

KEANEKARAGAMAN ARTROPODA DAN STRUKTUR POPULASI KUMBANG BADAK DAN KUMBANG TANDUK DI LAHAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

ARTHROPOD DIVERSITY AND POPULATION STRUCTURE OF RHINOCEROS BEETLES AND HORNED BEETLES IN OIL PALM PLANTATIONS

**Akmal^{1*}, Annas Boceng², Paradillah Ilyas Mattola¹, Sukriming Sapareng¹, Aqsyah
Anggraini³, Rusida³, Dewi Marwati Nuryanti³**

¹Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Andi Djemma, Palopo, Indonesia

²Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muslim, Makassar, Indonesia

³Program Studi Agribisnis Fakultas Petanian Universitas Andi Djemma, Palopo, Indonesia

*Email penulis korespondensi: akmalzaihar68@gmail.com

Abstrak

Perubahan fase pertumbuhan kelapa sawit berpotensi mempengaruhi dinamika populasi kumbang badak (*Oryctes rhinoceros* L.) dan kumbang tanduk (*Xylotrupes gideon* L.), dua spesies hama utama yang dapat menurunkan produktivitas perkebunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur populasi kedua spesies kumbang tersebut serta keanekaragaman artropoda pada perkebunan kelapa sawit di dua lokasi dengan fase pertumbuhan berbeda, yaitu tanaman belum menghasilkan (TBM) dan tanaman menghasilkan (TM). Kelimpahan imago kumbang badak dan kumbang tanduk diamati dengan menggunakan perangkap. Untuk setiap plot pengamatan, dipasang dua buah ember hitam berdiameter 30 cm yang digantung pada tiang kayu setinggi 3 meter dari permukaan tanah. Salah satu perangkap diisi dengan feromon yang mengandung senyawa aktif etil-4-metil-oktanoat, yang ditujukan untuk menarik dan menangkap imago kumbang badak. Pengamatan kelimpahan imago dilakukan dengan cara mengamati jumlah kumbang yang terperangkap dalam perangkap selama periode penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi pradewasa kumbang badak hanya ditemukan pada lokasi TM dengan rata-rata populasi $8,71 \pm 18,21$ individu/plot, sementara kumbang tanduk ditemukan di kedua lokasi dengan populasi yang lebih tinggi pada lokasi TBM ($30,13 \pm 18,25$ individu/plot) dibandingkan TM ($22,33 \pm 12,66$ individu/plot). Struktur populasi kumbang badak didominasi oleh larva instar I dan II, sedangkan kumbang tanduk didominasi oleh larva instar I, II, dan III. Selain itu, keanekaragaman artropoda di lokasi TM lebih tinggi dibandingkan TBM, terutama pada pengambilan sampel menggunakan metode corong berlese. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi pengelolaan hama di perkebunan kelapa sawit, khususnya dalam meminimalkan kerugian akibat hama dengan pendekatan berbasis fase pertumbuhan tanaman dan pengelolaan keanekaragaman hayati.

Kata kunci: kumbang badak, kumbang tanduk, keanekaragaman artropoda, kelapa sawit, pengelolaan hama

Abstract

Changes in the growth phase of oil palm can potentially affect the population dynamics of rhinoceros beetles (*Oryctes rhinoceros* L.) and horned beetles (*Xylotrupes gideon* L.), two major pest species that can reduce plantation productivity. This study aims to identify the population structure of the two beetle species and the diversity of arthropods in oil palm plantations in two locations with different growth phases, namely immature plants (TBM) and producing plants (TM). The results showed that the rhino beetle preadult population was only found in the TM location with an average population of 8.71 ± 18.21 individuals/plot, while the horned beetle was found in both locations with a higher population in the TBM location (30.13 ± 18.25 individuals/plot) compared to TM (22.33 ± 12.66 individuals/plot). The population structure of rhinoceros beetles was dominated by instar I and II larvae, while horned beetles were dominated by instar I, II, and III larvae. In addition, the diversity of arthropods in the TM site was higher than that in the TBM site, especially when sampling using the berlese funnel method. These findings have important implications for pest management in oil palm plantations, especially in minimizing losses due to pests with a plant growth phase-based approach and biodiversity management.

Keywords: rhinoceros beetle, horned beetle, arthropod diversity, oil palm, pest management

PENDAHULUAN

Indonesia telah menjadi produsen minyak sawit terbesar di dunia sejak 2006, melampaui Malaysia pada tahun 2016. Produksi minyak sawit mentah global (CPO) Indonesia mencapai 53,4%, sementara Malaysia adalah 32% (Anjani et al., 2022). Kelapa sawit tidak hanya berkontribusi signifikan terhadap perekonomian global, tetapi berdampak langsung pada ekosistem tempat tumbuh (Liu et al., 2024). Di antara berbagai komponen keanekaragaman hayati, artropoda memegang peranan krusial dalam menjaga keseimbangan ekologis, yaitu sebagai pemangsa alami, penyerbuk, dan pengurai. Namun, praktik intensif dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit dapat mempengaruhi distribusi dan komposisi populasi artropoda, seperti kumbang badak (*Oryctes rhinoceros* L.) dan kumbang tanduk (*Xylotrupes gideon* L.) (Ramle et al., 2005).

Arthropoda sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekologis sebagai herbivora, predator, dan detritivora dalam ekosistem kelapa sawit. Konversi lahan hutan menjadi perkebunan kelapa sawit menyebabkan perubahan ekologis yang signifikan, termasuk mempengaruhi populasi arthropoda (Haneda et al., 2017). Keanekaragaman arthropoda jauh lebih rendah di perkebunan kelapa sawit dibandingkan hutan primer dan sekunder (Savilaakso et al., 2014). Penelitian yang dilakukan di Perkebunan PT Barito Putera, populasi kumbang badak dipantau menggunakan ferotrap bahwa rata-rata 35 kumbang per bulan, yang melebihi ambang batas ekonomi 3 kumbang per hektar per bulan (Haneda et al., 2017). Kepadatan populasi kumbang badak dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kadar air dan keberadaan tanaman penutup tanah. Kelembaban tinggi dan bahan organik yang membusuk memberikan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan kumbang (Savilaakso et al., 2014). Kelimpahan serangga termasuk kumbang, bervariasi berdasarkan topografi di perkebunan kelapa sawit. Topografi yang lebih rendah cenderung mendukung kelimpahan serangga dibandingkan topografi lebih tinggi (Santoso et al., 2023).

Meskipun keanekaragaman artropoda di perkebunan kelapa sawit diakui memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, studi terkait distribusi spesies dan struktur populasi kumbang badak dan kumbang tanduk di perkebunan kelapa sawit Luwu Utara masih terbatas (Tabein et al., 2025). Kurangnya data empiris yang komprehensif tentang dinamika populasi kedua spesies ini, terutama dalam kaitannya dengan perubahan tata kelola lahan perkebunan, menyulitkan upaya untuk mengembangkan strategi pengelolaan yang mendukung keberlanjutan ekologi (Herdiansyah & Mamola, 2025).

Selain itu, penelitian sebelumnya hanya berfokus pada dampak makro ekologi dari praktik intensifikasi perkebunan tanpa memperhitungkan bagaimana pengelolaan tersebut memengaruhi keanekaragaman hayati mikro, khususnya artropoda (Timperley et al., 2025; Azhar et al., 2023; Dalheimer et al., 2024). Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan data baru mengenai struktur populasi kumbang dan keanekaragaman artropoda di ekosistem perkebunan kelapa sawit khusus di Kabupaten Luwu Utara. Penelitian ini tidak hanya relevan untuk ilmu ekologi dan entomologi, tetapi juga bagi pengambil kebijakan yang bekerja dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit dan konservasi keanekaragaman hayati.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dengan pengamatan langsung di lapangan pada dua lokasi perkebunan kelapa sawit dengan fase pertumbuhan yang berbeda, yaitu perkebunan tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM) dengan umur tanaman 2 tahun, dan perkebunan tanaman kelapa sawit sudah menghasilkan (TM) dengan umur tanaman 5, 8,

11, dan 14 tahun. Masing-masing lokasi penelitian terdiri dari 15 plot pengamatan, di mana setiap plot pengamatan dibagi menjadi tiga subplot berukuran 1 m x 1 m. Jarak antara plot pengamatan yang satu dengan yang lainnya adalah sekitar 200 meter. Penentuan lokasi plot pengamatan dilakukan secara acak, dengan mempertimbangkan keberadaan larva kumbang badak dan kumbang tanduk yang ditemukan di area penelitian. Setiap plot pengamatan terdiri dari 8 baris tanaman kelapa sawit, dengan jumlah populasi 52 tanaman per plot.

Untuk mengetahui struktur populasi kumbang, dilakukan penggalian tanah pada setiap titik pengamatan. Setiap titik pengamatan digali dengan luas area 1 m x 1 m dan kedalaman 0,5 m dari permukaan tanah, dengan total tiga titik pengamatan per plot. Tanah hasil penggalian kemudian diayak menggunakan ayakan modifikasi saringan dengan ukuran lubang 0,5 cm x 0,5 cm, untuk memudahkan pengamatan terhadap individu kumbang yang berukuran kecil, seperti telur dan larva instar I. Setiap individu yang ditemukan dihitung dan dikelompokkan berdasarkan jenis kumbang dan fase perkembangannya, yaitu telur, larva instar I, larva instar II, larva instar III, pupa, dan imago. Kelimpahan imago kumbang badak dan kumbang tanduk diamati dengan menggunakan perangkap. Untuk setiap plot pengamatan, dipasang dua buah ember hitam berdiameter 30 cm yang digantung pada tiang kayu setinggi 3 meter dari permukaan tanah. Salah satu perangkap diisi dengan feromon yang mengandung senyawa aktif etil-4-metil-oktanoat, yang ditujukan untuk menarik dan menangkap imago kumbang badak. Pengamatan kelimpahan imago dilakukan dengan cara mengamati jumlah kumbang yang terperangkap dalam perangkap selama periode penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur dan Kelimpahan Populasi Kumbang Badak dan Kumbang Tanduk

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan dalam keberadaan kedua spesies kumbang pada dua lokasi yang berbeda, yaitu tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM) dan tanaman menghasilkan (TM). Populasi pradewasa kumbang badak hanya ditemukan pada lokasi TM, dengan rata-rata populasi sebesar $8,71 \pm 18,21$ individu per plot. Sebaliknya, populasi pradewasa kumbang tanduk ditemukan pada kedua lokasi penelitian, dengan rata-rata populasi sebesar $30,13 \pm 18,25$ individu per plot pada lokasi TBM dan $22,33 \pm 12,66$ individu per plot pada lokasi TM (Tabel 1).

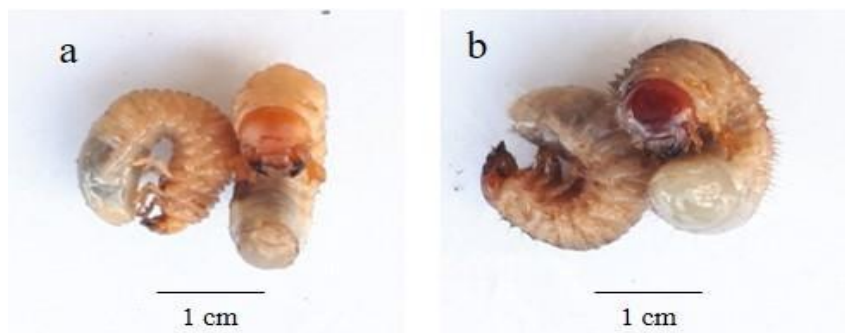
Tabel 1. Populasi pradewasa kumbang badak dan kumbang tanduk pada tempat perkembangbiakan

Spesies	Rata-rata individu/plot ($\bar{x} \pm SD$)*	
	TBM	TM
Kumbang badak	$0,00^a \pm 0,00$	$8,71^b \pm 18,21$
Kumbang tanduk	$30,13^a \pm 18,25$	$22,33^a \pm 12,66$

Keterangan: *Angka pada baris yang sama diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji t-Test ($\alpha = 0,05$). Data adalah nilai rata-rata dari $n = 15$.

Populasi kumbang yang ditemukan pada *breeding site* hampir seluruhnya merupakan fase pradewasa yang didominasi oleh larva, dan hanya 1 individu imago kumbang yang ditemukan. Larva kedua jenis kumbang dapat dibedakan dengan melihat warna kepala dan keberadaan rambut-rambut pada abdomennya. Larva kumbang badak memiliki kepala yang berwarna kuning dan abdomen dengan rambut (*setae*) yang tidak lebat, sedangkan larva kumbang tanduk memiliki kepala yang berwarna merah kecokelatan sampai gelap, dan abdomen dengan rambut yang lebat (Gambar1) (Sapareng et al. 2025)

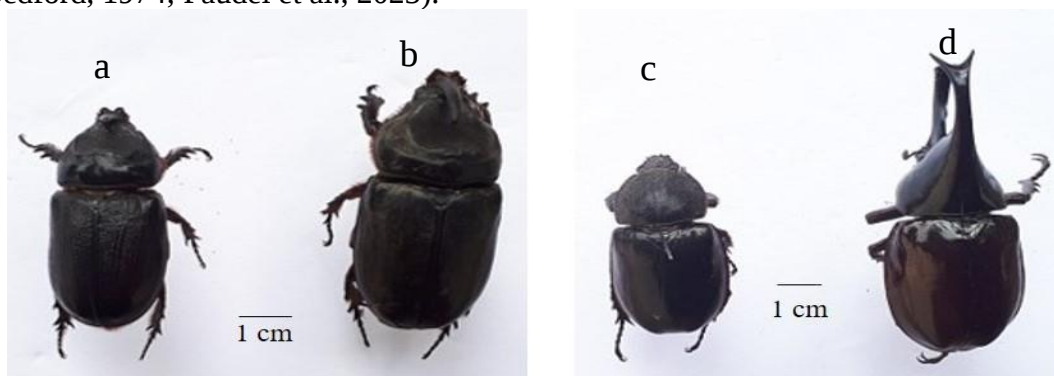
(Bedford 1974). Perbedaan ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan yang lebih mendukung habitat perkembangan kumbang badak di lahan yang sudah menghasilkan, seperti ketersediaan bahan organik dan kelembapan tanah yang lebih stabil (Hergoualc'h et al. 2025; Ratai et al. 2024).



Gambar 1. Larva kumbang badak dan kumbang tanduk yang ditemukan di lokasi penelitian. (a, larva kumbang badak; dan b, larva kumbang tanduk)

Populasi kumbang badak pada lokasi TM didominasi oleh larva instar I dan instar II, dengan kelimpahan tertinggi pada larva instar II mencapai 50,0% dari total populasi kumbang badak, yang berjumlah 134 individu. Larva instar I menyumbang 46,3% dan telur hanya 3,7%. Sementara itu, pada lokasi TBM, kumbang badak tidak ditemukan. Hal ini menunjukkan bahwa kumbang tanduk memiliki rentang toleransi yang lebih luas terhadap berbagai kondisi lingkungan, sehingga dapat berkembang di berbagai fase pertumbuhan tanaman kelapa sawit (Valois et al., 2019). Dominasi larva instar I pada kedua lokasi untuk kumbang tanduk juga menunjukkan reproduksi yang tinggi, faktor lingkungan dan ketersediaan pakan yang berbeda antara lokasi TBM dan TM (Davies et al., 2021).

Imago kumbang badak dan kumbang tanduk berhasil diperoleh dari perangkap yang dipasang baik pada lokasi tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM) maupun tanaman menghasilkan (TM). Imago kumbang badak berwarna hitam mengkilap dengan satu tanduk yang menonjol pada bagian kepala (Gambar 2a dan 2b). Imago betina memiliki bulu tebal pada bagian ujung abdomen. Kumbang tanduk berwarna coklat kehitaman, imago jantannya memiliki satu tanduk pada bagian kepala dan satu tanduk pada bagian pronotum dan imago betina tidak memiliki tanduk (Gambar 2c dan 2d) (Bedford, 1974; Paudel et al., 2023).



Gambar 2. Imago kumbang badak dan kumbang tanduk yang ditemukan pada lokasi penelitian, yaitu a= kumbang badak betina; b= kumbang badak jantan; c= kumbang tanduk betina; dan d= kumbang tanduk jantan.

Untuk kumbang tanduk, dominasi stadia perkembangan berbeda antara lokasi TBM dan TM. Di lokasi TBM, kelimpahan tertinggi ditemukan pada larva instar I, yang mencapai 28,3% dari total populasi kumbang tanduk yang berjumlah 449 individu, diikuti oleh larva instar III (27,4%), larva instar II (24,7%), telur (0,2%), pupa (0,2%), dan imago (0,2%). Di lokasi TM, kelimpahan kumbang tanduk tertinggi terdapat pada larva instar III, yang menyumbang 35,7% dari total populasi, yang berjumlah 308 individu. Larva instar I menyumbang 30,5%, larva instar II 19,8%, dan telur 14,0%.

Keanekaragaman Artropoda

Jumlah artropoda yang ditemukan pada kedua lokasi pengamatan terdiri dari 12 ordo, 25 famili, 49 morfospesies, dan 2586 individu. Kekayaan spesies artropoda menunjukkan perbedaan yang signifikan tergantung pada metode pengambilan sampel. Pada metode pengambilan sampel menggunakan *pitfall trap*, hasil pengamatan menunjukkan jumlah artropoda yang relatif serupa antara lokasi TBM dan TM, dengan masing-masing ditemukan 34 spesies dan 939 individu di lokasi TBM, serta 28 spesies dan 956 individu di lokasi TM.

Hasil analisis korelasi antara karakteristik kimia tanah pada *breeding site* dengan kelimpahan setiap fase pradewasa kumbang relatif rendah (Tabel 2). Hasil ini menunjukkan bahwa faktor lingkungan pada *breeding site* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap populasi kedua jenis kumbang tersebut. Kandungan unsur-unsur kimia pada *breeding site*, seperti N, P, Ca, Mg dan C tidak memberikan pengaruh langsung terhadap kepadatan populasi larva kumbang tanduk (Arvind et al., 2023). Pernyataan lebih lanjut dari Adanya hubungan antara curah hujan dengan tingkat fekunditas dikarenakan naluri serangga tersebut untuk bertahan hidup dan berkembang biak (Etebari et al., 2021). Hujan pada malam hari meningkatkan hasil tangkapan kumbang tanduk kelapa pada perangkap yang terbuat dari batang kelapa yang telah membusuk (Arvind et al., 2020).

Tabel 2. Nilai koefisien korelasi faktor lingkungan dengan jumlah individu pada stadia pradewasa kumbang badak dan kumbang tanduk

Stadia	Nilai Koefisien Korelasi			
	pH	C org.	N total	C/N
Telur	-0,19	-0,22	-0,30	0,22
Instar I	-0,03	-0,15	-0,19	0,10
Instar II	0,20	-0,22	-0,54	0,34
Instar III	-0,25	0,37	0,23	0,30

Namun, pada metode pengambilan sampel menggunakan corong berlese, kekayaan spesies dan jumlah individu artropoda lebih tinggi di lokasi TM dibandingkan dengan lokasi TBM. Di lokasi TBM, ditemukan 14 spesies dan 194 individu artropoda, sedangkan di lokasi TM ditemukan 22 spesies dan 497 individu. Perbedaan ini menunjukkan bahwa lokasi perkebunan kelapa sawit yang sudah menghasilkan (TM) mendukung keberagaman dan kelimpahan artropoda yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi yang belum menghasilkan (TBM).

Populasi kumbang badak yang hanya ditemukan di lokasi TM menunjukkan adanya hubungan erat antara spesies dengan fase pertumbuhan tanaman kelapa sawit yang sudah menghasilkan. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan sumber daya dan kondisi mikrohabitat yang lebih menguntungkan (Etebari et al., 2022). Sebaliknya, keberadaan kumbang tanduk di kedua lokasi mengindikasikan memiliki fleksibilitas ekologis yang

lebih tinggi untuk beradaptasi dengan perubahan kondisi lingkungan yang terjadi seiring dengan fase pertumbuhan tanaman (Arvind et al., 2019).

Tabel 3. Kelimpahan imago kumbang badak dan kumbang tanduk

Spesies	Rata-rata individu/plot ($\bar{x} \pm SD$)*	
	TBM	TM
Kumbang badak jantan	0,37 ^a ±0,55	1,02 ^a ±1,29
Kumbang badak betina	0,28 ^a ±0,71	0,87 ^a ±1,31
Kumbang tanduk jantan	2,79 ^a ±6,22	1,37 ^a ± 2,01
Kumbang tanduk betina	1,23 ^a ±2,78	0,92 ^a ±1,46

Keterangan: *Angka pada baris yang sama diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji t-Test ($\alpha = 0,05$). Data adalah nilai rata-rata dari $n = 15$.

Kelimpahan imago kumbang badak dan kumbang tanduk pada kedua lokasi pengamatan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata, baik pada imago jantan maupun imago betina. Pada spesies kumbang badak, rata-rata jumlah imago jantan yang tertangkap pada lokasi TBM $0,37 \pm 0,55$ individu/plot berbanding dengan pada lokasi TM sebesar $1,02 \pm 1,29$ individu/plot. Untuk imago betina kumbang badak, rata-rata jumlah imago yang tertangkap pada lokasi TBM sebesar $0,28 \pm 0,71$ individu/plot berbanding dengan pada lokasi TM sebesar $0,87 \pm 1,31$ individu/plot. Pada spesies kumbang tanduk, rata-rata jumlah imago jantan yang tertangkap pada lokasi TBM sebesar $2,79 \pm 6,22$ individu/plot berbanding dengan pada lokasi TM sebesar $1,37 \pm 2,01$ TBM. Untuk imago betina, rata-rata jumlah imago yang tertangkap pada lokasi TBM sebesar $1,23 \pm 2,78$ individu/plot berbanding dengan pada lokasi TM sebesar $0,92 \pm 1,46$ individu/plot. (Tabel 3).

Secara praktis, hasil penelitian ini memiliki implikasi terhadap pengelolaan perkebunan kelapa sawit, terutama pada pengendalian hama dan pengelolaan keberagaman hayati. Pengenalan kumbang badak sebagai indikator kesehatan ekosistem perkebunan kelapa sawit dapat menjadi dasar dalam strategi pengelolaan berbasis keberlanjutan, yang tidak hanya mengutamakan produksi tanaman, tetapi juga memperhatikan kelestarian lingkungan (Abdul Rahman et al., 2025; Rasyid et al., 2020).

KESIMPULAN DAN SARAN

Populasi pradewasa kumbang badak hanya ditemukan pada lokasi TM, dengan dominasi larva instar I dan II, sedangkan populasi kumbang tanduk ditemukan di kedua lokasi dengan proporsi larva instar I, II, dan III sebagai fase perkembangan dominan. Keberadaan kumbang badak yang terbatas pada lokasi TM menunjukkan hubungan erat antara fase pertumbuhan kelapa sawit dan dinamika populasi kumbang. Analisis keanekaragaman artropoda menunjukkan adanya 12 ordo, 25 famili, dan 49 morfospesies, dengan variasi kekayaan spesies yang lebih tinggi pada lokasi TM dibandingkan TBM. Fase pertumbuhan kelapa sawit tidak hanya memengaruhi keberadaan hama utama, tetapi juga komunitas artropoda pendukung ekosistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan dan

pendanaan yang diberikan melalui skema *Dana Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2024*. Dukungan ini sangat berperan dalam kelancaran pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rahman, Nazeri, Allene Albania Linus, Calvin Jose Jol, Siti Noor Linda Taib, Arif Parabi, Astisza Syahla Parabi, Chieng Kwong Ming, Flora Lizza Dampan, Ester Jose Jol, Arizona Bija Anak James, Airul Azhar Jitai, and Dayang Faidatul Aishah Abang Abdul Hamid. 2025. "Treatment of Borneo Midstream River Water Affected by Palm Oil Plantation Run-off with Sustainable Batch Electrocoagulation System." *Separation and Purification Technology* 355:129693. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.129693>.
- Anjani, Intan Giri, Alshalva Berliana Saputri, Azka Nabalalah Putri Armeira, and Dwi Januarita. 2022. "Analisis Konsumsi Dan Produksi Minyak Kelapa Sawit Di Indonesia Dengan Menerapkan Metode Moving Average." *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)* 9(4):1014. doi: [10.30865/jurikom.v9i4.4506](https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i4.4506).
- Arvind, Kumar, Ginny Antony, M. K. Rajesh, A. Josephraj Kumar, and Tony Grace. 2023. "Reference Genes for Expression Studies in Different Developmental Stages of *Oryctes Rhinoceros*, the Coconut Rhinoceros Beetle." *Journal of Asia-Pacific Entomology* 26(2):102066. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2023.102066>.
- Arvind, Kumar, M. K. Rajesh, and Tony Grace. 2019. "Nervous System Associated Pathway Reconstruction to Decipher the Neuroethology of *Oryctes Rhinoceros*, the Coconut Rhinoceros Beetle." *IBRO Reports* 6:S467. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ibror.2019.07.1471>.
- Arvind, Kumar, M. K. Rajesh, A. Josephraj Kumar, and Tony Grace. 2020. "Dataset of de Novo Assembly and Functional Annotation of the Transcriptome of Certain Developmental Stages of Coconut Rhinoceros Beetle, *Oryctes Rhinoceros* L." *Data in Brief* 28:105036. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.105036>.
- Azhar, Badrul, Aslinda Oon, Alex M. Lechner, Adham Ashton-Butt, Muhammad Syafiq Yahya, and David B. Lindenmayer. 2023. "Large-Scale Industrial Plantations Are More Likely than Smallholdings to Threaten Biodiversity from Oil Palm Replanting Spatial Disturbances." *Global Ecology and Conservation* 45:e02513. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02513>.
- Bedford, G. O. 1974. "Descriptions of the Larvae of Some Rhinoceros Beetles (Col., Scarabaeidae, Dynastinae) Associated with Coconut Palms in New Guinea." *Bulletin of Entomological Research* 63(3):445–72. doi: [DOI: 10.1017/S0007485300040943](https://doi.org/10.1017/S0007485300040943).
- Dalheimer, Bernhard, Iordanis Parikoglou, Fabian Brambach, Mirawati Yanita, Holger Kreft, and Bernhard Brümmer. 2024. "On the Palm Oil-Biodiversity Trade-off: Environmental Performance of Smallholder Producers." *Journal of Environmental Economics and Management* 125:102975. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2024.102975>.
- Davies, Robert W., David P. Edwards, Claudia A. Medina-Urbe, Johann S. Cárdenas-Bautista, Torbjørn Haugaasen, James J. Gilroy, and Felicity A. Edwards. 2021. "Replacing Low-Intensity Cattle Pasture with Oil Palm Conserves Dung Beetle Functional Diversity When Paired with Forest Protection." *Journal of Environmental Management* 283:112009. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112009>.
- Etebari, Kayvan, James Hereward, Apenisa Sailo, Emeline M. Ahoafi, Robert Tautua, Helen Tsatsia, Grahame V Jackson, and Michael J. Furlong. 2021. "Examination of Population Genetics of the Coconut Rhinoceros Beetle (*Oryctes Rhinoceros*) and the Incidence of Its Biocontrol Agent (*Oryctes Rhinoceros Nudivirus*) in the South Pacific Islands." *Current Research in Insect Science* 1:100015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cris.2021.100015>.

- Etebari, Kayvan, James Hereward, Apenisa Sailo, Emeline M. Ahoafi, Robert Tautua, Helen Tsatsia, Grahame V Jackson, and Michael J. Furlong. 2022. "Corrigendum to "Examination of Population Genetics of the Coconut Rhinoceros Beetle (*Oryctes Rhinoceros*) and the Incidence of Its Biocontrol Agent (*Oryctes Rhinoceros Nudivirus*) in the South Pacific Islands Current" [Research in Insect Science 1 (2021) 100015]." *Current Research in Insect Science* 2:100035. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cris.2022.100035>.
- Haneda, Noor Farikhah, Cahyo Wibowo, and Muhammad Hasbi. 2017. "PERANAN ARTHROPODAA DI EKOSISTEM EKOTON DAN KELAPA SAWIT The Role of Arthropodas in Ecotone and Oil Palm Ecosystems." *Journal of Tropical Silviculture* 8(2):116–22. doi: [10.29244/j-siltrop.8.2.116-122](https://doi.org/10.29244/j-siltrop.8.2.116-122).
- Herdiansyah, Herdis, and Randi Mamola. 2025. "Oil Palm Circular Mobility and Human Capital Outcomes: Strengthening Sustainable Development Goals." *Sustainable Futures* 9:100448. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100448>.
- Hergoualc'h, Kristell, Mariela López Gonzales, Natalia Málaga, and Christopher Martius. 2025. "Conversion of Degraded Forests to Oil Palm Plantations in the Peruvian Amazonia: Shifts in Soil and Ecosystem-Level Greenhouse Gas Fluxes." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 386:109603. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109603>.
- Liu, Jing Jing, Norlida Hanim Mohd Salleh, and Nor Ghani Md Nor. 2024. "The Economy-Wide Impact of Cooking Oil Subsidy Reforms and Compensation to the Oil Palm Industry." *Journal of Policy Modeling* 46(6):1228–42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2024.05.008>.
- Paudel, Sulav, Trevor A. Jackson, Sarah Mansfield, Mark Ero, Aubrey Moore, and Sean D. G. Marshall. 2023. "Use of Pheromones for Monitoring and Control Strategies of Coconut Rhinoceros Beetle (*Oryctes Rhinoceros*): A Review." *Crop Protection* 174:106400. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106400>.
- Ramle, M., M. B. Wahid, K. Norman, T. R. Glare, and T. A. Jackson. 2005. "The Incidence and Use of *Oryctes* Virus for Control of Rhinoceros Beetle in Oil Palm Plantations in Malaysia." *Journal of Invertebrate Pathology* 89(1):85–90. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2005.02.009>.
- Rasyid, Burhanuddin, AMBO ALA, TUTIK KUSWINANTI, and SUKRIMING SAPARENG. 2020. "Exploring Functional Fungi on Organic Matter Decomposition of Oil Palm Empty Bunches as Bio-Resource in Land Remediation." *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 21(9). doi: [10.13057/biodiv/d210941](https://doi.org/10.13057/biodiv/d210941).
- Ratai, Jicqueline, Christopher Boon Sung Teh, Ngai Paing Tan, Hasmah Mohidin, Kah Joo Goh, Faustina Elfrida Sangok, and Lulie Melling. 2024. "Tropical Peat Soil Changes across Successive Oil Palm Generations in Sarawak, Malaysia." *Heliyon* 10(18):e37754. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37754>.
- Santoso, Hadi, Idum Satia Santi, and Samsuri Tarmadja. 2023. "Studi Komparasi Keanekaragaman Serangga Di Kebun Kelapa Sawit Pada Topografi Tinggi Dan Rendahan." *AGROISTA : Jurnal Agroteknologi* 7(2):68–77. doi: [10.55180/agi.v7i2.736](https://doi.org/10.55180/agi.v7i2.736).
- Sapareng, Sukriming, Erwina Erwina, Taruna Shafa Arzam AR, Annas Boceng, Akmal Akmal, Rosnina Rosnina, Paradillah Ilyas M, and Suryanto Suryanto. 2025. "Rehabilitation of Former Nickel Mine Soil through Humate and Compost Application for Revegetation Plant Growth Media." *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 11(2):761–66. doi: [10.29303/jppipa.v11i2.10163](https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i2.10163).
- Savilaakso, Sini, Claude Garcia, John Garcia-Ulloa, Jaboury Ghazoul, Martha Groom, Manuel R. Guariguata, Yves Laumonier, Robert Nasi, Gillian Petrokofsky, Jake Snaddon, and

- Michal Zrust. 2014. "Systematic Review of Effects on Biodiversity from Oil Palm Production." *Environmental Evidence* 3(1):4. doi: 10.1186/2047-2382-3-4.
- Tabein, Saeid, Davood Nazarpour, Akram Hegazy, Arash Rasekh, Michael J. Furlong, and Kayvan Etebari. 2025. "Diverse Viral Communities Inhabit the Guts of Date Palm Rhinoceros Beetles (*Oryctes* Spp.)." *Journal of Invertebrate Pathology* 211:108321. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2025.108321>.
- Timperley, Jonathan H., Brogan L. Pett, Bility Geninyan, Ari Saputra, Abraham Vincent, Romeo Weah, Benedictus Freeman, Marshall Guahn, Peter M. Hadfield, Morris T. Jah, Tiecanna Jones, Rudy H. Widodo, Cicely A. M. Marshall, Edgar C. Turner, and Michael D. Pashkevich. 2025. "Traditional and Industrial Approaches to Oil Palm Cultivation Alter the Biodiversity of Ground-Dwelling Arthropods in Liberia (West Africa)." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 387:109626. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109626>.
- Valois, Marcely, Ricardo Tinôco, Gilson Chia, Fernando Vaz-de-Mello, Paschoal Grossi, and Fernando Silva. 2019. "Giant Rhinoceros Beetle *Golofa claviger* (Linnaeus) (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastini) Is Damaging North Brazilian Oil Palm Plantations." *Revista Brasileira de Entomologia* 63(1):6–8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2018.11.003>.