

The Composition of Arthropods in Nipah Fronds Decomposition at Sungai Kakap Mangrove Area in the West Kalimantan

Lastyanti Mulyani^{*}, Junardi¹, Rikhsan Kurniatuhadi¹

¹Program Stud Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia;

Article History

Received : September 22th, 2023

Revised : October 18th, 2023

Accepted : October 24th, 2023

*Corresponding Author:

Lastyanti Mulyani, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia; Email:

lastyantimulyani@student.untan.ac.id

Abstract: Anthropogenic activities in *Nypa* palm (*Nypa fruticans*) forests directly leave a lot of residual nipah fronds, which take longer to decompose. The decomposition process involves decomposer organisms, one of which is Arthropods. Nevertheless, information regarding the composition of decomposition fronds is still limited. This study aims to obtain data and information regarding the composition of Arthropods and their relationship to the decomposition period. Arthropod sampling was carried out by hand collecting methods at 15, 25, 35, and 45 days after placement. The laying of the nipah palm fronds was determined randomly with a vertical position at 20 cm above the ground surface. Arthropod eggs, larvae, pupae, and imago samples were sorted and preserved in 70% Alcohol. Arthropod data obtained were analyzed descriptively. The results showed that the composition of Arthropods consisted of the class Crustacea and Insecta, each with one order (2 genera) and six orders (32 genera). The orders Diptera (*Psychoda*, *Eristalinus*) and Amphipoda (*Allorchestoides*) were dominant. The average number of individuals found increases with the decomposition period. The role of different arthropods influences their composition in the decomposition process of the nipah palm fronds. It is necessary to study the composition of microbes in each decomposition period.

Keywords: *Allorchestoides*, arthropod, decomposition, *Nypa fruticans*.

Pendahuluan

Kawasan Sungai Kakap Provinsi Kalimantan Barat memiliki hutan mangrove yang banyak ditemukan vegetasi nipah (*Nypa fruticans*). Aktivitas antropogenik pada kawasan ini secara langsung meninggalkan banyak pelepah nipah yang tidak digunakan, kemudian tersebar di permukaan dan belum mengalami dekomposisi. Hal tersebut akan mengakibatkan proses dekomposisi pelepah nipah dapat terjadi lebih lama karena hanya menumpuk pada satu lokasi, hal ini diketahui berdasarkan uji pendahuluan yang telah dilakukan. Dekomposisi merupakan tahap awal dalam siklus unsur hara yang melibatkan serangkaian proses yang kompleks termasuk agen kimia, fisik, dan biologis yang bekerja pada berbagai macam substrat organik. Organisme dekomposer tersebut meliputi

bakteri, fungi, dan invertebrata (Lee *et al.*, 2017; Berg & McLaugherty, 2020). Arthropoda merupakan salah satu invertebrata yang keberadaannya penting dalam proses dekomposisi serasah hutan mangrove.

Intensitas kehadiran Arthropoda dalam proses dekomposisi lebih tinggi dibandingkan hewan lain di alam (Ebeling *et al.*, 2014). Tidak hanya tumbuhan yang hidup, Arthropoda juga mengkonsumsi tumbuhan yang telah mati (serasah) dan membusuk (detritus) (Sari, 2017). Umumnya Arthropoda yang berperan dalam proses dekomposisi adalah Insecta (Ordo Coleoptera, Diptera, Psocoptera, dan Collembola) dan Crustacea (Amphipoda, Isopoda) (Sousa & Dangremond, 2011). Peranan Arthropoda dalam proses dekomposisi secara umum adalah sebagai inisiator transformasi serasah menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Arthropoda secara

langsung mengkonsumsi dan memfragmentasi serasah dalam jumlah besar menjadi menjadi partikel yang lebih halus. Bahan organik yang tidak diasimilasi, kemudian dikonversi menjadi partikulat halus dalam bentuk pelet tinja. Kolonisasi oleh bakteri pada feses selanjutnya akan mempercepat proses dekomposisi dan meningkatkan nilai gizi bagi konsumen coprophagous (Sousa & Dangremond, 2011). Selama proses dekomposisi berlangsung terdapat perbedaan komposisi Arthropoda pada setiap fase dekomposisi (Macandong *et al.*, 2017).

Penelitian sebelumnya pada Kawasan Mangrove Sungai Kakap telah dilakukan mengenai karakteristik habitat dan pemanfaatan pelepah nipah (*Nypa fructicans*) sebagai pakan cacing nipah (Junardi, 2008; Junardi & Riyandi, 2020; Kurniatuhadi *et al.*, 2019), yang menunjukkan adanya peran Annelida serta mikrob pada saat proses dekomposisi pelepah nipah. Berdasarkan hal tersebut komposisi Arthropoda pada proses dekomposisi pelepah nipah penting untuk diketahui, berkaitan dengan peranannya dalam menyediakan substrat. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan data serta informasi mengenai komposisi Arthropoda pada tiap periode dekomposisi.

Bahan dan Metode

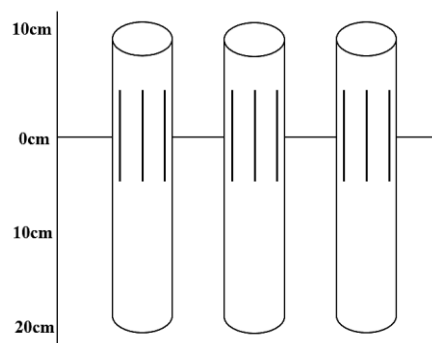
Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada kawasan mangrove sungai kakap, yang secara administratif termasuk dalam kecamatan Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat dengan posisi geografis antara 0,0°02,52'4"-0,0°03,01'6"LS dan 109°09,49'1"-109°10,00'2" BT. Proses Identifikasi dilakukan di Laboratorium Hidrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

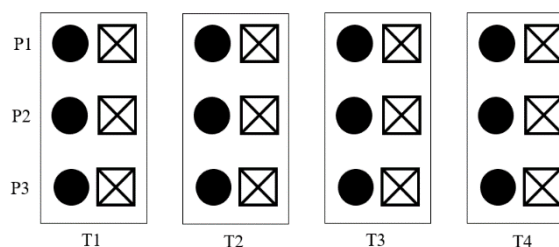
Penentuan titik dan pengambilan sampel

Penentuan titik peletakan pelepah nipah ditentukan secara acak. Jumlah peletakan pada tiap titik ditentukan sebanyak enam pelepah. Peletakan pelepah dilakukan pada posisi vertikal, yaitu di kedalaman 0-20 cm dari permukaan tanah (Gambar 1). Jumlah titik peletakan pelepah ditentukan berdasarkan waktu yaitu sebanyak empat titik, sehingga total pelepah yang digunakan dalam eksperimen ini sebanyak 24

pelepah (Gambar 2). Pengamatan pertama (T1) dilakukan setelah 15 hari dari waktu peletakan pertama kali. Pengamatan selanjutnya dilakukan dalam selang 10 hari berdasarkan titik yang telah ditentukan. Sampling sebanyak 3 pelepah (T1, T2, T3) dan 15 pelepah (T4) pada hari terakhir pengamatan.



Gambar 1. Ilustrasi Pembelahan dan Peletakan Nipah secara Vertikal pada Kedalaman 20 cm.



Gambar 2. Ilustrasi Peletakan Pelepah Nipah pada Empat Plot dengan Waktu Pengambilan yang Berbeda: P1-3= Pelepah; T1-4= Waktu Pengambilan; P1= Pelepah 1; P2= Pelepah 2; P3= Pelepah 3; T1=15 Hari; T2= 25 Hari; T3= 35 Hari; T4= 45 Hari. ● Pengambilan Pelepah pada Tiap Periode, ☒ Pengambilan Pelepah pada Hari ke-45.

Pengambilan dan preparasi sampel

Pengambilan sampel Arthropoda dari pelepah dilakukan dengan cara pengambilan langsung (*hand collecting*), yaitu dengan cara sortir membuka bagian dalam pelepah. Sampel Arthropoda yang diambil juga berupa telur, larva, pupa, dan imago. Sampel Arthropoda yang diperoleh dimasukan ke dalam larutan alkohol 70% dan diberi label. Identifikasi selanjutnya dilakukan dengan merujuk pada Eisenbeis & Wichard (1987), Smith (1989), Barnard *et al.* (1991), LeCroy (2000), Bouchard (2004), Gibb & Oseto (2006), Sundermann *et al.* (2007), Tyssen (2010), dan Wongkamhaeng *et al.* (2018)

Analisis data

Jumlah individu dan genus Arthropoda yang diperoleh selanjutnya disusun dalam tally sheet berdasarkan waktu pengambilan sampel.

Komposisi dan frekuensi Arthropoda dan hubungannya terhadap periode dekomposisi disajikan dalam bentuk tabel, diagram, dan grafik yang selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

Komposisi Arthropoda pada Media Dekomposisi Pelepah Nipah

Komposisi Arthropoda yang ditemukan terdiri atas kelas Crustacea (satu ordo) dan Insecta (enam ordo) dengan jumlah 34 Genera dan 7 Ordo. Jumlah individu rata-rata pada empat periode pengamatan diperoleh sebanyak 1.479,07 yang mengalami kenaikan pada tiap periode dekomposisi. Komposisi Arthropoda pada tingkat ordo (25 famili) didominasi oleh

Diptera (11 famili) dan diikuti Coleoptera (tujuh famili). Sedangkan, komposisi ordo terkecil berasal dari Hemiptera dan Amphipoda (dua famili) serta Hymenoptera Mesostigmata, dan Ephemeroptera (satu famili) (Gambar 3a).

Komposisi pada tingkat famili berdasarkan jumlah genera didominasi Stratiomyidae (empat genera). Famili Scirtidae, Dolichopodidae, Muscidae, Staphylinidae, dan Syrphidae terdiri atas dua genera. Famili lainnya dengan persentase kumulatif sebesar 53% masing-masing hanya terdiri atas satu genus yaitu Macrochelidae, Dogielinotidae, Hyalidae, Lampyridae, Nitidulidae, Silvanidae, Tenebrionidae, Chironomidae, Limoniidae, Micropezidae, Psychodidae, Scathophagidae, Tabanidae, Tephritidae, Baetidae, Hebridae, Belostomatidae, dan Formicidae (Gambar 3b).



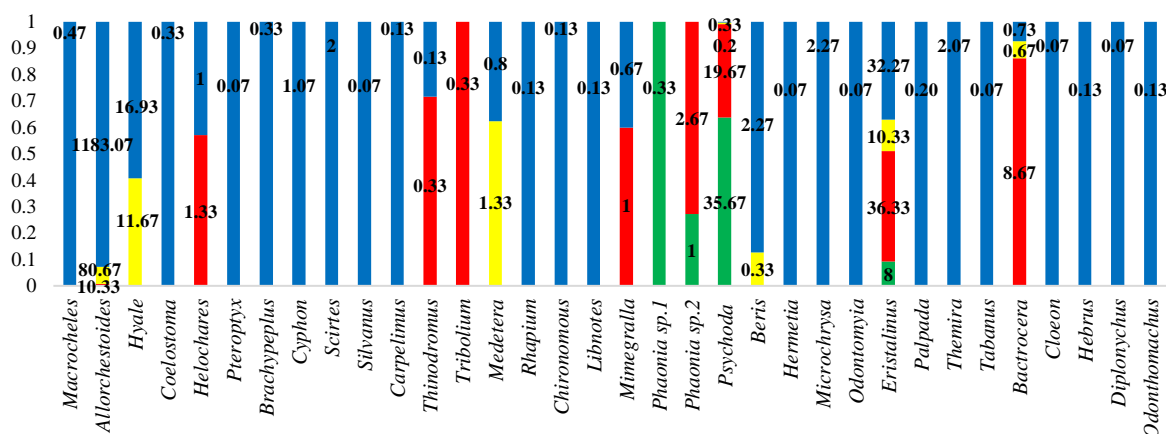
Gambar 3. Komposisi Arthropoda pada Media Dekomposisi Pelepah Nipah (*Nypa fructicans*): a) Komposisi Ordo, b) Komposisi Famili

Tabel 1. Komposisi Arthropoda pada Media Dekomposisi Pelepah Nipah (*Nypa fructicans*) Berdasarkan Tahapan Perkembangan

Kelas/Ordo/Famili	Genera	Tahapan Perkembangan			
		I	II	III	IV
A. Crustacea					
I. Amphipoda					
a. Dogielinotidae	1. <i>Allorchestoides</i>	-	J,i	J,i	J,i
b. Hyalidae	2. <i>Hyale</i>	-	-	i	i
B. Insecta					
II. Coleoptera					
c. Hydrophilidae	3. <i>Coelostoma</i>	-	-	-	L3,i
	4. <i>Helochares</i>	-	L3	-	L3,i
d. Lampyridae	5. <i>Pteroptyx</i>	-	-	-	L4
e. Nitidulidae	6. <i>Brachypeplus</i>	-	-	-	i
f. Scirtidae	7. <i>Cyphon</i>	-	-	-	L1-3
	8. <i>Scirtes</i>	-	-	-	L1-3
g. Silvanidae	9. <i>Silvanus</i>	-	-	-	i
h. Staphylinidae	10. <i>Carpelimus</i>	-	-	-	I
	11. <i>Thinodromus</i>	-	i	-	i
i. Tenebrionidae	12. <i>Tribolium</i>	-	i	-	-
III. Diptera					
j. Dolichopodidae	13. <i>Medetera</i>	-	-	L1-3	L1-3
	14. <i>Rhapium</i>	-	-	-	L3
k. Chironomidae	15. <i>Chironomus</i>	-	-	-	L4

l. Limoniidae	16. <i>Libnotes</i>	-	-	-	L4
m. Micropezidae	17. <i>Mimegralla</i>	-	L1	-	L1-3,P
n. Muscidae	18. <i>Phaonia sp.1</i>	L3	-	-	-
	19. <i>Phaonia sp.2</i>	L2-3	L2-3	-	-
o. Psychodidae	20. <i>Psychoda</i>	L1-4,P	L1-4,P	L4	L4
p. Scathophagidae	21. <i>Gimnomera</i>	-	-	-	L1-3,P
q. Stratiomyidae	22. <i>Beris</i>	-	-	L*	L*
	23. <i>Hermetia</i>	-	-	-	L6
	24. <i>Microchrysa</i>	-	-	-	L*,P
	25. <i>Odontomyia</i>	-	-	-	L*
r. Syrphidae	26. <i>Eristalinus</i>	L1-3	L1-3	L1-3	L1-3
	27. <i>Palpada</i>	-	-	-	L3
s. Tabanidae	28. <i>Tabanus</i>	-	-	-	L*
t. Tephritidae	29. <i>Bactrocera</i>	-	L1-3	L2-3	L2-3
IV. Ephemeroptera					
u. Baetidae	30. <i>Cloeon</i>	-	-	-	N
V. Hemiptera					
v. Hebridae	31. <i>Hebrus</i>	-	-	-	i
w. Belostomatidae	32. <i>Diplonychus</i>	-	-	-	N
VI. Hymenoptera					
x. Formicidae	33. <i>Odontomachus</i>	-	-	-	i
VII. Mesostigmata					
y. Macrochelidae	34. <i>Macrocheles</i>	-	-	-	i

Keterangan: I= periode 1 (15 hari), II= periode 2 (25 hari), III= periode 3 (35 hari), IV= periode 4 (45 hari), L=larva, 1-6= instar, J=juvenile, i=imago, N=nimfa. * Tahapan instar tidak diketahui



Gambar 4. Komposisi Individu Rata-Rata Genera Arthropoda pada Tiap Periode Proses Dekomposisi Pelepah Nipah. Periode ke-I, Periode ke-II, Periode ke-III, Periode ke-IV

Jumlah individu rata-rata Arthropoda pada media dekomposisi pelepah nipah (*Nypa fructicans*) pada empat periode pengamatan diperoleh hasil sebanyak 1.479,07 individu. Setiap periode pengamatan menunjukkan adanya peningkatan jumlah individu rata-rata Arthropoda yang relatif besar. Peningkatan pada periode pertama ke periode kedua sebesar 35,7 individu per pelepah, periode kedua ke periode ketiga sebesar 24,6 individu per pelepah, dan pada periode ketiga ke periode keempat sebesar 1.142,8 individu per pelepah (Gambar 4). Jumlah individu rata-rata masing-masing genera Arthropoda juga mengalami penurunan atau peningkatan disetiap periode pengamatan, yaitu terdiri atas 11 genera (Gambar 4.). Genera yang mengalami penurunan adalah *Psychoda* dan

Medetera yang ditemukan pada fase larva. Sedangkan, Genera yang mengalami peningkatan adalah *Allorchestoides* dan *Hyale* yang ditemukan pada fase imago serta *Beris* pada fase larva. Genera lain dengan jumlah individu rata-rata fluktuatif adalah *Eristalinus*, *Phaonia sp.2*, *Bactrocera*, *Mimegralla* yang ditemukan pada fase larva, *Thinodromus* pada fase imago, dan *Helochares* pada fase larva-imago (Tabel 1).

Pembahasan

Komposisi tingkat kelas

Kesesuaian habitat untuk berkembang biak ataupun kemampuan adaptasi pada berbagai kondisi lingkungan menjadikan Insekta lebih banyak ditemukan pada proses

dekomposisi pelepah nipah. Sheikh *et al.* (2017) menyatakan bahwa Insekta dapat beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan seperti perairan dan daratan. Kemampuan adaptasi tersebut diperoleh dari proses pengembangan fisiologi, perilaku, dan morfologi tubuh. Crustacea juga dapat bersimbiosis dengan berbagai organisme lain yang menyediakan makanan, tempat berlindung, ataupun keduanya (Thiel & Duffy, 2007). Sumber makanan yang dimiliki Insekta dan Crustacea hampir sama, yaitu jenis material organik yang berasal dari detritus tersuspensi, mikrob, dan bagian tubuh vertebrata yang sudah mati (Gullan & Cranston, 2010).

Kemampuan adaptasi yang tinggi dan kemiripan sumber makanan yang dimiliki, sehingga kedua kelas tersebut ditemukan atau berperan dalam proses dekomposisi pelepah nipah. Penelitian yang dilakukan Hernandez *et al.* (2021) menemukan bahwa Arthropoda terbanyak pada hutan mangrove terdiri atas Insekta, Crustacea, dan Gastropoda dengan komposisi terbanyak berasal dari Insekta. Dey Hazra (2022) juga menemukan proses penguraian serasah pada setiap fase dekomposisi bergantung musim dan mikroarthropoda, termasuk Insekta dan Crustacea.

Komposisi tingkat ordo

Komposisi pada tingkat ordo pada proses dekomposisi ini didominasi oleh Diptera dan diikuti Coleoptera. Diptera diketahui memiliki keragaman spesies yang cukup tinggi, termasuk keanekaragaman morfologi dan ekologi. Fusari *et al.*, (2018) menyatakan bahwa Diptera dapat ditemukan di lingkungan alami maupun buatan seperti sungai, kolam, dan laut. Diptera umumnya adalah organisme yang berasosiasi dengan kayu mati atau membusuk pada seluruh atau sebagian siklus hidupnya (*saproxylic*) yang mencapai 48% (Ulyshen, 2018).

Diptera lebih menyukai lingkungan yang lembab dan basah, terutama pada saat memasuki fase larva, sehingga fase larva, pupa, dan telur ditemukan lebih banyak pada proses dekomposisi pelepah nipah (Tabel 1). Fusari *et al.* (2018) menemukan larva Diptera ada pada semua tipe habitat akuatik ataupun semi akuatik. Spesies-spesies dari kelompok ini hidup pada jaringan tumbuhan maupun bahan organik yang membusuk. Ulyshen (2018) menyatakan larva yang berasosiasi dengan lingkungan basah

memiliki ciri morfologi khusus untuk membantu pernafasan. Hasil pengamatan ditemukan larva Diptera dari famili Syrphidae lebih banyak dibandingkan famili yang lain, karena memiliki saluran pernafasan yang panjang pada anal segment abdomen.

Coleoptera yang ditemukan berada pada fase larva dan imago (*imaginal stage*) juga bersifat *saproxylic* serta memiliki peran penting dalam siklus hara dan dekomposisi (Ulyshen, 2018; Sanchez-Galvan *et al.*, 2018). Coleoptera *saproxylic* sering kali ditemukan sebagai spesies pionir yang berkolonisasi pada kayu mati, hal tersebut karena kumbang memiliki rahang yang kuat untuk menggali dan menembus kulit kayu (Ulyshen *et al.*, 2016). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Hydrophilidae lebih dominan di antara famili Coleoptera lainnya (Gambar 4). Salah satu genus yang ditemukan adalah Coelostoma, yaitu Hydrophilidae yang dapat ditemukan pada permukaan basah dan terendam. Genus ini memakan bahan organik yang membusuk, tungau, dan miselium jamur pada substrat organik (Khadem *et al.*, 2022).

Komposisi Diptera dan Coleoptera yang ditemukan lebih tinggi pada proses dekomposisi pelepah nipah berkaitan dengan kebutuhan makannya yang bervariasi. Kedua ordo ini dapat berperan sebagai saprophagous, fungivorous, maupun predator dalam jaring makanan sekaligus pada proses degradasi serasah, sehingga dapat mempercepat proses dekomposisi pelepah nipah. Gomez *et al.* (2018) dalam penelitiannya menemukan bahwa Diptera dan Coleoptera mendominasi pada tiap fase dekomposisi, yang berperan sebagai predator, herbivor, dan detritivor.

Komposisi tingkat famili

Komposisi pada tingkat famili ditemukan Stratiomyidae lebih dominan pada proses dekomposisi (Gambar 3). Stratiomyidae merupakan salah satu Diptera *saproxylic* yang sebagian besar ditemukan hidup terestrial, namun beberapa genus ada yang hidup pada permukaan air dan dapat bertahan pada kondisi lingkungan salin (air asin). Stratiomyidae muncul pada periode ketiga saat 35 hari proses dekomposisi (Gambar 4), atau saat pelepah telah mengalami pembusukan. Menurut Ulyshen (2018), Stratiomyidae bersifat saprophagous, necrophagous, fungivorous, dan hidup pada kayu yang membusuk.

Komposisi individu tingkat genus pada tiap periode dekomposisi

Jumlah individu rata-rata masing-masing genera Arthropoda juga mengalami penurunan atau peningkatan disetiap periode pengamatan berkaitan dengan kolonisasi Arthropoda yang memiliki kebutuhan nutrisi berbeda (Siders *et al.*, 2020; Tie *et al.*, 2021). Genus *Psychoda* (Diptera) mendominasi pada periode pertama dekomposisi (15 hari). Genus ini memiliki karakteristik morfologi tubuh silindris dengan 2-3 annuli pada tiap segmen, kepala tersklerotisasi, dan tabung spirakel pada posterior. *Psychoda* bersifat saprophagous dengan habitat alami di hutan mangrove pada sedimen atau detritus. Larva *Psychoda* berkembang baik didaerah semi-akuatik dan materi yang sedang mengalami pembusukan (Bouchard, 2004; Glime, 2017; Ulyshen, 2018). Jumlah individu rata-rata *Psychoda* menurun pada periode selanjutnya.

Umumnya siklus hidup *Psychoda* mulai dari telur, larva (instar 1-4), dan pupa sampai imago terjadi selama 7-12 hari. Azmiera *et al.* (2021) menemukan bahwa *Psychoda* mulai hadir pada hari ke-10, namun jumlah individunya menurun pada hari ke-34 dekomposisi dan tidak ditemukan pada hari ke-40. Dekomposisi pelepah pada periode kedua (25 hari) ditemukan peningkatan genus *Eristalinus* (Gambar 4). Genus ini memiliki tubuh sub-silinder dengan segmen anal yang lebih dari setengah panjang tubuhnya, digunakan untuk beradaptasi pada kondisi lingkungan yang rendah oksigen (Thompson *et al.*, 2010) atau perairan yang memiliki kandungan bahan organik tinggi (Campoy *et al.*, 2019). Jumlah individu rata-rata *Eristalinus* ditemukan fluktuatif selama periode pengamatan. Hal tersebut dapat dipengaruhi dari siklus hidupnya, yaitu umumnya mulai dari telur, larva (instar 1-3), hingga pupa terjadi selama 25 hari (Campoy *et al.*, 2020).

Penurunan jumlah individu *Eristalinus* pada pengamatan 35 hari setelah dekomposisi diasumsikan terjadi karena pupa telah masuk pada fase imago. Dekomposisi pada periode ketiga (35 hari) dan keempat (45 hari) ditemukan Amphipoda lebih dominan (Gambar 4), hal ini dapat berkaitan dengan kemampuan adaptasi serta fekunditas dan viabilitas yang dimiliki. Amphipoda umumnya bersifat herbivora dan detritivora (ganggang dan bakteri sedimen), namun juga ditemukan sebagai omnivora. Amphipoda genus *Allorchestoides* yang ditemukan dalam proses dekomposisi pelepah

nipah berasal dari famili Dogielinotidae, yaitu pendegradasi serasah (detritivor) atau omnivora yang berkontribusi besar pada proses dekomposisi bahan organik (Bundschuh *et al.*, 2019). *Allorchestoides* ditemukan pada fase *juvenile* dan imago (Tabel 1) dengan karakteristik tubuh tanpa karapas, tubuh pipih bilateral (*laterally compressed*), dan *gnatopod* dengan *dactyl* serta lobus posterior carpal yang memungkinkannya untuk menggenggam dan bergerak di antara serat nipah (Wongkamhaeng *et al.*, 2018). Wongkamhaeng *et al.* (2018) menemukan *Allorchestoides* hidup dalam pelepah nipah dengan makanan utama berasal dari serat pelepah.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa Komposisi Arthropoda yang ditemukan terdiri atas dua kelas, tujuh ordo, 25 famili, dan 34 genera dengan jumlah individu rata-rata 1479,07. Ordo dominan yang ditemukan adalah Diptera dan Amphipoda dengan genus *Psychoda*, *Eristalinus*, dan *Allorchestoides*. Kenaikan atau penurunan komposisi Arthropoda diduga dapat dipengaruhi oleh kebutuhan terhadap nutrisi yang tersedia pada tiap periode dekomposisi. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan untuk pengamatan dinamika dan komposisi mikrob serta perubahan kandungan organik pelepah nipah pada setiap periode dekomposisi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Hidrologi FMIPA Untan yang telah memfasilitasi dan membantu 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.

Referensi

- 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. DOI: doi.org/10.1007/s11686-020-00313-z
- Barnard, J. L. & Karaman, G. S., (1991). The Families and Genera of Marine

- Gammaridean Amphipoda (Except Marine Gammaroids). *Records of the Australian Museum, Supplement*, 13(1): 1-417. DOI: doi:10.3853/j.0812-7387.13.1991.91
- Berg, B. & McClaugherty, C., (2020). Decomposition as a Process—some Main Features. In B. Berg, & C. McClaugherty, *Plant Litter Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration* (4 ed.). Cham, Switzerland: Springer Nature, pp: 13-43. DOI: doi.org/10.1007/978-3-030-59631-6_2
- Bouchard, R. W., (2004). *Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest*. (L. J. Ferrington, & M. Karius, Eds.) St. Paul: Water Resources Research Center, University of Minnesota.
- Bundschuh, R. Bundschuh, M. Otto, M. & Schulz, R., (2019). Food-related Exposure to Systemic Pesticides and Pesticides From Transgenic Plants: Evaluation of Aquatic Test Strategies. *Environmental Sciences Europe*, 31(87): 1-13. DOI: doi.org/10.1186/s12302-019-0266-1
- Campoy, A. Pérez-Bañón, C. & Rojo, S., (2020). Intra-Puparial Development in the Hoverflies *Eristalinus aeneus* and *Eristalis tenax* (Diptera: Syrphidae). *Journal of Morphology*, 281(11): 1436-1445. DOI: doi.org/10.1002/jmor.21257
- Campoy, A. Saez, L. Pérez-Bañón, C. & Rojo, S., (2019). Demography and Population Parameters of Two Species of Eristaline Flower Flies (Diptera, Syrphidae, Eristalini). *Journal of Applied Entomology*, 144(1-2): 133-143. DOI: doi.org/10.1111/jen.12717
- Dey, M. K. & Hazra, A., (2022). Litter Fall and Decomposition of Mangrove Species (*Excoecaria agallocha*) in a Newly Emerged Island (Nayachar), West Bengal, India: w.r.f Soil Microarthropods. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(10): 904-913.
- Ebeling, A. Meyer, S. T. Abbas, M. Eisenhauer, N. Hillebrand, H. Lange, M. Scherber, C. Vogel, A. Weigelt, A. & Weisser, W. W., (2014). Plant Diversity Impacts Decomposition and Herbivory via Changes in Aboveground Arthropods. *Journal Pone (PLOS ONE)*, 9(9): 1-8. DOI: doi.org/10.1371/journal.pone.0106529
- Eisenbeis, G. & Wichard, W., (1987). *Atlas on the Biology of Soil Arthropods* (1 ed.). Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: doi.org/10.1007/978-3-642-72634-7_1
- Fusari, L. Dantas, G. & Pinho, L., (2018). *Hand book of Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Keys to Neotropical Hexapoda* (4th ed., Vol. 3). (N. Hamada, J. Thorp, & D. C. Rogers, Eds.) London: Academic Press.
- Gibb, T. J. & Oseto, C. Y., (2006). *Arthropod Collection and Identification: Laboratory and Field Techniques* (1 ed.). Amsterdam: Elsevier Academic Press.
- Glime, J. M. (2017)., *Terrestrial Insects: Holometabola-Diptera*. In J. M. Glime, *Bryophyte Ecology* (Vol. 2). Houghton, MI: Michigan Technological University.
- Gomez, M. Barreiro, F. Lopez, J. & Lastra, M., (2018). Effect of Upper Beach Macrofauna on Nutrient Cycling of Sandy Beaches: Metabolic Rates During Wrack Decay. *Marine Biology*, 165(133): 1-12. DOI: doi.org/10.1007/s00227-018-3392-1
- Gullan, P. & Cranston, P., (2010). *The Insect: An Outline of Entomology* (4th ed.). Hoboken: Wiley-Blackwell Publication
- Hernández, N. A. Flores, C. J. López, D. P. & Lozano, M. A., (2021). Aquatic Invertebrate Communities in Areas Covered and Devoid of the Floating Fern *Salvinia* Within the Mangrove Forest in the Boquerón Wildlife Refuge, Cabo Rojo, Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, 51(2): 46-165. DOI: doi.org/10.18475/cjos.v51i2.a1
- Junardi & Riyandi, (2020). Sintasan dan Pertumbuhan Larva Cacing Nipah *Namalycastis Rhodochorde* (Polychaeta: Nereididae) pada Budidaya Dengan Dua Sumber Pakan Berbeda. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 8(2). DOI: doi.org/10.36706/jari.v8i2.11715
- Junardi, (2008). Karakteristik Morfologi dan Habitat Cacing Nipah *Namalycastis rhodochorde* (Polychaeta: Nereididae: Namanereididae) di Kawasan Hutan Mangrove Estuaria Sei Kakap Kalimantan Barat. *Jurnal Sains MIPA*, 14(2): 85-89.
- Khadem-Safdarkhani, H. Hajiqanbar, H. Riegler, M. Seeman, O. dan Katlav, A., (2022). Two New Phoretic Species of Heterostigmatic Mites (Acari: Prostigmata: Neopygmephoridae and Scutacaridae) on Australian Hydrophilid Beetles (Coleoptera: Hydrophilidae). *Insects*, 13(5), pp. 483. DOI: doi.org/10.3390/insects13050483

- Kurniatuhadi, R. Setyawati, T. R. & Yanti, A. H., (2019). Aktivitas Enzimatik *Streptomyces* spp. yang Diisolasi dari Usus dan Feses Cacing Nipah (*Namalycastis rhodochorde*). *Pros. SemNas. Peningkatan Mutu Pendidikan*, 1(1): 125-130.
- LeCroy, S. E., (2000). An Illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida (Vol. 1). Tallahassee, Florida: Florida Department of Environmental Protection, Division of Resource Assessment and Management, Bureau of Laboratories.
- Lee, S. Jones, E. Diele, K. Castellanos-Galindo, G. & Nordhaus, I., (2017). Chapter 3: Biodiversity. In V. H. Rivera-Monroy, S. Y. Lee, E. Kristensen, & R. R. Twilley, *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective*. Cham, Switzerland: Springer Nature, pp. 55-86. DOI: doi.org/10.1007/978-3-319-62206-4_3
- Macandong, D. B. Manlubatan, M. B. Javier, J. M. Edrial, J. D. Mango, K. S. De Luna, J. E. Nayoos, J. & Porcioncula, R. P., (2017). Leaf Litter Decomposition and Diversity of Arthropod Decomposers in Tropical Muyong Forest in Banaue, Philippines. *Paddy and Water Environment*, 16: 265-277. DOI: doi.org/10.1007/s10333-017-0624-9
- Sanchez-Galvan, I. Marcos-Garcia, M. Galante, E. & Mico, E., (2018). Unraveling Saproxyllic Insect Interaction in Tree Hollows from Iberian Mediterranean Forest. *Environ*, 47: 300-308. DOI: doi.org/10.1093/ee/nvy008
- Sari, K. W. Yunasfi & Suryanti, A., (2017). Decomposition of Mangrove Leaf Litter *Rhizophora apiculata* in Bagan Asahan Village, Tanjungbalai District, Asahan Regency, North Sumatera Province. *Acta Aquatica*, 4(2): 88-94. DOI: doi.org/10.29103/aa.v4i2.308
- Sheikh, A. A. Rehman, N. & Kumar, R., (2017). Diverse Adaptations in Insect: A Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(2): 343-350.
- Siders, A. C. Compson, Z. G. Hungate, B. A. Dijkstra, P. Koch, G. W. & Marks, J. C., (2020). The Influence of Leaf Type on Carbon and Nitrogen Assimilation by Aquatic Invertebrate Communities: A New Perspective on Trophic Efficiency. *Ecosystems*, 24(4): 788-805. DOI: doi.org/10.1007/s10021-02000550-3.
- Smith, K. G., (1989). An introduction to the Immature Stages of British Flies: Diptera Larvae, with Notes on Eggs, Puparia and Pupae (Vol. 10). London: Royal Entomological Society.
- Sousa, W. P. & Dangremond, E. M., (2011). Trophic Interactions in Coastal and Estuarine Mangrove Forest Ecosystems. *Treatise on Estuarine and Coastal Science*, 6: 43-93. DOI: doi.org/10.1016/B978-0-12-374711-2.00606-9
- 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. DOI: doi.org/10.1051/limn/2007028
- Thiel, M. & Duffy, J., (2007). The Behavioral Ecology of Crustaceans: A Primer in Taxonomy, Morphology, and Biology. In M. Thiel & J. Duffy *Evolutionary Ecology of Social and Sexual Systems*. Oxford: Oxford University Press, pp. 3-28. DOI: doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195179927.003.0001
- Thompson, F. Rotheray, G. & Zumbado, M., (2010). Syrphidae: Manual of Central American Diptera. In B. Brown, A. Borkent, J. Cumming, D. Wood, N. Woodley, & M. Zumbado, *Manual of Central American Diptera*. Ottawa: NRC Research Press, pp. 763-792.
- 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. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146786
- Tyssen, P. J., (2010). Keys for Identification of Immature Insects. In J. G. Amendt, *Current Concepts in Forensic Entomology*. Dordrecht: Springer, pp. 25-42. DOI: doi.org/10.1007/978-1-4020-9684-6_2
- Ulyshen, M. D. Müller, J. & Seibold, S., (2016). Bark Coverage and Insects Influence Wood Decomposition: Direct and Indirect Effects. *Applied Soil Ecology*, 105: 25-30. DOI: doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.03.017

Ulyshen, M. D., (2018). Saproxylic Diptera. In M. D. Ulyshen, Saproxylic Insect. Athens: Zoological Monographs, Vol. 1, pp. 167.
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. DOI: doi.org/10.1371/journal.pone.0204299