

Community Structure and Spatial Distribution of Molluscs in the Mangrove Ecosystem of Rap-Rap Village, South Minahasa

(Struktur Komunitas dan Distribusi Spasial Moluska pada Ekosistem Mangrove Desa Rap-Rap, Kabupaten Minahasa Selatan)

Jety K. Rangan, Lawrence J. L. Lumingas, Joudy Ruddy Rizal Sangari

Aquatic Resources Management, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia

*Corresponding author: kornela.rangan@unsrat.ac.id

Manuscript received: 19 April, 2026. Revision accepted: 7 June 2026

Abstract. Mangrove molluscs contribute to detrital processing, trophic transfer, and benthic ecosystem functioning. This study assessed molluscan abundance, diversity, evenness, and community composition at two sampling stations in the mangrove ecosystem of Rap-Rap Village, South Minahasa, North Sulawesi. The cleaned dataset comprised 60 quadrats nested within six transects (three transects per station). Total abundance, relative abundance, frequency of occurrence, species richness, Shannon diversity, Simpson diversity, and Pielou evenness were calculated. Community resemblance was quantified using Jaccard, Sørensen, and Bray–Curtis indices. Differences in community composition were evaluated using transect-level PERMANOVA and multivariate dispersion tests, while non-metric multidimensional scaling and species accumulation curves were used for visualization. A total of 1,304 individuals and 22 molluscan taxa were recorded. Station I contained 743 individuals and 20 taxa, whereas Station II contained 561 individuals and 22 taxa. Shannon diversity was 2.661 and 2.763, and Pielou evenness was 0.888 and 0.894 at Stations I and II, respectively. *Littoraria scabra* was the most abundant species at both stations. Bray–Curtis similarity was 0.816, indicating a broadly similar abundance structure. PERMANOVA explained 37.4% of the variation in composition ($F = 2.395$, $p = 0.100$), but the difference was not significant because only three independent transects were available per station. The communities were diverse and evenly distributed, with higher abundance at Station I and slightly higher richness and diversity at Station II.

Keywords: Bray–Curtis; community structure; mangrove; molluscs; PERMANOVA; Rap-Rap

Abstrak. Moluska mangrove berperan dalam pengolahan detritus, transfer trofik, dan fungsi ekosistem benthik. Penelitian ini menganalisis kelimpahan, keanekaragaman, kemerataan, dan komposisi komunitas moluska pada dua stasiun di ekosistem mangrove Desa Rap-Rap, Kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Data bersih terdiri atas 60 kuadrat yang tersarang dalam enam transek (tiga transek per stasiun). Analisis mencakup kelimpahan total, kelimpahan relatif, frekuensi kehadiran, kekayaan spesies, indeks Shannon, indeks Simpson, dan kemerataan Pielou. Kesamaan komunitas dihitung menggunakan Jaccard, Sørensen, dan Bray–Curtis. Perbedaan komposisi diuji dengan PERMANOVA dan uji dispersi multivariat pada tingkat transek, sedangkan NMDS dan kurva akumulasi digunakan sebagai visualisasi. Sebanyak 1.304 individu dari 22 takson moluska tercatat. Stasiun I memiliki 743 individu dan 20 takson, sedangkan Stasiun II memiliki 561 individu dan 22 takson. Nilai Shannon masing-masing sebesar 2,661 dan 2,763, dengan kemerataan Pielou sebesar 0,888 dan 0,894. *Littoraria scabra* merupakan spesies paling melimpah pada kedua stasiun. Kesamaan Bray–Curtis mencapai 0,816. PERMANOVA menjelaskan 37,4% variasi komposisi ($F = 2,395$; $p = 0,100$), tetapi perbedaannya tidak signifikan karena hanya tersedia tiga transek independen per stasiun. Kedua stasiun memiliki komunitas yang beragam dan merata; Stasiun I memiliki kelimpahan lebih tinggi, sedangkan Stasiun II memiliki kekayaan dan keanekaragaman sedikit lebih tinggi.

Kata kunci: Bray–Curtis; mangrove; moluska; PERMANOVA; Rap-Rap; struktur komunitas.

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan habitat pesisir produktif yang menopang komunitas makrobentos dan menyediakan bahan organik melalui produksi serta dekomposisi serasah. Fauna benthik berkontribusi terhadap bioturbasi, pemrosesan bahan organik, dan hubungan antara sedimen dengan vegetasi mangrove [1]. Komposisi moluska dapat berubah mengikuti umur tegakan, heterogenitas mikrohabitat, karakter substrat, dan ketersediaan makanan [2].

Moluska mangrove mencakup kelompok dengan strategi hidup yang beragam, antara lain penghuni permukaan sedimen, pemakan detritus, grazer pada batang mangrove, predator, serta Bivalvia penyaring. Kajian pada ekosistem mangrove lain menunjukkan bahwa distribusi, kekayaan, dan kelimpahan moluska bervariasi sepanjang profil intertidal [3], sementara perbandingan antara mangrove dan dataran pasang surut terbuka memperlihatkan pengaruh kuat tipe habitat terhadap komunitas makroinvertebrata [4].

Beberapa takson yang ditemukan di Rap-Rap memiliki hubungan evolusioner yang kuat dengan habitat mangrove. Littorinidae memperlihatkan diversifikasi morfologi dan filogenetik

yang luas [5], dan genus *Littoraria* mengalami diversifikasi global yang berkaitan dengan pemanfaatan habitat mangrove [6]. Potamididae juga memiliki sejarah evolusi yang erat dengan lingkungan mangrove [7]. Pola makan *Littoraria scabra* [8] dan distribusi berbasis ukuran *Terebralia palustris* [9] menunjukkan bahwa pembagian sumber daya dan mikrohabitat dapat membentuk pola komunitas.

Draf penelitian Rap-Rap sebelumnya masih memuat jumlah stasiun dan hasil lingkungan yang bersifat hipotetis. Analisis ini menggunakan data bersih sebagai sumber utama sehingga hanya dua stasiun, enam transek, dan 60 kuadrat yang dipertahankan. Penelitian bertujuan untuk: (1) mendeskripsikan komposisi dan kelimpahan moluska; (2) membandingkan kekayaan, keanekaragaman, dominansi, dan kemerataan; (3) mengukur kesamaan komunitas; dan (4) menguji perbedaan komposisi antarstasiun dengan transek sebagai unit replikasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di kawasan mangrove Desa Rap-Rap, Kecamatan Tatapaan, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Berdasarkan informasi pada dokumen penelitian, pengambilan sampel lapangan dilaksanakan pada Mei–Juli 2025. Analisis statistik dilakukan terhadap workbook penelitian yang telah dibersihkan.

Desain sampling dan pengumpulan data

Pengumpulan moluska menggunakan pendekatan transek-kuadrat. Dataset akhir mencakup dua stasiun, masing-masing terdiri atas tiga transek dan setiap transek terdiri atas 10 kuadrat, sehingga terdapat 60-unit kuadrat. Individu pada permukaan substrat dan bagian sedimen dangkal dikumpulkan secara manual (hand-sorting), kemudian diidentifikasi. Luas kuadrat tidak tercatat dalam workbook sehingga kepadatan per meter persegi tidak dihitung.

Pembersihan data dan nomenklatur

Sheet Data_Bersih digunakan sebagai sumber data analisis. Setiap baris merepresentasikan kombinasi stasiun, takson, transek, kuadrat, dan jumlah individu. Tidak ditemukan nilai abundansi hilang, nilai negatif, atau duplikat pada unit pengamatan utama. Ejaan takson diperiksa melalui World Register of Marine Species (WoRMS; diakses 23 Juni 2026). Koreksi ejaan yang tidak mengubah data hitungan antara lain *Barbatia barbata*, *Geloina coaxans*, dan *Chicoreus capucinus*. Karena dataset juga mencakup Bivalvia, istilah komunitas moluska digunakan dalam manuskrip.

Analisis data

Kelimpahan relatif dihitung sebagai proporsi individu setiap takson terhadap total individu dalam stasiun. Kekayaan spesies adalah jumlah takson dengan abundansi positif. Indeks Shannon, Simpson ($1 - D$) [10], dominansi (D), dan kemerataan Pielou dihitung pada tingkat stasiun dan transek. Perbandingan indeks antarstasiun menggunakan uji permutasi exact dua sisi atas seluruh 20 pembagian unik tiga transek melawan tiga transek.

Kesamaan dan analisis multivariat

Perbandingan kekayaan mempertimbangkan ketergantungan terhadap upaya sampling [11] dan diperiksa melalui kurva akumulasi spesies dengan 999 pengacakan [12]. Kesamaan presence–absence dihitung dengan Jaccard dan Sørensen, sedangkan perbedaan berbasis abundansi dihitung menggunakan Bray–Curtis [13]. NMDS digunakan untuk menggambarkan pola komposisi [14]. Perbedaan komposisi diuji menggunakan PERMANOVA [15], dan homogenitas dispersi multivariat diperiksa dengan uji berbasis jarak [16]. Analisis dilakukan menggunakan R 4.6.0 dengan paket vegan, ggplot2, dplyr, tidyr, readxl, patchwork, dan writexl.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi dan kelimpahan

Sebanyak 1304 individu dari 22 takson tercatat. Stasiun I memiliki 743 individu dan 20 takson, sedangkan Stasiun II memiliki 561 individu dan 22 takson. Rata-rata kelimpahan adalah 24,77 individu per kuadrat di Stasiun I dan 18,70 individu per kuadrat di Stasiun II. Semua 20 takson pada Stasiun I juga ditemukan pada Stasiun II; *Isognomon bicolor* dan *Volema myristica* hanya tercatat pada Stasiun II. (Table 1 dan 2).

Tabel 1. Ringkasan struktur komunitas pada tingkat stasiun.

Stasiun	N	S	H'	1 - D	J'	Rerata/kuadrat
Stasiun I	743	20	2.661	0.917	0.888	24.77
Stasiun II	561	22	2.763	0.925	0.894	18.70

Keterangan: N = jumlah individu; S = kekayaan takson; H' = Shannon; 1 - D = Simpson; J' = kemerataan Pielou.

Tabel 2. Lima takson paling melimpah pada masing-masing stasiun.

Stasiun	Peringkat	Takson	Individu	Relatif (%)
Stasiun I	1	<i>Littoraria scabra</i>	107	14.40
Stasiun I	2	<i>Terebralia sulcata</i>	85	11.44
Stasiun I	3	<i>Drupella margariticola</i>	78	10.50
Stasiun I	4	<i>Telescopium telescopium</i>	71	9.56
Stasiun I	5	<i>Cerithium corallium</i>	67	9.02
Stasiun II	1	<i>Littoraria scabra</i>	66	11.76
Stasiun II	2	<i>Terebralia sulcata</i>	64	11.41
Stasiun II	3	<i>Drupella margariticola</i>	57	10.16
Stasiun II	4	<i>Telescopium telescopium</i>	51	9.09
Stasiun II	5	<i>Cerithium corallium</i>	49	8.73

Takson dominan

Littoraria scabra merupakan spesies paling melimpah pada kedua stasiun, dengan 107 individu (14,40%) di Stasiun I dan 66 individu (11,76%) di Stasiun II. Takson dominan berikutnya adalah *Terebralia sulcata*, *Drupella margariticola*, *Telescopium telescopium*, dan *Cerithium corallium*. Pola kelimpahan relatif menunjukkan urutan dominansi yang serupa pada kedua stasiun (Gambar 1).

Kelimpahan pada tingkat kuadrat dan transek

Median kelimpahan per kuadrat adalah 25 individu pada Stasiun I dan 18,5 individu pada Stasiun II. Total individu pada tiga transek Stasiun I adalah 244, 279, dan 220, sedangkan Stasiun II adalah 174, 204, dan 183 individu (Gambar 2). Uji exact untuk total individu menghasilkan $p = 0,10$.

Indeks ekologi

Nilai Shannon pada Stasiun I dan II masing-masing sebesar 2,661 dan 2,763. Indeks Simpson (1 - D) masing-masing sebesar 0,917 dan 0,925, sedangkan kemerataan Pielou sebesar 0,888 dan 0,894. Uji exact pada tingkat transek tidak menunjukkan perbedaan pada taraf 5%: kekayaan $p = 0,10$; Shannon $p = 0,20$; Simpson $p = 0,20$; dominansi $p = 0,20$; dan Pielou $p = 0,70$ (Gambar 3).

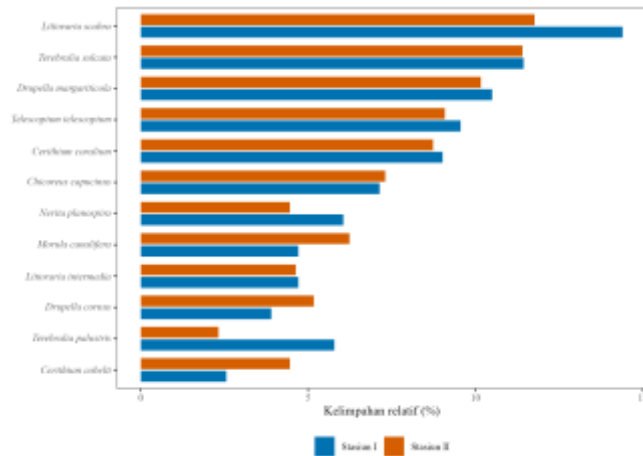
Kesamaan dan komposisi multivariat

Kesamaan Bray-Curtis antarstasiun sebesar 0,816, kesamaan Jaccard sebesar 0,909, dan kesamaan Sørensen sebesar 0,952. PERMANOVA menghasilkan $F = 2,395$, $R^2 = 0,374$, dan $p = 0,100$. Uji homogenitas dispersi menghasilkan $F = 0,060$ dan $p = 0,701$. NMDS dua dimensi

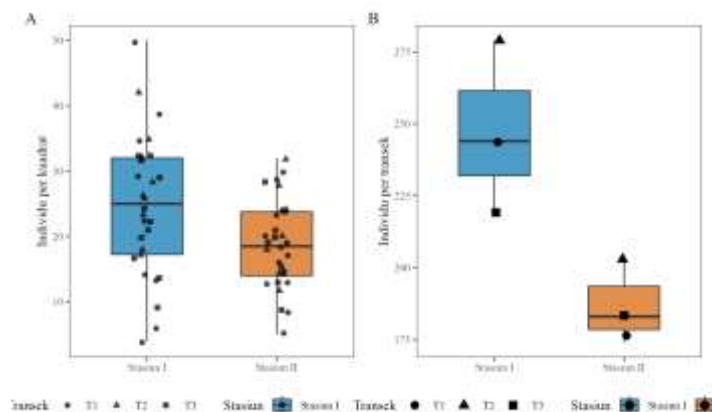
memiliki stress 0,274 sehingga ordinasi hanya digunakan untuk interpretasi eksploratif (Gambar 4).

Kecukupan sampling

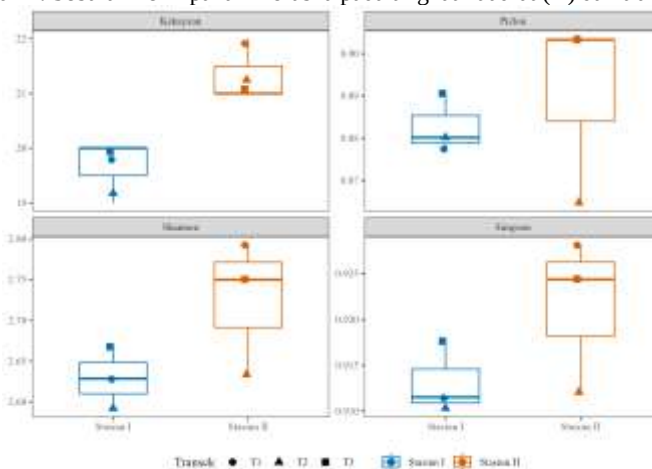
Kurva akumulasi mencapai plateau pada 20 takson di Stasiun I dan 22 takson di Stasiun II. Pada Stasiun I, kekayaan maksimum stabil mulai sekitar 27 kuadrat, sedangkan pada Stasiun II mencapai 22 takson pada 29–30 kuadrat (Gambar 5).



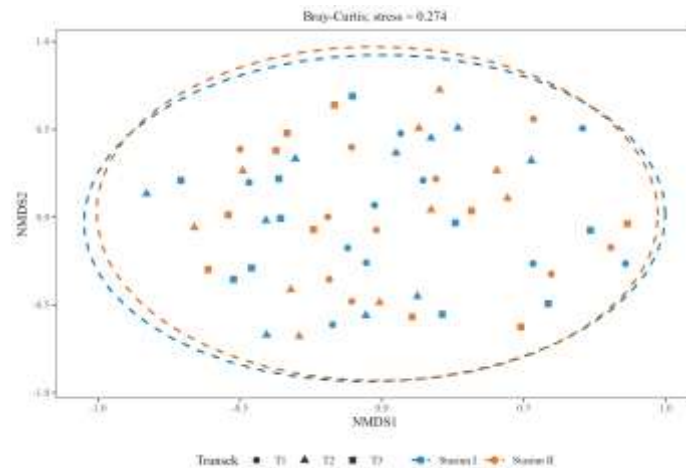
Gambar 1. Kelimpahan relatif 12 takson moluska paling melimpah pada Stasiun I dan Stasiun II.



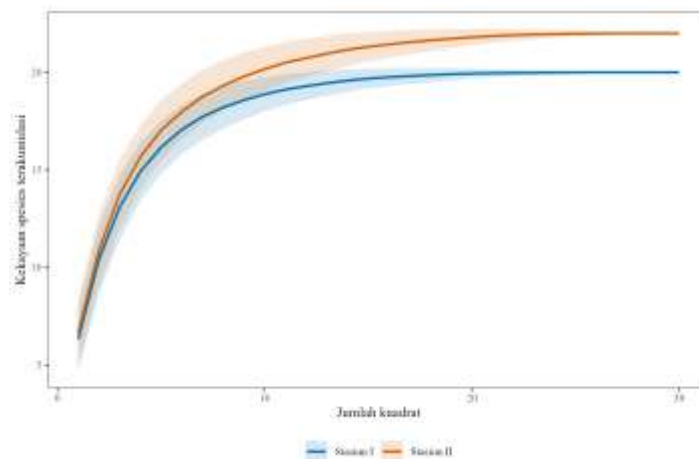
Gambar 2. Sebaran kelimpahan moluska pada tingkat kuadrat (A) dan transek (B).



Gambar 3. Distribusi kekayaan spesies, indeks Shannon, indeks Simpson, dan pemerataan Pielou pada tingkat transek.



Gambar 4. Ordinası non-metric multidimensional scaling (NMDS) komposisi komunitas berbasis jarak Bray–Curtis.



Gambar 5. Kurva akumulasi spesies berdasarkan 999 pengacakan urutan kuadrat.

Pembahasan

Stasiun I memiliki kelimpahan sekitar 32% lebih tinggi daripada Stasiun II, tetapi Stasiun II memiliki dua takson tambahan dan nilai Shannon serta Pielou yang sedikit lebih tinggi. Hasil ini memperlihatkan bahwa kelimpahan total tidak selalu sejalan dengan keanekaragaman. Stasiun I menampung lebih banyak individu, sedangkan Stasiun II membagi individu sedikit lebih merata di antara lebih banyak takson.

Tingginya kesamaan Jaccard dan Sørensen menunjukkan tumpang tindih daftar takson yang kuat. Kesamaan Bray–Curtis sebesar 0,816 juga menunjukkan bahwa pola abundansi umum kedua stasiun relatif serupa. Temuan ini konsisten dengan kajian yang menunjukkan bahwa komunitas moluska mangrove dipengaruhi oleh profil intertidal dan heterogenitas habitat [3], serta dapat berubah antara tegakan mangrove dan area pasang surut terbuka [4].

Dominansi *Littoraria scabra* pada kedua stasiun dapat berkaitan dengan kemampuannya memanfaatkan sumber makanan yang beragam selama migrasi vertikal pada pohon mangrove [8]. Kelimpahan *Terebralia sulcata* juga sejalan dengan hubungan adaptif Potamididae terhadap habitat mangrove [7]. Meskipun demikian, workbook tidak memuat salinitas, kandungan bahan organik, tekstur substrat, atau struktur vegetasi. Oleh sebab itu, mekanisme lingkungan yang menjelaskan perbedaan kelimpahan tidak dapat diuji dan tidak boleh disimpulkan dari data komunitas saja.

Nilai R^2 PERMANOVA sebesar 0,374 menunjukkan ukuran efek stasiun yang berarti secara ekologis, tetapi $p = 0,10$ belum memenuhi taraf signifikansi 5%. Keterbatasan ini terutama berasal dari hanya tiga transek independen per stasiun. Menganggap 30 kuadrat sebagai replikasi independen akan menimbulkan pseudoreplikasi karena kuadrat tersarang dalam transek. Hasil uji dispersi mendukung bahwa perbedaan pusat kelompok tidak dikacaukan oleh perbedaan penyebaran multivariat yang kuat.

Stress NMDS sebesar 0,274 tergolong tinggi untuk representasi dua dimensi. Karena itu, jarak antartitik pada Gambar 4 harus dibaca secara hati-hati; kesimpulan utama lebih tepat bertumpu pada matriks kesamaan, PERMANOVA, dan indeks komunitas. Kurva akumulasi yang mendatar menunjukkan bahwa upaya sampling memadai untuk takson yang umum terdeteksi, tetapi tidak menjamin tercakupnya spesies yang sangat jarang atau musiman.

Nilai indeks yang tinggi tidak cukup untuk menyatakan ekosistem berada dalam kondisi sehat tanpa pembandingan temporal, lokasi rujukan, dan variabel lingkungan. Data ini lebih tepat digunakan sebagai baseline komunitas. Pemantauan berikutnya sebaiknya mempertahankan unit transek yang sama, menambah jumlah transek independen, mencatat luas kuadrat, dan mengukur salinitas, suhu, pH, oksigen terlarut, tekstur sedimen, bahan organik, serta kerapatan vegetasi mangrove.

KESIMPULAN

Komunitas moluska mangrove Desa Rap-Rap terdiri atas 1.304 individu dan 22 takson. Stasiun I memiliki kelimpahan lebih tinggi, sedangkan Stasiun II memiliki kekayaan dan keanekaragaman sedikit lebih tinggi. *Littoraria scabra* merupakan spesies paling melimpah pada kedua stasiun. Kesamaan komunitas tinggi berdasarkan Bray–Curtis, Jaccard, dan Sørensen. Faktor stasiun menjelaskan 37,4% variasi komposisi, tetapi perbedaannya belum signifikan pada $\alpha = 0,05$ karena replikasi transek terbatas. Data ini dapat digunakan sebagai baseline untuk pemantauan, dengan syarat penelitian lanjutan menambah replikasi dan variabel lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Cannicci, D. Burrows, S. Fratini, T. J. Smith, J. Offenberg, dan F. Dahdouh-Guebas, "Faunal impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests: A review," *Aquatic Botany*, vol. 89, no. 2, hlm. 186-200, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.01.009>
- [2] S. Zvonareva, Y. Kantor, X. Li, dan T. Britayev, "Long-term monitoring of Gastropoda (Mollusca) fauna in planted mangroves in central Vietnam," *Zoological Studies*, vol. 54, no. 1, hlm. 39, 2015. <https://doi.org/10.1186/s40555-015-0120-0>
- [3] A. Mansingh, A. Pradhan, dan N. J. Ekka, "Distribution, diversity and abundance of molluscs in the intertidal profile of the Bhitarkanika mangrove ecosystem," *Molluscan Research*, vol. 41, no. 1, hlm. 7-15, 2021. <https://doi.org/10.1080/13235818.2021.1882924>
- [4] C. Rumisha, H. Shukuru, J. Lyimo, J. D. Maganira, dan A. Nehemia, "Benthic macroinvertebrate assemblages in mangroves and open intertidal areas on the Dar es Salaam coast, Tanzania," *African Journal of Aquatic Science*, vol. 40, no. 2, hlm. 143-151, 2015. <https://doi.org/10.2989/16085914.2015.1051504>
- [5] D. G. Reid, "The comparative morphology, phylogeny and evolution of the gastropod family littorinidae," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, vol. 324, no. 1220, hlm. 1-110, 1989. <https://doi.org/10.1098/rstb.1989.0040>

- [6] D. G. Reid, P. Dyal, dan S. T. Williams, "Global diversification of mangrove fauna: a molecular phylogeny of *Littoraria* (Gastropoda: Littorinidae)," *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 55, no. 1, hlm. 185-201, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.09.036>
- [7] D. G. Reid, P. Dyal, P. Lozouet, M. Glaubrecht, dan S. T. Williams, "Mudwhelks and mangroves: The evolutionary history of an ecological association (Gastropoda: Potamididae)," *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 47, no. 2, hlm. 680-699, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.01.003>
- [8] A. C. Alfaro, "Diet of *Littoraria scabra*, while vertically migrating on mangrove trees: Gut content, fatty acid, and stable isotope analyses," *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 79, no. 4, hlm. 718-726, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.06.016>
- [9] E. Pape, A. Muthumbi, C. P. Kamanu, dan A. Vanreusel, "Size-dependent distribution and feeding habits of *Terebralia palustris* in mangrove habitats of Gazi Bay, Kenya," *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 76, no. 4, hlm. 797-808, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.007>
- [10] E. H. Simpson, "Measurement of Diversity," *Nature*, vol. 163, no. 4148, hlm. 688-688, 1949. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- [11] N. J. Gotelli, dan R. K. Colwell, "Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness," *Ecology Letters*, vol. 4, no. 4, hlm. 379-391, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>
- [12] A. Chao, N. J. Gotelli, T. C. Hsieh, E. L. Sander, K. H. Ma, R. K. Colwell, dan A. M. Ellison, "Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies," *Ecological Monographs*, vol. 84, no. 1, hlm. 45-67, 2014. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- [13] J. R. Bray, dan J. T. Curtis, "An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin," *Ecological Monographs*, vol. 27, no. 4, hlm. 325-349, 1957. <https://doi.org/10.2307/1942268>
- [14] K. R. Clarke, "Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure," *Australian Journal of Ecology*, vol. 18, no. 1, hlm. 117-143, 1993. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- [15] M. J. Anderson, "A new method for non-parametric multivariate analysis of variance," *Austral Ecology*, vol. 26, no. 1, hlm. 32-46, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2001.01070.x>
- [16] M. J. Anderson, "Distance-Based Tests for Homogeneity of Multivariate Dispersions," *Biometrics*, vol. 62, no. 1, hlm. 245-253, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2005.00440.x>