



Frekuensi Kehadiran Arthropoda pada Media Dekomposisi Pelepah Nipah (*Nypa fruticans*) di Kawasan Mangrove Sungai Kakap Kalimantan Barat

^{1*}Lastyanti Mulyani, ²Junardi, ³Rikhsan Kurniatuhadi

^{1,2,3}Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia.

*Corresponding Author e-mail: lastyantimulyani@gmail.com

Received: April 2025; Revised: May 2025; Accepted: June 2025; Published: June 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data frekuensi kehadiran Arthropoda pada setiap fase dekomposisi serta mengkaji keterkaitannya dengan parameter lingkungan pada setiap fase dekomposisi pelepah nipah di kawasan mangrove Sungai Kakap. Pengambilan sampel Arthropoda dilakukan dengan metode *hand collecting* pada hari ke- 15, 25, 35, dan 45 setelah penempatan substrat. Sebanyak 24 pelepah ditempatkan secara acak pada posisi vertikal dengan kedalaman 20 cm dari permukaan tanah, dengan enam ulangan pada empat titik pengamatan berdasarkan waktu. Sampel Arthropoda (telur, larva, pupa, dan imago) disortir dan diawetkan dalam Alkohol 70%. Spesimen diidentifikasi secara langsung melalui pengamatan morfologis dan data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan Frekuensi Relatif (FR) Arthropoda terdiri atas 34 genera yang didominasi oleh Amphipoda (*Allorchestoides*: FR 75%) dan Diptera (*Bactrocera*: FR 75%; *Eristalinus*: FR 100%; *Psychoda*: FR 100%). Nilai FR 100% menunjukkan bahwa genera tersebut hadir secara konsisten pada seluruh titik dan periode pengamatan, diduga berperan penting dalam proses dekomposisi. Variasi frekuensi kehadiran antar genera Arthropoda menunjukkan adanya perubahan komposisi dalam setiap periode dekomposisi. Perubahan ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama salinitas, pH, dan suhu serta C-organik dan nitrogen. Hasil ini menunjukkan bahwa Arthropoda berpotensi sebagai indikator biologis pada tahapan dekomposisi di ekosistem mangrove. Penelitian mengenai dinamika mikrob serta perubahan kandungan organik pada tiap periode dekomposisi sebaiknya juga dapat dilakukan.

Kata kunci: *Nypa fruticans*; *allorchestoides*; dekomposer; kandungan organik total

Abstract: This study aimed to determine the frequency of Arthropod occurrence at each stage of decomposition and to assess its relationship with environmental parameters in the mangrove area of Sungai Kakap. Arthropod sampling was conducted using the hand-collecting method on days 15, 25, 35, and 45 after substrate placement. A total of 24 fronds were randomly positioned vertically at a depth of 20 cm below the soil surface, with six replication across four time-based observation points. Arthropod eggs, larvae, pupae, and imago were collected, sorted, and preserved in 70% alcohol. Specimens were identified directly through morphological observation, and the data obtained were analyzed descriptively. The results showed that the Relative Frequency (RF) of Arthropods consisted of 34 genera, dominated by Amphipoda (*Allorchestoides*: 75% FR) and Diptera (*Bactrocera*: 75% FR; *Eristalinus*: 100% FR; *Psychoda*: 100% FR). An RF of 100% indicates that these genera were consistently present across all observation points and time periods, suggesting their potentially important role in the decomposition process. Variations in Arthropod presence among genera reflect changes in composition at each decomposition stage. These changes were influenced by environmental conditions, particularly salinity, pH, temperature, as well as organic carbon and nitrogen levels. These findings indicate that certain Arthropods have the potential to serve as biological indicators of decomposition stages in mangrove ecosystems. Further research is recommended to investigate microbial dynamics and changes in organic content throughout the decomposition process.

Key word: *Nypa fruticans*; *allorchestoides*; decomposer; total organic matter

How to Cite: Mulyani, L., Junardi, J., & Kurniatuhadi, R. (2025). Frekuensi Kehadiran Arthropoda pada Media Dekomposisi Pelepah Nipah (*Nypa fruticans*) di Kawasan Mangrove Sungai Kakap Kalimantan Barat. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(2), 1469-1483. doi:<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.14651>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.14651>

Copyright© 2025, Mulyani et al

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan lahan basah pesisir yang sangat produktif dengan ketersediaan air, cahaya, dan nutrisi yang melimpah di zona pasang surut. Selain mendukung keanekaragaman hayati dengan menyediakan habitat bagi berbagai spesies hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme, mangrove menjadi

ekosistem kunci dalam mitigasi perubahan iklim yang berperan penting dalam siklus karbon dan filtrasi air di wilayah pesisir (Kauffman et al., 2020). Nipah (*Nypa fruticans*) merupakan salah satu spesies mangrove yang tumbuh di wilayah sepanjang pantai, muara serta zona riparian sungai (Rahadian et al., 2019). Spesies ini memiliki potensi ekologis dan ekonomis yang tinggi, namun masih kurang dieksplorasi dibandingkan dengan spesies mangrove lainnya. Menurut (Tamunaidu & Saka, 2011), secara kimiawi tumbuhan nipah mengandung 35,1% selulosa, 17,8% lignin, hemiselulosa, dan berbagai unsur anorganik lainnya, kandungan tersebut tentunya akan berkontribusi dalam siklus hara melalui proses dekomposisi. Struktur akar dan pelepah nipah yang padat menciptakan lingkungan yang lembab dan kaya bahan organik sangat ideal bagi organisme bentik dan saprofit untuk berlindung, bereproduksi, dan mencari makan, sehingga memainkan peran penting dalam proses dekomposisi serasah dan siklus nutrisi dalam ekosistem mangrove.

Proses dekomposisi berperan penting dalam menjaga siklus nutrisi, produktivitas primer, serta struktur komunitas detritivora. Tanpa proses ini maka akumulasi bahan organik akan menghambat pertumbuhan vegetasi dan sehingga menurunkan produktivitas ekosistem. Dalam prosesnya dekomposisi memiliki kecepatan yang berbeda dari waktu ke waktu, bergantung pada faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dekomposer (Devianti et al., 2017). Kisaran pasang surut, jenis dan kelimpahan fauna herbivora, suhu, dan aktivitas mikroba berpengaruh terhadap proses dekomposisi (Friesen et al., 2018). Arthropoda merupakan salah satu detritivor yang keberadaannya tinggi dan penting dalam mempercepat proses dekomposisi serasah hutan mangrove, seperti Crustacea (Amphipoda, Isopoda) dan Insekta (Coleoptera, Diptera, Psocoptera, dan Collembola). Tidak hanya tumbuhan yang hidup, Arthropoda juga mengonsumsi tumbuhan yang telah mati (serasah) dan membusuk (detritus) (Sari et al., 2017).

Detritivor dan omnivora pada proses dekomposisi secara bersamaan akan memakan serasah yang mulai membusuk dan memecahnya menjadi partikel yang lebih halus. Bahan organik pada serasah yang tidak diasimilasi, kemudian dikonversikan menjadi partikulat halus dalam bentuk pelet tinja. Sehingga, menstimulasi kolonisasi, pembusukan, dan pengkayaan Karbon (C) serta Nitrogen (N) serasah menjadi detritus oleh bakteri, jamur, dan protozoa (Sousa & Dangremond, 2011; Friesen et al., 2018).

Kawasan Sungai Kakap Provinsi Kalimantan Barat memiliki hutan mangrove yang banyak ditemukan vegetasi nipah. Kegiatan antropogenik pada kawasan ini cukup tinggi, seperti pemanfaatan hutan untuk mencari cacing nipah (*Polychaeta*) dan pengambilan nipah sebagai bahan atap rumah. Aktivitas tersebut secara langsung juga meninggalkan banyak pelepah nipah yang tidak digunakan, sehingga akan mengalami proses dekomposisi. Hasil penelitian Junardi (2008) menunjukkan bahwa akumulasi bahan organik di hutan mangrove Sungai Kakap didukung oleh kepadatan vegetasi nipah yang tinggi. Junardi & Riyandi (2020) dalam penelitiannya menyatakan bahwa nipah yang membusuk merupakan pakan alami cacing nipah, yang menunjukkan peran organisme ini dalam proses dekomposisi pelepah nipah.

Kendati demikian, data mengenai keterlibatan Arthropoda sebagai detritivor utama dan indikator ekologis pada proses tersebut sampai saat ini masih belum tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh data mengenai frekuensi Arthropoda pada proses dekomposisi pelepah nipah di ekosistem mangrove serta hubungannya dengan periode waktu dekomposisi. Informasi yang diperoleh melalui penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam mengidentifikasi peran Arthropoda dalam proses dekomposisi pelepah nipah di ekosistem mangrove,

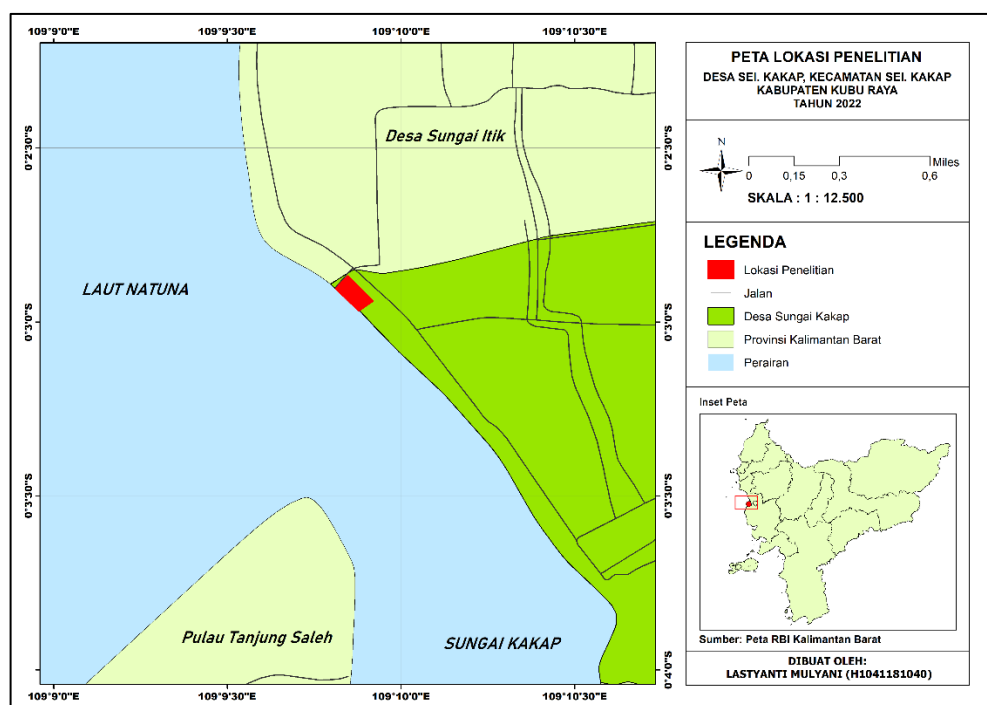
yang berpotensi untuk mendukung pengelolaan ekosistem dan pemanfaatannya dalam upaya budidaya cacing nipah.

METODE

Penelitian menggunakan metode eksperimen lapangan yang dimulai dari proses penancapan pelepah hingga pengambilan sampel. Lokasi pengamatan dilakukan pada kawasan hutan mangrove, Kecamatan Sungai Kakap, Kalimantan Barat. Proses identifikasi dan Analisis kandungan organik total (KOT) selanjutnya dilakukan di Laboratorium Hidrobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura.

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni-Agustus 2022 di bagian pesisir sungai kakap di kawasan hutan mangrove Sungai Kakap, Kalimantan Barat, pada koordinat sekitar $0^{\circ}02'52.4'' - 0^{\circ}03'01.6''$ LS dan $109^{\circ}09'49.1'' - 109^{\circ}10'00.2''$ BT (Gambar 1.) Kondisi perairan pada Muara Sungai Kakap sangat dipengaruhi oleh adanya pasang surut air dan aliran sungai di sekitarnya. Siklus pasang surut terjadi dua kali dalam 24 jam, termasuk tipe campuran cenderung diurnal dengan kecepatan pasang-surut air berturut turut 0,23 m/dt dan 0,56 m/dt. Substrat pada lokasi ini berwarna abu-abu dan hijau-kehitaman, serta terdiri dari campuran tanah endapan (aluvial) dan lempung (Shah *et al.*, 2021).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di kawasan hutan mangrove sungai kakap

Prosedur Penelitian

Preparasi Media dan Titik Penanaman

Metode pengambilan sampel dilakukan dengan pemasangan perangkat nipah (*Nypa trap*), yaitu penanaman pelepah nipah secara vertikal dari permukaan tanah selama empat periode waktu (15, 25, 35 dan 45 hari). Periode tersebut diperoleh dari penelitian pendahuluan yang menemukan arthropoda setelah 15 hari sejak peletakan pelepah. Pelepah tanpa daun diambil secara acak dari rumpun nipah pada lokasi

penelitian dengan panjang 30 cm. Empat sisi pelepah nipah yang terbenam dibelah sehingga membentuk celah sepanjang 10 cm, sebagai tempat masuk Arthropoda.

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat titik pengamatan perangkat yang dipilih secara acak, masing-masing titik terdiri dari enam pelepah nipah, sehingga terdapat 24 unit total percobaan. Setiap pelepah ditanam secara vertikal pada kedalaman 0–20 cm dari permukaan substrat.

Pengumpulan data dan Analisis

Pengambilan sampel Arthropoda menggunakan metode *hand collecting* pada hari ke 15, 25, 35, dan 45 dekomposisi. Pelepah disortir menggunakan alat bantu berupa pinset dan kuas dengan menyiram pelepah menggunakan air bersih dan disaring menggunakan saringan berukuran mata saring 0,50 mm dan 1 mm. Sampel Arthropoda berupa telur, larva, pupa, dan imago yang diperoleh dimasukkan ke dalam larutan alkohol 70% dan diberi label. Identifikasi sampel dilakukan dengan memperhatikan ciri morfologi dasar maupun khusus dibawah mikroskop stereo yang merujuk pada Smith (1989) (LeCroy *et al.*, 2000; Gibb & Oseto, 2006; Sundermann *et al.*, 2007; Thyssen, 2009; Wongkamhaeng *et al.*, 2018)

Selama pengamatan dilakukan pengukuran terhadap parameter fisika-kimia tanah dan air pada lokasi pelepah nipah diletakkan. Sifat fisika yang diamati yaitu suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya, sedangkan parameter kimia yang diukur adalah derajat keasaman (pH) dan salinitas. Kandungan Organik Total (KOT) masing-masing media pelepah nipah yang telah terdekomposisi juga dianalisis pada tiap periode pengamatan. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui perubahan kandungan Carbon (C), nitrogen (N), fosfor(P), kalium(K), dan rasio C/N pada media terdekomposisi. Analisis KOT dilakukan dengan memakai beberapa metode, yang diantaranya metode *walkey and black*, *kjeldahl*, dan *Spektofotometri UV-Vis*.

Pengumpulan data dilakukan dengan menghitung dan mengidentifikasi genus Arthropoda berdasarkan waktu pengambilan sampel. Data yang diperoleh selanjutnya diakumulasikan dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif berdasarkan data yang telah disusun, yaitu tabel kehadiran setiap genus dan grafik frekuensi kehadiran genus dominan yang ditemukan selama empat periode dekomposisi. Penyajian data ini bertujuan untuk menggambarkan pola kehadiran dan dominansi arthropoda yang muncul pada setiap tahapan dekomposisi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi Relatif (FR) Arthropoda pada Setiap Periode

Frekuensi relatif (FR) Arthropoda selama pengamatan memperoleh nilai dengan rentang 25-100% (Tabel 1). Nilai FR 100% terdiri dari dua genera menunjukkan Arthropoda yang hadir dalam semua periode pengamatan. Nilai FR 75% terdiri dari dua genera yang menunjukkan kehadiran Arthropoda tiga kali dalam empat periode. Nilai FR 50% terdiri dari tujuh genera yang menunjukkan kehadiran Arthropoda dua kali dalam empat periode. Nilai FR 25% terdiri dari 23 genera menunjukkan bahwa rata-rata frekuensi kehadiran Arthropoda hanya satu kali dalam empat periode.

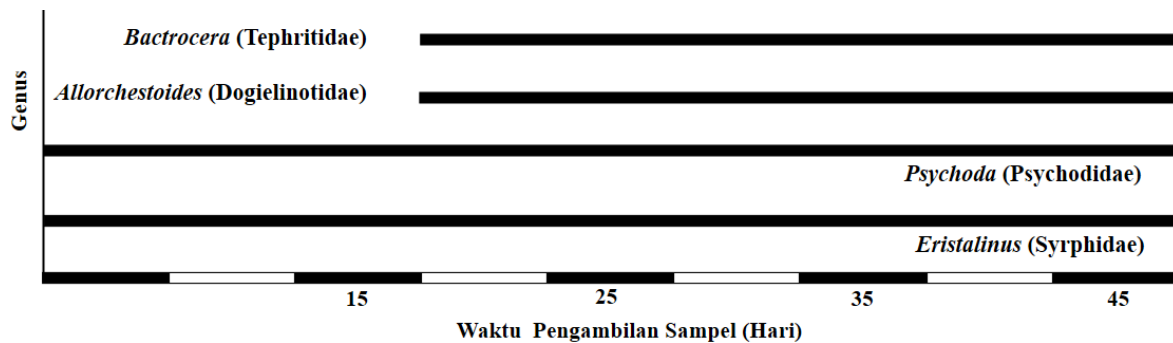
Tabel 1. Frekuensi relatif genera arthropoda pada empat periode dekomposisi media pelepah nipah

No	Genera	Σ Kehadiran Per Periode Dekomposisi (hari)				Total Kehadiran	FR (%)
		I	II	III	IV		
1	<i>Eristalinus</i>	+	+	+	+	4	100
2	<i>Psychoda</i>	+	+	+	+	4	100
3	<i>Allorchestoides</i>	-	+	+	+	3	75
4	<i>Bactrocera</i>	-	+	+	+	3	75
5	<i>Beris</i>	-	-	+	+	2	50
6	<i>Hyale</i>	-	-	+	+	2	50
7	<i>Helochares</i>	-	+	-	+	2	50
8	<i>Medetera</i>	-	-	+	+	2	50
9	<i>Thinodromus</i>	-	+	-	+	2	50
10	<i>Mimegralla</i>	-	+	-	+	2	50
11	<i>Phaonia</i> sp.2	+	+	-	-	2	50
12	<i>Brachypeplus</i>	-	-	-	+	1	25
13	<i>Carpelimus</i>	-	-	-	+	1	25
14	<i>Chironomus</i>	-	-	-	+	1	25
15	<i>Cloeon</i>	-	-	-	+	1	25
16	<i>Coelostoma</i>	-	-	-	+	1	25
17	<i>Cyphon</i>	-	-	-	+	1	25
18	<i>Diplonychus</i>	-	-	-	+	1	25
19	<i>Gimnomera</i>	-	-	-	+	1	25
20	<i>Hebrus</i>	-	-	-	+	1	25
21	<i>Hermetia</i>	-	-	-	+	1	25
22	<i>Libnotes</i>	-	-	-	+	1	25
23	<i>Macrocheles</i>	-	-	-	+	1	25
24	<i>Microchrysa</i>	-	-	-	+	1	25
25	<i>Odontomachus</i>	-	-	-	+	1	25
26	<i>Odontomyia</i>	-	-	-	+	1	25
27	<i>Palpada</i>	-	-	-	+	1	25
28	<i>Phaonia</i> sp.1	+	-	-	-	1	25
29	<i>Pteroptyx</i>	-	-	-	+	1	25
30	<i>Rhaphium</i>	-	-	-	+	1	25
31	<i>Scirtes</i>	-	-	-	+	1	25
32	<i>Silvanus</i>	-	-	-	+	1	25
33	<i>Tabanus</i>	-	-	-	+	1	25
34	<i>Tribolium</i>	-	+	-	-	1	25
Total		4	9	7	31		

Keterangan: I= periode 1 (15 hari), II= periode 2 (25 hari), III= periode 3 (35 hari), IV= periode 4 (45 hari), FR= frekuensi relatif

Arthropoda selama penelitian juga diamati frekuensi kunjungan dominan (FR 75-100%) berdasarkan waktu pengamatan. Arthropoda dominan tersebut terdiri atas empat genera, yaitu *Eristalinus*, *Psychoda*, *Allorchestoides*, dan *Bactrocera* (Gambar 2). Genera *Eristalinus* dan *Psychoda* hadir pada semua periode pengamatan yang ditemukan pada fase larva, yaitu 15-45 hari. Genera lain, *Allorchestoides* pada fase juvenile-imago dan *Bactrocera* pada fase larva memiliki frekuensi kehadiran yang dimulai pada periode pengamatan kedua hingga keempat, yaitu 25-45 hari (Gambar 3). Hal ini menunjukkan adanya keterkaitan antara periode dekomposisi dan kehadiran

Arthropoda yang dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan maupun sumber makanan yang tersedia.



Gambar 2. Frekuensi kunjungan genera arthropoda dominan pada media dekomposisi pelepah nipah (*Nypa fruticans*) selama 45 hari pengamatan



Gambar 3. Genera arthropoda dominan yang ditemukan pada media dekomposisi pelepah nipah (*Nypa fruticans*): (A) *Allorchestoides*, (B) *Psychoda*, (C) *Eristalinus*, (D) *Bactrocera*

Frekuensi relatif (FR) Arthropoda pada empat periode pengamatan menunjukkan dominasi kehadiran beberapa genus dari ordo Diptera dan Amphipoda, yang memiliki peran penting dalam proses dekomposisi pelepah nipah (Tabel 1). Kehadiran Arthropoda tersebut tidak hanya bersifat pasif, tetapi aktif dalam mendukung jalannya dekomposisi melalui berbagai peran ekologis seperti detritivor, pemecah bahan organik, dan pemanfaat nutrisi.

Larva Diptera, seperti *Psychoda* dan *Eristalinus*, menunjukkan nilai FR 100%, menandakan kehadiran konsisten pada seluruh periode dekomposisi. Larva Diptera diketahui dapat ditemukan pada berbagai habitat semi-akuatik hingga akuatik, sehingga memungkinkan mereka untuk segera memanfaatkan substrat kaya bahan organik, seperti pelepah nipah. Kedua genus ini berperan sebagai detritivor awal, yang mulai menguraikan bahan organik sejak tahap pertama dekomposisi. Menurut Stokland et al. (2012), spesies Diptera sering kali muncul paling awal dalam proses dekomposisi karena kemampuannya memanfaatkan substrat lembap dan kaya bahan organik. Kehadiran *Psychoda* dan *Eristalinus* pada periode awal diduga memfasilitasi dekomposisi awal pelepah, serta menciptakan kondisi mikrohabitat yang mendukung Arthropoda lainnya untuk hadir dan melanjutkan proses penguraian.

Selain Diptera, genus dari ordo Amphipoda, yaitu *Allorchestoides*, juga memiliki peran penting dalam proses dekomposisi pelepah nipah. Meskipun FR genus ini 75%, hadir dalam tiga periode dekomposisi, jumlah individu *Allorchestoides* justru lebih tinggi dibandingkan *Psychoda* dan *Eristalinus*. Amphipoda ini memiliki adaptasi morfologis berupa marsupium yang berfungsi untuk mendukung perkembangan embrio hingga juvenil (Podlesińska & Dąbrowska, 2019). Tingginya fekunditas (43 telur/individu) dan viabilitas hingga 94% menjadikan genus ini lebih adaptif dan efisien dalam memanfaatkan sedimen yang kaya bahan organik sebagai sumber

nutrisi, sehingga meningkatkan efektivitas peran ekologisnya dalam proses dekomposisi. Siklus hidup Amphipoda (Dogielinotidae) yang relatif singkat (15–16 hari) juga memungkinkan mereka berperan secara cepat dan efisien dalam mengolah bahan organik (Castiglioni & Bond-Buckup, 2007).

Genus *Bactrocera* (FR 75%) juga ditemukan pada periode kedua hingga keempat. Meskipun dikenal sebagai herbivora polyphagy, larva *Bactrocera* dapat hadir pada substrat nabati seperti batang dan buah yang masih mengalami pelapukan. Siklus hidup yang berkisar 14–16 hari (Patel *et al.*, 2018) menjadikan kehadiran genus ini dalam proses dekomposisi mungkin tidak langsung sebagai pengurai primer, namun sebagai pemanfaat bahan organik yang telah mengalami degradasi awal oleh aktivitas detritivor sebelumnya. Dibandingkan dengan siklus hidup *Psychoda* (7–12 hari) dan *Eristalinus* (25 hari), rentang waktu kemunculan *Bactrocera* berkorelasi dengan tahapan pertengahan dekomposisi, ketika mikrohabitat sudah mulai menyokong aktivitas oviposisi dan ketersediaan makanan.

Perbedaan kehadiran Arthropoda antar periode juga sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan pada ekosistem mangrove yang bersifat dinamis selama pengamatan (Tabel 2). Variasi suhu, salinitas, pH, dan kandungan bahan organik berpengaruh langsung terhadap laju dekomposisi dan aktivitas organisme dekomposer (Srilatha *et al.*, 2013; Wallace *et al.*, 2015; Zhai *et al.*, 2021). Oleh karena itu, peran masing-masing genus dalam proses dekomposisi tidak hanya ditentukan oleh siklus hidup atau adaptasi fisiologis, namun juga kemampuan menyesuaikan diri terhadap kondisi lingkungan yang berubah-ubah di ekosistem mangrove. Kehadiran dan frekuensi relatif Arthropoda selama proses dekomposisi pelepah nipah menunjukkan peran ekologis spesifik tiap genus, baik sebagai dekomposer primer yang menginisiasi proses dekomposisi, konsumen sekunder nutrisi hasil dekomposisi, maupun sebagai indikator tahapan dekomposisi yang sedang berlangsung.

Pengukuran Faktor Lingkungan terhadap Kehadiran Arthropoda

Proses dekomposisi pelepah nipah dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, yaitu faktor fisika dan kimia yang diukur secara langsung maupun tidak langsung (di laboratorium). Pengukuran dilakukan pada tiga media yang terdapat di area penelitian, yaitu air, tanah, dan pelepah nipah. Pengukuran media air dan tanah dilakukan pada periode awal hingga periode akhir, sedangkan pengukuran media pelepah nipah hanya dilakukan pada periode awal (pelepah segar) dan periode akhir (pelepah terdekomposisi).

Tabel 2. Parameter lingkungan proses dekomposisi pelepah nipah

Parameter Lingkungan	Periode Dekomposisi (hari)				
	0	I	II	III	IV
Suhu air (°C)	28	26-27,5	25-25,5	26,3-27	26
Suhu tanah (°C)	27	26,3-27	26	26,5-27	26,5-27
Salinitas (‰)	4-5	1,1-1,3	1,1-1,2	5,5-8,1	2,1-4
pH air	7,6-8,1	7,8-8	7,9-8,1	6,9-7,4	7,7-7,9
pH tanah	5-6	6-6,5	5-5,5	5-5,5	5,7-5,8

Keterangan: 0= hari awal peletakan, I= hari ke-15, II= hari ke-25, III= hari ke-35, IV= hari ke-45

Suhu pada media air dan tanah menunjukkan nilai yang relatif sama pada setiap pengambilan sampel dengan nilai rentang 25–28°C. Selanjutnya, pengukuran pH pada media air dan tanah diperoleh nilai yang relatif sama dari periode awal hingga periode keempat, dengan nilai pH air yang diamati tergolong asam-basa, sedangkan pH tanah tergolong asam. Pengukuran salinitas air memperoleh nilai yang fluktuatif pada tiap

periode dekomposisi dengan rentang 1,1-8,1‰ yang termasuk salinitas rendah dan memungkinkan Arthropoda untuk melakukan aktivitas dekomposisi (Tabel 2).

Pengukuran suhu selama periode pengamatan menunjukkan nilai yang stabil untuk mendukung aktivitas fisiologis Arthropoda (Tabel 2). Suhu diketahui berperan penting dalam berbagai respon fisiologis organisme akuatik, khususnya Arthropoda yang umumnya termasuk poikilotherm. Habibullah (2023) menyebutkan bahwa suhu optimal yang diperlukan untuk pertumbuhan Arthropoda berkisar 25-30°C. Penelitian Innocenti *et al.* (2021) menunjukkan bahwa Crustacea, termasuk Amphipoda, memiliki kelimpahan yang tinggi pada rentang suhu sampai 26°C. Selain itu, suhu optimal bagi perkembangan *Eristalinus* berada pada suhu 25°C (Campoy *et al.*, 2020), Psychoda pada rentang 27-30°C (Azmiera *et al.*, 2021), dan Bactrocera 25-35°C (Vallabhbbhai *et al.*, 2018).

Nilai pH air yang diamati pada penelitian ini tergolong asam-basa, sedangkan pH tanah tergolong asam (Tabel 2). Setiap biota akuatik memiliki batas toleransi pH yang berbeda-beda. Menurut Rozirwan *et al.* (2022) pH air yang optimal untuk pertumbuhan makrobentos pada kisaran 7,6-8,1. Penelitian yang dilakukan Hasibuan *et al.* (2021) menemukan Arthropoda masih dapat hidup pada pH asam, yaitu pada pH 6. Nilai pH tanah yang lebih asam dapat dikaitkan dengan proses dekomposisi bahan organik (amonifikasi) serta nitrifikasi oleh mikroba (Argiandini *et al.*, 2021). Penelitian yang dilakukan Balloo & Appadoo (2017) menemukan Amphipoda yang hidup di air payau memiliki kemampuan toleransi pada nilai pH 5-7.

Pengukuran salinitas air memperoleh nilai yang fluktuatif pada tiap periode dekomposisi (Tabel 2) yang termasuk salinitas rendah dan memungkinkan Arthropoda untuk melakukan aktivitas dekomposisi. Nilai salinitas yang rendah tersebut dipengaruhi oleh curah hujan, pasang surut, dan aliran air tawar di sekitarnya (Chen *et al.*, 2018). Balloo & Appadoo (2017) dalam penelitiannya menyatakan Amphipoda yang hidup di air payau memiliki kemampuan toleransi pada nilai pH 5-7. Hasil pengamatan dekomposisi pelepah nipah menunjukkan Allorchestoides mendominasi pada akhir periode pengamatan dengan salinitas berkisar 2-4‰. Dominansi tersebut diduga disebabkan oleh strateginya dalam osmoregulasi, sehingga dapat beradaptasi pada salinitas rendah (Park *et al.*, 2020).

Analisis Kandungan Organik Media Dekomposisi

Pengukuran kandungan organik total (KOT) pada media pelepah nipah diperoleh nilai yang mengalami penurunan dan kenaikan dari periode awal (Tabel 3). Parameter yang mengalami penurunan adalah kandungan C-organik (Karbon) dan kandungan C/N rasio, sedangkan parameter yang mengalami kenaikan adalah kandungan N (nitrogen), P (fosfor), dan K (kalium).

Tabel 3. Kandungan organik total (KOT) pada media dekomposisi pelepah nipah

Parameter Kandungan Organik	Nilai (%)	
	Awal	Akhir
Karbon Organik (C)	56,12	36,47
Nitrogen (N)	0,81	0,96
Fosfor (P)	0,09	0,28
Kalium (K)	0,04	0,33
C/N rasio	69,28	37,99

Proses dekomposisi serasah pada ekosistem mangrove tidak hanya menyediakan nutrisi untuk tanaman dan siklus Karbon, namun juga sebagai sumber

makanan bagi invertebrata disekitarnya (Santonja *et al.*, 2018). Penelitian yang dilakukan Montemayor *et al.* (2019) mendapatkan kualitas nutrisi detritus dapat meningkatkan kelimpahan Arthropoda. Parameter C-organik serta rasio C/N mengalami penurunan selama proses dekomposisi (Tabel 3). Kandungan C-organik yang menurun sebesar 17,65% dari periode awal dapat disebabkan oleh aktivitas Arthropoda maupun mikrob. Gómez *et al.* (2018) dalam penelitiannya menyatakan bahwa aktivitas Arthropoda mempercepat proses dekomposisi serasah. Arthropoda yang mengkonsumsi dan memecah serasah pada tahap awal dekomposisi dapat mempercepat penurunan massa dan pelepasan karbon (C) serasah melalui proses ekskresi, yang selanjutnya akan menstimulasi aktivitas mikrob dan jamur.

Penelitian Tagliaferro *et al.* (2021) menemukan bahwa Insekta (Trichoptera) memiliki asimilasi C yang lebih tinggi, sementara Crustacea (Amphipoda) membutuhkan asimilasi Fosfor (P) yang lebih tinggi. Larva Insekta memiliki kandungan C yang tinggi dan menurun saat menjadi imago, dengan kandungan N pada imago dua kali lebih tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan komposisi larva Insekta lebih tinggi pada saat kandungan C tinggi, sementara pada saat terjadi penurunan C larva Insekta digantikan dengan kehadiran Amphipoda.

Penurunan rasio C/N menunjukkan bahwa bahan organik telah terdekomposisi, yaitu dengan kandungan C yang menurun dan N meningkat. Penelitian Andriany *et al.* (2018) menyatakan penurunan C/N terjadi karena adanya penggunaan C dan fiksasi N oleh mikrob. Hasil penelitian ini menunjukkan penurunan rasio C/N, sehingga dapat dinyatakan terjadinya proses dekomposisi oleh Arthropoda maupun mikrob. Palit *et al.* (2022) menyatakan bahwa mikrob berperan dalam proses daur ulang nutrisi serasah dan melepaskannya dalam bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh organisme lain.

Peran Arthropoda dan Mikrob dalam Siklus Nutrien

Kandungan nitrogen (N), kalium (K), dan fosfor (P) pada penelitian ini rendah sebelum periode dekomposisi yang menandakan bahwa belum adanya aktivitas mikrob. Frouz (2018) menyatakan bahwa asimilasi serasah oleh Arthropoda akan diekskresikan sebagai CO₂, Amonia, Asam urat, Guanin, atau Fosfat, yang dalam hal ini berpengaruh dalam siklus biogeokimia. Kandungan nitrogen (N) yang ditemukan meningkat pada proses dekomposisi berhubungan dengan penurunan rasio C/N yang disebabkan oleh aktivitas bakteri (Palit *et al.*, 2022). Arthropoda memperoleh N pada proses dekomposisi melalui proses nitrifikasi oleh mikrob yang mengubah amonia menjadi nitrit (Shiau & Chiu, 2020) atau dapat bersimbion dengan bakteri diazotrof di dalam saluran pencernaan yang dapat memfiksasi N bebas (Bar-Shmuel *et al.*, 2020).

Penelitian Joly *et al.* (2020) menemukan bahwa konversi serasah menjadi kotoran oleh detritivor meningkatkan luas permukaan dan labilitas bahan organik, sehingga dapat mempercepat siklus Karbon sebesar 38,1%. Menurut Adler & Courtney (2019), feses Arthropoda dapat merangsang aktivitas kolonisasi dan dekomposisi yang lebih cepat oleh mikrob. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan meningkatnya kandungan N pada periode terakhir dekomposisi yang didominasi oleh kehadiran Diptera. menyatakan bahwa feses Diptera mengandung C dan N dalam jumlah yang tinggi, sehingga dapat menjadi substrat potensial untuk pertumbuhan dan kolonisasi bakteri.

Regulasi asupan N pada Amphipoda lebih tinggi dibandingkan dengan C, protein, dan non-protein lain (Machado *et al.*, 2018). Sedangkan, Insekta memiliki efek negatif pada mineralisasi Karbon serasah dengan rasio C/N yang rendah (N tinggi) (Bar-Shmuel *et al.*, 2020). Tingginya kandungan N dapat menyebabkan penurunan pH,

sehingga kelimpahan dan keragaman Insekta juga dapat menurun karena terhambatnya metabolisme (Tie et al., 2021).

Peningkatan kandungan Fosfor (P) juga dapat dikaitkan dengan adanya aktivitas bakteri. Unsur P tidak ditemukan dalam bentuk bebas melainkan dalam bentuk fosfat. Mikrob dengan bantuan enzim fosfatase berperan dalam pelarutan fosfat, yaitu melepas P dari ikatan P-organik sisa hewan dan tumbuhan (Palit et al., 2022). Kandungan P yang tinggi/cukup secara positif akan memengaruhi kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan reproduksi organisme, termasuk Arthropoda. Penelitian Arce-Funck et al. (2018) menemukan bahwa kandungan P yang tinggi pada serasah daun meningkatkan aktivitas makan, laju pertumbuhan, dan frekuensi molting pada Amphipoda (*Gammarus fossarum*). Hasil penelitian ini menunjukkan terjadinya peningkatan komposisi Amphipoda saat kandungan N dan P pada serasah meningkat (Tabel 1 dan 3), sehingga kondisi tersebut menyebabkan Amphipoda banyak ditemukan.

Kandungan kalium (K) pada elepah nipah yang menunjukkan peningkatan pada akhir proses dekomposisi juga kemungkinan besar dipengaruhi oleh aktivitas mikrob. Hasil perombakan oleh mikrob dapat meningkatkan kapasitas tukar kation, sehingga unsur kalium ketersediannya juga meningkat di lingkungan (Dewi et al., 2022). Dalam penelitian ini, peningkatan kalium bertepatan dengan meningkatnya jumlah insekta yang ditemukan, khususnya larva Diptera. (LeCroy et al., 2000; Oliveira et al., 2021) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kalium berperan penting dalam membantu proses pertumbuhan dan perkembangan larva Diptera. Dengan demikian, peningkatan kadar kalium secara langsung dapat menunjang kelangsungan hidup dan aktivitas dekomposisi.

Temuan ini menegaskan bahwa dinamika unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) selama proses dekomposisi berperan penting dalam membentuk kondisi lingkungan yang memengaruhi frekuensi relatif kehadiran Arthropoda. Peningkatan unsur tersebut berlangsung seiring dengan aktivitas mikroba, hal ini menunjukkan kolerasi dengan meningkatnya kehadiran beberapa genus Arthropoda detritivor yang memiliki peran ekologis yang berbeda. Keberadaan dan aktivitas Arthropoda ini juga didukung oleh kondisi lingkungan seperti suhu, pH, dan salinitas yang relatif stabil.

Hubungan antara frekuensi kehadiran Arthropoda, dinamika unsur hara, dan faktor lingkungan memperjelas bahwa setiap tahapan dekomposisi akan membentuk komunitas spesifik yang berkontribusi dalam penguraian dan pemrosesan bahan organik pada substrat dekomposisi. Pola ini dapat menjadi dasar untuk memahami bagaimana ekosistem mangrove menjalankan fungsinya dalam siklus nutrien. Selain itu, keberadaan Arthropoda dapat menjadi indikator alami yang potensial dalam pemantauan kualitas lingkungan pada ekosistem pesisir yang sangat rentan terhadap perubahan.

KESIMPULAN

Arthropoda dominan dengan frekuensi relatif (FR) lebih dari 75% selama periode dekomposisi terdiri atas Diptera (*Psychoda*, *Eristalinus*, *Bactrocera*) dan Amphipoda (*Allorchestoides*). Genus *Psychoda* dan *Eristalinus* dengan frekuensi kehadiran 100% menunjukkan peran penting dalam semua periode dekomposisi. Crustacea (*Allorchestoides*) mulai muncul pada periode kedua dan jumlahnya terus meningkat hingga akhir, sedangkan Insekta ditemukan sejak periode pertama namun menunjukkan pola fluktuatif pada tiap periode.

Hubungan waktu dekomposisi dengan kehadiran Arthropoda dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan ketersediaan material organik. Suhu media berkisar antara 25–28°C, pH air tergolong netral hingga sedikit asam, pH tanah tergolong asam, serta salinitas air yang fluktuatif berada pada kisaran 1,1–8,1‰. Peningkatan kandungan unsur organik seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) juga berkontribusi terhadap peningkatan frekuensi dan diversitas Arthropoda detritivor. Hal ini mencerminkan adanya dinamika komunitas yang merespon perubahan lingkungan dan ketersediaan nutrisi pada substrat selama tahapan dekomposisi.

REKOMENDASI

Penelitian selanjutnya perlu dilakukan untuk pengamatan dinamika dan komposisi mikrob setiap periode proses dekomposisi. Penelitian lain juga dapat dilakukan untuk mengamati perubahan kandungan organik pada setiap periode dekomposisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PINOV (Penelitian Inovasi) Universitas Tanjungpura tahun 2022 yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Laboratorium Hidrobiologi FMIPA Universitas Tanjungpura yang telah memfasilitasi dan mendukung pelaksanaan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan yang luar biasa dalam eksplorasi dan diskusi mengenai topik ini yang menjadi sumber ide berharga.

DAFTAR PUSTAKA

- Adler, P. H., & Courtney, G. W. (2019). Ecological and Societal Services of Aquatic Diptera. *Insects*, 10(3), 70. <https://doi.org/10.3390/insects10030070>
- Andriany, A., Fahrudin, F., & Abdullah, A. (2018). Pengaruh Jenis Bioaktivator Terhadap Laju Dekomposisi Seresah Daun Jati *Tectona grandis* L.f., DI Wilayah Kampus UNHAS Tamalanrea. *Bioma: jurnal biologi makassar*, 3(2). <https://doi.org/10.20956/bioma.v3i2.5820>
- Arce-Funck, J., Crenier, C., Danger, M., Billoir, E., Usseglio-Polatera, P., & Felten, V. (2018). High stoichiometric food quality increases moulting organism vulnerability to pollutant impacts: An experimental test with *Gammarus fossarum* (Crustacea: Amphipoda). *Science of The Total Environment*, 645, 1484–1495. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.227>
- Argiantini, N. P. W., Perwira, I. Y., & Ernawati, N. M. (2021). Perbandingan Jumlah Bakteri pada Sedimen Mangrove di Ekosistem Mangrove Rehabilitasi dan Alami di Desa Perancak, Jembrana, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 4(1), 63–68.
- Azmiera, N., Low, V. L., & Heo, C. C. (2021). Colonization of Rabbit Carcasses by Drain Fly Larvae, *Psychoda* sp. (Diptera: Psychodidae): The First Report. *Acta Parasitologica*, 66(2), 706–709. <https://doi.org/10.1007/s11686-020-00313-z>
- Baloo, N., & Appadoo, C. (2017). Effect of acidified seawater and high temperature on the survival and behaviour of supralittoral and sublittoral amphipods (Crustacea). *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 16(2), 1–11.
- Bar-Shmuel, N., Behar, A., & Segoli, M. (2020). What do we know about biological nitrogen fixation in insects? Evidence and implications for the insect and the ecosystem. *Insect Science*, 27(3), 392–403. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12697>

- Campoy, A., Pérez-Bañón, C., & Rojo, S. (2020). Intra-puparial development in the hoverflies <scp> *Eristalinus aeneus* </scp> and <scp> *Eristalis tenax* </scp> (Diptera: Syrphidae). *Journal of Morphology*, 281(11), 1436–1445. <https://doi.org/10.1002/jmor.21257>
- Castiglioni, D. D. S., & Bond-Buckup, G. (2007). Reproductive strategies of two sympatric species of *Hyaella* Smith, 1874 (Amphipoda, Dogielinotidae) in laboratory conditions. *Journal of Natural History*, 41(25–28), 1571–1584. <https://doi.org/10.1080/00222930701464604>
- Chen, Q., Li, J., Zhao, Q., Jian, S., & Ren, H. (2018). Changes in the benthic protozoan community during succession of a mangrove ecosystem in Zhanjiang, China. *Ecosphere*, 9(4). <https://doi.org/10.1002/ecs2.2190>
- Devianti, O. K. A., Tjahjaningrum, I. T. D., & Trisnawati Dwi Tjahjaningrum, I. (2017). Studi Laju Dekomposisi Serasah Pada Hutan Pinus di Kawasan Wisata Taman Safari Indonesia II Jawa Timur. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.27535>
- Dewi, M. N., Guntama, D., Perdana, R., & Fauzan, M. (2022). Pengaruh Waktu Fermentasi dan pH Terhadap Kandungan Nitrogen, Kalium, dan Fosfor dalam Pupuk Cair Organik Dari Limbah Kulit Pisang (*Musa paradisiacal*). *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 6(1), 27. <https://doi.org/10.32493/jitk.v6i1.14667>
- Friesen, S. D., Dunn, C., & Freeman, C. (2018). Decomposition as a regulator of carbon accretion in mangroves: a review. *Ecological Engineering*, 114, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.069>
- Frouz, J. (2018). Effects of soil macro- and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization. *Geoderma*, 332, 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.039>
- Gibb, T. J., & Oseto, C. Y. (2006). *Arthropod Collection and Identification: Laboratory and Field Techniques*. Elsevier Science. <https://books.google.co.id/books?id=y1gq2EraKIQc>
- Gómez, M., Barreiro, F., López, J., & Lastra, M. (2018). Effect of upper beach macrofauna on nutrient cycling of sandy beaches: metabolic rates during wrack decay. *Marine Biology*, 165(8), 133. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3392-1>
- Habibullah. (2023). Ekologi Arthropoda Pada Bekas Sarang Orangutan Sumatera (*Pongo abelii*) Di Taman Nasional Gunung Leuser Resort Sei Betung Kecamatan Besitang Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. *Agroprimatech*, 6(2).
- Hasibuan, I. M., Amelia, R., Bimantara, Y., Susetya, I. E., Susilowati, A., & Basyuni, M. (2021). Vegetation and macrozoobenthos diversity in the Percut Sei Tuan mangrove forest, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(12). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221245>
- Innocenti Degli, E., Defeo, O., & Scapini, F. (2021). Arthropodofauna richness and abundance across beach–dune systems with contrasting morphodynamics. *Regional Studies in Marine Science*, 44, 101722. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101722>
- Joly, F.-X., Coq, S., Coulis, M., David, J.-F., Hättenschwiler, S., Mueller, C. W., Prater, I., & Subke, J.-A. (2020). Detritivore conversion of litter into faeces accelerates organic matter turnover. *Communications Biology*, 3(1), 660. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01392-4>
- Junardi, J. (2008). Karakteristik_Morfologi_Dan_Habitat_Caci. *Jurnal Sains MIPA*, 14(2), 85–89.
- Junardi, J., & Riyandi, R. (2020). Sintasan Dan Pertumbuhan Larva Cacing Nipah *Namalycastis rhodochorde* (Polychaeta: Nereididae) Pada Budidaya Dengan

- Dua Sumber Pakan Berbeda. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 8(2), 193–204. <https://doi.org/10.36706/jari.v8i2.11715>
- Kauffman, J. B., Adame, M. F., Arifanti, V. B., Schile-Beers, L. M., Bernardino, A. F., Bhomia, R. K., Donato, D. C., Feller, I. C., Ferreira, T. O., Jesus Garcia, M. del C., MacKenzie, R. A., Megonigal, J. P., Murdiyarso, D., Simpson, L., & Hernández Trejo, H. (2020). Total ecosystem carbon stocks of mangroves across broad global environmental and physical gradients. *Ecological Monographs*, 90(2). <https://doi.org/10.1002/ecm.1405>
- LeCroy, S. E., Richardson, J. S., & Cobb, D. (2000). *An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida* (Vol. 1). Florida Department of Environmental Protection, Division of Resource
- Machado, G. B. O., Leite, F. P. P., & Sotka, E. E. (2018). Nutrition of marine mesograzers: integrating feeding behavior, nutrient intake and performance of an herbivorous amphipod. *PeerJ*, 6, e5929. <https://doi.org/10.7717/peerj.5929>
- Montemayor, D. I., Canepuccia, A. D., Farina, J., Addino, M., Valiñas, M., & Iribarne, O. O. (2019). Effects of Spartina Wrack on Surface-Active Arthropod Assemblage Under Different Environmental Contexts in Southwest Atlantic Salt Marshes. *Estuaries and Coasts*, 42(4), 1104–1126. <https://doi.org/10.1007/s12237-018-00509-7>
- Oliveira, C. M. R., Passos, R. R., Pratissoli, D., Holtz, A. M., & Rangel, O. J. P. (2021). Influence of nitrogen and potassium on tomato nutrition and resistance to *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) in greenhouse. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, 16(4), 1–8. <https://doi.org/10.5039/agraria.v16i4a8830>
- Palit, K., Rath, S., Chatterjee, S., & Das, S. (2022). Microbial diversity and ecological interactions of microorganisms in the mangrove ecosystem: Threats, vulnerability, and adaptations. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(22), 32467–32512. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19048-7>
- Park, S., Ahn, I.-Y., Sin, E., Shim, J., & Kim, T. (2020). Ocean freshening and acidification differentially influence mortality and behavior of the Antarctic amphipod *Gondogeneia antarctica*. *Marine Environmental Research*, 154, 104847. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104847>
- Podlesińska, W., & Dąbrowska, H. (2019). Amphipods in estuarine and marine quality assessment – a review. *Oceanologia*, 61(2), 179–196. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2018.09.002>
- Rahadian, A., Prasetyo, L. B., Setiawan, Y., & Wikantika, K. (2019). A Historical Review of Data and Information of Indonesian Mangroves Area. *Media Konservasi*, 24(2), 163–178. <https://doi.org/10.29244/medkon.24.2.163-178>
- Rozirwan, Nugroho, R. Y., Wulandari, P. I., Aryawati, R., Fauziyah, Putri, W. A. E., Agussalim, A., & Isnaini. (2022). Bacillariophyceae Distribution and Water Quality in Estuarine-Mangrove Environments: The Commonest Phytoplankton in Musi Estuary, Indonesia. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(12), 78–88. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.12.8>
- Santonja, M., Pellan, L., & Piscart, C. (2018). Macroinvertebrate identity mediates the effects of litter quality and microbial conditioning on leaf litter recycling in temperate streams. *Ecology and Evolution*, 8(5), 2542–2553. <https://doi.org/10.1002/ece3.3790>
- Sari, K. W., Yunasfi, Y., & Suryanti, A. (2017). Dekomposisi serasah daun mangrove *Rhizophora apiculata* di Desa Bagan Asahan, Kecamatan Tanjungbalai,

- Kabupaten Asahan, Provinsi Sumatera Utara. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 4(2), 88. <https://doi.org/10.29103/aa.v4i2.308>
- Shiau, Y.-J., & Chiu, C.-Y. (2020). Biogeochemical Processes of C and N in the Soil of Mangrove Forest Ecosystems. *Forests*, 11(5), 492. <https://doi.org/10.3390/f11050492>
- Smith, K. G. (1989). *An Introduction to the Immature Stages of British Flies: Diptera Larvae, with Notes on Eggs, Puparia and Pupae (Vol. 10)*. Royal Entomological Society.
- Sousa, W. P., & Dangremond, E. M. (2011). Trophic Interactions in Coastal and Estuarine Mangrove Forest Ecosystems. In *Treatise on Estuarine and Coastal Science* (pp. 43–93). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374711-2.00606-9>
- Srilatha G, Chamundeeswari K, Mayavu P, & Varadharajan D. (2013). Study on Physico-Chemical Parameters in Different Mangrove Regions, Southeast Coast of India. *Journal of Environmental & Analytical Toxicolog*, 03(05). <https://doi.org/10.4172/2161-0525.1000182>
- Stokland, J., Siitonen, J., & Jonsson, B. (2012). *Biodiversity in Dead Wood*. Cambridge University Press.
- Sundermann, A., Lohse, S., Beck, L. A., & Haase, P. (2007). Key to the larval stages of aquatic true flies (Diptera), based on the operational taxa list for running waters in Germany. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 43(1), 61–74. <https://doi.org/10.1051/limn/2007028>
- Tagliaferro, M., Díaz Villanueva, V., Wolinski, L., & Boy, C. C. (2021). Galled leaves as an improved resource for benthic detritivores. *Aquatic Sciences*, 83(4), 68. <https://doi.org/10.1007/s00027-021-00826-3>
- Tamunaidu, P., & Saka, S. (2011). Chemical characterization of various parts of nipa palm (*Nypa fruticans*). *Industrial Crops and Products*, 34(3), 1423–1428. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.04.020>
- Thyssen, P. J. (2009). Keys for Identification of Immature Insects. In *Current Concepts in Forensic Entomology* (pp. 25–42). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9684-6_2
- Tie, L., Wei, S., Peñuelas, J., Sardans, J., Peguero, G., Zhou, S., Liu, X., Hu, J., & Huang, C. (2021). Phosphorus addition reverses the negative effect of nitrogen addition on soil arthropods during litter decomposition in a subtropical forest. *Science of The Total Environment*, 781, 146786. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146786>
- Vallabhbhai Patel, S., Prasad, C., Hasan Krishni Vigyan Kendra, W., & Hasan, W. (2018). Study on the biology and life cycle of cucurbit fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). ~ 223 ~ *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1, 223–226.
- Wallace, J. B., Eggert, S. L., Meyer, J. L., & Webster, J. R. (2015). Stream invertebrate productivity linked to forest subsidies: 37 stream-years of reference and experimental data. *Ecology*, 96(5), 1213–1228. <https://doi.org/10.1890/14-1589.1>
- Wongkamhaeng, K., Dumrongrojwattana, P., & Shin, M. (2018). Discovery of a new genus and species of dogielinotid amphipod (Crustacea: Amphipoda: Dogielinotidae) from the Nipa palm in Thailand, with an updated key to the genera. *PLOS ONE*, 13(10), e0204299. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204299>

- Zhai, J., Anderson, J. T., Yan, G., Cong, L., Wu, Y., Dai, L., Liu, J., & Zhang, Z. (2021). Decomposition and nutrient dynamics responses of plant litter to interactive effects of flooding and salinity in Yellow River Delta wetland in northeastern China. *Ecological Indicators*, 120, 106943. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106943>
- Wongkamhaeng, K., Dumrongrojwattana, P., & Shin, M. H. (2018). Discovery of a New Genus and Species of Dogielinotid Amphipod (Crustacea: Amphipoda: Dogielinotidae) from the Nipa Palm in Thailand, with an Updated Key to the Genera. *PLoS ONE*, 13(10), 1-15.
- Zhai, J., Anderson, J. T., Yan, G., Cong, L., Wu, Y., Dai, L., Liu, J., & Zhang, Z. (2021). Decomposition and Nutrient Dynamics Responses of Plant Litter to Interactive Effects of Flooding and Salinity in Yellow River Delta Wetland in Northeastern China. *Ecological Indicators*, 120, 106943.