

Smart Farming Berbasis Energi Surya untuk Pengendalian Hama Kakao Ramah Satwa

Chrystover Rianto Pranoto¹, Gela Sefania², Ahmad Fajar³, Tiara Ruth⁴, Nurul Fatimah Umar⁵, Masluki⁶, Mutmainnah⁷, Sri Hastuty⁸

12345678 Universitas Cokroaminoto Palopo, Indonesia

Email korespondensi: masluki@uncp.ac.id

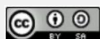
Article Info

Kata Kunci:

*smart farming;
kakao; pagar
elektrik; lampu UV;
energi surya;
pengendalian hama*

Copyright © 2026

The Author(s)



Lisensi: cc-by-sa

Abstrak

Kakao merupakan komoditas perkebunan penting, tetapi produktivitas pada tingkat petani dapat terganggu oleh serangan hama dan konflik satwa liar serta tingginya ketergantungan pada pestisida. Kegiatan pengabdian ini bertujuan menerapkan teknologi smart farming yang mengintegrasikan pagar elektrik ramah satwa dan perangkat lampu ultraviolet (UV) bertenaga surya pada Kelompok Tani Padangtiku, Kelurahan Rampoang, Kota Palopo. Metode meliputi identifikasi masalah, perancangan dan pemasangan teknologi, sosialisasi, pelatihan, pendampingan, serta monitoring sebelum dan sesudah penerapan. Monitoring dilakukan pada tiga unit sampel, masing-masing 100 buah kakao, pengamatan gangguan monyet selama 30 hari, penggunaan pestisida per siklus, hasil panen, tangkapan perangkat UV selama tujuh malam, serta evaluasi pengetahuan dan keterampilan mitra. Hasil menunjukkan intensitas serangan buah turun dari rata-rata 42,00% menjadi 12,67% atau berkurang 69,84%. Kejadian masuk monyet turun dari 10 menjadi 3 kejadian per 30 hari, penggunaan pestisida dari 20 menjadi 6 L per siklus, dan produksi dari 120 menjadi 204 kg per periode pencatatan. Perangkat UV menangkap 84 serangga selama tujuh malam; 60 ekor dikategorikan sebagai serangga sasaran berdasarkan lembar monitoring lapangan. Skor pengetahuan, keterampilan pengoperasian, dan keterampilan perawatan masing-masing meningkat dari 50 menjadi 85. Hasil menunjukkan teknologi berpotensi mendukung pengendalian hama kakao yang lebih preventif, hemat energi, dan ramah satwa, meskipun efektivitas kausal masih perlu diuji melalui monitoring lebih panjang dan kelompok pembanding.

Pendahuluan

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis Indonesia yang tersebar pada berbagai provinsi dan melibatkan perkebunan rakyat sebagai bagian penting dari sistem produksinya. Publikasi Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa statistik kakao Indonesia terus diperbarui melalui data luas areal, produksi, status pengusahaan, serta perdagangan, sehingga peningkatan produktivitas di tingkat kebun rakyat tetap relevan dalam agenda pembangunan perkebunan. (Badan Pusat Statistik, 2024, 2025).

Pada tingkat kebun, produktivitas kakao tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi tanaman dan teknik budidaya, tetapi juga oleh tekanan organisme pengganggu tanaman. Penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella*) merupakan salah satu hama penting yang membutuhkan pemantauan dan pengendalian tepat waktu. Teknik monitoring berbasis pengamatan buah telah dikembangkan untuk membantu menentukan tingkat serangan dan waktu pengendalian, sedangkan pendekatan pengendalian hama terpadu (PHT) menekankan kombinasi tindakan budidaya, monitoring, pengendalian biologis maupun mekanis, dan penggunaan pestisida secara selektif (Sulistiyowati et al., 2005; Deguine et al., 2021; Meilin et al., 2023).

Selain tekanan serangga, kebun kakao di Sulawesi dapat menghadapi gangguan satwa liar. Kajian di Sulawesi menunjukkan adanya tumpang tindih pemanfaatan sumber daya antara masyarakat dan makaka pada lanskap yang telah mengalami perubahan akibat aktivitas manusia, termasuk dampaknya terhadap kehilangan tanaman kakao (Riley, 2007; Riley & Priston, 2010). Kondisi tersebut menuntut pendekatan mitigasi yang mengutamakan pencegahan akses satwa dan mengurangi konflik tanpa tindakan yang bersifat mematikan. Pagar elektrik berbiaya relatif rendah telah dikaji sebagai salah satu strategi mitigasi konflik manusia dengan satwa pada pertanian skala kecil (Feuerbacher et al., 2021).

Relevansi penerapan teknologi berbasis energi surya juga diperlihatkan oleh Pranoto et al. (2025) pada kegiatan pengabdian pengendalian hama padi sawah. Teknologi yang mengintegrasikan lampu ultraviolet dan perangkat pengusir berbasis frekuensi tinggi dengan sumber energi panel surya dilaporkan mampu menurunkan beberapa indikator serangan hama sekaligus mengurangi penggunaan pestisida. Temuan tersebut memberikan dasar empiris bahwa teknologi pengendalian hama berbasis energi surya dapat dikembangkan lebih lanjut sesuai karakteristik komoditas, organisme sasaran, dan kondisi agroekosistem setempat.

Pada sisi pengendalian serangga, perangkat berbasis cahaya merupakan salah satu teknologi monitoring dan penangkapan yang dapat dikembangkan pada lokasi dengan keterbatasan listrik jaringan. Alamsyah et al. (2017) menunjukkan bahwa perangkat hama berbasis cahaya UV dengan sumber energi panel surya dapat beroperasi secara mandiri. Penelitian eksperimental yang lebih baru juga menunjukkan bahwa perangkat LED bertenaga surya dapat digunakan untuk monitoring serangga dan bahwa perangkat UV memiliki kemampuan atraksi yang baik pada beberapa jenis serangga dibandingkan warna cahaya lain (Balamurugan &

Kandasamy 2021). Temuan tersebut mendukung pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi mandiri pada teknologi pengendalian hama di lahan.

Kelompok Tani Padangtiku merupakan mitra kegiatan yang mengelola sekitar 1 ha kebun dengan 300 tanaman kakao varietas MCC02 di Lereng Gunung Kajuangin, Kelurahan Rampoang, Kecamatan Bara, Kota Palopo. Berdasarkan identifikasi awal program, permasalahan utama mitra adalah gangguan monyet, serangan hama pada buah, penggunaan pestisida kimia, dan keterbatasan teknologi pengendalian yang mudah dioperasikan. Masalah tersebut tidak cukup ditangani dengan satu metode karena prinsip PHT menempatkan monitoring, pencegahan, dan kombinasi tindakan sebagai dasar pengelolaan hama berkelanjutan (Deguine et al., 2021).

Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan ini menerapkan integrasi pagar elektrik ramah satwa dan perangkat lampu UV bertenaga surya sebagai teknologi preventif dan monitoring pada kebun kakao mitra. Tujuan kegiatan adalah (1) mengurangi gangguan satwa dan tekanan serangan pada buah, (2) mengurangi ketergantungan pada pestisida, (3) mendukung peningkatan hasil panen, dan (4) meningkatkan pengetahuan serta keterampilan mitra dalam mengoperasikan dan merawat teknologi. Kegiatan ini diharapkan menghasilkan model penerapan teknologi sederhana yang dapat dikembangkan pada kebun kakao dengan karakteristik serupa.

Metode

Kegiatan dilaksanakan pada kebun kakao Kelompok Tani Padangtiku di Lereng Gunung Kajuangin, Kelurahan Rampoang, Kecamatan Bara, Kota Palopo, Sulawesi Selatan. Kebun mitra memiliki luas sekitar 1 ha dengan 600 tanaman kakao yang terdiri dari 300 TBM (tanaman belum menghasilkan) dan 300 TM (tanaman menghasilkan) menggunakan klon MCC02. Kegiatan melibatkan mahasiswa pelaksana, dosen pembimbing, dan mitra sebagai pengguna teknologi. Pelaksanaan dirancang sebagai kegiatan penerapan teknologi dan evaluasi perubahan kondisi sebelum dan sesudah intervensi.

A. Tahapan Pelaksanaan

Tahap pertama berupa identifikasi masalah melalui observasi lapangan dan wawancara. Observasi diarahkan pada kondisi tanaman, buah, batas kebun, jalur masuk satwa, dan keberadaan serangga. Wawancara digunakan untuk menggali pengalaman mitra mengenai gangguan monyet, serangan hama, praktik penggunaan pestisida, serta kebutuhan teknologi.

Tahap kedua berupa perancangan, perakitan, pemasangan, dan uji fungsi teknologi. Sistem yang diterapkan terdiri atas pagar elektrik berarus rendah sebagai penghalang akses satwa dan perangkat lampu UV dengan sumber energi panel surya serta penyimpanan energi baterai. Pemasangan dilakukan pada bagian kebun yang ditetapkan berdasarkan kondisi lapangan. Uji fungsi dilakukan sebelum alat digunakan oleh mitra.

Tahap ketiga berupa sosialisasi, pelatihan, dan pendampingan. Materi meliputi fungsi komponen, prinsip kerja, prosedur pengoperasian, pemeriksaan rutin, dan perawatan dasar. Mitra dilibatkan dalam praktik agar transfer teknologi tidak berhenti pada serah terima alat. Buku panduan penggunaan diserahkan sebagai rujukan operasional.

Tahap keempat berupa monitoring dan evaluasi. Parameter yang dicatat meliputi intensitas serangan buah, jumlah serangga yang tertangkap perangkap UV, kejadian masuk monyet, penggunaan pestisida, hasil panen, serta pengetahuan dan keterampilan mitra. Data dibandingkan antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan.

B. Pengukuran dan Analisis Data

Intensitas serangan buah dihitung menggunakan persamaan $IS = a/(a+b) \times 100\%$, dengan a sebagai jumlah buah terserang dan b sebagai jumlah buah tidak terserang. Pengamatan dilakukan pada tiga unit sampel (U1–U3), masing-masing 100 buah. Nilai intensitas sesudah penerapan dihitung dari tiga unit tersebut dan dibandingkan dengan rata-rata sebelum penerapan.

$$IS = a / (a + b) \times 100\%$$

Monitoring perangkap UV dilakukan selama tujuh malam dengan lama operasi 10 jam per malam. Total serangga yang tertangkap dicatat setiap malam dan dikelompokkan menjadi serangga sasaran dan serangga lain sesuai kategori pada lembar monitoring lapangan. Kategori tersebut bersifat operasional dan tidak digunakan untuk menyatakan identitas spesies karena identifikasi taksonomi tidak dilakukan.

Gangguan monyet diukur berdasarkan jumlah kejadian masuk kebun dan jumlah buah rusak selama 30 hari sebelum dan sesudah penerapan. Penggunaan pestisida dicatat dalam liter per siklus pada luas kebun 1 ha. Produksi dicatat dalam kilogram per periode pencatatan. Pengetahuan dan keterampilan dinilai pada skala 0–100 untuk tiga indikator: pengetahuan fungsi dan prinsip alat, keterampilan pengoperasian, dan keterampilan perawatan dasar.

Analisis dilakukan secara deskriptif. Persentase penurunan dihitung sebagai (nilai sebelum nilai sesudah)/nilai sebelum $\times 100\%$, sedangkan persentase peningkatan dihitung sebagai (nilai sesudah nilai sebelum)/nilai sebelum $\times 100\%$. Karena desain kegiatan menggunakan satu lokasi tanpa kelompok kontrol, hasil ditafsirkan sebagai perubahan yang teramati setelah penerapan teknologi, bukan sebagai estimasi efek kausal tunggal.

Hasil

Implementasi teknologi dilakukan melalui pemasangan pagar elektrik pada batas kebun yang digunakan sebagai jalur masuk satwa dan penempatan perangkap UV pada lokasi yang sesuai untuk operasi malam hari. Proses penerapan dilanjutkan dengan pelatihan dan pendampingan agar mitra memahami fungsi alat,

pengoperasian, serta perawatan dasar. Dokumentasi lapangan menunjukkan keterlibatan mahasiswa, dosen pembimbing, dan mitra selama pelaksanaan dan transfer teknologi.

1. Perubahan Indikator Utama

Indikator	Sebelum	Sesudah	Perubahan	Keterangan
Intensitas serangan buah	42,00%	12,67%	↓ 69,84%	Mendekati target 70%
Kejadian masuk monyet	10 kejadian/30 hari	3 kejadian/30 hari	↓ 70%	Mencapai target
Penggunaan pestisida	20 L/siklus	6 L/siklus	↓ 70%	Mencapai target
Produksi kakao	120 kg/periode	204 kg/periode	↑ 70%	Mencapai target
Pengetahuan mitra	50	85	↑ 70%	Mencapai target
Keterampilan pengoperasian	50	85	↑ 70%	Mencapai target
Keterampilan perawatan	50	85	↑ 70%	Mencapai target

Tabel 1. Perubahan indikator utama sebelum dan sesudah penerapan teknologi.

Intensitas serangan buah pada tiga unit sampel menunjukkan penurunan pada seluruh unit. U1 turun dari 42% menjadi 13%, U2 dari 41% menjadi 12%, dan U3 dari 43% menjadi 13%. Rata-rata intensitas turun dari 42,00% menjadi 12,67%, sehingga penurunan relatif mencapai 69,84%. Nilai ini sangat dekat dengan target program sebesar 70%, tetapi secara matematis belum tepat 70%. Hasil tersebut memberikan indikasi adanya perbaikan kondisi buah selama periode monitoring setelah penerapan.

Penurunan kejadian masuk monyet dari 10 menjadi 3 kejadian per 30 hari menunjukkan perubahan sebesar 70%. Secara praktis, data ini mendukung fungsi pagar sebagai penghalang akses satwa. Temuan tersebut sejalan dengan literatur yang menunjukkan bahwa *electric fencing* dapat menjadi salah satu strategi mitigasi konflik manusia dengan satwa pada pertanian skala kecil (Feuerbacher et al., 2021). Namun, efektivitas pagar sangat bergantung pada desain, pemeliharaan, kondisi lingkungan, dan perilaku spesies sehingga keberhasilan pada satu kebun tidak dapat langsung digeneralisasi.

Penggunaan pestisida berkurang dari 20 menjadi 6 L per siklus pada luasan 1 ha atau turun 70%. Penurunan ini merupakan hasil yang relevan dari sisi lingkungan dan biaya operasional, tetapi tidak berarti penggunaan pestisida harus dihentikan secara total. Prinsip PHT justru menempatkan pestisida sebagai salah satu pilihan

pengendalian yang digunakan berdasarkan hasil monitoring dan kebutuhan ambang pengendalian (Deguine et al., 2021; Meilin et al., 2023).

Produksi meningkat dari 120 menjadi 204 kg per periode pencatatan atau 70%. Kenaikan produksi merupakan indikator positif dari hasil kegiatan, tetapi belum dapat diklaim sebagai akibat tunggal teknologi karena tidak tersedia kelompok pembanding dan data produksi jangka panjang. Faktor lain seperti umur buah, waktu panen, curah hujan, pemeliharaan, dan kondisi tanaman dapat memengaruhi hasil. Oleh karena itu, data produksi lebih tepat diposisikan sebagai indikator perubahan kinerja kebun setelah intervensi.

2. Kinerja Perangkat Lampu UV

Malam	Operasi (jam)	Total tertangkap	Sasaran*	Lainnya	Sasaran (%)
1	10	11	8	3	72.73
2	10	12	9	3	75.00
3	10	10	7	3	70.00
4	10	13	9	4	69.23
5	10	11	8	3	72.73
6	10	14	10	4	71.43
7	10	13	9	4	69.23

Tabel 2. Hasil monitoring perangkat lampu UV selama tujuh malam. *Kategori sasaran mengikuti lembar monitoring lapangan dan belum merupakan identifikasi taksonomi spesies.

Perangkat UV menangkap 84 serangga selama tujuh malam, atau rata-rata 12 ekor per malam. Sebanyak 60 ekor dikategorikan sebagai serangga sasaran dan 24 ekor sebagai serangga lain. Proporsi kategori sasaran mencapai 71,43%. Kinerja tersebut menunjukkan bahwa alat dapat berfungsi sebagai perangkat monitoring dan penangkapan serangga malam pada lokasi tanpa ketergantungan terhadap listrik jaringan. Hasil ini konsisten dengan penelitian yang menunjukkan kemampuan perangkat UV bertenaga surya untuk menarik serangga dan mendukung monitoring pada lahan dengan pasokan listrik yang tidak konsisten (Alamsyah et al., 2017; Muthu et al., 2021; Pranoto et al., 2025).

Meskipun demikian, jumlah tangkapan tidak dapat langsung dianggap sebagai jumlah penggerek buah kakao. Lampu UV bersifat menarik berbagai serangga fototaksis, sehingga komposisi tangkapan dapat berubah menurut cuaca, fase bulan, vegetasi sekitar, posisi perangkat, dan komunitas serangga. Penelitian tentang monitoring *C. cramerella* menunjukkan pentingnya metode monitoring yang lebih spesifik untuk menentukan keberadaan dan tingkat serangan hama tersebut (Sulistyowati et al., 2005; Niogret et al., 2022a, 2022b). Pada kegiatan berikutnya, identifikasi morfologi atau metode monitoring spesifik perlu ditambahkan.

3. Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Mitra

Indikator	Sebelum	Sesudah	Peningkatan	Status
Pengetahuan fungsi dan prinsip alat	50	85	70%	Mencapai target
Keterampilan pengoperasian alat	50	85	70%	Mencapai target
Keterampilan perawatan dasar	50	85	70%	Mencapai target

Tabel 3. Perubahan pengetahuan dan keterampilan mitra.

Skor pada ketiga indikator meningkat dari 50 menjadi 85, setara dengan peningkatan relatif 70%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sosialisasi, demonstrasi, praktik langsung, pendampingan, dan buku panduan dapat membantu meningkatkan kesiapan mitra. Peningkatan kapasitas pengguna merupakan komponen penting dalam penerapan teknologi karena keberlanjutan tidak hanya ditentukan oleh kinerja alat, tetapi juga kemampuan pengguna melakukan pemeriksaan dan perawatan.

Pendekatan transfer teknologi dalam kegiatan ini menempatkan mitra sebagai pengguna aktif, bukan hanya penerima alat. Keterlibatan tersebut penting karena penerapan PHT yang berkelanjutan membutuhkan keterlibatan petani dalam proses pengamatan, pengambilan keputusan, dan pengelolaan teknologi (Deguine et al., 2021). Untuk pengembangan selanjutnya, evaluasi kompetensi dapat diperkuat menggunakan instrumen dengan beberapa butir pertanyaan, rubrik keterampilan, dan pengukuran berulang.



Gambar 1. Tim mahasiswa, dosen pembimbing, dan mitra pada lokasi kegiatan.



Gambar 2. Tim dan mitra melakukan pemeriksaan teknologi pengendalian hama di kebun.



Gambar 3. Penyerahan buku panduan penggunaan teknologi kepada mitra.

4. Capaian Program dan Keberlanjutan

Secara keseluruhan, sebagian besar indikator program menunjukkan perubahan sebesar 70%, yaitu kejadian masuk monyet, penggunaan pestisida, produksi, pengetahuan, keterampilan pengoperasian, dan keterampilan perawatan. Intensitas serangan buah menurun 69,84%, sehingga berada sangat dekat dengan

target 70%. Perangkat UV menangkap 84 serangga selama tujuh malam dan memberikan informasi operasional mengenai keberadaan serangga malam di lokasi.

Keberlanjutan diarahkan melalui pemeriksaan berkala pada pagar, panel surya, baterai, dan perangkat; penggunaan buku panduan; pencatatan kejadian satwa dan tangkapan serangga; serta komunikasi antara mitra dan tim pendamping. Teknologi sebaiknya dipadukan dengan sanitasi kebun, pemangkasan, pemanenan tepat waktu, monitoring buah, dan penggunaan pestisida secara selektif. Dengan demikian, teknologi berfungsi sebagai bagian dari sistem PHT, bukan sebagai metode tunggal.

Keterbatasan utama evaluasi adalah desain satu lokasi dengan perbandingan sebelum dan sesudah, durasi monitoring yang berbeda antarindikator, dan belum adanya identifikasi taksonomi terhadap serangga tangkapan UV. Oleh karena itu, kegiatan lanjutan disarankan menggunakan periode pengamatan lebih panjang, unit sampel lebih banyak, pencatatan tanggal yang konsisten, kelompok pembanding, serta identifikasi spesies. Keterbatasan tersebut penting dicantumkan agar interpretasi capaian tidak melampaui bukti yang tersedia.

Simpulan

Penerapan smart farming berbasis pagar elektrik ramah satwa dan perangkat lampu UV bertenaga surya pada Kelompok Tani Padangtiku menghasilkan perubahan positif pada indikator teknis, lingkungan, produksi, dan kapasitas mitra. Intensitas serangan buah menurun dari 42,00% menjadi 12,67% atau 69,84%; kejadian masuk monyet turun dari 10 menjadi 3 kejadian per 30 hari atau 70%; penggunaan pestisida turun dari 20 menjadi 6 L per siklus atau 70%; dan produksi meningkat dari 120 menjadi 204 kg per periode pencatatan atau 70%. Perangkat UV menangkap 84 serangga selama tujuh malam, dengan 60 ekor dikategorikan sebagai sasaran berdasarkan lembar monitoring. Pengetahuan dan keterampilan mitra meningkat dari skor 50 menjadi 85 pada tiga indikator.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa teknologi yang diterapkan layak digunakan sebagai pendekatan preventif dan monitoring pada kebun kakao mitra. Namun, hasil belum dapat diposisikan sebagai bukti kausal tunggal karena tidak menggunakan kelompok kontrol dan monitoring jangka panjang. Pengembangan selanjutnya perlu memperpanjang periode pengamatan, menambah unit pembanding, memperkuat identifikasi hama, dan mempertahankan pendampingan pemeliharaan agar teknologi berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Tim menyampaikan terima kasih kepada Universitas Cokroaminoto Palopo, dosen pembimbing, Kelompok Tani Padangtiku, serta seluruh pihak yang mendukung pelaksanaan Program Kreativitas Mahasiswa–Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Partisipasi mitra dalam pemasangan, pengoperasian, monitoring, dan perawatan teknologi menjadi bagian penting dari pelaksanaan kegiatan.

Daftar Pustaka

- Alamsyah, W., Nurhilal, O., Mindara, J. Y., Saad, A. H., Setianto, S., & Hidayat, S. (2017). Alat perangkap hama dengan metode cahaya UV dan sumber listrik panel surya. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 1(1), 37–44. <https://doi.org/10.24198/jiif.v1n1.5>
- Badan Pusat Statistik. (2024). Statistik Kakao Indonesia 2023. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/11/29/ed255af0c9059f288fb7e1de/statistik-kakao-indonesia-2023.html>
- Badan Pusat Statistik. (2025). Statistik tanaman perkebunan tahunan Indonesia 2024 (kelapa sawit, kopi, kakao, karet, teh, dan komoditas Perkebunan unggulan). Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/assets/publication/2025/08/29/8d2a6ab3510f9828daf73191/statistik-tanaman-perkebunan-tahunan-indonesia-2024--kelapa-sawit--kopi--kakao--karet--teh--dan-komoditas-perkebunan-unggulan-.html>
- Deguine, J.-P., Aubertot, J.-N., Flor, R. J., Lescourret, F., Wyckhuys, K. A. G., & Ratnadass, A. (2021). Integrated pest management: Good intentions, hard realities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, 38. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00689-w>
- Feuerbacher, A., Lippert, C., Kuenzang, J., & Subedi, K. (2021). Low-cost electric fencing for peaceful coexistence: An analysis of human-wildlife conflict mitigation strategies in smallholder agriculture. *Biological Conservation*, 255, 108919. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108919>
- Meilin, A., Yuliani, N., Nurhayati, et al. (2023). The integrated pest management implementation of the cocoa pod borer in Indonesia. In *Shifting Frontiers of Theobroma cacao: Opportunities and Challenges for Production*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112380>
- Pranoto, C. R., Ilham, M. A., Raditya, Y., Masluki, M., Mutmainnah, M., Naim, M., & Iriansa. (2025). Inovasi teknologi ramah lingkungan: Pengendalian hama padi sawah dengan speaker frekuensi tinggi dan lampu ultraviolet berbasis energi panel surya. *Jurnal Abdimas Indonesia*, 5(4), 2800–2807.
- Balamurugan, R., & Kandasamy, P. . (2021). Effectiveness of portable solar-powered light-emitting diode insect trap: Experimental investigation in agroundnut field. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(4), 1024–1032. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.09.013>
- Niogret, J., Ekayanti, A., & Zhang, A. (2022a). Sex pheromone of cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella*: Field activity evaluation of pheromone formulations in an Indonesia plantation. *Insects*, 13(8), 663. <https://doi.org/10.3390/insects13080663>
- Niogret, J., Kendra, P. E., Ekayanti, A., Zhang, A., Marelli, J.-P., Tabanca, N., & Epsky, N. (2022b). Development of a kairomone-based attractant as a monitoring tool for the cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera: Gracillariidae). *Insects*, 13(9), 813. <https://doi.org/10.3390/insects13090813>

- Riley, E. P. (2007). The human–macaque interface: Conservation implications of current and future overlap and conflict in Lore Lindu National Park, Sulawesi, Indonesia. *American Anthropologist*, 109(3), 473–484. <https://doi.org/10.1525/aa.2007.109.3.473>
- Riley, E. P., & Priston, N. E. C. (2010). Macaques in farms and folklore: Exploring the human–nonhuman primate interface in Sulawesi, Indonesia. *American Journal of Primatology*, 72(10), 848–854. <https://doi.org/10.1002/ajp.20798>
- Sulistyowati, E., Wardani, S., & Mufrihati, E. (2005). Development of monitoring technique for cocoa pod borer (*Conopomorpha cramerella* Snell.). *Pelita Perkebunan*, 21(3). <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v21i3.24>