *et al.*, 2019).

Dunia pertanian sedang dibawah tekanan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pestisida dan diharapkan lebih fokus pada metode budidaya berkelanjutan. Terkini, Pengendalian Hama Terpadu (PHT) menunjukkan potensi mengurangi ketergantungan perlindungan tanaman terhadap pestisida (Afandhi, 2020; G. Gurr, 2009). PHT menawarkan gagasan bahwa perlindungan tanaman membutuhkan sebuah pendekatan yang terencana, dengan menggabungkan beragam strategi, termasuk secara kultur teknis, pengendalian hayati, maupun pengendalian kimia (Weiss *et al.*, 2009). Menjaga populasi hama agar tetap di bawah ambang ekonomi serta meminimalisir dampak negatif pestisida terhadap lingkungan dan manusia merupakan komponen kunci dari PHT (Alam *et al.*, 2016). Meski sudah banyak sistem budidaya menerapkan PHT, namun agroekosistem modern masih belum mendukung penuh peran musuh alami karena menurunnya keragaman hayati dan genetik, serta terus meningkatnya praktik budidaya monokultur (Dara, 2019; Zhao *et al.*, 2016).

Salah satu prinsip PHT adalah pemanfaatan musuh alami yang penerapannya dengan melakukan rekayasa ekologi agar tercipta habitat yang cocok untuk musuh alami melalui keberadaan tanaman refugia seperti rumput-rumputan, bunga-bunga, dan tanaman lainnya pada agroekosistem padi (Arbi *et al.*, 2019; Landis *et al.*, 2000). Tahapan rekayasa ekologi biasanya diawali dengan identifikasi spesies-spesies hama utama padi dan calon spesies-spesies tanaman refugia yang akan ditanam pada agroekosistem padi (Sattler *et al.*, 2021). Namun, kesalahan dalam pemilihan spesies tanaman refugia bisa menimbulkan dampak negatif atau bisa meracuni musuh alami karena tanaman refugia kemungkinan mengandung zat penghambat semisal xilosa dan fenol (Lu *et al.*, 2014). Selain itu, tanaman refugia yang terpilih juga bisa saja tidak berdampak sama sekali terhadap peningkatan kelimpahan musuh alami (Horgan *et al.*, 2017).

Namun, penerimaan petani terhadap strategi rekayasa ekologi masih bergantung pada jenis tanaman refugia yang diharapkan bisa memberikan tambahan pendapatan mereka (Heong *et al.*, 2021). Penelitian terdahulu telah mengkaji jenis refugia baik tanaman budidaya maupun tanaman liar sebagai komponen rekayasa ekologi (Horgan *et al.*, 2016). Sebagai contoh, di Tiongkok tanaman wijen (*Sesamum indicum*) berhasil diuji sebagai calon tanaman refugia pada agroekosistem padi baik tingkat laboratorium maupun lapangan (Zhu *et al.*, 2013, 2014, 2015, 2018). Karena kemampuannya menghasilkan nektar, keberadaan wijen pada agroekosistem padi bisa meningkatkan kelimpahan serangga predator, parasitoid, polinator, dan serangga-serangga bermanfaat lainnya (Gurr *et al.*, 2016).

Rekayasa ekologi dilakukan dengan mengubah teknik budidaya untuk melestarikan, menambah atau meningkatkan efektivitas peran musuh alami sehingga pengendalian hayati bisa berjalan. Melalui rekayasa ekologi diharapkan ada perbaikan kondisi kehidupan musuh alami di dalam agroekosistem padi, karena melimpahnya ketersediaan sumber daya yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Maka, tulisan ini bertujuan untuk mengulas penerapan rekayasa ekologi untuk menekan dampak negatif yang disebabkan oleh intensifikasi pertanian dengan cara meningkatkan keragaman hayati pada agroekosistem padi.

BAHAN DAN METODE

Sumber data

Pemenuhan data tentang rekayasa ekologi pada agroekosistem padi sawah dilakukan melalui penelusuran pustaka secara digital. Kata kunci tertentu digunakan untuk mengumpulkan informasi seperti *ecological engineering on paddy fields*, *refugee and natural enemies*, dan *integrated pest management and biodiversity* agar diperoleh naskah relevan di tempat penyimpanan atau penerbit jurnal internasional digital, meliputi Google Scholar (www.scholar.google.com), ScienceDirect (www.sciencedirect.com), MDPI (www.mdpi.com), Pubmed (www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov), SciELO (www.scielo.org), BioOne Complete (www.bioone.org), JSTOR (www.jstor.org), Springer (www.link.springer.com), Academic Journals (www.academicjournals.org), Taylor & Francis Online (www.tandfonline.com), Smujo (www.smujo.id), juga perpustakaan jurnal nasional yang terindeks oleh SINTA Indonesia (www.sinta.ristekbrin.go.id) sampai Juni 2022. Bahasa penelusuran yang digunakan dibatasi yaitu Inggris dan Indonesia. Data tentang rekayasa ekologi pada agroekosistem padi sawah dihimpun secara manual dari naskah yang dikumpulkan.

Analisis data

Setelah mengolah data yang diperoleh dari tempat penyimpanan dan penerbit jurnal digital, kemudian dilakukan sebuah analisis deskriptif untuk menjelaskan mekanisme rekayasa ekologi di agroekosistem padi sawah, komponen-komponen dalam rekayasa ekologi, dan dampak rekayasa ekologi terhadap hama, musuh alami dan hasil produksi.

STRATEGI REKAYASA EKOLOGI PADA BUDIDAYA PADI

Strategi rekayasa ekologi untuk mengendalikan hama padi dirancang dengan mengubah tata kelola sistem budidaya padi yang didasarkan pada prinsip-prinsip ekologi (Gurr, 2009; Horgan *et al.*, 2016; Landis *et al.*, 2000). Hal tersebut diharapkan bisa memaksimalkan peran jasa lingkungan alami, yaitu berjalannya pengendalian hayati serta berkurangnya penggunaan insektisida yang berdampak negatif pada musuh alami (Gambar 1). Strategi tersebut dilakukan dengan menciptakan habitat persawahan yang memiliki keragaman tumbuhan untuk meningkatkan fungsi pengendalian hayati dalam sistem budidaya (Kumar & Jagdish, 2013). Keberadaan jenis bunga-bunga yang beragam sebagai tanaman refugia pada agroekosistem padi cenderung diikuti oleh munculnya jenis serangga musuh alami yang juga beragam sehingga tercipta sistem yang mampu mengatur populasi hama (Lu *et al.*, 2014; Zhu *et al.*, 2014). Tingkat keragaman tumbuhan yang tinggi akan membantu menyediakan sumber daya yang dibutuhkan musuh alami, meliputi naungan, nektar, polen, serta inang dan mangsa alternatif (Gurr *et al.*, 2017) (Gambar 2).

Komponen penting lain dari penerapan rekayasa ekologi adalah dengan mengurangi aplikasi insektisida (Sattler *et al.*, 2021). Sebagian besar petani padi masih bersikap berlebihan terhadap kehadiran serangga pemakan seperti pelipat daun *Cnaphalocrosis medinalis* sehingga mereka sering menyemprotkan insektisida secara berkala, padahal serangga tersebut bukan hama utama padi dan penelitian terdahulu menyatakan meski populasinya tinggi tapi jarang sekali menyebabkan kehilangan hasil (De Kraker *et al.*, 1999). Kerugian ekonomi karena infestasi hama pada awal musim tanam dapat dihindari jika keberadaan musuh alami tidak hilang karena aplikasi insektisida. Hasil penelitian terdahulu tentang dampak aplikasi insektisida di awal tanam terhadap struktur komunitas serangga pada padi menunjukkan bahwa selain hama utama, musuh alami juga ikut mati yang menyebabkan terjadinya ledakan populasi hama sekunder (Bottrell & Schoenly, 2018; Heong & Schoenly, 1998; Heong *et al.*, 2015). Sebagai contoh, ledakan populasi wereng pada padi dapat dicegah oleh keberadaan musuh alaminya dengan menghindari penyemprotan insektisida pada awal tanam, yakni 30 – 40 hari setelah tanam (Way & Heong, 1994).

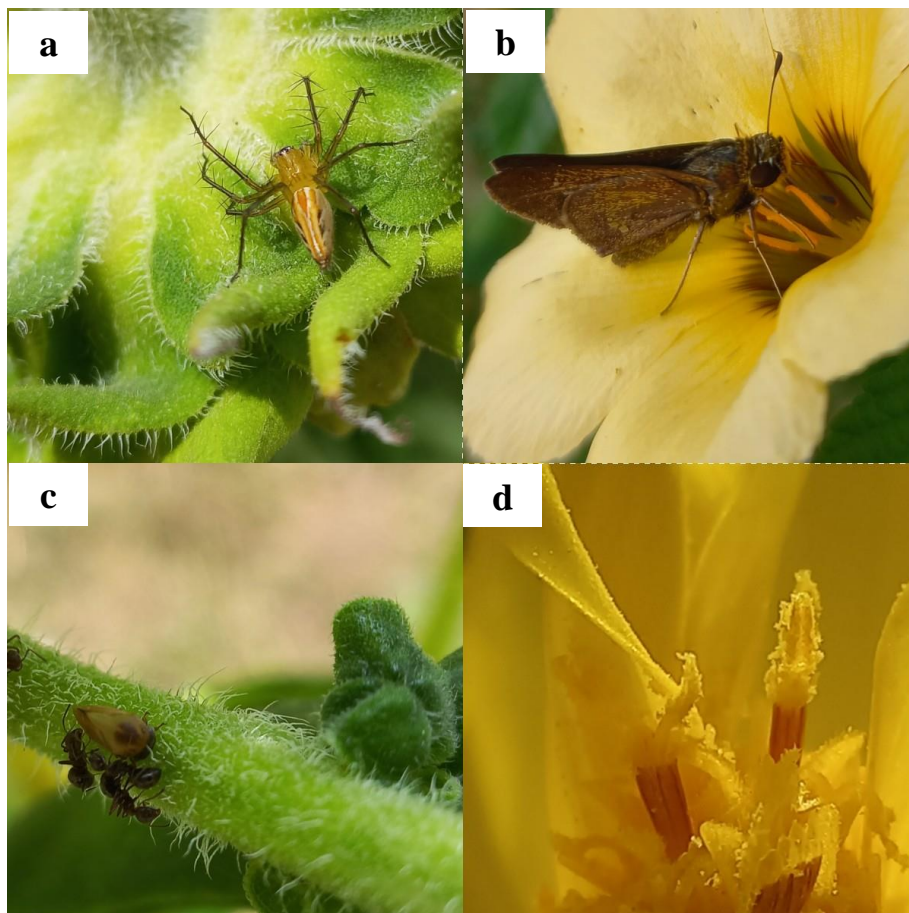
SELEKSI TANAMAN REFUGIA YANG DIGUNAKAN SEBAGAI KOMPONEN REKAYASA EKOLOGI PADA AGROEKOSISTEM PADI

Banyak pustaka tentang rekayasa ekologi untuk pengendalian hama padi sebagian besar berfokus pada tanaman refugia jenis bunga-bunga atau sayur-sayuran yang ditanam di sekitar sawah (Herlinda *et al.*, 2019; Karenina *et al.*, 2020; Lu *et al.*, 2014; Westphal *et al.*, 2015; Zhu *et al.*, 2013). Karena padi merupakan tanaman yang harus direndam air secara berkala, sawah biasanya dikelilingi oleh gundukan tanah yang dikenal sebagai pematang. Pematang sawah selain berfungsi untuk mengatur air sawah, tapi juga digunakan oleh petani sebagai jalan tapak diantara tanaman padi. Petani mengelola pematangnya dengan cara yang berbeda, biasanya ada yang merawat pematangnya tetap bersih dari rumput-rumputan, membiarkannya rimbun sebagai sumber pakan ternak, atau menanam tanaman budidaya di sepanjang pematang untuk optimalisasi lahan dan tambahan pendapatan. Pematang sawah merupakan lokasi yang cocok untuk tanaman refugia yang tidak tahan air dan juga tidak akan bersaing dengan padi sebagai tanaman semi-akuatik (Gambar 3). Meski menanam refugia di pematang sawah merupakan hal biasa, petani masih belum melihat fungsinya untuk mengendalikan hama padi.

Hasil penelitian di Filipina diperoleh pendapat petani padi tentang jenis tanaman refugia yang cocok untuk diterapkan dalam strategi rekayasa ekologi (Horgan *et al.*, 2016). Jenis tanaman refugia yang cocok untuk ditanam di pematang sawah sebagai bagian strategi rekayasa ekologi harus memenuhi kriteria meliputi, 1) tanaman harus bisa tumbuh dari benih tanpa perlu pindah tanam; 2) tanaman harus cepat tumbuh dan mampu bersaing dengan gulma; 3) tanaman harus cepat berbunga; 4) tanaman harus menghasilkan buah atau struktur vegetatif lain yang punya nilai tambah untuk petani, baik untuk dijual atau dikonsumsi sendiri; 5) tanaman harus menghasilkan produksi yang baik dengan perawatan minimal; 6) tanaman harus bisa menolak atau tidak disukai oleh serangga hama padi; dan 7) tanaman harus memikat serangga bermanfaat, baik sebagai tempat bernaung atau sumber nektar atau polen.



Gambar 1. Strategi rekayasa ekologi mampu mengembalikan dan melestarikan keragaman hayati dan jasa lingkungan (Heong et al., 2021)



Gambar 2. Rekayasa ekologi menghasilkan sumber daya vital untuk musuh alami. a) naungan; b) nektar; c) mangsa alternatif; dan d) polen

Tanaman refugia pada agroekosistem padi diharapkan mampu menyediakan sumber daya yang dibutuhkan musuh alami, diantaranya naungan, nektar, polen, serta inang dan mangsa alternatif (González-Chang et al., 2019), tanaman yang paling umum digunakan sebagai komponen rekayasa ekologi pada agroekosistem padi adalah wijen (*Sesamum indicum*), kenikir (*Cosmos caudatus*) dan bunga pukul delapan (*Turnera subulata*) yang mampu meningkatkan kelimpahan parasitoid *Anagrus* spp. (Hymenoptera: Mymaridae) dan *Oligosita* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) untuk pengendalian

wereng coklat (Sinulingga *et al.*, 2019; Zhu *et al.*, 2013). Informasi tentang jenis tanaman refugia yang cocok digunakan dalam rekayasa ekologi pada agroekosistem padi masih terus diteliti, beberapa diantaranya disajikan pada Tabel 1.

Tanaman bunga-bunga banyak diteliti sebagai komponen rekayasa ekologi pada agroekosistem padi (Brotodjojo *et al.*, 2019; Herlinda *et al.*, 2019; Lu *et al.*, 2014; Sinulingga *et al.*, 2019). Namun, keberadaan jenis bunga-bunga tidak selalu menghasilkan sistem pengendalian hayati yang optimal (Lu *et al.*, 2014). Faktor lingkungan, bentuk bunga, warna bunga, jumlah dan kualitas nektar bisa mempengaruhi kelangsungan hidup musuh alami (Asmoro *et al.*, 2021; Cloyd, 2020; Johanowicz & Mitchell, 2000). Maka, pemilihan jenis tanaman refugia yang cocok merupakan faktor fundamental keberhasilan pengendalian hayati melalui strategi rekayasa ekologi.

PENGARUH REKAYASA EKOLOGI PADA AGROEKOSISTEM PADI TERHADAP SERANGAN HAMA

Serangga predator dan parasitoid dikenal suka mengonsumsi nektar dan polen dari berbagai jenis bunga-bunga (Wackers *et al.*, 2006). Namun, kontribusi keberadaan jenis bunga-bunga untuk memikat dan menjaga keberadaan musuh alami di lingkungan dan pengaruh langsungnya dalam mengatur populasi hama merupakan hal kompleks yang masih perlu dibuktikan (Lee & Heimpel, 2008; Lu *et al.*, 2014). Meski begitu, ditemukan beberapa penelitian terbatas yang secara jelas menunjukkan bahwa dengan keragaman tumbuhan, khususnya jenis bunga-bunga, mampu meningkatkan peran musuh alami untuk mengatur populasi hama agar tetap di bawah ambang kerusakan ekonomi (Cloyd, 2020).



Gambar 3. Tanaman refugia di pematang sawah untuk meningkatkan peran dan fungsi musuh alami. a) wijen (Sattler *et al.*, 2021); b) bunga-bunga (Heong *et al.*, 2021); dan c) kacang tunggak (Horgan *et al.*, 2016)

Strategi rekayasa ekologi diawali di Tiongkok (Heong *et al.*, 2021) pada skala lapangan yang luas dengan menggunakan tanaman wijen yang kaya nektar (Zhu *et al.*, 2013) sebagai tanaman refugia di pematang sawah. Hasilnya, keberadaan wijen di pematang sawah mampu menciptakan habitat untuk serangga musuh alami dan mendukung kelangsungan pengendalian hayati (Gurr *et al.*, 2016). Parasitoid dan predator telur wereng batang padi seperti *Anaxiphe longipennis* dan *Mechioche vitaticollis* bisa hidup dan berkembangbiak pada habitat yang tercipta di pematang sawah (Heong *et al.*, 2015). Serangga predator yang umum ditemukan seperti laba-laba juga menjadikan habitat tersebut sebagai tempat bernaung dan berkembangbiak. Jika diiringi dengan meniadakan penyemprotan insektisida pada fase awal tanam, maka pengendalian hayati dapat berlangsung di sekeliling habitat (De Kraker *et al.*, 1999). Uji lapangan secara multinasional dan berbagai musim tanam telah dilakukan di Tiongkok, Thailand dan Vietnam menunjukkan bahwa padi sawah yang dikelilingi dengan bunga-bunga mampu mengurangi aplikasi pestisida (70%), serta meningkatkan hasil (5%) dan keuntungan (7,5%). Pada perlakuan rekayasa ekologi, pengendalian hayati di lapangan meningkat (45%) dan populasi hama menurun (30%) (Gurr *et al.*, 2016). Sebuah penelitian terkini di Tiongkok (Qian *et al.*, 2021) menggunakan bunga matahari, bunga kertas, bunga abelia dan wijen sebagai tanaman refugia di pematang sawah menghasilkan peningkatan kelimpahan predator yang signifikan (+40%) pada perlakuan rekayasa ekologi, sehingga menekan populasi hama dan juga kebutuhan insektisida.

Tabel 1. Rincian penelitian terbaru tentang jenis tanaman refugia sebagai komponen rekayasa ekologi pada agroekosistem padi

Jenis refugia	Hama target	Musuh alami diuntungkan	Sumber
Bunga tahi ayam (<i>Tagetes erecta</i>)	<i>Nilaparvata lugens</i> , <i>Spodoptera litura</i> , <i>Scirpophaga incertulas</i> , <i>Leptocoris acuta</i> , <i>Cnaphalocrosis medinalis</i> , <i>Marasmia patnalis</i>	<i>Cyrtorhinus lividipennis</i> , <i>Apanteles</i> sp., <i>Telenomus rowani</i> , <i>Oxyopes javanus</i> , <i>Coelophora inaequalis</i> , <i>Cosmophasis</i> sp., <i>Menochilus sexmaculatus</i> , <i>Chrysosoma leucopogon</i> , <i>Eristalis</i> sp., <i>Pantala flavescens</i> , <i>Cryptochetum iceryae</i> , <i>Blondelia nigripes</i>	(Herlinda <i>et al.</i> , 2019; Iamba & Teksep, 2021; Zhu <i>et al.</i> , 2014)
Songgolangit (<i>Tridax procumbens</i>)	<i>Nilaparvata lugens</i> , <i>Cnaphalocrosis medinalis</i> , <i>Marasmia patnalis</i>	<i>Cyrtorhinus lividipennis</i>	(Zhu <i>et al.</i> , 2014)
Bandotan (<i>Ageratum conyzoides</i>)	<i>Nilaparvata lugens</i> , <i>Cnaphalocrosis medinalis</i> , <i>Marasmia patnalis</i>	<i>Cyrtorhinus lividipennis</i> , <i>Oxyopes javanus</i> , <i>Coccinella transversalis</i> , <i>Paederus fuscipes</i>	(Abidin <i>et al.</i> , 2020; Sutriyono <i>et al.</i> , 2019; Zhu <i>et al.</i> , 2014)
Tempuh wiyang (<i>Emilia sonchifolia</i>)	<i>Nilaparvata lugens</i> , <i>Cnaphalocrosis medinalis</i> , <i>Marasmia patnalis</i>	<i>Cyrtorhinus lividipennis</i>	(Zhu <i>et al.</i> , 2013, 2014)
Wijen (<i>Sesamum indicum</i>)	<i>Nilaparvata lugens</i> , <i>Cnaphalocrosis medinalis</i> , <i>Marasmia patnalis</i> , <i>Sesamia inferens</i> , <i>Chilo suppressalis</i>	<i>Cyrtorhinus lividipennis</i> , <i>Anagrus</i> sp., <i>Tetragnatha javana</i> , <i>Oxyopes matiensis</i> , <i>Cosmophasis</i> sp., <i>Menochilus sexmaculatus</i> , <i>Anaxiphe longipennis</i> , <i>Mechioche vitaticollis</i>	(Herlinda <i>et al.</i> , 2019; Zhu <i>et al.</i> , 2013, 2014, 2018)
Kacang tunggak (<i>Vigna unguiculata</i>)	<i>Nilaparvata lugens</i> , <i>Scirpophaga innotata</i> , <i>Scirpophaga incertulas</i> , <i>Sesamia inferens</i> , <i>Chilo</i> sp., <i>Sogatella furcifera</i>	<i>Atypena formosana</i> , <i>Pardosa pseudoannulata</i> , <i>Tetragnatha javana</i> , <i>Cyrtorhinus lividipennis</i> , <i>Anagrus</i> sp., <i>Oligosita</i> sp., <i>Gonatocerus</i> spp., <i>Telenomus rowani</i> , <i>Cryptochetum iceryae</i> , <i>Blondelia nigripes</i> , <i>Tetragnatha virescens</i>	(Herlinda <i>et al.</i> , 2019; Horgan <i>et al.</i> , 2017; Leksono <i>et al.</i> , 2019)
Jukut pahit (<i>Axonopus compressus</i>)	<i>Nilaparvata lugens</i> , <i>Leptocoris oratorius</i> , <i>Nephotettix virescens</i> , <i>Cnaphalocrosis medinalis</i>	<i>Oxyopes javanus</i> , <i>Cheilomenes sexmaculata</i> , <i>Coelophora inaequalis</i> , <i>Coccinella transversalis</i> , <i>Paederus fuscipes</i>	(Sutriyono <i>et al.</i> , 2019)
Seruni jalar (<i>Wedelia trilobata</i>)	<i>Nilaparvata lugens</i> , <i>Leptocoris oratorius</i> , <i>Nephotettix virescens</i> , <i>Cnaphalocrosis medinalis</i>	<i>Paederus fuscipes</i> , <i>Eunemobius carolinus</i>	(Sutriyono <i>et al.</i> , 2019)

Bunga kertas (<i>Zinnia elegans</i>)	<i>Nilaparvata lugens</i> , <i>Spodoptera litura</i> , <i>Scirpophaga incertulas</i> , <i>Scirpophaga innotata</i> , <i>Nephotettix virescens</i>	<i>Pardosa</i> sp., <i>Argiope</i> sp., <i>Tetragnatha mandibulata</i> , <i>Oxyopes matiensis</i> , <i>Oxyopes javanus</i> , <i>Cosmophasis</i> sp., <i>Menochilus sexmaculatus</i> , <i>Paederus fuscipes</i> , <i>Chrysosoma leucopogon</i> , <i>Eristalinus</i> sp., <i>Odontomantis planiceps</i> , <i>Pantala flavescens</i>	(Herlinda et al., 2019; Leksono et al., 2019)
Bunga matahari (<i>Helianthus annuus</i>)	<i>Nilapravata lugens</i> , <i>Nephotettix cincticeps</i> , <i>Cnaphalocrosis medinalis</i>	<i>Apanteles cypris</i> , <i>Tetragnatha mandibulata</i>	(Qian et al., 2021)
Krokot mawar (<i>Portulaca grandiflora</i>)	<i>Nilaparvata lugens</i> , <i>Cnaphalocrosis medinalis</i> , <i>Marasmia patnalis</i>	<i>Cyrtorhinus lividipennis</i>	(Zhu et al., 2014)
Akar wangi (<i>Vetiveria zizanioides</i>)	<i>Chilo suppressalis</i>	<i>Trichogramma japonicum</i> , <i>Trichogramma chilonis</i> , <i>Telenomus sesamtae</i> , <i>Telenomus chilocolus</i> , <i>Aceratoneuromyia indica</i> , <i>Apanteles baoris</i> , <i>Apanteles flavipes</i>	(Lu et al., 2019)
Bunga abelia (<i>Abelia grandiflora</i>)	<i>Nilapravata lugens</i> , <i>Nephotettix cincticeps</i> , <i>Cnaphalocrosis medinalis</i>	<i>Apanteles cypris</i> , <i>Tetragnatha mandibulata</i>	(Qian et al., 2021)

Teknik lain yang juga diteliti adalah dengan menanam akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) di pematang sawah sebelum padi ditanam. Akar wangi mampu memikat penggerek batang bergaris (*Chilo suppressalis*) betina untuk meletakkan telurnya di atas daun akar wangi, tapi larva yang menetas tidak akan mampu bertahan hidup (Lu et al., 2019). Dengan teknik tersebut, diperkirakan 270.000 ha sawah di 15 provinsi di Tiongkok yang menggunakan akar wangi sebagai tanaman refugia mampu mengurangi aplikasi insektisida untuk penggerek batang padi sampai 30%.

KESIMPULAN

Penerapan PHT berbasis rekayasa ekologi merupakan strategi pengendalian hama yang sangat memungkinkan dilakukan secara ekonomis dan ekologis pada agroekosistem padi, tapi hal ini perlu diterima lebih dulu secara sosial karena harus mengubah norma petani dari yang selama ini punya pola pikir ‘*insektisida sebagai pilihan utama*’ menjadi ‘*insektisida adalah pilihan terakhir*’.

Strategi rekayasa ekologi diterapkan dengan menciptakan habitat di sekeliling pematang sawah melalui keberadaan tanaman refugia jenis bunga-bunga, sayur-sayuran atau tanaman lain agar musuh alami bisa bertahan hidup dan berkembang biak, sehingga pengendalian hayati bisa terjadi secara alamiah. Tanaman refugia pada agroekosistem padi diharapkan mampu menyediakan sumber daya yang dibutuhkan musuh alami, meliputi naungan, nektar, polen, serta inang dan mangsa alternatif. Pemilihan jenis tanaman refugia yang cocok merupakan faktor fundamental keberhasilan pengendalian hayati melalui strategi rekayasa ekologi. Hasil penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa strategi rekayasa ekologi pada agroekosistem padi mampu meningkatkan kelimpahan musuh alami, sehingga mampu menekan populasi hama dan mengurangi kebutuhan insektisida.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Leksono, A. S., Yanuwadi, B., and Purnomo, M. 2020. Refugia effect on arthropods in an organic paddy field in Malang District, East Java, Indonesia. *Biodiversitas* 21(4) : 1415–1421.
- Afandhi, A. 2020. Rice farming with application of integrated pest management (IPM): analysis of social and economic sustainability (Case Study in Besar Village, Lamongan District). *Habitat* 31(2) : 109–114.
- Akter, M. S., Siddique, S. S., Momotaz, R., Arifunnahar, M., Alam, K. M., and Mohiuddin, S. J. 2019. Biological control of insect pests of agricultural crops through habitat management was discussed. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment* 8(1) : 1–13.
- Alam, M. Z., Crump, A. R., Haque, M. M., Islam, M. S., Hossain, E., Hasan, S. B., Hasan, S. B., and Hossain, M. S. 2016. Effects of integrated pest management on pest damage and yield components in a rice agro-ecosystem in the Barisal Region of Bangladesh. *Frontiers in Environmental Science* 4(MAR) : 1–10.
- Ali, M. P., Bari, M. N., Haque, S. S., Kabir, M. M. M., Afrin, S., Nowrin, F., Islam, M. S., and Landis, D. A. 2019.

- Establishing next-generation pest control services in rice fields: eco-agriculture. *Scientific Reports* 9(1) : 1–9.
- Arbi, M., Januarti, I., Junaidi, N., Yulius, and Sari, N. S. 2019. The farmer's perception towards the integrated pest control based on ecological engineering in Karang Sari Village of Belitang East Oku Regency, Indonesia. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences* 96(12) : 278–286.
- Asmoro, P. P., Dadang, Pudjianto, and Winasa, I. W. 2021. The effect of flower morphology on the longevity of *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 694(1).
- Bottrell, D. G., and Schoenly, K. G. 2018. Integrated pest management for resource-limited farmers: Challenges for achieving ecological, social and economic sustainability. *Journal of Agricultural Science* 156(3) : 408–426.
- Brotodjojo, R. R. R., Arochman, T., and Solichah, C. 2019. Effect of flowering plants on population dynamics of rice stem borers and their natural enemies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 250(1).
- Cloyd, R. A. 2020. How effective is conservation biological control in regulating insect pest populations in organic crop production systems? *Insects* 11(11) : 1–15.
- Dara, S. K. 2019. The new integrated pest management paradigm for the modern age. *Journal of Integrated Pest Management* 10(1).
- De Kraker, J., Van Huis, A., Heong, K. L., Van Lenteren, J. C., and Rabbinge, R. 1999. Population dynamics of rice leafhoppers (Lepidoptera: Pyralidae) and their natural enemies in irrigated rice in the Philippines. *Bulletin of Entomological Research* 89(5) : 411–421.
- González-Chang, M., Tiwari, S., Sharma, S., and Wratten, S. D. 2019. Habitat management for pest management: limitations and prospects. *Annals of the Entomological Society of America* 112(4) : 302–317.
- Gurr, G. 2009. Prospects for ecological engineering for planthoppers and other arthropod pests in rice. *Annals of the Entomological Society of America*, Dent 1991, 371.
- Gurr, G. M., Lu, Z., Zheng, X., Xu, H., Zhu, P., Chen, G., Yao, X., Cheng, J., Zhu, Z., Catindig, J. L., Villareal, S., Van Chien, H., Cuong, L. Q., Channoo, C., Chengwattana, N., Lan, L. P., Hai, L. H., Chaiwong, J., Nicol, H. I., ... Heong, K. L. 2016. Multi-country evidence that crop diversification promotes ecological intensification of agriculture. *Nature Plants*, 2(3).
- Gurr, G. M., Wratten, S. D., Landis, D. A., and You, M. 2017. Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects. *Annual Review of Entomology* 62 : 91–109.
- Heinrichs, E. A., and Muniappan, R. 2017. IPM for tropical crops: Rice. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 12(030).
- Heong, K. L., and Schoenly, K. G. 1998. Impact of insecticides on herbivore-natural enemy communities in tropical rice ecosystems. *Ecotoxicology*, February, 381–403.
- Heong, Kong Luen, Cheng, J., and Escalada, M. M. 2015. Rice planthoppers: Ecology, management, socio economics and policy. *Rice Planthoppers: Ecology, Management, Socio Economics and Policy*, March, 1–231.
- Heong, Kong Luen, Lu, Z. X., Chien, H. Van, Escalada, M., Settele, J., Zhu, Z. R., and Cheng, J. A. 2021. Ecological engineering for rice insect pest management: The need to communicate widely, improve farmers' ecological literacy and policy reforms to sustain adoption. *Agronomy*, 11(11).
- Herlinda, S., Karenina, T., Irsan, C., and Pujiastuti, Y. 2019. Arthropods inhabiting flowering non-crop plants and adaptive vegetables planted around paddy fields of freshwater swamps of South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas* 20(11) : 3328–3339.
- Hong-xing, X., Ya-jun, Y., Yan-hui, L., Xu-song, Z., Jun-ce, T., Feng-xiang, L., Qiang, F., and Zhong-xian, L. 2017. Sustainable Management of Rice Insect Pests by Non-Chemical-Insecticide Technologies in China. *Rice Science* 24(2) : 61–72.
- Horgan, F. G., Ramal, A. F., Villegas, J. M., Jamorain, A., Bernal, C. C., Perez, M. O., Pasang, J. M., Naredo, A. I., and Almazan, M. L. P. 2017. Effects of bund crops and insecticide treatments on arthropod diversity and herbivore regulation in tropical rice fields. *Journal of Applied Entomology* 141(8) : 587–599.
- Horgan, Finbarr G., Ramal, A. F., Bernal, C. C., Villegas, J. M., Stuart, A. M., and Almazan, M. L. P. 2016. Applying Ecological Engineering for Sustainable and Resilient Rice Production Systems. *Procedia Food Science* 6 : 7–15.
- Huang, S., Wang, L., Liu, L., Fu, Q., and Zhu, D. 2014. Nonchemical pest control in China rice: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 34(2) : 275–291.
- Husnawati, Y., Kwok-Ching, W., and Ping-Shih, Y. 2012. Integrated pest management practices for rice crops : Review of Indonesia and Taiwan. *The 2nd Annual International Conference Syiah Kuala University 2012 & The 8th IMT-GT Uninet Biosciences Conference* 2(1) : 100–105.
- Iamba, K., and Teksep, C. 2021. Biological role of marigold (*Tagetes erecta* L.) in habitat manipulation and sustenance of natural enemy populations in upland rice. *Arthropods* 10(3) : 66–81.
- Isman, M. B. 2019. Challenges of pest management in the twenty first century: new tools and strategies to combat old and new foes alike. *Frontiers in Agronomy* 1 : 13–16.
- Johanowicz, D. L., and Mitchell, E. R. 2000. Effects of sweet alyssum flowers on the longevity of the parasitoid wasps *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) and *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Florida Entomologist* 83(1) : 41–47.
- Karenina, T., Herlinda, S., Irsan, C., and Pujiastuti, Y. 2020. Arboreal entomophagous arthropods of rice insect pests

- inhabiting adaptive vegetables and refugia in freshwater swamps of South Sumatra. *Agrivita* 42(2) : 214–228.
- Kumar, L., and Jagdish, J. 2013. Habitat manipulation for biological control of insect pests: a review. *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences* 1(10) : 27–31.
- Landis, D. A., Wratten, S. D., and Gurr, G. M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45 : 175–201.
- Lee, J. C., and Heimpel, G. E. 2008. Floral resources impact longevity and oviposition rate of a parasitoid in the field. *Journal of Animal Ecology* 77(3) : 565–572.
- Leksono, A. S., Mustafa, I., Afandhi, A., and Zairina, A. 2019. Habitat modification with refugia blocks for improving arthropod. *International Journal of Civil Engineering and Technology* 10(8) : 256–263.
- LU, Y. hui, ZHENG, X. song, and LU, Z. xian. 2019. Application of vetiver grass *Vetiveria zizanioides*: Poaceae (L.) as a trap plant for rice stem borer *Chilo suppressalis*: Crambidae (Walker) in the paddy fields. *Journal of Integrative Agriculture* 18(4) : 797–804.
- Lu, Z. X., Zhu, P. Y., Gurr, G. M., Zheng, X. S., Read, D. M. Y., Heong, K. L., Yang, Y. J., and Xu, H. X. 2014. Mechanisms for flowering plants to benefit arthropod natural enemies of insect pests: Prospects for enhanced use in agriculture. *Insect Science* 21(1) : 1–12.
- Qian, P., Bai, Y., Zhou, W., Yu, H., Zhu, Z., Wang, G., Quais, M. K., Li, F., Chen, Y., Tan, Y., Shi, X., Wang, X., Zhong, X., and Zhu, Z. R. 2021. Diversified bund vegetation coupled with flowering plants enhances predator population and early-season pest control. *Environmental Entomology* 50(4) : 842–851.
- Sattler, C., Schrader, J., Flor, R. J., Keo, M., Chhun, S., Choun, S., Asmara, B., Hadi, R., and Settele, J. 2021. Reducing pesticides and increasing crop diversification offer. *Insects* 12(267).
- Sinulingga, N. G. H., Trisyono, Y. A., Martono, E., and Hadi, B. 2019. Benefits of flowering plant as refuge to improve the ecosystems services by egg parasitoids of the rice brown planthopper. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 23(1) : 68.
- Sutriyono, Purba, E., and Marheni. 2019. Insect management with refugia plant in upland rice (*Oryza sativa* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 260(1).
- Thorburn, C. 2015. The rise and demise of integrated pest management in rice in Indonesia. *Insects* 6(2) : 381–408.
- Wackers, F. L., van Rijn, P. C. J., Winkler, K., and Olson, D. 2006. Flower power? Potential benefits and pitfalls of using (flowering) vegetation for conservation biological control. *Bulletin-OILB/SROP* 29(6) : 161–164.
- Way, M. J., and Heong, K. L. 1994. The role of biodiversity in the dynamics and management of insect pests of tropical irrigated rice—a review. *Bulletin of Entomological Research* 84(4) : 567–587.
- Weiss, A., Pps, J. E. D., and Funderburk, J. 2009. Assessment of implementation and sustainability of integrated pest management programs. *Florida Entomologist* 92(1) : 24–28.
- Westphal, C., Vidal, S., Horgan, F. G., Gurr, G. M., Escalada, M., Van Chien, H., Tschardtke, T., Heong, K. L., and Settele, J. 2015. Promoting multiple ecosystem services with flower strips and participatory approaches in rice production landscapes. *Basic and Applied Ecology* 16(8) : 681–689.
- Zhao, Z. H., Reddy, G. V. P., Hui, C., and Li, B. L. 2016. Approaches and mechanisms for ecologically based pest management across multiple scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230 : 199–209.
- Zhu, P., Gurr, G. M., Lu, Z., Heong, K., Chen, G., Zheng, X., Xu, H., and Yang, Y. 2013. Laboratory screening supports the selection of sesame (*Sesamum indicum*) to enhance *Anagrus* spp. parasitoids (Hymenoptera: Mymaridae) of rice planthoppers. *Biological Control* 64(1) : 83–89.
- Zhu, P., Lu, Z., Heong, K., Chen, G., Zheng, X., Xu, H., Yang, Y., Nicol, H. I., and Gurr, G. M. 2014. Selection of nectar plants for use in ecological engineering to promote biological control of rice pests by the predatory bug, *Cyrtorhinus lividipennis*, (Heteroptera: Miridae). *PLoS ONE* 9(9) : 1–12.
- Zhu, P., Wang, G., Zheng, X., Tian, J., Lu, Z., Heong, K. L., Xu, H., Chen, G., Yang, Y., and Gurr, G. M. 2015. Selective enhancement of parasitoids of rice Lepidoptera pests by sesame (*Sesamum indicum*) flowers. *BioControl* 60(2) : 157–167.
- Zhu, P., Zheng, X., Zhang, F., Xu, H., Yang, Y., Chen, G., Lu, Z., Johnson, A. C., and Gurr, G. M. 2018. Quantifying the respective and additive effects of nectar plant crop borders and withholding insecticides on biological control of pests in subtropical rice. *Journal of Pest Science* 91(2) : 575–584.