



Pengelolaan Hama Terpadu dalam Perlindungan Tanaman: Sebuah Kajian Sejarah dan Studi Kasus di Indonesia

Integrated Pest Management in Crop Protection: A Historical Review and Case Study in Indonesia

Amrul Jihadi*, Anjar Pranggawan Azhari

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram

**corresponding author, email: amrul-jihadi@unram.ac.id*



2 ZERO HUNGER



12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION



13 CLIMATE ACTION



15 LIFE ON LAND

ABSTRAK. Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) merupakan konsep dasar dalam perlindungan tanaman berkelanjutan untuk menjaga populasi hama di bawah ambang batas kerusakan ekonomi dan mengurangi ketergantungan pada pestisida sintetis. Di Indonesia, inisiatif partisipatif seperti Sekolah Lapangan PHT telah terbukti secara signifikan meningkatkan kompetensi teknis dan produktivitas petani pada beberapa komoditas seperti padi, kopi, lada, dan tanaman hortikultura lain. Meskipun terdapat berbagai keberhasilan lokal, adopsi menyeluruh secara masih terhambat oleh berbagai hambatan sosial-ekonomi. Hambatan ini mencakup tingginya biaya awal, ketiadaan premi harga pasar untuk produk ramah lingkungan, serta persepsi kuat bahwa PHT berisiko dan terlalu padat pengetahuan. Bukti empiris secara global menunjukkan bahwa implementasi PHT yang efektif dapat menurunkan penggunaan insektisida hingga 95%, sekaligus meningkatkan layanan ekosistem dan keanekaragaman hayati tanpa mengorbankan hasil panen. Untuk mengatasi tantangan kontemporer seperti perubahan iklim, masa depan PHT memerlukan integrasi menyeluruh antara ilmu ekologi dan kemajuan teknologi, seperti pertanian presisi dan pemantauan cerdas. Oleh karena itu, penguatan implementasi PHT secara strategis mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam meningkatkan ketahanan pangan (SDG 2), mendorong pola produksi pertanian yang bertanggung jawab (SDG 12), memperkuat resiliensi iklim (SDG 13), serta melestarikan ekosistem darat dan keanekaragaman hayati (SDG 15).

Kata kunci: Pengelolaan Hama Terpadu (PHT), Perlindungan Tanaman Berkelanjutan, Sekolah Lapangan, Pertanian Presisi, Hambatan Sosial-Ekonomi.

ABSTRACT. Integrated Pest Management (IPM) serves as a foundational framework for sustainable crop protection, fundamentally designed to maintain pest populations below economic injury levels while drastically reducing reliance on synthetic pesticides. In the context of Indonesia, participatory initiatives such as the IPM Field School program have significantly improved farmers' technical competencies and productivity across key agricultural commodities, including rice, coffee, pepper, and horticulture. Despite these localized successes, widespread adoption is systematically impeded by socio-economic barriers. These predominantly include high initial implementation costs, an absence of market price premiums for sustainably grown produce, and the prevailing perception that IPM is a knowledge-intensive and inherently risky endeavor. Empirical evidence globally demonstrates that effective IPM can diminish insecticide application by up to 95%, concurrently enhancing ecosystem services and biodiversity without compromising crop yields. To navigate contemporary challenges, particularly climate change, the future trajectory of IPM mandates a holistic integration of ecological sciences with technological advancements, such as precision agriculture and smart monitoring tools. Therefore, strategically strengthening IPM implementation directly supports the achievement of

the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly in enhancing food security (SDG 2), promoting responsible agricultural production (SDG 12), strengthening climate resilience (SDG 13), and conserving terrestrial ecosystems and biodiversity (SDG 15).

Keywords: Integrated Pest Management (IPM), Sustainable Crop Protection, Field Schools, Precision Agriculture, Socio-Economic Barriers.

PENDAHULUAN

Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) telah lama diakui sebagai konsep dasar dalam mewujudkan sistem perlindungan tanaman yang berkelanjutan. Secara historis, pendekatan ini berawal dari strategi ekologis pada akhir abad ke-19 dan berevolusi menjadi sistem multi-taktik yang bertujuan menekan populasi hama agar senantiasa berada di bawah ambang batas kerusakan ekonomi. Lebih dari sekadar mengendalikan hama, tujuan penting PHT adalah meminimalisir penggunaan pestisida sintetis demi menjaga keseimbangan ekosistem dan keanekaragaman hayati (Pretty & Bharucha, 2015).

Dalam kerangka global, PHT memiliki relevansi langsung dengan pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs). Penerapan PHT mendukung SDG 2 (Zero Hunger) melalui peningkatan produktivitas pangan berkelanjutan, serta SDG 12 (Responsible Consumption and Production) dengan mendorong praktik budidaya yang ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan input. Selain itu, PHT berkontribusi pada SDG 13 (Climate Action) karena mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim yang memengaruhi dinamika populasi hama, serta SDG 15 (Life on Land) dengan menjaga keanekaragaman hayati melalui pengurangan residu pestisida dan pelestarian musuh alami.

Meskipun konsep PHT telah dipromosikan secara luas oleh lembaga internasional dan diintegrasikan ke dalam kebijakan nasional, implementasi praktis di lapangan masih menghadapi kesenjangan signifikan. Realitas operasional pada sebagian besar sistem pertanian modern memperlihatkan bahwa pengendalian hama masih didominasi oleh penggunaan bahan kimia berspektrum luas (Kondo et al., 2025). Hambatan adopsi juga muncul dari faktor sosial-ekonomi, seperti tingginya biaya awal, kompleksitas pengetahuan, serta ketiadaan insentif harga bagi produk ramah lingkungan (Chemutah et al., 2026).

Dalam konteks Indonesia, program Sekolah Lapangan PHT (SLPHT) sejak 1989 menjadi tonggak penting dalam meningkatkan kompetensi teknis petani dan mengubah perilaku budidaya pada komoditas strategis seperti padi, kopi, lada, dan hortikultura (van den Berg & Jiggins, 2007). Namun, adopsi menyeluruh masih terhambat oleh keterbatasan ekonomi dan kelembagaan. Di tengah tantangan kontemporer seperti perubahan iklim, masa depan PHT menuntut integrasi dengan teknologi mutakhir, seperti pertanian presisi, pemantauan berbasis IoT, dan inovasi biopestisida.

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini disusun untuk menyintesis perkembangan historis PHT, mengevaluasi implementasi praktis beserta hambatannya dengan fokus pada lanskap pertanian Indonesia, serta menguraikan prospek pemanfaatan teknologi dalam memperkuat efektivitas PHT sebagai strategi perlindungan tanaman yang mendukung pencapaian SDGs.

BAHAN DAN METODE

Artikel ini disusun menggunakan metode tinjauan literatur sistematis (*systematic literature review*) dengan pendekatan deskriptif-kualitatif. Proses penelusuran, seleksi, dan ekstraksi data literatur dilakukan secara terstruktur dengan mengadaptasi pedoman PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) untuk memastikan transparansi dan meminimalisasi

bias pemilihan literatur (Page et al., 2021; Moher et al., 2009). Tinjauan ini dirancang untuk menyintesis kajian teoretis dan empiris yang menyoroti kesenjangan antara kebijakan Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) secara global dan realitas eksekusinya di tingkat petani kecil, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia.

Strategi Pencarian Literatur

Pengumpulan data sepenuhnya merupakan data sekunder yang ditarik dari basis data akademik bereputasi, di antaranya Scopus, Web of Science (WoS), dan Google Scholar. Pencarian dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci (Boolean operators: AND, OR) untuk menjangkau literatur yang relevan. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi: ("*Integrated Pest Management*" OR "*IPM*" OR "*Pengelolaan Hama Terpadu*") AND ("*Sustainable Agriculture*" OR "*Crop Protection*") AND ("*Field School*" OR "*Socio-economic barriers*") AND ("*Indonesia*" OR "*Developing Countries*").

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Untuk memastikan literatur yang dikaji relevan dengan tujuan penelitian dan mutakhir, seleksi artikel didasarkan pada kriteria inklusi dan eksklusi yang ketat, sebagaimana dijabarkan pada Tabel berikut:

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Seleksi Literatur

Parameter	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Rentang Waktu	Literatur yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir (2015–2025) untuk menjaga kemutakhiran data inovasi teknologi.	Literatur yang diterbitkan sebelum tahun 2015 (kecuali artikel fundamental terkait sejarah PHT).
Jenis Publikasi	Artikel penelitian orisinal (jurnal <i>peer-reviewed</i>), <i>review article</i> , dan laporan resmi institusi (seperti FAO).	Opini populer, blog, majalah non-ilmiah, dan draf pracetak (<i>preprint</i>) yang belum ditelaah sejawat.
Bahasa	Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia.	Artikel selain Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia.
Fokus Tema	Membahas efektivitas PHT, evaluasi Sekolah Lapangan PHT (SLPHT), hambatan sosial-ekonomi petani, integrasi IoT/pertanian presisi, dan inovasi agen hayati.	Artikel yang murni membahas taksonomi hama atau uji toksisitas laboratorium tanpa konteks implementasi PHT di tingkat usaha tani.

Proses Seleksi Data (Alur PRISMA)

Proses penyaringan literatur dilakukan melalui beberapa tahapan adaptasi PRISMA:

1. **Identifikasi (*Identification*):** Pencarian awal di basis data menghasilkan sekumpulan artikel mentah. Pada tahap ini, dilakukan penghapusan artikel duplikat yang muncul di lebih dari satu basis data.

2. **Penyaringan (*Screening*):** Judul dan abstrak dari artikel yang tersisa dievaluasi secara cepat untuk mencocokkan relevansinya dengan kriteria inklusi.
3. **Kelayakan (*Eligibility*):** Naskah lengkap (*full-text*) dari literatur yang lolos penyaringan dibaca secara menyeluruh. Artikel yang kekurangan data empiris mengenai implementasi sosial-ekonomi PHT atau tidak memiliki konteks kebijakan yang jelas dieksklusi pada tahap ini.
4. **Disertakan (*Included*):** Literatur final yang lolos uji kelayakan kemudian diekstraksi untuk dianalisis dalam ulasan ini.

Teknik Analisis Data

Literatur final yang telah dihimpun dianalisis menggunakan metode sintesis tematik. Informasi dikelompokkan dan dievaluasi secara holistik menjadi empat tema sentral yang mengintegrasikan multidimensi: ekologis, ekonomi, kemasyarakatan, dan kebijakan. Keempat tema tersebut meliputi: (1) perkembangan dan landasan keilmuan kontemporer PHT, (2) studi kasus implementasi pendekatan partisipatif (SLPHT) pada komoditas padi, kopi, lada, dan hortikultura di Indonesia, (3) tantangan dan hambatan struktural/sosial-ekonomi petani, serta (4) prospek integrasi PHT dengan inovasi teknologi (pertanian presisi) dan rekayasa genetik dalam menghadapi perubahan iklim.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan Sejarah, Landasan Ilmiah, dan Politik

Pengelolaan Hama Terpadu (IPM) berakar dari pendekatan perlindungan tanaman berbasis ekologi pada akhir abad ke-19 dan, dalam kurun enam dekade terakhir, telah berevolusi menjadi strategi multi-taktik yang berorientasi pada ekosistem. Secara fundamental, IPM dirancang untuk menjaga populasi hama tetap berada di bawah ambang batas kerusakan ekonomi, sekaligus mengurangi ketergantungan pada pestisida sintesis guna mempertahankan keseimbangan ekosistem dan mendukung keberlanjutan keanekaragaman hayati (Tiwari, 2024; Zhou et al., 2023). Meskipun konsep ini secara aktif dipromosikan oleh FAO dan banyak diadopsi dalam berbagai kebijakan global, definisinya di lapangan masih sangat beragam dan kerap tidak sejalan dengan praktik nyata, di mana sebagian besar sistem pertanian modern masih memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap bahan kimia (Deguine et al., 2021; Stenberg, 2017; Dara, 2019).

Merespons kesenjangan antara teori dan praktik tersebut, para ahli mengusulkan sebuah kerangka keilmuan PHT yang baru dan jauh lebih menyeluruh. Pendekatan mutakhir ini tidak lagi hanya terpaku pada teknik pemberantasan hama semata, melainkan berfokus pada optimalisasi kompatibilitas dari berbagai taktik pengendalian yang ada. Paradigma baru ini secara komprehensif mengintegrasikan multidimensi yang mencakup aspek ekologis, ekonomi, bisnis, dan sosial guna mencapai sistem perlindungan tanaman yang benar-benar berkelanjutan secara jangka panjang (Stenberg, 2017; Dara, 2019).

Dalam konteks regional, khususnya di Asia Tenggara, Indonesia tercatat sebagai pionir melalui pelaksanaan program Sekolah Lapangan PHT (SLPHT) pada rentang tahun 1989 hingga 1999. Inisiatif bersejarah ini lahir menyusul dekrit presiden yang secara tegas melarang 57 formulasi insektisida dan mencabut subsidi pestisida kimia. Tujuan utama dari program ini adalah untuk menekan penggunaan pestisida yang berlebihan melalui metode pelatihan petani dan pendekatan pembelajaran partisipatif.

Hingga saat ini, konsep SLPHT masih terus diterapkan dan dinilai sangat relevan; namun, adopsi secara menyeluruh di tingkat petani kecil belum sepenuhnya tercapai akibat adanya kendala ekonomi serta hambatan perilaku di kalangan petani (Sharma, 2023).

Dari sisi tata kelola kelembagaan, meskipun PHT telah diakui dan dimasukkan ke dalam berbagai kerangka peraturan formal, seperti di Uni Eropa, implementasinya sering kali menghadapi hambatan. Ketidadaan pemahaman yang koheren menyebabkan program-program PHT menjadi terpecah, yang bermuara pada lemahnya pencapaian target kebijakan di tingkat operasional (Stenberg, 2017; Deguine et al., 2021). Fenomena ini sejalan dengan temuan analisis bibliometrik yang mengindikasikan bahwa, meskipun penelitian terkait PHT selalu meningkat sejak tahun 1993 dengan fokus pada ekologi, pemantauan, dukungan keputusan, dan metode non-kimia, masih terdapat kesenjangan signifikan dalam hal perumusan kebijakan, eksekusi praktis, serta penilaian dampak efektivitasnya (Zhou et al., 2023).

Secara operasional, dasar ilmiah dari PHT ditopang oleh sejumlah komponen utama yang saling bersinergi dalam sistem pertanian. Komponen-komponen utama tersebut meliputi penerapan praktik budidaya yang tepat, pemanfaatan pengendalian hayati, rekayasa resistensi tanaman inang atau pengendalian genetik, serta penggunaan metode mekanis dan fisik. Penggunaan bahan kimia masih diizinkan sebagai pilihan terakhir, namun aplikasinya harus sangat presisi, tertarget, dan berbasis pada ambang batas yang seluruhnya didukung oleh pemantauan rutin dan perhitungan ambang batas ekonomi yang akurat (Zhou et al., 2024; Angon et al., 2023; Tiwari, 2024; Verma et al., 2023; Aceh et al., 2024; Rosalina et al., 2025; Skendžić et al., 2021).

Untuk memperkuat efektivitas taktis tersebut, fokus penelitian saat ini mengarah pada pelestarian agen pengendalian biologis dan pengelolaan lanskap yang dirancang khusus untuk mendukung kelangsungan musuh alami hama. Inovasi ini diperkaya dengan kehadiran biopestisida baru—baik yang berasal dari agensia mikroba maupun ekstrak tumbuhan—serta teknologi aplikasi modern seperti nanoemulsi dan sistem pelepasan terkontrol (Zhou et al., 2024; Angon et al., 2023; Verma et al., 2023). Pada akhirnya, berbagai inovasi tersebut bermuara pada satu pemahaman bersama dari model konseptual kontemporer, yang menegaskan bahwa PHT merupakan sebuah kerangka strategis komprehensif untuk alokasi sumber daya dan pengambilan keputusan, bukan sekadar himpunan taktik yang diterapkan secara terpisah (Stenberg, 2017; Dara, 2019; Zhou et al., 2023).

Studi Kasus dan Implementasi Praktis PHT di Indonesia

Implementasi program Sekolah Lapangan Pengelolaan Hama Terpadu (SLPHT) di Indonesia, yang mendapat dukungan pendanaan dari Bank Dunia, telah menorehkan sejarah penting dalam sektor pertanian, khususnya pada komoditas padi. Program ini secara signifikan berhasil meningkatkan taraf pengetahuan petani mengenai prinsip-prinsip PHT sekaligus mendongkrak kapasitas produksi padi nasional. Meskipun membawa dampak positif yang nyata, penerapan kerangka kerja ini secara penuh di lapangan masih menghadapi kendala struktural. Keterbatasan tersebut terutama bersumber pada minimnya insentif harga bagi produk yang dihasilkan, serta berbagai kendala lainnya yang membatasi adopsi berkelanjutan oleh petani (Sharma, 2023).

Keberhasilan edukasi melalui SLPHT juga direplikasi pada sektor perkebunan, khususnya bagi para petani kopi. Penerapan program ini terbukti efektif dalam mentransformasi paradigma petani, yang tidak hanya meningkatkan pengetahuan teknis mereka, tetapi juga mampu mengubah persepsi dan perilaku dalam praktik budidaya. Perubahan positif ini secara langsung berkontribusi pada

peningkatan produktivitas hasil panen kopi. Namun demikian, serupa dengan kendala pada komoditas padi, absennya premi harga yang memadai untuk biji kopi yang dibudidayakan melalui metode ramah lingkungan ini menjadi faktor penghambat utama yang mencegah petani untuk mengadopsi sistem PHT secara komprehensif (Sharma, 2023).

Dampak positif PHT pada sektor kopi diperkuat lebih lanjut oleh sebuah studi kuasi-eksperimental yang difokuskan pada kelompok petani di wilayah Jawa Timur. Riset tersebut mengonfirmasi bahwa penerapan PHT secara nyata mampu mengakselerasi tingkat pengetahuan, keterampilan teknis, serta kesadaran ekologis petani terhadap praktik pertanian yang berkelanjutan. Kesuksesan intervensi ini sangat ditopang oleh faktor-faktor pendorong seperti ketersediaan sumber daya operasional dan kuatnya dukungan sosial dari masyarakat setempat. Di sisi lain, proses transisi ini tetap menghadapi sejumlah hambatan seperti kesenjangan pengetahuan dasar yang dimiliki petani sebelumnya serta terbatasnya akses terhadap infrastruktur pertanian (Rosalina et al., 2025).

Beralih pada komoditas lada (*Lophobaris piperis*), penerapan pengelolaan hama terpadu di Indonesia sejatinya telah memiliki pedoman rekomendasi agronomis yang terstruktur. Standar operasional tersebut mencakup penggunaan varietas tanaman yang toleran, pelaksanaan inspeksi secara rutin, intervensi pengendalian mekanis, penerapan metode budidaya yang baik, serta pembatasan penggunaan pestisida yang dilakukan secara ekstra hati-hati. Akan tetapi, realisasi operasional di tingkat tapak masih sangat terbatas. Implementasi yang lambat ini dipicu oleh kurangnya keterampilan teknis, minimnya dukungan fasilitasi dari pemerintah, serta rendahnya dan fluktuatifnya harga pasar, yang secara akumulatif sangat membebani para petani berskala kecil (Karmawati et al., 2025).

Dalam sektor hortikultura, pendekatan partisipatif menunjukkan hasil yang menjanjikan, seperti yang terlihat pada inisiatif berbasis komunitas melalui penelitian aksi di kawasan agrowisata Sembalun. Program ini secara proaktif mendorong praktik pengelolaan ekosistem, khususnya melalui penanaman tanaman refugia dan penerapan pengendalian hama biologis. Melalui proses pendampingan ini, petani memperoleh peningkatan kapasitas dalam mengidentifikasi secara baik perbedaan antara hama perusak dan musuh alami, serta menunjukkan antusiasme yang tinggi terhadap standar praktik hortikultura yang baik. Walaupun demikian, untuk mencapai taraf komersial yang diakui secara legal, para petani ini masih sangat membutuhkan pelatihan lanjutan dan dukungan kelembagaan guna memperoleh sertifikasi keamanan pangan, seperti standar Prima 2 atau Prima 3 (Sarjan et al., 2024).

Melihat pada skala yang lebih luas, sistem budidaya global menyajikan bukti empiris yang mengukuhkan efektivitas ekologis dan ekonomis dari PHT. Sebuah tinjauan selama empat tahun di Amerika Serikat membuktikan bahwa penerapan IPM yang berbasis pada ambang batas hama mampu memangkas penggunaan insektisida hingga 95% tanpa mengorbankan stabilitas hasil panen jagung. Lebih lanjut, pada komoditas semangka, pendekatan ini sukses meningkatkan intensitas kunjungan lebah liar sebesar 129% yang berimplikasi pada lonjakan hasil panen sebesar 26%, mengindikasikan adanya sinergi antara layanan ekosistem dan profitabilitas ekonomi (Pecenka et al., 2021). Berbagai literatur mutakhir pada akhirnya menegaskan bahwa IPM secara universal terbukti efektif dalam meningkatkan produktivitas, mereduksi residu bahan kimia, melindungi keanekaragaman hayati, dan mengoptimalkan keuntungan, khususnya ketika diimplementasikan melalui desain yang partisipatif dan disesuaikan dengan konteks ekologi lokal (Zhou et al., 2024; Angon et al., 2023; Verma et al., 2023; Aceh et al., 2024; Skendžić et al., 2021; Kumari et al., 2024).

Implikasi Kebijakan

Pengelolaan Hama Terpadu (PHT/IPM) tidak hanya relevan sebagai strategi teknis perlindungan tanaman, tetapi juga memiliki implikasi kebijakan yang signifikan dalam mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs). Pertama, PHT berkontribusi pada SDG 2 (Zero Hunger) dengan meningkatkan produktivitas pangan secara berkelanjutan, sehingga kebijakan nasional perlu menempatkan PHT sebagai bagian integral dari program ketahanan pangan. Kedua, PHT mendukung SDG 12 (Responsible Consumption and Production) melalui pengurangan penggunaan pestisida sintetis dan penerapan praktik ramah lingkungan; oleh karena itu, kebijakan insentif harga dan sertifikasi produk ramah lingkungan harus diperkuat untuk mendorong adopsi petani.

Selain itu, PHT memiliki peran penting dalam SDG 13 (Climate Action) karena mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim yang memengaruhi dinamika hama. Kebijakan publik perlu mengintegrasikan PHT dengan teknologi presisi, pemantauan berbasis IoT, dan inovasi biopestisida sebagai strategi adaptasi iklim di sektor pertanian. Lebih jauh, PHT mendukung SDG 15 (Life on Land) dengan menjaga keanekaragaman hayati dan memperkuat layanan ekosistem; hal ini menuntut kebijakan tata kelola lanskap pertanian yang berpihak pada konservasi musuh alami hama.

Dengan demikian, implikasi kebijakan dari PHT menegaskan perlunya pendekatan lintas sektor yang menghubungkan ekologi, teknologi, ekonomi, dan kelembagaan. Pemerintah, lembaga riset, dan komunitas petani harus berkolaborasi dalam merancang kebijakan insentif, memperkuat kapasitas teknis, serta menyediakan dukungan kelembagaan agar PHT dapat diadopsi secara luas. Langkah ini akan memastikan bahwa PHT tidak hanya menjadi strategi perlindungan tanaman, tetapi juga instrumen kebijakan yang mendukung pencapaian agenda pembangunan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Pengelolaan Hama Terpadu (PHT/IPM) berevolusi dari konsep ekologis akhir abad ke-19 menjadi kerangka global bagi perlindungan tanaman berkelanjutan. Meskipun telah diintegrasikan dalam berbagai kebijakan, penerapannya masih belum konsisten di tingkat operasional. Pengalaman lapangan di Indonesia, khususnya pada komoditas padi, kopi, lada, dan hortikultura, menunjukkan bahwa pendekatan partisipatif melalui Sekolah Lapangan PHT mampu meningkatkan pengetahuan, perilaku, dan produktivitas petani. Namun demikian, hambatan ekonomi, kelembagaan, dan persepsi risiko tetap menjadi faktor penghambat adopsi secara luas.

Dalam perspektif pembangunan berkelanjutan, PHT memiliki relevansi langsung dengan Sustainable Development Goals (SDGs). PHT mendukung SDG 2 (Zero Hunger) dengan meningkatkan produktivitas pangan secara berkelanjutan, SDG 12 (Responsible Consumption and Production) melalui pengurangan penggunaan pestisida sintetis dan penerapan praktik ramah lingkungan, serta SDG 13 (Climate Action) dengan menyediakan kerangka adaptasi terhadap dinamika hama akibat perubahan iklim. Selain itu, PHT berkontribusi pada SDG 15 (Life on Land) dengan menjaga keanekaragaman hayati dan memperkuat layanan ekosistem.

Oleh karena itu, masa depan PHT menuntut integrasi menyeluruh antara ilmu ekologi, kebijakan publik, dan teknologi mutakhir seperti pertanian presisi, pemantauan berbasis IoT, serta inovasi

biopestisida. Dengan pendekatan ini, PHT tidak hanya menjadi strategi perlindungan tanaman, tetapi juga instrumen penting dalam mendukung pencapaian agenda global pembangunan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aceh, B., , M., Serambi, J., , M., Hakim, L., Afandhi, A., & Ilmu, S. (2024). Socio-Economic Impact Of Integrated Pest Management Field School Implementation On Coffee Farmers In Panditan Village. *Jurnal Serambi Ilmu*. <https://doi.org/10.32672/jsi.v23i1.947>
- Angon, P., Mondal, S., Jahan, I., Datto, M., Antu, U., Ayshi, F., & Islam, M. (2023). Integrated Pest Management (IPM) in Agriculture and Its Role in Maintaining Ecological Balance and Biodiversity. *Advances in Agriculture*. <https://doi.org/10.1155/2023/5546373>
- Dara, S. (2019). The New Integrated Pest Management Paradigm for the Modern Age. *Journal of Integrated Pest Management*. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmz010>
- Deguine, J., Aubertot, J., Flor, R., Lescourret, F., Wyckhuys, K., & Ratnadass, A. (2021). Integrated pest management: good intentions, hard realities. *A review. Agronomy for Sustainable Development*, 41. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00689-w>
- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Merrill, S. C., Huey, R. B., & Naylor, R. L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*, 361(6405), 916–919. <https://doi.org/10.1126/science.aat3466> ([doi.org in Bing](#))
- Durham, T., & Mizik, T. (2021). Comparative Economics of Conventional, Organic, and Alternative Agricultural Production Systems. *Economies* 9, 64. <https://doi.org/10.3390/economies9020064>
- Eryanto, O., Kuswardani, R., Noer, Z., & Aulia, M. (2023). The Influence of Agricultural Extension Agents on Pest Management and Farmer Capability for Enhance Productivity in Asahan Regency. *Universal Journal of Agricultural Research*. <https://doi.org/10.13189/ujar.2023.110510>
- Karmawati, E., Maris, P., Rismayani, R., Rohimatun, R., Indriati, G., Sunarto, D., Sujak, S., Samsudin, S., Trisawa, I., Rizal, M., Siswanto, S., Mardiningsih, T., Indrayani, I., Nurindah, N., Kardinan, A., & Soetopo, D. (2025). Challenges and constraints in implementing integrated pest management for pepper stem borer (*Lophobaris piperis* Marshall) among Indonesian smallholder farmers: a critical review. *Journal of Integrated Pest Management*. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaf005>
- Kondo, E., Asem, F. E., Osei-Asare, Y., Bonsu, A. M., Onumah, E. E., Ofori, S., Marria, D., Dompae, F., & Osae, M. (2025). Economic and behavioural effects of farmers' adoption of integrated pest management practices in low- and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 97(1). <https://doi.org/10.1080/27685241.2025.2534478>
- Kumar, S., Choudhary, M., K, J., Vishwakarma, V., Kashyap, V., Sahoo, S., & Mukhopadhyay, S. (2024). A Review on the Impact of Climate Change on Plant Pathogen Interactions. *Journal of Advances in Microbiology*. <https://doi.org/10.9734/jamb/2024/v24i8843>
- Kumari, P., Jarpla, M., Reddy, N., Sarangi, S., , R., E, V., Naveenkumar, M., & M, A. (2024). Biological Interactions and Management Strategies for the Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *A Review. Journal of Experimental Agriculture International*. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i113071>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher,

- D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pecenka, J., Ingwell, L., Foster, R., Krupke, C., & Kaplan, I. (2021). IPM reduces insecticide applications by 95% while maintaining or enhancing crop yields through wild pollinator conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2108429118>
- Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2015). Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6(1), 152–182. <https://doi.org/10.3390/insects6010152>
- Rosalina, D., Winarno, S., & Yulianti, N. (2025). Application of Integrated Pest Management to Build Awareness of Coffee Farmer Behavior. *Dinasti International Journal of Education Management And Social Science*. <https://doi.org/10.38035/dijemss.v6i4.4310>
- Sarjan, M., Fauzi, T., Thei, R., Nikmatullah, A., & Sarjan, A. (2024). Supervising in the Implementation of Integrated Pest Management (IPM) in good Horticultural Practices in the Sembalun agrotourism area. *Unram Journal of Community Service*. <https://doi.org/10.29303/ujcs.v5i1.467>
- Sharma, S. (2023). CULTIVATING SUSTAINABLE SOLUTIONS: INTEGRATED PEST MANAGEMENT (IPM) FOR SAFER AND GREENER AGRONOMY. *Corporate Sustainable Management Journal*. <https://doi.org/10.26480/csmj.02.2023.103.108>
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects*, 12. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>
- Stenberg, J. (2017). A Conceptual Framework for Integrated Pest Management.. *Trends in plant science*, 22 9, 759-769. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.06.010>
- Tiwari, A. (2024). IPM Essentials: Combining Biology, Ecology, and Agriculture for Sustainable Pest Control. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i2697>
- van den Berg, H., & Jiggins, J. (2007). Investing in farmers—the impacts of farmer field schools in relation to integrated pest management. *World Development*, 35(4), 663–686. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2006.05.004>
- Verma, N., Kuldeep, D., Chouhan, M., Prajapati, R., & Singh, S. (2023). A Review on Eco-Friendly Pesticides and Their Rising Importance in Sustainable Plant Protection Practices. *International Journal of Plant & Soil Science*. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i224126>
- Zhou, W., Arcot, Y., Medina, R., Bernal, J., Cisneros-Zevallos, L., & Akbulut, M. (2024). Integrated Pest Management: An Update on the Sustainability Approach to Crop Protection. *ACS Omega*, 9, 41130 - 41147. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06628>
- Zhou, X., Yang, C., Yesmin, S., Islam, M., & Sarkar, A. (2023). Bibliometric Analysis of Integrated Pest Management Practices. *Horticulturae*. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080852>