



Abundance and habitat characteristics of river prawn Macrobrachium lar in WPPNRI PD 413 Halmahera Island

Kelimpahan dan karakteristik habitat udang sungai Macrobrachium lar di WPPNRI PD 413 Pulau Halmahera

Muhammad Nur Findra^{1,*}, Supyan¹, La Sara^{2,3}, Gamal M. Samadan⁴, Evifatmawati¹

¹Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Khairun, Ternate 97719, Indonesia

²Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Kendari 93232, Indonesia

³Institut Teknologi Kelautan Buton, Pasarwajo 93754, Indonesia

⁴Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Khairun, Ternate 97719, Indonesia

Received 16 January 2026

Accepted 25 February 2026

Published 31 August 2026

ABSTRACT

Inland waters within Fisheries Management Area of the Republic of Indonesia for Inland Waters (WPPNRI PD) play a crucial role in supporting biodiversity and sustainable fisheries resources. Halmahera Island, which is part of WPPNRI PD 413, is known for its high freshwater biodiversity, including the river prawn Macrobrachium lar. This study examined the abundance and habitat characteristics of M. lar in inland waters of Halmahera Island. Field surveys were conducted at three river systems representing western, central, and southern Halmahera. The highest relative abundance observed in southern Halmahera. The results indicate that variations in relative abundance are closely associated with habitat heterogeneity. Southern Halmahera was characterized by higher elevation, mixed sandy–rocky substrates, stable dissolved oxygen, suitable water temperature, and relatively dense tree canopy closure. These conditions likely provide favorable microhabitats, thermal stability, and reduced light intensity for M. lar. Overall, the findings demonstrate that the distribution and abundance of M. lar are strongly influenced by the integrated effects of physical, chemical, and structural habitat features. Maintaining the integrity of river habitats, particularly tree canopy cover along river corridors, is essential for sustaining freshwater prawn populations and supporting sustainable inland fisheries management within WPPNRI PD 413, Halmahera Island.

Keywords: fisheries management area, habitat heterogeneity, inland waters, monkey river prawn, relative abundance

1. Pendahuluan

Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Indonesia di Perairan Darat (WPPNRI PD) telah ditetapkan oleh pemerintah melalui Peraturan Menteri KP Nomor 9/PERMEN-KP/2020. WPPNRI PD ini memiliki peran krusial dalam mendukung keberlanjutan pemanfaatan sumber daya perikanan. Perairan darat seperti sungai, danau, rawa, dan waduk merupakan ekosistem yang kaya akan keanekaragaman hayati, termasuk berbagai jenis ikan air tawar, moluska, krustase, dan organisme lainnya yang memiliki nilai ekologi

dan ekonomi tinggi. Pengelolaan wilayah perikanan ini bertujuan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dengan memastikan bahwa pemanfaatan sumber daya dilakukan secara berkelanjutan, sehingga tidak menyebabkan penurunan populasi spesies atau kerusakan habitat yang dapat mengancam keberlangsungan ekosistem tersebut. WPPNRI PD dibagi menjadi 14 wilayah yang didasari bahwa perairan darat Indonesia memiliki karakteristik ekologi, limnologi, dan zoogeografi yang berbeda antar wilayah, sehingga pengelolaan sumber daya

*Corresponding author
E-mail address: muhammad.findra@unkhair.ac.id



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

perikanannya harus berdasarkan wilayah. Perairan darat wilayah Maluku Utara, termasuk Pulau Halmahera adalah bagian dari WPPNRI PD 413.

Wilayah perairan darat Pulau Halmahera dikenal memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, termasuk berbagai spesies biota air tawar yang memiliki nilai ekologi dan ekonomi penting. Salah satu spesies tersebut adalah udang sungai *Macrobrachium lar* (Fabricius, 1798) yang menjadi salah satu target tangkapan dan menjadi sumber mata pencaharian masyarakat lokal di beberapa daerah di Pulau Halmahera. Udang *M. lar* telah memiliki pasar tersendiri baik lokal maupun di wilayah-wilayah lain di Maluku Utara seperti di Kota Ternate. Udang ini memiliki nama umum *monkey river prawn*.

M. lar adalah salah satu spesies udang dari genus *Macrobrachium* dalam famili Palaemonidae dan tersebar luas di seluruh kepulauan tropis Indo-Pasifik (Holthuis 1950). Udang *M. lar* memiliki tubuh ramping dengan capit yang cukup besar. Di Indonesia telah dilaporkan penyebarannya di berbagai tempat, diantaranya di perairan Sungai Kampung Nipah, Sumatra Utara (Harahap *et al.* 2017), sungai di Pulau Labobo Sulawesi Tengah (Rahayu dan Annawaty 2021), Sungai Beringin Kencana di Kalimantan Selatan (Fahlevi *et al.* 2021), dan sungai-sungai di Manokwari, Papua Barat (Fadli *et al.* 2018). Selain itu, Pulau Halmahera dan Ternate yang berada di Maluku Utara juga telah dilaporkan merupakan wilayah penyebarannya (Cai dan Ng 2001; Castelin *et al.* 2013; Samadan *et al.* 2024; Findra *et al.* 2025).

Survei pendahuluan yang dilakukan dan wawancara kepada masyarakat lokal menemukan bahwa udang *M. lar* memiliki penyebaran yang berbeda-beda di beberapa aliran sungai. Topografi (ketinggian dan kemiringan) sungai yang berbeda memiliki kelimpahan udang yang berbeda pula. Menurut Rahayu dan Annawaty (2021), udang *Macrobrachium* spp. akan menempati habitat dengan karakteristik yang sangat berbeda-beda, ada yang menempati habitat perairan lotik terbuka yang berarus lambat, ada pula yang menempati perairan berarus deras yang

tertutup bebatuan dan vegetasi. Kondisi habitat yang demikian akan mengakibatkan perbedaan kelimpahan udang maupun keanekaragaman jenisnya.

Belum ada informasi ilmiah secara khusus mengenai karakteristik habitat dan kelimpahan udang *M. lar* di Pulau Halmahera. Studi yang telah dilaporkan antara lain penyebarannya di Pulau Halmahera (Cai dan Ng 2001), konektivitas genetik yang salah satu populasi yang dikaji berasal dari Halmahera (Castelin *et al.* 2013), dan karakteristik genetik berdasarkan gen COI mitokondria di Sungai Nakalo, Pulau Halmahera (Samadan *et al.* 2024), dan analisis paramater pertumbuhannya di Sungai Oha, Pulau Halmahera (Ramadhani *et al.*, 2026). Informasi mengenai kelimpahan dan habitat *M. lar* di Halmahera belum pernah dikaji, padahal informasi tersebut sangat dibutuhkan dalam pengelolaan sumber daya karena mencerminkan kondisi ekosistem yang mendukung keberlanjutan populasi spesies ini. Variasi habitat berpengaruh langsung terhadap ketersediaan mikrohabitat, sumber pakan, dan perlindungan alami, sehingga menentukan distribusi dan kelimpahannya (Findra *et al.* 2016; Taula *et al.* 2022; Pratama *et al.* 2023), disamping informasi lainnya seperti aspek biologi (Findra *et al.* 2023), populasi (Bahtiar *et al.* 2022a; Bahtiar dan Findra 2025), dan reproduksi (Bahtiar *et al.* 2022b; Bahtiar *et al.* 2024). Dalam konteks WPPNRI PD 413, informasi ini menjadi dasar ilmiah yang penting bagi pengelolaan sumber daya perikanan darat berbasis ekosistem. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelimpahan dan karakteristik habitat udang *M. lar* di Pulau Halmahera, sehingga dapat menjadi masukan dalam pengelolaan sumber daya perikanan di WPPNRI PD 413.

2. Metodologi

2.1. Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian karakteristik habitat udang *M. lar* ini dilaksanakan pada bulan November sampai Desember 2023 pada tiga lokasi, yaitu Sungai Akejailolo yang terletak pada Pulau Halmahera bagian barat, Sungai Nakalo yang terletak pada Pulau Halmahera bagian tengah,

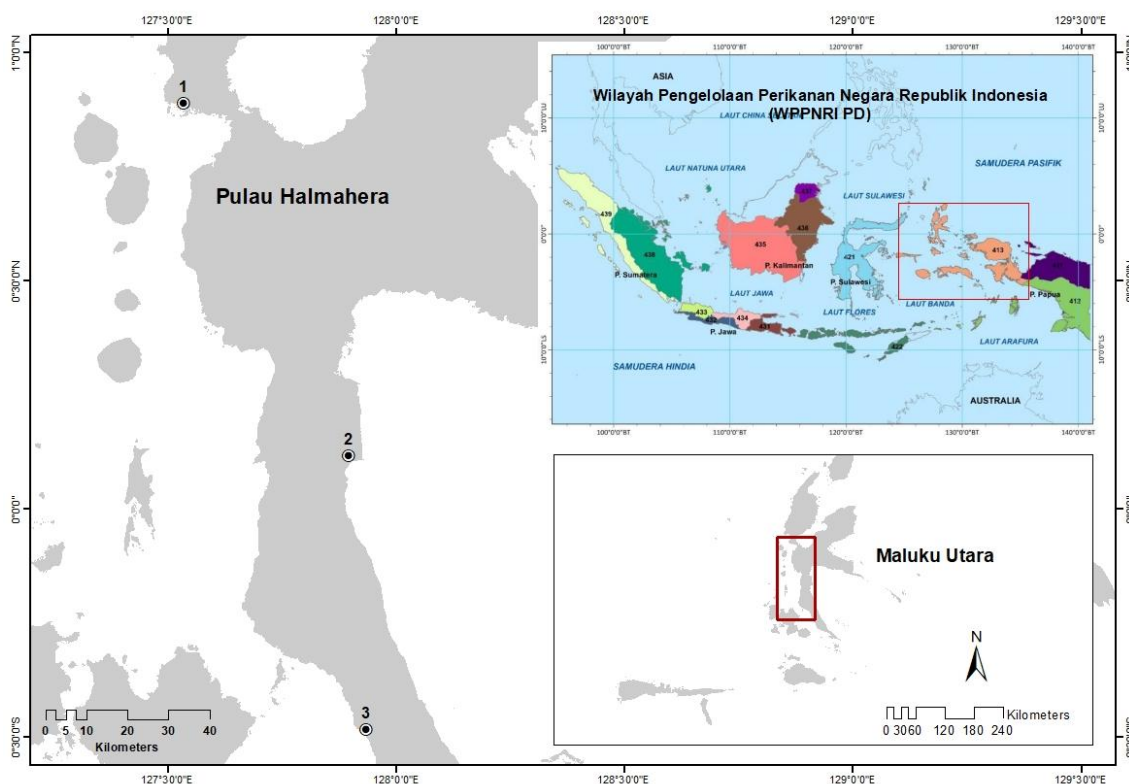


Figure 1. Map of the study sites of the freshwater prawn *M. lar* in WPPNRI PD 413 Halmahera Island. (1) Akejailolo River in western Halmahera; (2) Nakalo River in central Halmahera; and (3) Oha River in southern Halmahera.

Gambar 1. Peta lokasi penelitian udang sungai *M. lar* di WPPNRI PD 413 Pulau Halmahera. (1) Sungai Akejailolo di Halmahera bagian barat; (2) Sungai Nakalo di Halmahera bagian tengah; dan (3) Sungai Oha di Halmahera bagian selatan.

dan Sungai Oha yang terletak pada Pulau Halmahera bagian selatan (Gambar 1). Analisis beberapa parameter lingkungan (fosfat dan nitrat) dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Kualitas Perairan Universitas Hasanuddin, Makassar.

2.2. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah DO meter, pH meter, botol sampel, box sampel, kamera ponsel, dan bubu. Bahan yang digunakan adalah kelapa cacah sebagai umpan udang di dalam bubu dan es batu untuk mengawetkan sampel air dan kertas label.

2.3. Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *purposive sampling* yang didasarkan pada keberadaan udang dan karakteristik habitat di lokasi pengamatan. Lokasi

pengamatan dibagi menjadi tiga titik berdasarkan ketinggian dari permukaan laut (dpl). Titik 1 memiliki ketinggian 5-10 m dpl, titik 2 memiliki ketinggian 2-10 m dpl, sedangkan titik 3 memiliki ketinggian 50-200 m dpl. Alat tangkap bubu dipasang sebanyak tiga unit pada setiap stasiun pengamatan, udang yang tertangkap dihitung jumlahnya dan dianalisis kelimpahan relatifnya. Kelimpahan relatif merupakan prosentase jumlah individu masing-masing stasiun terhadap jumlah total individu yang ditemukan (Findra *et al.* 2020).

Pengamatan dan pengukuran karakteristik habitat dilakukan pada setiap stasiun yang meliputi jenis substrat, oksigen terlarut (*dissolved oxygen*/DO), suhu, pH, fosfat, nitrat, dan tutupan kanopi. Pengukuran dan pengamatan karakteristik habitat dilakukan secara *in situ*, kecuali nitrat dan fosfat

dianalisis di laboratorium. Untuk mengetahui prosentase tutupan kanopi, digunakan metode *hemispherical photography* dengan mengambil gambar tutupan kanopi menggunakan kamera ponsel yang memiliki resolusi delapan *megapixel*. Analisis tutupan kanopi dilakukan dengan menentukan persentase piksel yang merepresentasikan tutupan vegetasi melalui analisis citra biner menggunakan perangkat lunak Image-J (Dharmawan 2020; Purnama *et al.* 2020; Pratama *et al.* 2023). Hasil pengukuran kelimpahan relatif serta seluruh parameter karakteristik habitat dikelompokkan menurut lokasi pengamatan dan disajikan dalam bentuk tabel, kemudian dianalisis secara deskriptif.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. Kelimpahan relatif

Berdasarkan hasil penelitian, sebanyak 230 individu *M. lar* dikumpulkan dari seluruh lokasi pengamatan di WPPNRI PD 413 Pulau Halmahera. Secara umum, distribusi

kelimpahan relatif menunjukkan perbedaan yang mencolok antar wilayah (Tabel 1). Populasi *M. lar* ditemukan sangat terkonsentrasi di wilayah Halmahera bagian selatan, yang menyumbang sebagian besar total individu yang tertangkap. Sebaliknya, kontribusi individu dari wilayah Halmahera bagian barat dan tengah relatif jauh lebih rendah, dengan proporsi yang hanya mencerminkan sebagian kecil dari total temuan.

3.1.2. Karakteristik habitat

Karakteristik habitat *M. lar* di WPPNRI PD 413 Pulau Halmahera menunjukkan adanya variasi kondisi lingkungan antar lokasi pengamatan (Tabel 2). Perbedaan tersebut tercermin pada parameter fisik perairan, jenis substrat, serta kondisi kimia air yang berpotensi memengaruhi keberadaan dan distribusi *M. lar*. Secara umum, wilayah Halmahera bagian selatan memiliki kondisi habitat yang lebih beragam, terutama dari segi ketinggian lokasi dan tingkat naungan perairan

Table 1. Relative abundance of *M. lar* in WPPNRI PD 413 Halmahera Island.

Tabel 1. Kelimpahan relatif udang *M. lar* di WPPNRI PD 413 Pulau Halmahera.

Lokasi/Location	Kelimpahan relatif/Relative abundance (%)
Halmahera bagian barat/Western Halmahera	9,17
Halmahera bagian tengah/Central Halmahera	5,24
Halmahera bagian selatan/Southern Halmahera	85,59

Table 2. Habitat characteristics of *M. lar* in WPPNRI PD 413 Halmahera Island.

Tabel 2. Karakteristik habitat udang *M. lar* di WPPNRI PD 413 Pulau Halmahera.

Karakteristik habitat/ Habitat characteristics	Lokasi/Location		
	Halmahera bagian barat/ Western Halmahera	Halmahera bagian tengah/ Central Halmahera	Halmahera bagian selatan/ Southern Halmahera
Ketinggian (m dpl)/ Elevation (m asl)	5–10	2–10	50–200
Jenis substrat/ Substrate type	Berbatu/ rocky	tanah liat dan berbatu/ clay and rocky	berpasir, berbatu/ sandy, rocky
Oksigen terlarut/ Dissolved oxygen (mg/l)	6,7–7,6	5,1–6,5	6,8–7,1
Suhu/Temperature (°C)	26,2–28,8	27,0–28,1	26,6–26,8
pH/pH	6,7–7,1	6,9–7,2	7,3–7,8
Fosfat/Phosphate (mg/l)	0,1921–0,1962	0,1845–0,1889	0,1705–0,1927
Nitrat/Nitrate (mg/l)	0,1403–0,1476	0,1421–0,1488	0,2381–0,2619
Tutupan kanopi/ Canopy closure (%)	68,72	59,64	79,82

oleh kanopi pepohonan besar di atas alur sungai.

3.2. Pembahasan

Distribusi kelimpahan relatif udang sungai *M. lar* yang tidak merata antar lokasi di WPPNRI PD 413 Pulau Halmahera mengindikasikan adanya pengaruh perbedaan kondisi habitat lokal yang mendukung keberadaan spesies ini. Pola variasi kelimpahan relatif ini sejalan dengan temuan dari penelitian udang air tawar di sungai tropis, di mana struktur dan heterogenitas habitat menjadi faktor penting yang memengaruhi jumlah dan distribusi populasi udang (Montoya *et al.* 2014; Morais *et al.* 2025). Studi di sungai tropis Borneo misalnya menunjukkan bahwa kelimpahan spesies udang sangat terkait dengan ketersediaan mikrohabitat tertentu seperti substrat berlubang atau berbatu yang menyediakan tempat berlindung dan sumber makanan alami bagi udang (Iwata *et al.* 2003). Preferensi mikrohabitat ini juga terbukti pada spesies *Macrobrachium* lain, seperti *M. brasiliense* yang menunjukkan preferensi terhadap substrat dan mikrohabitat tertentu, serta *M. jelskii* yang memilih mikrohabitat yang didominasi oleh spesies makrofita tertentu (Nogueira *et al.* 2018; Silva *et al.* 2019).

Dominasi kelimpahan pada salah satu wilayah di Pulau Halmahera dapat dijelaskan oleh kompleksitas fisik habitat yang relatif lebih tinggi, seperti variasi bentuk sungai dan struktur dasar sungai (Gambar 2) yang menyediakan banyak celah, tempat berteduh, dan sumber pakan. Kompleksitas bentuk habitat semacam ini telah diketahui berhubungan erat dengan keberhasilan udang dalam mempertahankan aktivitas harian, reproduksi, dan pemanfaatan sumber daya di perairan tawar (Tidwell *et al.* 2000; Montoya *et al.* 2014). Penelitian lain menunjukkan bahwa habitat dengan variasi kondisi fisik yang tinggi cenderung memiliki kelimpahan udang yang lebih tinggi karena menyediakan lebih banyak *niche* ekologis untuk spesies tersebut (Iwata *et al.* 2003; Humphries *et al.* 2006). Sebaliknya, lokasi dengan kelimpahan relatif lebih rendah kemungkinan memiliki

habitat yang kurang optimal bagi *M. lar*. Hal ini dapat disebabkan oleh struktur dasar sungai yang lebih homogen atau kurang menyediakan tempat perlindungan dan sumber pakan yang memadai. Hasil penelitian lain di perairan tawar Indonesia juga mencatat bahwa *Macrobrachium* spp. memiliki kelimpahan yang sangat bervariasi antar lokasi, tergantung pada kondisi habitat lokal dan faktor lingkungan lain yang memengaruhi ketersediaan sumber daya (Samsudin *et al.* 2024).

3.2.1. Kelimpahan relatif

Distribusi kelimpahan relatif udang sungai *M. lar* yang tidak merata antar lokasi di WPPNRI PD 413 Pulau Halmahera mengindikasikan adanya pengaruh perbedaan kondisi habitat lokal yang mendukung keberadaan spesies ini. Pola variasi kelimpahan relatif ini sejalan dengan temuan dari penelitian udang air tawar di sungai tropis, di mana struktur dan heterogenitas habitat menjadi faktor penting yang memengaruhi jumlah dan distribusi populasi udang (Montoya *et al.* 2014; Morais *et al.* 2025). Studi di sungai tropis Borneo misalnya menunjukkan bahwa kelimpahan spesies udang sangat terkait dengan ketersediaan mikrohabitat tertentu seperti substrat berlubang atau berbatu yang menyediakan tempat berlindung dan sumber makanan alami bagi udang (Iwata *et al.* 2003). Preferensi mikrohabitat ini juga terbukti pada spesies *Macrobrachium* lain, seperti *M. brasiliense* yang menunjukkan preferensi terhadap substrat dan mikrohabitat tertentu, serta *M. jelskii* yang memilih mikrohabitat yang didominasi oleh spesies makrofita tertentu (Nogueira *et al.* 2018; Silva *et al.* 2019).

Dominasi kelimpahan pada salah satu wilayah di Pulau Halmahera dapat dijelaskan oleh kompleksitas fisik habitat yang relatif lebih tinggi, seperti variasi bentuk sungai dan struktur dasar sungai (Gambar 2) yang menyediakan banyak celah, tempat berteduh, dan sumber pakan. Kompleksitas bentuk habitat semacam ini telah diketahui berhubungan erat dengan keberhasilan udang dalam mempertahankan aktivitas harian, reproduksi, dan pemanfaatan sumber daya di



Figure 2. Variation in river morphology and riverbed structure at the three study sites. (a) River with rocky substrate in western Halmahera, (b) river with clay and rocky substrates in central Halmahera, and (c) river with sandy and rocky substrates in southern Halmahera.

Gambar 2. Variasi bentuk sungai dan struktur dasar sungai pada ketiga lokasi penelitian. (a) Sungai dengan substrat berbatu di Halmahera bagian barat, (b) Sungai dengan substrat tanah liat dan berbatu di Halmahera bagian tengah, dan (c) Sungai dengan substrat berpasir dan berbatu di Halmahera bagian selatan.

perairan tawar (Tidwell *et al.* 2000; Montoya *et al.* 2014). Penelitian lain menunjukkan bahwa habitat dengan variasi kondisi fisik yang tinggi cenderung memiliki kelimpahan udang yang lebih tinggi karena menyediakan lebih banyak *niche* ekologis untuk spesies tersebut (Iwata *et al.* 2003; Humphries *et al.* 2006). Sebaliknya, lokasi dengan kelimpahan relatif lebih rendah kemungkinan memiliki habitat yang kurang optimal bagi *M. lar*. Hal ini dapat disebabkan oleh struktur dasar sungai yang lebih homogen atau kurang menyediakan tempat perlindungan dan sumber pakan yang memadai. Hasil penelitian lain di perairan tawar Indonesia juga mencatat bahwa *Macrobrachium* spp. memiliki kelimpahan yang sangat bervariasi antar lokasi, tergantung

pada kondisi habitat lokal dan faktor lingkungan lain yang memengaruhi ketersediaan sumber daya (Samsudin *et al.* 2024).

Selain itu, distribusi *M. lar* yang relatif lebih lokal dibanding beberapa spesies *Macrobrachium* lainnya menunjukkan bahwa spesies ini memiliki kebutuhan habitat tertentu yang membatasi penyebarannya. Dalam studi biodiversitas udang di Aceh, *M. lar* bahkan tercatat sebagai salah satu spesies dengan distribusi yang lebih sempit dibanding spesies lain yang lebih umum ditemukan di berbagai tipe habitat perairan tawar (Putra *et al.* 2025).

Secara keseluruhan, variasi kelimpahan relatif *M. lar* di Pulau Halmahera mencerminkan respons ekologis terhadap

heterogenitas habitat sungai di WPPNRI PD 413. Kualitas struktur habitat sungai, termasuk kompleksitas bentik dan ketersediaan mikrohabitat, merupakan determinan utama kelimpahan populasi udang sungai. Oleh karena itu, pengelolaan dan konservasi perairan internal perlu mempertahankan karakteristik fisik habitat yang beragam untuk mendukung keberlanjutan populasi *M. lar* di perairan sungai Pulau Halmahera.

3.2.2. Karakteristik habitat

Analisis karakteristik habitat di tiga wilayah studi (Halmahera bagian barat, tengah, dan selatan) menunjukkan adanya variasi, yang kemungkinan besar berkontribusi pada variasi kelimpahan *M. lar* yang diamati. Pulau Halmahera bagian selatan, yang menunjukkan kelimpahan relatif *M. lar* tertinggi, memiliki kombinasi karakteristik habitat yang unik dan tampaknya lebih optimal bagi spesies ini. Salah satu parameter fisik habitat yang diukur dalam Tabel 2 adalah ketinggian lokasi dari permukaan laut.

Ketinggian lokasi studi menunjukkan variasi yang mencolok, mulai dari lokasi yang lebih rendah di Halmahera bagian tengah (2–10 m dpl) dan Halmahera bagian barat (5–10 m dpl), hingga lokasi yang lebih tinggi di Halmahera bagian selatan (50–200 m dpl). Pola distribusi *M. lar* yang melimpah di Halmahera bagian selatan yang lebih tinggi ini sangat relevan karena ketinggian telah terbukti menjadi faktor lingkungan penting yang memengaruhi distribusi udang air tawar. Perbedaan ketinggian ini secara langsung memengaruhi parameter lingkungan penting seperti suhu air dan kecepatan aliran (Covich *et al.* 1996; Mejía-Ortíz dan Alvarez 2010). Beberapa spesies *Macrobrachium* menunjukkan segregasi altitudinal, dengan preferensi habitat yang berbeda pada gradien ketinggian sungai (Mejía-Ortíz dan Alvarez 2010; de Mazancourt *et al.* 2025). Misalnya, studi di Sungai Huitzilapan, Meksiko, menemukan bahwa *M. heterochirus* memiliki distribusi terluas pada ketinggian antara 100–500 m dpl, sementara spesies lain seperti *M. carcinus* dan *M. acanthurus* ditemukan pada ketinggian yang lebih rendah atau di estuari

(Mejía-Ortíz dan Alvarez 2010). Penelitian lain di Puerto Rico juga menunjukkan bahwa kelimpahan spesies *Macrobrachium* secara umum cenderung menurun seiring dengan peningkatan ketinggian (Covich *et al.* 1996; Covich *et al.* 2006), meskipun March *et al.* (2002) mengindikasikan bahwa spesies yang berbeda dapat mendominasi pada ketinggian yang berbeda.

Ketinggian yang lebih tinggi di Halmahera bagian selatan (50–200 m dpl) mungkin berkaitan dengan karakteristik aliran sungai yang lebih stabil atau kondisi termal yang lebih spesifik yang mendukung *M. lar*, berbeda dengan preferensi spesies *Macrobrachium* lain yang umumnya ditemukan melimpah di dataran rendah atau estuari. Kondisi ini dapat mencakup suhu air yang lebih konsisten atau karakteristik substrat yang unik pada elevasi tersebut, yang semuanya membentuk *niche* ekologis optimal bagi *M. lar* (Morais *et al.* 2025). Dengan demikian, preferensi *M. lar* terhadap rentang ketinggian yang lebih tinggi ini menekankan pentingnya kondisi lingkungan yang dihasilkan oleh elevasi geografis sebagai faktor penentu utama distribusinya di Pulau Halmahera.

Studi ini juga menunjukkan bahwa Halmahera bagian selatan ditandai dengan jenis substrat berpasir dan berbatu, sedangkan Halmahera bagian barat didominasi substrat berbatu, dan Halmahera bagian tengah memiliki substrat tanah liat dan berbatu (Tabel 2 dan Gambar 2). Substrat yang beragam seperti pasir dan batu, khususnya kerikil (*cobbles*) dan bongkahan batu (*boulders*), diketahui menyediakan mikrohabitat penting bagi udang air tawar, termasuk tempat berlindung (*shelter*) dari predator dan area untuk mencari makan (Iwata *et al.* 2003; Kikuchi dan Uieda 2005). Hasil penelitian ini sejalan dengan studi pada *M. yui* di sungai hutan tropis Laos, yang melaporkan bahwa kepadatan udang secara signifikan lebih tinggi pada lokasi dengan substrat batu dan kerikil dibandingkan area berpasir atau berlumpur (Kounthongbang *et al.* 2021). Hal ini menunjukkan bahwa jenis substrat berperan langsung dalam menentukan penggunaan habitat harian udang sungai, khususnya pada

siang hari ketika udang cenderung bersembunyi di celah substrat. Keberadaan substrat berpasir dan berbatu di Halmahera bagian selatan menunjukkan heterogenitas struktural yang lebih tinggi, yang dapat mendukung kelimpahan *M. lar* dengan menawarkan lebih banyak *niche* ekologis. Substrat tanah liat, di sisi lain, mungkin kurang ideal karena cenderung lebih homogen dan kurang menyediakan tempat persembunyian. Menurut Covich *et al.* (2006), meskipun substrat tertentu sering kali mengandung bahan organik yang tinggi, keberadaan *Macrobrachium* tetap sangat bergantung pada keseimbangan antara ketersediaan pakan dan struktur fisik habitat yang memadai.

Selain itu, variasi spasial dalam kelimpahan udang telah terbukti sangat dipengaruhi oleh oksigen terlarut (Djiriéoulou *et al.* 2014; Jodha dan Hamza 2021). Oksigen terlarut merupakan parameter kualitas perairan yang sangat penting bagi *M. lar*, karena berperan langsung dalam proses respirasi, metabolisme, serta aktivitas benthik (Cheng *et al.* 2003; Sun *et al.* 2015). Data pada Tabel 2 menunjukkan nilai kadar oksigen di seluruh lokasi penelitian berada pada kisaran 5,1–7,6 mg/l yang umumnya mendukung kehidupan udang air tawar, meskipun terdapat variasi antar lokasi. Kisaran ini sejalan dengan beberapa penelitian lain mengenai spesies *Macrobrachium*. Misalnya, untuk *M. rosenbergii*, kadar oksigen terlarut $7,3 \pm 0,06$ mg/l dilaporkan sebagai rentang yang dapat ditoleransi (Mohanty *et al.* 2016). Penelitian di Sungai Benue bagian bawah menunjukkan puncak oksigen terlarut sebesar $6,70 \pm 0,10$ mg/l untuk *M. macrobrachion* (Agba *et al.* 2025).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa udang air tawar dari genus *Macrobrachium* memiliki toleransi terhadap variasi oksigen terlarut, tetapi kepadatan dan aktivitasnya cenderung menurun pada perairan dengan kandungan oksigen rendah (Kang *et al.* 1995; Cheng *et al.* 2003). Hipoksia kronis dapat memicu perubahan ekspresi gen dan fungsi fisiologis pada hepatopankreas, otot, dan insang udang (Sun *et al.* 2015). *M. rosenbergii* yang terpapar kondisi hipoksia menunjukkan

respons hiperventilasi dan alkalosis pernapasan, serta penurunan osmolalitas hemolimf dan komposisi ion (Cheng *et al.* 2003). Penurunan oksigen terlarut yang signifikan, bahkan pada 2,75 mg/l, dapat menekan sistem kekebalan tubuh udang dan meningkatkan kerentanan terhadap patogen (Cheng *et al.* 2002; Cheng dan Chen 2002). Selain itu, udang *M. nipponense* menunjukkan perilaku menghindar dan peningkatan aktivitas pada kondisi defisit oksigen ($\leq 1,2$ mg/l) (Kang *et al.* 1995). Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian di Halmahera bagian selatan, di mana konsentrasi oksigen terlarut relatif tinggi dan stabil, berkisar antara 6,8–7,1 mg/l. Keberadaan *Macrobrachium* di berbagai sub-habitat juga sangat ditentukan oleh kadar oksigen terlarut, baik pada kondisi tinggi maupun rendah. Dalam konteks penelitian ini, tingginya kelimpahan relatif *M. lar* di Halmahera bagian selatan diduga berkaitan dengan kondisi oksigen terlarut yang relatif tinggi dan stabil, yaitu berkisar antara 6,8–7,1 mg/l, yang mencerminkan lingkungan perairan yang mendukung proses fisiologis, aktivitas, dan keberlanjutan populasi spesies tersebut.

Parameter lingkungan habitat lain dalam studi ini adalah suhu. Suhu adalah parameter lingkungan vital yang secara fundamental memengaruhi laju metabolisme, pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan distribusi udang sungai, termasuk *M. lar* (Niu *et al.* 2003; Ren *et al.* 2021; Putra *et al.* 2025). Suhu air untuk habitat *M. lar* di Pulau Halmahera berada dalam kisaran 26,2–28,8°C. Rentang suhu ini menunjukkan kondisi tropis yang konsisten dengan sebaran geografis genus *Macrobrachium* secara global, yang umumnya ditemukan di wilayah tropis hingga subtropis (Anger 2013). Suhu lingkungan memengaruhi hampir semua proses biokimia dan fisiologis pada krustasea, termasuk homeostasis ion dan air, fungsi neuromuskuler, hidrasi sel, serta jalur metabolisme (Ren *et al.* 2021).

Beberapa studi telah mengidentifikasi kisaran suhu optimal untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup spesies *Macrobrachium* lainnya. Misalnya, untuk *M. rosenbergii*, spesies yang sangat penting dalam akuakultur, suhu air antara 18°C hingga 34°C adalah

kisaran toleransi untuk kelangsungan hidup, dengan suhu optimal untuk pertumbuhan larva dan pasca-larva dilaporkan sekitar 31°C (Mukhopadhyay *et al.* 2003; Mohanty *et al.* 2016). Suhu 30°C juga ditemukan optimal untuk laju molting tercepat dengan peningkatan pertumbuhan tertinggi pada *M. rosenbergii* (Habashy dan Sharshar 2020).

Peningkatan suhu secara signifikan meningkatkan konsumsi makanan, laju pertumbuhan, dan konsumsi oksigen pada postlarva *M. rosenbergii* dalam rentang 23°C hingga 33°C (Niu *et al.* 2003). Sebaliknya, suhu rendah dapat memicu stres pada udang, seperti yang ditunjukkan pada *M. rosenbergii* di mana suhu di bawah 12,3°C dianggap mematikan dan memengaruhi metabolisme lipid dan energi (Tu *et al.* 2023). Pada *M. amazonicum*, suhu 30°C dan 32°C menghasilkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup juvenil yang lebih rendah dibandingkan 28°C (Bastos *et al.* 2018). Sementara itu, *M. nipponense* menunjukkan pertumbuhan larva yang lebih cepat pada suhu tinggi (29–31°C), namun kelangsungan hidupnya justru berkorelasi negatif dengan suhu tinggi tersebut (Shekk *et al.* 2023). Suhu berperan sebagai faktor ekologis pembatas yang kuat, terutama dalam konteks perubahan iklim dan tekanan antropogenik yang dapat mengubah pola termal (Bastos *et al.* 2018; Tu *et al.* 2023). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu perairan di habitat *M. lar* di Pulau Halmahera berada dalam kisaran yang umumnya menguntungkan bagi spesies ini. Di Halmahera bagian selatan, kondisi suhu yang relatif stabil diduga berkaitan erat dengan tingginya tutupan kanopi pepohonan di sepanjang alur sungai, yang berperan dalam meredam fluktuasi suhu harian dan menurunkan intensitas radiasi matahari langsung ke permukaan air. Stabilitas termal yang dihasilkan oleh tutupan kanopi tersebut menciptakan kondisi mikrohabitat yang lebih sesuai bagi aktivitas metabolisme, pertumbuhan, dan perilaku *M. lar*, sehingga pada akhirnya berkontribusi terhadap tingginya kelimpahan relatif spesies ini di lokasi tersebut.

Selanjutnya, faktor lingkungan yang juga

penting dalam menentukan kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan distribusi udang sungai, termasuk *M. lar* adalah pH. pH air memengaruhi berbagai proses fisiologis krusial seperti osmoregulasi, metabolisme, dan keseimbangan ion, sehingga penting untuk mempertahankan nilai pH dalam kisaran yang dapat ditoleransi oleh udang (Rahi 2017). pH air untuk habitat *M. lar* di Pulau Halmahera berada dalam kisaran 6,7–7,8. Rentang pH ini sedikit asam hingga netral-basa, umum ditemukan di habitat alami udang air tawar di wilayah tropis. Kisaran ini umumnya mendukung kelangsungan hidup spesies *Macrobrachium* (Lal *et al.* 2014; Putra *et al.* 2025).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa spesies *Macrobrachium* memiliki toleransi terhadap pH, namun kondisi pH ekstrem dapat berdampak negatif. Untuk *M. rosenbergii*, pH $8,0 \pm 0,04$ dilaporkan sebagai rentang yang dapat ditoleransi dalam kondisi penetasan (Mohanty *et al.* 2016). Penelitian lain menunjukkan pH 8 sebagai tingkat terbaik yang menghasilkan molting tercepat dengan pertumbuhan tertinggi pada *M. rosenbergii* (Habashy dan Sharshar 2020). Larva *M. rosenbergii* sangat sensitif terhadap pH asam, paparan pH asam ringan dibandingkan dengan pH netral secara negatif memengaruhi pemberian makan, kelangsungan hidup, dan pertumbuhan. Bahkan, tidak ada larva yang bertahan hidup lebih dari 48 jam pada pH asam (Liew *et al.* 2022). Udag *M. olfersii* menunjukkan penurunan kelangsungan hidup ketika pH turun antara 4,0 dan 3,5 (Ganong *et al.* 2021). Kondisi pH rendah (misalnya, pH 5,6) secara signifikan menurunkan berat badan dan panjang total udang setelah 42 hari, sementara pH 6,8 juga menyebabkan frekuensi molting dan peningkatan berat badan yang lebih rendah (Chen dan Chen 2003). pH juga dapat menjadi ciri penentu kelompok habitat tertentu untuk spesies *Macrobrachium*, seperti “aliran netral” atau “air tinggi karbonat” (Mejía-Ortiz dan Alvarez 2010), sehingga variasi spasial kelimpahan udang juga dapat dipengaruhi oleh pH.

Parameter kimia lain yang tidak kalah penting adalah unsur hara. Nitrat dan fosfat

merupakan unsur hara anorganik utama yang berperan dalam produktivitas perairan dan sering dibahas secara bersamaan karena memiliki sumber, dinamika, dan implikasi ekologis yang serupa dalam ekosistem sungai. Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar fosfat di habitat *M. lar* di Pulau Halmahera berada pada kisaran 0,1705–0,1962 mg/l, sedangkan kadar nitrat berkisar antara 0,1403–0,2619 mg/l. Secara spasial, perbedaan kadar nitrat dan fosfat antar wilayah Halmahera mencerminkan variasi kondisi lingkungan lokal, termasuk input bahan organik, karakteristik aliran, dan kemungkinan pengaruh aktivitas di sekitar daerah aliran sungai. Lokasi Halmahera bagian selatan menunjukkan kecenderungan kadar nitrat yang lebih tinggi dibandingkan wilayah barat dan tengah, sementara kadar fosfat relatif lebih seragam di seluruh lokasi penelitian. Pola ini mengindikasikan bahwa dinamika nitrogen dan fosfor di sungai-sungai penelitian tidak sepenuhnya paralel, meskipun keduanya sama-sama berperan dalam siklus nutrisi perairan.

Beberapa penelitian pada spesies sekerabat, *M. rosenbergii*, menunjukkan bahwa kadar fosfat di perairan alami maupun sistem budidaya umumnya berada pada kisaran yang lebih rendah. Studi di Sungai Nyatuh, Malaysia, melaporkan kadar fosfat antara 0,01–0,12 mg/l (Kasan *et al.* 2023), yang lebih rendah dibandingkan nilai yang terukur di habitat *M. lar* di Halmahera. Namun demikian, penelitian lain menyatakan bahwa parameter nutrisi seperti fosfat dan nitrat masih dapat ditoleransi oleh udang air tawar selama tidak menyebabkan degradasi kualitas air secara ekstrem (Kunda *et al.* 2008). Beberapa studi sistem akuakultur multi-trofik terintegrasi (IMTA) menekankan pentingnya pengelolaan nutrisi untuk menekan akumulasi nitrat dan fosfat. Chowdhury *et al.* (2025) menunjukkan bahwa introduksi bayam air mampu menurunkan konsentrasi fosfat hingga sekitar 0,03 mg/l dan nitrat hingga $\pm 0,27$ mg/l pada sistem budidaya *M. rosenbergii*. Nilai nitrat yang terukur di Halmahera bagian barat dan tengah berada di bawah kisaran tersebut, sedangkan nilai di Halmahera bagian selatan masih berada pada batas yang sebanding,

menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat di habitat alami *M. lar* masih relatif moderat.

Meskipun sebagian besar kajian lebih banyak menyoroti dampak nitrit sebagai bentuk nitrogen yang lebih toksik, diketahui bahwa kadar nitrogen anorganik yang rendah hingga sedang umumnya berkorelasi dengan kualitas perairan yang baik bagi udang air tawar. Mallasen dan Valenti (2006) melaporkan bahwa kadar nitrit di bawah 2 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$ tidak menimbulkan dampak signifikan terhadap perkembangan larva *M. rosenbergii*, sementara Kunda *et al.* (2008) dan Zafar *et al.* (2016) menyatakan bahwa kestabilan nutrisi anorganik merupakan faktor penting dalam menjaga kondisi perairan yang mendukung kehidupan udang.

Secara keseluruhan, kadar nitrat dan fosfat yang terukur di habitat *M. lar* di Pulau Halmahera kemungkinan merepresentasikan kondisi alami ekosistem sungai tropis yang masih mampu mendukung keberlangsungan hidup spesies ini. Meskipun nilai fosfat cenderung lebih tinggi dibandingkan beberapa studi budidaya yang menargetkan penurunan nutrisi, kondisi tersebut tidak serta-merta menunjukkan degradasi habitat, melainkan dapat mencerminkan karakteristik lingkungan lokal. Namun demikian, variasi nutrisi antar lokasi tetap perlu diperhatikan, terutama dalam rangka pengelolaan habitat dan konservasi jangka panjang, mengingat perubahan input nutrisi dapat berdampak pada keseimbangan ekosistem sungai dan populasi udang air tawar. Selain parameter fisik dan kimia perairan, faktor struktural lanskap sungai yang berperan sebagai pengendali tidak langsung terhadap berbagai karakteristik habitat adalah tutupan kanopi (*canopy closure*) pepohonan di atas badan sungai. Tutupan kanopi di habitat *M. lar* menunjukkan variasi antar wilayah, yaitu 68,72% di Halmahera bagian barat, 59,64% di Halmahera bagian tengah, dan mencapai 79,82% di Halmahera bagian Selatan (Tabel 1 dan Gambar 3). Rentang nilai ini (59,64–79,82%) menunjukkan bahwa habitat *M. lar* di Pulau Halmahera umumnya berada di bawah naungan tajuk pohon yang cukup rapat hingga sangat rapat.

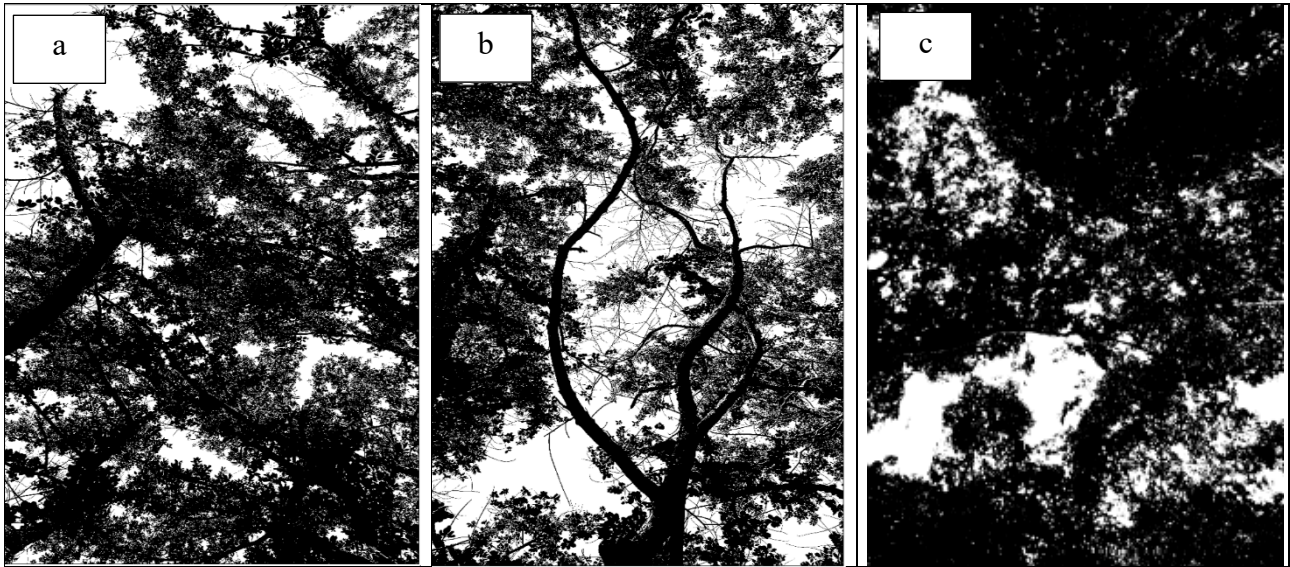


Figure 3. Tree canopy closure based on Image-J analysis at the three study sites. (a) Canopy cover of 68.72% in western Halmahera, (b) canopy cover of 59.64% in central Halmahera, and (c) canopy cover of 79.82% in southern Halmahera.

Gambar 3. Tutupan kanopi berdasarkan analisis Image-J pada ketiga lokasi penelitian. (a) Tutupan kanopi 68,72% di Halmahera bagian barat, (b) Tutupan kanopi 59,64% di Halmahera bagian tengah, dan (c) Tutupan kanopi 79,82% di Halmahera bagian selatan.

Tutupan kanopi pepohonan besar berperan penting dalam mengontrol intensitas penyinaran matahari yang mencapai permukaan air, sehingga berkontribusi terhadap stabilitas suhu perairan dan mengurangi fluktuasi termal harian (Eriksson *et al.* 2006; Busse *et al.* 2018). Pada ekosistem sungai tropis, kondisi ini sangat penting karena suhu air yang lebih stabil cenderung mendukung kadar oksigen terlarut yang lebih tinggi serta menekan stres fisiologis pada organisme akuatik. Dengan demikian, tingginya tutupan kanopi di Halmahera bagian selatan kemungkinan memperkuat kondisi termal yang relatif optimal bagi *M. lar*, sebagaimana tercermin pada kisaran suhu dan oksigen terlarut yang mendukung kehidupan udang sungai.

Selain pengaruh terhadap suhu dan oksigen, tutupan kanopi juga berkontribusi secara langsung terhadap pasokan bahan organik *allocthonous* ke dalam sungai melalui input serasah daun, ranting, dan material organik lainnya (Covich *et al.* 1999). Bahan organik ini merupakan komponen penting

dalam rantai makanan detritus dan menyediakan mikrohabitat bagi berbagai invertebrata bentik. Beberapa spesies *Macrobrachium* diketahui berasosiasi dengan habitat yang kaya bahan organik partikulat dan serasah daun, yang berfungsi sebagai sumber pakan sekaligus tempat berlindung (Iwata *et al.* 2003; N'Zi *et al.* 2008). Oleh karena itu, dominasi tutupan kanopi di lokasi penelitian kemungkinan berperan dalam menjaga ketersediaan sumber pakan alami bagi *M. lar*.

Tutupan kanopi juga berkaitan erat dengan stabilitas substrat dasar sungai. Sungai dengan kanopi yang terjaga cenderung memiliki tingkat erosi dan sedimentasi halus yang lebih rendah, sehingga mampu mempertahankan dominasi substrat kasar seperti kerikil dan bongkahan batu (Iwata *et al.* 2003). Kondisi ini mendukung heterogenitas struktural habitat, yang telah terbukti berasosiasi positif dengan kepadatan dan distribusi udang air tawar (Kikuchi dan Uieda 2005; Kounthongbang *et al.* 2021). Hubungan ini konsisten dengan temuan dalam penelitian ini bahwa di Halmahera bagian selatan, yang memiliki

tutupan kanopi tertinggi, juga ditandai oleh substrat berpasir dan berbatu serta kelimpahan *M. lar* yang lebih tinggi.

Secara ekologis, tutupan kanopi telah diidentifikasi sebagai salah satu variabel lingkungan utama yang memengaruhi distribusi dan komposisi komunitas udang air tawar di sungai tropis (N'Zi *et al.* 2008; Kouamé *et al.* 2018). Pola serupa juga dilaporkan pada udang dari famili lain, yaitu *Parhippolyte uveae* (Famili Barbouriidae) yang menghuni perairan rawa bervegetasi mangrove di Sulawesi Tenggara, di mana spesies ini diketahui tidak menyukai cahaya atau cenderung menghindari obyek cahaya. Kelimpahan udang tertinggi ditemukan pada zona yang memiliki tutupan kanopi mangrove lebih tinggi (Pratama *et al.* 2023). Tutupan kanopi yang rapat berperan dalam menurunkan intensitas cahaya yang masuk ke kolom air, sehingga menciptakan kondisi lingkungan yang lebih sesuai bagi udang dengan preferensi cahaya rendah. Kesamaan respons terhadap tutupan kanopi pada taksa dan tipe habitat yang berbeda menunjukkan bahwa struktur vegetasi, melalui pengaturan intensitas cahaya, merupakan faktor penting dalam menentukan kesesuaian habitat udang air tawar di ekosistem tropis. Dominasi tutupan kanopi yang relatif tinggi di habitat *M. lar* di Pulau Halmahera menunjukkan bahwa spesies ini cenderung menghuni sungai-sungai dengan kondisi struktural pepohonan yang masih terjaga. Oleh karena itu, keberlanjutan tutupan kanopi pepohonan di sepanjang sungai memiliki implikasi penting bagi keberlanjutan *M. lar*, terutama dalam menghadapi tekanan antropogenik dan perubahan iklim yang berpotensi mengubah dinamika suhu, input bahan organik, serta dinamika nutrisi di ekosistem perairan tawar.

Secara keseluruhan, karakteristik habitat *M. lar* di perairan tawar Pulau Halmahera mencerminkan keterpaduan kondisi fisik–kimia dan struktural sungai yang masih relatif terjaga dalam cakupan WPPNRI PD 413 Pulau Halmahera. Kombinasi ketinggian lokasi, heterogenitas substrat alami, kondisi oksigen terlarut dan suhu perairan yang mendukung fungsi fisiologis udang, serta konsentrasi

nutrien anorganik yang mencerminkan dinamika alami ekosistem sungai tropis, menunjukkan bahwa habitat *M. lar* masih berada dalam kondisi ekologis yang mendukung keberlanjutan populasinya. Keberadaan tutupan kanopi pepohonan yang terjaga semakin memperkuat kualitas habitat melalui pengaturan intensitas cahaya, stabilitas suhu perairan, serta suplai bahan organik dan nutrisi ke dalam sistem sungai. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keberlanjutan populasi *M. lar* di Pulau Halmahera sangat bergantung pada integritas habitat sungai secara menyeluruh, sehingga pengelolaan sumberdaya perikanan di perairan darat WPPNRI PD 413 perlu menempatkan perlindungan tutupan kanopi pepohonan di sepanjang alur sungai sebagai salah satu komponen kunci dalam strategi pengelolaan sumber daya berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa distribusi dan kelimpahan *M. lar* di perairan darat Pulau Halmahera dipengaruhi oleh kombinasi karakteristik habitat fisik dan kimia. Kelimpahan relatif tertinggi ditemukan di Halmahera bagian selatan dicirikan oleh ketinggian lokasi yang lebih tinggi, heterogenitas substrat berpasir–berbatu, kondisi oksigen terlarut yang memadai, suhu perairan relatif stabil, pH netral hingga sedikit basa, serta konsentrasi nutrisi anorganik masih berada dalam kisaran alami. Selain itu, dominasi tutupan kanopi pepohonan yang relatif tinggi berperan penting dalam menjaga stabilitas mikrohabitat sungai melalui pengaturan intensitas cahaya, suhu air, input bahan organik, dan dinamika nutrisi, sehingga menciptakan kondisi yang mendukung keberlangsungan *M. lar*. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keberlanjutan populasi *M. lar* di WPPNRI PD 413 Pulau Halmahera sangat bergantung pada integritas habitat sungai, sehingga perlindungan struktur habitat, khususnya tutupan kanopi dan kualitas perairan, perlu menjadi fokus utama dalam pengelolaan sumber daya udang air tawar secara berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Fundamental BIMA Tahun 2023, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Kemdiktisaintek. Terima kasih juga disampaikan kepada Siti Ramadhani dan Sumardi Subena atas bantuan selama kegiatan lapangan.

Daftar Pustaka

- Agba S, Gbaaondo T, Mngusuun IF. 2025. A study on food and feeding habit of *Atya Gabonensis* and *Macrobrachium macrobrachion* and the physicochemical parameters of lower River Benue at Wadata, Makurdi, Nigeria. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*. 27(10):178–186.
<https://doi.org/10.9734/ajfar/2025/v27i101016>
- Anger K. 2013. Neotropical *Macrobrachium* (Caridea: Palaemonidae): on the biology, origin, and radiation of freshwater-invading shrimp. *Journal of Crustacean Biology*. 33(2):151–183.
<https://doi.org/10.1163/1937240X-00002124>
- Bahtiar B, Jiwani YE, Findra MN, Ishak E. 2024. Temporal variation of peanut worm (*Siphonosoma australe-australe*) reproduction in Toronipa Beach of Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 25(8):2533–2540.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d250825>
- Bahtiar, Findra MN. 2025. Population dynamics of horse mussels *Modiolus moduloides* (Röding, 1798) in Kendari Bay, Southeast Sulawesi, Indonesia. *International Journal of Aquatic Biology*. 13(2):153–161.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22034/ijab.v13i2.2429>
- Bahtiar, Pratama MDJ, Purnama MF, Findra MN. 2022a. Dinamika populasi kerang tahu (*Meretrix meretrix*) yang tereksplotasi di muara Sungai Kambu Sulawesi Tenggara. *Journal of Tropical Fisheries Management*. 6(2):87–94.
<https://doi.org/10.29244/jppt.v6i2.43788>
- Bahtiar, Purnama MF, Rahmadhani, Findra MN. 2022b. Reproduksi kerang tahu (*Meretrix meretrix*) di muara Sungai Kambu, Sulawesi Tenggara. *Journal of Tropical Fisheries Management*. 6(1): 54–60.
<https://doi.org/10.29244/jppt.v6i1.44443>
- Bastos AM, Lima JF, Tavares-Dias M. 2018. Effect of increase in temperature on the survival and growth of *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) in the Amazon. *Aquatic Living Resources*. 31:21.
<https://doi.org/10.1051/alr/2018010>
- Busse A, Antiqueira PAP, Neutzling AS, Wolf AM, Romero GQ, Petermann JS. 2018. Different in the dark: The effect of habitat characteristics on community composition and beta diversity in bromeliad microfauna. *PLOS ONE*. 13(2):e0191426.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191426>
- Cai Y, Ng PKL. 2001. The freshwater Decapod Crustaceans of Halmahera, Indonesia. *Journal of Crustacean Biology*. 21(3):665–665–695.
- Castelin M, Feutry P, Hautecoeur M, Marquet G, Wowor D, Zimmermann G, Keith P. 2013. New insight on population genetic connectivity of widespread amphidromous prawn *Macrobrachium lar* (Fabricius, 1798) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Marine Biology*. 160(6):1395–1406.
<https://doi.org/10.1007/s00227-013-2191-y>
- Chen SM, Chen JC. 2003. Effects of pH on survival, growth, molting and feeding of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*. 218:613–623.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00265-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00265-X)
- Cheng W, Chen JC. 2002. Effects of environmental factors on the immune responses of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and other

- Decapod Crustaceans. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*. 29(1):1–19.
- Cheng W, Liu CH, Hsu JP, Chen JC. 2002. Effect of hypoxia on the immune response of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and its susceptibility to pathogen *Enterococcus*. *Fish & Shellfish Immunology*. 13(5):351–365. <https://doi.org/10.1006/fsim.2001.0411>
- Cheng W, Liu CH Kuo CM. 2003. Effects of dissolved oxygen on hemolymph parameters of freshwater giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture*. 220:843–856. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00534-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00534-3)
- Chowdhury SZ, Islam MR, Bir J, Islam SS, Hasanuzzaman AFM, Huq KA. 2025. Integration of fish, snail and water spinach with *Macrobrachium rosenbergii*: an approach of integrated multi-trophic prawn aquaculture in Southwest Bangladesh. *Aquaculture, Fish and Fisheries*. 5(6):e70151. <https://doi.org/10.1002/aff2.70151>
- Covich AP, Crowl TA, Heartsill-Scalley T. 2006. Effects of drought and hurricane disturbances on headwater distributions of palaemonid river shrimp (*Macrobrachium* spp.) in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Journal of the North American Benthological Society*. 25(1):99–107.
- Covich AP, Crowl TA, Johnson SL, Pyron M. 1996. Distribution and abundance of tropical freshwater shrimp along a stream corridor: response to disturbance. *Biotropica*. 28(4):484. <https://doi.org/10.2307/2389090>
- Covich AP, Palmer MA, Crowl TA. 1999. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems. *BioScience*. 49(2):119–127. <https://doi.org/10.2307/1313537>
- de Mazancourt V, Feutry P, Bernard C, Marquet G, Keith P, Castelin M. 2025. Does morphological diversity in amphidromous *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) reflect species homology or habitat partitioning? *Invertebrate Systematics*. 39(7):IS24084. <https://doi.org/10.1071/IS24084>
- Dharmawan IWE. 2020. Hemispherical Photography, Analisis Tutupan Kanopi Komunitas Mangrove. Makassar: Penerbit Nas Media Pustaka. 51 p.
- Djiriéoulou CK, Konan MK, Koné T, Bamba M, Bi GG, Koné I. 2014. Shrimp assemblages in relation to environmental characteristics of four shallow rivers in South East Côte d'Ivoire. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 14:651–658. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v14_3_07
- Eriksson BK, Rubach A, Hillebrand H. 2006. Biotic habitat complexity controls species diversity and nutrient effects on net biomass production. *Ecology*. 87(1):246–254. <https://doi.org/10.1890/05-0090>
- Fadli A, Binur R, Kawulur EIJJ. 2018. Morphology variation of *Macrobrachium* lar (Fabricius, 1798) occurring in rivers of Manokwari, West Papua, Indonesia. *HAYATI Journal of Biosciences*. 25(1):6–10. <https://doi.org/10.4308/hjb.25.1.6>
- Fahlevi MM, Mahrudin, Utami NH. 2021. Keragaman udang di wilayah sungai pasang surut. *BIOMA: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*. 3(2):1–12. <https://doi.org/10.31605/bioma.v3i2.1228>
- Findra MN, Hasrun LO, Adharani N, Herdiana L. 2016. Perpindahan ontogenetik habitat ikan di perairan ekosistem hutan mangrove. *Media Konservasi*. 22(3):304–309. <https://doi.org/DOI:10.29244/medkon.21.3.304-309>
- Findra MN, Lawelle SA, Aرسال LOM, Mokodongan DF, Permatahati YI, Risfandi, Ikbali M, Sapri. 2023. Sebaran ukuran, hubungan panjang-berat, dan faktor kondisi ikan julung-julung (*Nomorhamphus* sp.) di air terjun Nanga-nanga Kota Kendari, Sulawesi Tenggara. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*. 4(2):117–126.

<https://doi.org/10.21107/juvenil.v4i2.19213>

- Findra MN, Samadan GM, Supyan, Syazili A, Irfan M. 2025. Species confirmation of freshwater prawns in Ternate Island, Indonesia, through DNA barcoding: Not *Macrobrachium rosenbergii*. *International Journal of Aquatic Biology*: 13(6):71–79. <https://doi.org/https://doi.org/10.22034/ijab.v13i6.2424>
- Findra MN, Setyobudiandi I, Butet NA, Solihin DD. 2020. Status populasi sumber daya kima (Tridacnidae) di perairan Taman Nasional Wakatobi. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan Berkelanjutan III*:126–132.
- Ganong C, Hidalgo-Oconitrillo M, Pringle C. 2021. Thresholds of acidification impacts on macroinvertebrates adapted to seasonally acidified tropical streams: potential responses to extreme drought-driven pH declines. *PeerJ*. 9:e11955. <https://doi.org/10.7717/peerj.11955>
- Habashy MM, Sharshar KM. 2020. On some factors affecting molting and growth rate of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 24(2):163–175. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.79317>
- Harahap FR, Kardhinata EH, Mutia HZNA. 2017. Inventarisasi jenis udang di Perairan Kampung Nipah Kecamatan Perbaungan Kabupaten Serdang Bedagai Sumatera Utara. *BioLink*. 3(2):92–102.
- Holthuis LB. 1950. The Palaemonidae collected by the Siboga and Snellius Expeditions with remarks on other species. I. Subfamily Palaemonidae. *Siboga Expeditie*. 39(9):1-268.
- Humphries P, Cook RA, Richardson AJ, Serafini LG. 2006. Creating a disturbance: manipulating slackwaters in a lowland river. *River Research and Applications*. 22(5):525–542. <https://doi.org/10.1002/rra.920>
- Iwata T, Inoue M, Nakano S, Miyasaka H, Doi A, Covich AP. 2003. Shrimp abundance and habitat relationships in tropical rain-forest streams, Sarawak, Borneo. *Journal of Tropical Ecology*. 19(4):387–395. <https://doi.org/10.1017/S0266467403003432>
- Jodha RD, Hamza HA. 2021. Density and relativity abundance of the prawn and shrimps in Al-Hammar and Al-Chibayish Marshes of Southern Iraq. *Iraqi Journal of Aquaculture*. 16(1):45–71. <https://doi.org/10.58629/ijaq.v16i1.40>
- Kang JC, Matsuda O, Imamura N. 1995. Avoidance and behavior of prawn *Macrobrachium nipponense* by oxygen depletion and hydrogen sulfide. *NIPPON SUISAN GAKKAISHI*. 61(6):827–831. <https://doi.org/10.2331/suisan.61.827>
- Kasan NA, Ikhwanuddin M, Manan H, Zakaria NS, Kamaruzzan AS, Rahim AIA, Ishak AN. 2023. Assessment on water quality parameter and nutrients level of Nyatuh River in relations with *Macrobrachium rosenbergii* prawn populations. *Tropical Life Sciences Research*. 34(1):51–66. <https://doi.org/10.21315/tlsr2023.34.1.4>
- Kikuchi RM, Uieda VS. 2005. Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no Município de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Entomologia y Vectores*: 12(2):193–231. <https://doi.org/10.1590/S0328-03812005000200006>
- Kouamé T, Bi GG, Djiriéoulou CK., N’ZI GK, Boguhé DHFG. 2018. Shrimp assemblage in the superior part of Cavally river (Côte d’Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 24(1):379–388.
- Kounthongbang A, Souliyamath P, Chanthasone P, Phommachan P, Lasasimma O, Okutsu T, Ito S. 2021. Daytime habitat use and abundance of a freshwater shrimp *Macrobrachium yui* Holthuis, 1950 (Decapoda: Palaemonidae) in tropical forest stream, northern Laos. *Crustacean Research*. 50(0):151–163.

https://doi.org/10.18353/crustacea.50.0_151

Kunda M, Azim ME, Wahab MA, Dewan S, Roos N, Thilsted SH. 2008. Potential of mixed culture of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and self-recruiting small species mola (*Amblypharyngodon mola*) in rotational rice–fish/prawn culture systems in Bangladesh. *Aquaculture Research*. 39(5):506–517.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01905.x>

Lal MM, Seeto J, Pickering TD. 2014. Complete larval development of the monkey river prawn *Macrobrachium lar* (Palaemonidae) using a novel greenwater technique. *SpringerPlus*. 3(1):568. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-568>

Liew HJ, Rahmah S, Tang PW, Waiho K, Fazhan H, Rasdi NW, Hamin SIA, Mazelan S, Muda S, Lim LS, Chen YM, Chang YM, Liang LQ, Ghaffar MA. 2022. Low water pH depressed growth and early development of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* larvae. *Heliyon*. 8(7):e09989. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09989>

Mallasen M, Valenti WC. 2006. Effect of nitrite on larval development of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*. 261(4):1292–1298. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.07.048>

March JG, Pringle CM., Townsend MJ, Wilson AI. 2002. Effects of freshwater shrimp assemblages on benthic communities along an altitudinal gradient of a tropical island stream. *Freshwater Biology*. 47(3):377–390. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00808.x>

Mejía-Ortiz L, Alvarez F. 2010. Seasonal patterns in the distribution of three species of freshwater shrimp, *Macrobrachium* spp., along an altitudinal river gradient. *Crustaceana*. 83(4):385–397.

<https://doi.org/10.1163/001121610X489368>

Mohanty AK, Mohanty SS, Pramanik DS. 2016. The combined effects of salinity and temperature on the survival of zoeae and postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii* at hatchery condition in Odisha, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 4(3):576–580.

Montoya JV, Arrington DA, Winemiller KO. 2014. Seasonal and diel variation of shrimp (Crustacea, Decapoda) on sandbanks of a tropical floodplain river. *Journal of Natural History*. 48:557–574. <https://doi.org/10.1080/00222933.2013.840398>

Morais AF, Alves DFR, Barros-Alves SP, Almeida AC. 2025. Environmental factors driving *Macrobrachium* species richness on a global scale. *Marine and Freshwater Research*. 76(13):MF25123. <https://doi.org/10.1071/MF25123>

Mukhopadhyay PK, Rangacharyulu PV, Mitra G, Jana BB. 2003. Applied nutrition in freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, culture. *Journal of Applied Aquaculture*. 13:317–340. https://doi.org/10.1300/J028v13n03_06

Niu C, Lee D, Goshima S, Nakao S. 2003. Effects of temperature on food consumption, growth and oxygen consumption of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) postlarvae. *Aquaculture Research*. 34(6):501–506. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00845.x>

Nogueira, CS, Costa TM, Almeida AC. 2018. Habitat choice behavior in *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) under laboratory conditions. *Oecologia Australis*. 22(01):55–62. <https://doi.org/10.4257/oeco.2018.2201.05>

N’Zi GK, Gooré BG, Kouamélan EP, Koné T, N’Douba V, Ollevier F. 2008. Influence des facteurs environnementaux sur la répartition spatiale des crevettes dans un

- petit bassin ouest africain – rivière Boubo – Côte d'Ivoire. *TROPICULTURA*. 26(1):17–23.
- Pratama MF, Sara L, Halili, Findra MN. 2023. Karakteristik habitat udang merah (*Parhippolyte uveae*) di perairan rawa sekitar kawasan Pantai Koguna Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara. *Habitus Aquatica*. 4(1):8–16. <https://doi.org/10.29244/HAJ.4.1.8>
- Purnama M, Priyadi R, Soenardjo N. 2020. Analisa tutupan kanopi mangrove dengan metode hemispherical photography di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*. 9(3):317–325. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27577>
- Putra DF, Abbas MA, Siregar TN, Wowor D. 2025. Diversity, distribution, and conservation status of *Macrobrachium* shrimp in freshwater ecosystems of Aceh, Indonesia. *Veterinary World*. 2377–2394. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.2377-2394>
- Rahayu P, Annawaty A. 2021. Keanekaragaman jenis udang air tawar (Decapoda: Caridea) di Pulau Labobo, Sulawesi. *Zoo Indonesia*. 28(2):64–75. <https://doi.org/10.52508/zi.v28i2.4096>
- Rahi ML. 2017. Understanding the molecular basis of adaptation to freshwater environments by prawns in the genus *Macrobrachium* [Queensland University of Technology]. <https://doi.org/10.5204/thesis.eprints.118051>
- Ramadhani, S., Supyan, Findra, M. N., & Samadan, G. M. (2026). Analisis parameter pertumbuhan udang air tawar *Macrobrachium* lar di Sungai Oha, Kecamatan Gane Barat, Kabupaten Halmahera Selatan. *MOLUCCAS AQUATICUS: Journal of Aquatic Management and Innovation*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.33387/f6x0ap38>
- Ren X, Wang Q, Shao H, Xu Y, Liu P, Li J. 2021. Effects of low temperature on shrimp and crab physiology, behavior, and growth: a review. *Frontiers in Marine Science*. 8:1–11. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.746177>
- Samadan GM, Supyan, Findra MN. 2024. Genetic characteristics of *Macrobrachium* lar from Gane Timur, Halmahera Island, Indonesia, based on mitochondrial COI gene. *AACL Bioflux*. 17(4):1543–1550.
- Samsudin K, Laheng S, Adli A. 2024. Keberadaan udang di aliran sungai Kabupaten Tolitoli. *Arborescent Journal*. 1(2):41–45. <https://doi.org/10.56630/arj.v1i2.700>
- Shekk P, Burhaz M, Astafurov, Yu. 2023. Dependence of linear growth and survival of larvae of the oriental river prawn (*Macrobrachium nipponense* De Haan, 1849) on temperature and salinity. *Ribogospodars'ka Nauka Ukraïni*. 4(66):3–16. <https://doi.org/10.61976/fsu2023.04.003>
- Silva JN, Oliveira G, Rocha SS. 2019. Microhabitat preferences of the freshwater prawn *Macrobrachium jelskii* (Decapoda: Palaemonidae). *Iheringia. Série Zoologia*. 109. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019027>
- Sun S, Xuan F, Fu H, Zhu J, Ge X, Gu Z. 2015. Transcriptomic and histological analysis of hepatopancreas, muscle and gill tissues of oriental river prawn (*Macrobrachium nipponense*) in response to chronic hypoxia. *BMC Genomics*. 16(1): 491. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1701-3>
- Taula K, Bahtiar, Purnama MF, Findra MN. 2022. Preferensi habitat kerang lentera (*Lingula unguis*) di Perairan Nambo, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara. *Habitus Aquatica*. 3(2):51–67. <https://doi.org/10.29244/HAJ.3.2.51>
- Tidwell JH, Coyle S, Van Arnum A, Weibel C. 2000. Production response of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* to increasing amounts of artificial substrate in ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*. 31(3):452–458.

<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2000.tb00895.x>

Tu H, Peng X, Yao X, Tang Q, Xia Z, Li J, Yang G, Yi S. 2023. Integrated transcriptomic and metabolomic analyses reveal low-temperature tolerance mechanism in giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Animals*. 13(10):1605.

<https://doi.org/10.3390/ani13101605>

Zafar M, Haque M, Aziz M, Alam M. 2016. Study on water and soil quality parameters of shrimp and prawn farming in the southwest region of Bangladesh. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*. 13(1):153–160.

<https://doi.org/10.3329/jbau.v13i1.28732>