



Pengaruh Padat Tebar yang Berbeda Terhadap Kinerja Pertumbuhan Udang Air Tawar (*Macrobrachium lar*) yang Dipelihara Dalam Sistem Akuaponik Bioflok (The Effect of Different Stocking Densities on the Growth Performance of Freshwater Shrimp (*Macrobrachium lar*) Reared in a Biofloc Aquaponic System)

Fifi Ade, Gamal M. Samadan*, Fatma Muchdar

Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Khairun
*e-mail korespondensi: gmsamadan@unkhair.ac.id

Diterima: 8 Mei 2026

Direvisi: 25 Juni 2026

Disetujui: 26 Juni 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh padat tebar yang berbeda terhadap kinerja pertumbuhan udang air tawar *Macrobrachium lar* yang dipelihara dalam sistem akuaponik bioflok. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan dan tiga ulangan, yaitu A = 20 ekor, B = 30 ekor, C = 40 ekor, dan D = 10 ekor. Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan bobot mutlak, pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik, tingkat kelangsungan hidup, rasio konversi pakan, dan kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa padat tebar berbeda berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak dan laju pertumbuhan spesifik, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup dan rasio konversi pakan. Perlakuan B menunjukkan kinerja terbaik dengan bobot mutlak 1,530 g dan laju pertumbuhan spesifik 2,77%, sedangkan perlakuan D menunjukkan hasil terendah. Sistem akuaponik bioflok mampu menjaga kualitas air pada kisaran yang masih layak selama pemeliharaan.

Kata kunci: akuaponik, bioflok, *Macrobrachium lar*, padat tebar, pertumbuhan

ABSTRACT

This study aimed to analyze the effect of different stocking densities on the growth performance of freshwater shrimp *Macrobrachium lar* reared in a biofloc aquaponic system. A completely randomized design with four treatments and three replications was used, namely A = 20 individuals, B = 30 individuals, C = 40 individuals, and D = 10 individuals. Observed parameters included absolute weight gain, absolute length gain, specific growth rate, survival rate, feed conversion ratio, and water quality. The results showed that stocking density significantly affected absolute weight gain and specific growth rate, but did not significantly affect survival rate and feed conversion ratio. Treatment B produced the best growth performance with an absolute weight gain of 1.530 g and a specific growth rate of 2.777%, whereas treatment D showed the lowest values. The biofloc aquaponic system was able to maintain water quality within a suitable range during the rearing period.

Keywords: aquaponics, biofloc, *Macrobrachium lar*, stocking density, growth

PENDAHULUAN

Macrobrachium lar merupakan udang air tawar lokal yang memiliki potensi ekonomi dan peluang pengembangan budidaya yang besar, namun pemanfaatannya masih didominasi hasil tangkapan alam. Pengembangan budidaya spesies ini penting dilakukan untuk mendukung pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan, terutama karena beberapa studi menunjukkan potensi biologis dan ekologis yang baik dari genus *Macrobrachium* di perairan tropis

Indonesia (Putra *et al.*, 2025). Selain itu, keberhasilan budidaya spesies ini sangat dipengaruhi oleh padat tebar, sebab kepadatan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan kompetisi pakan, ruang gerak, dan oksigen, sedangkan kepadatan yang terlalu rendah kurang efisien secara produksi (Samadan *et al.*, 2018; Rahmawati *et al.*, 2023).

Secara umum, krustase termasuk *M. lar* sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan budidaya. Kepadatan yang meningkat sering menimbulkan stres, agresivitas, dan kanibalisme, yang pada akhirnya menurunkan pertumbuhan individu (Pinandoyo *et al.*, 2018; Mulyani *et al.*, 2019). Karena itu, penentuan padat tebar optimum menjadi faktor penting dalam pengelolaan budidaya agar produktivitas, pertumbuhan, dan kelangsungan hidup dapat dicapai secara seimbang (Renitasari & Yunarty, 2022).

Teknologi bioflok menjadi salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam budidaya intensif karena mampu mengurangi limbah nitrogen (Samadan *et al.*, 2018; Rustadi *et al.*, 2022) sekaligus menghasilkan biomassa mikroba yang dapat dimanfaatkan kembali oleh organisme budidaya (Ekasari, 2014; Qiu *et al.*, 2023). Dalam sistem bioflok, kualitas air cenderung lebih stabil karena senyawa amonia dan nitrit dapat ditekan melalui aktivitas bakteri heterotrof (Cabarles *et al.*, 2023). Selain itu, sistem akuaponik memberi keuntungan tambahan karena tanaman dapat menyerap sisa nutrisi dari media budidaya sehingga lingkungan menjadi lebih stabil (Rakocy *et al.*, 2006; Samadan *et al.*, 2023b; Zarantoniello *et al.*, 2023).

Kombinasi akuaponik dan bioflok berpotensi menciptakan sistem budidaya yang efisien, hemat air, dan ramah lingkungan. Namun, efektivitas sistem tersebut tetap sangat ditentukan oleh padat tebar yang digunakan, karena beban metabolik organisme budidaya dapat melebihi daya dukung sistem jika kepadatan terlalu tinggi (Kroupova *et al.*, 2005; Boyd, 2019; Samadan *et al.*, 2024). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh padat tebar yang berbeda terhadap kinerja pertumbuhan *M. lar* dalam sistem akuaponik bioflok.

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Basah, Kastela, Kecamatan Pulau Ternate, Kota Ternate, pada bulan Juli sampai September 2025. Lokasi ini dipilih karena mendukung sistem budidaya terkontrol yang memudahkan pengamatan pertumbuhan, kualitas air, dan respons organisme terhadap perlakuan padat tebar.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi bak fiber, pipa, blower, selang aerasi, batu aerasi, seser, timbangan analitik, pH meter, DO meter, termometer, alat uji amonia/nitrat/nitrit, penggaris, buku tulis, dan kamera. Bak fiber digunakan sebagai wadah pemeliharaan, sedangkan sistem aerasi dan pipa mendukung sirkulasi serta unit akuaponik. Bahan penelitian meliputi benur *M. lar*, air tawar, pakan komersial, probiotik, molase, kapur dolomit, *rockwool*, gelas plastik, potongan kayu, serta tanaman kangkung, pakcoy, dan sawi. Probiotik dan molase digunakan untuk membentuk bioflok (Samadan *et al.*, 2023a), sementara tanaman berfungsi menyerap nutrisi sisa dari media budidaya (Rakocy *et al.*, 2006; Qiu *et al.*, 2023).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan dan tiga ulangan, yaitu A = 20 ekor, B = 30 ekor, C = 40 ekor, dan D = 10 ekor per wadah. Sebelum digunakan, wadah dibersihkan, dibilas, dikeringkan, lalu dipasang aerasi dan sistem akuaponik. Air tawar dimasukkan ke dalam bak dengan ketinggian sekitar 30 cm. Benur dikoleksi dari Sungai Togafo, diadaptasikan terlebih dahulu, kemudian ditebar sesuai perlakuan. Adaptasi awal penting untuk

menekan stres transportasi dan memperbaiki respons makan serta pertumbuhan awal (Kroupova *et al.*, 2005). Sungai Togafo merupakan salah satu sungai yang berada di Pulau Ternate dan merupakan habitat udang *M. lar* berdasarkan studi yang dilaporkan oleh Findra *et al.* (2025).

Pakan diberikan sebanyak 5% dari bobot tubuh dengan frekuensi empat kali sehari pada pukul 07.00, 10.00, 13.00, dan 16.00 WIT (Samadan *et al.*, 2021). Bioflok dibuat dari molase, kapur dolomit, dan probiotik yang difermentasi selama 24 jam sebelum diaplikasikan ke media pemeliharaan (Samadan *et al.*, 2023a). Sampling bobot dan panjang dilakukan setiap 10 hari menggunakan timbangan analitik dan penggaris, sedangkan kematian dicatat setiap hari. Kualitas air diukur secara berkala meliputi suhu, DO, pH, nitrat, nitrit, amoniak, dan TDS.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan bobot mutlak, tingkat kelangsungan hidup, rasio konversi pakan, laju pertumbuhan spesifik (Zonneveld *et al.*, 1991), dan kualitas air. Pertumbuhan bobot mutlak dihitung dari selisih bobot akhir dan awal, pertumbuhan panjang mutlak dari selisih panjang akhir dan awal, sedangkan laju pertumbuhan spesifik dihitung berdasarkan perubahan logaritmik bobot selama masa pemeliharaan. Tingkat kelangsungan hidup dihitung dari perbandingan jumlah udang hidup pada akhir dan awal pemeliharaan, sementara rasio konversi pakan dihitung berdasarkan rasio pakan yang dikonsumsi terhadap penambahan biomassa.

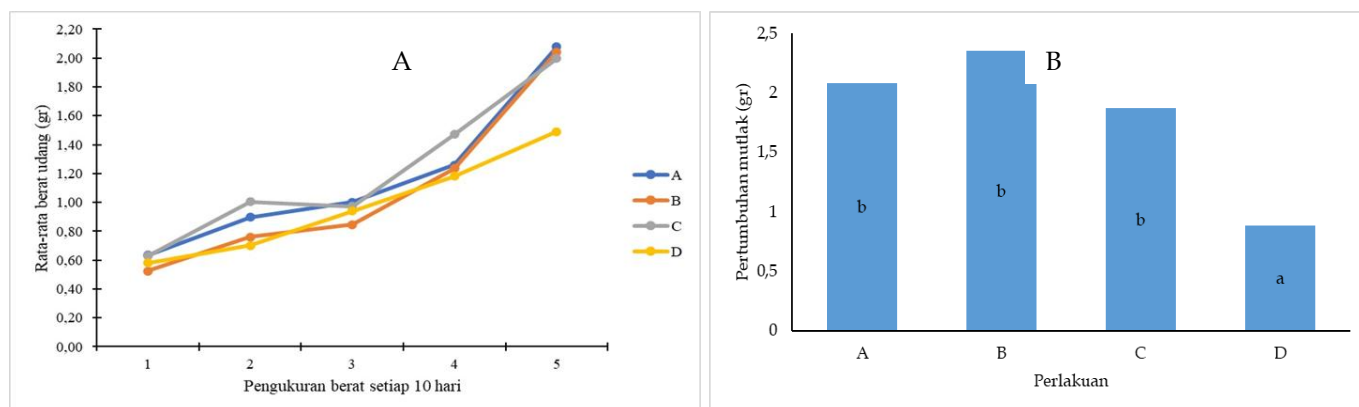
Analisis Data

Data ditabulasi dalam bentuk tabel dan dianalisis menggunakan uji normalitas serta homogenitas sebelum dilakukan analisis sidik ragam pada taraf kepercayaan 95%. Jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan nyata, maka dilakukan uji lanjut BNT untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan. Data kualitas air dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel atau grafik untuk menggambarkan stabilitas lingkungan budidaya selama penelitian (Rakocy *et al.*, 2006; Putra *et al.*, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Bobot Mutlak

Pertumbuhan bobot mutlak *Macrobrachium lar* selama penelitian menunjukkan peningkatan pada seluruh perlakuan (Gambar 1), yang menandakan bahwa udang mampu beradaptasi dengan baik dalam sistem akuaponik bioflok. Nilai pertumbuhan bobot mutlak tertinggi diperoleh pada perlakuan B (30 ekor) sebesar 1,530 g, diikuti perlakuan A sebesar 1,440 g, perlakuan C sebesar 1,367 g, dan perlakuan D sebesar 0,907 g. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa padat tebar berbeda berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak ($P < 0,05$) (Tabel 1).



Gambar 1. Rata-rata pertambahan berat (A) dan pertumbuhan mutlak (B) udang air tawar *M. lar*

Secara biologis, hasil ini menunjukkan bahwa padat tebar sedang memberikan kondisi yang paling optimal untuk pertumbuhan individu. Pada kepadatan yang terlalu tinggi, kompetisi terhadap pakan, ruang gerak, dan oksigen meningkat sehingga energi lebih banyak digunakan untuk mempertahankan hidup daripada untuk pertumbuhan (Sahadu *et al.*, 2024; Samadan *et al.*, 2024). Sebaliknya, pada kepadatan yang terlalu rendah, efisiensi pemanfaatan ruang dan input produksi menjadi kurang optimal. Temuan ini sejalan dengan laporan pada udang penaeid dan *M. rosenbergii* bahwa bioflok dan padat tebar sedang cenderung menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dibanding kepadatan tinggi, terutama ketika kualitas air masih terjaga (Samadan *et al.*, 2018).

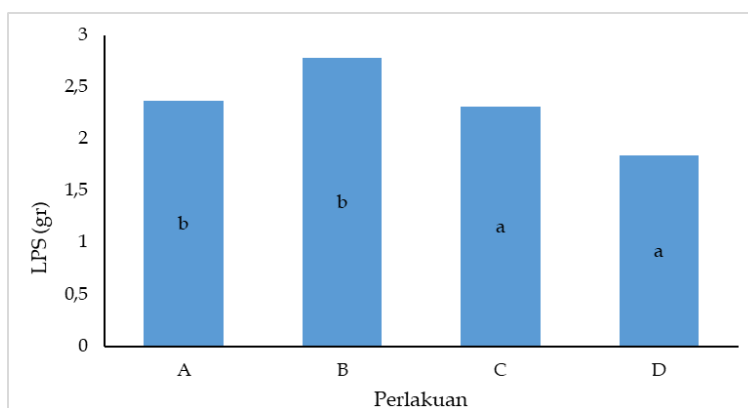
Tabel 1. Hasil analisis sidik ragam pertumbuhan mutlak udang air tawar *M. lar*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F _{hitung}	Nilai-P	F _{0,05}	F _{0,01}
Perlakuan	3	3,6774	1,2258	7,208*	0,012	4,066	7,591
Galat	8	1,3605	0,1701				
Total	11						

*Signifikan

Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik menunjukkan pola yang sama dengan pertumbuhan bobot mutlak. Perlakuan B menghasilkan nilai tertinggi sebesar 2,77%, diikuti perlakuan A sebesar 2,37%, perlakuan C sebesar 2,30%, dan perlakuan D sebesar 1,83% (Gambar 2). Pola ini memperkuat bahwa kepadatan sedang memberikan kondisi yang paling mendukung pertumbuhan individual udang ($P < 0,05$) (Tabel 2).



Gambar 2. Rata-rata laju pertumbuhan spesifik (LPS) udang air tawar *M. lar*

Laju pertumbuhan spesifik merupakan indikator penting karena menggambarkan efisiensi penambahan bobot relatif terhadap ukuran tubuh awal. Pada padat tebar tinggi, udang cenderung mengalami stres sosial dan kompetisi yang lebih besar sehingga porsi energi untuk pertumbuhan menurun (Renitasari & Yunarty, 2022; Rahmawati *et al.*, 2023 dan Samadan *et al.*, 2024). Dalam sistem bioflok, peningkatan SGR sering dikaitkan dengan tersedianya partikel flok sebagai pakan alami tambahan dan kestabilan kualitas air yang membantu metabolisme tetap efisien (Ekasari, 2014; Qiu *et al.*, 2023). Hal ini sejalan dengan meta-analisis dan studi terkini yang menunjukkan bahwa bioflok dapat meningkatkan indikator pertumbuhan utama, termasuk SGR, bila didukung oleh manajemen nutrisi dan kondisi lingkungan yang baik.

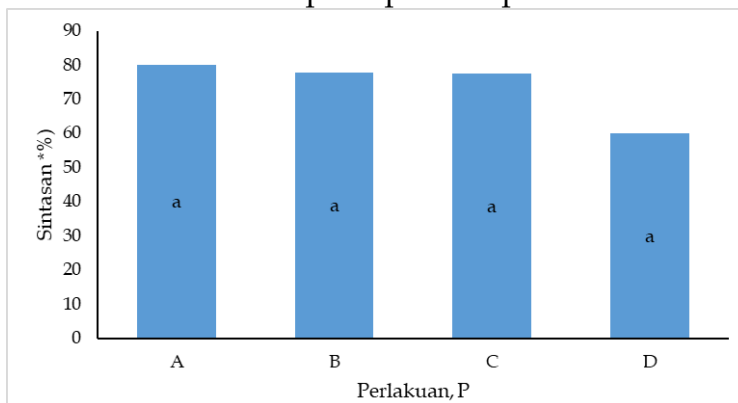
Tabel 2. Hasil analisis sidik ragam laju pertumbuhan spesifik (LPS)

Sumber ragam	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F _{hitung}	Nilai-P	F _{0,05}	F _{0,01}
Perlakuan, P	3	1,3423	0,4474	6,501 *	0,015	4,066	7,591
Galat	8	0,5506	0,0688				
Total	11	1,8929					

Keterangan: * signifikan

Kelangsungan Hidup

Tingkat kelangsungan hidup selama penelitian berada pada kisaran 60,00–80,00%, dengan nilai tertinggi pada perlakuan A dan terendah pada perlakuan D (Gambar 3), namun perbedaannya tidak nyata ($P>0,05$) (Tabel 3). Tidak signifikannya perbedaan ini menunjukkan bahwa seluruh perlakuan masih berada dalam batas toleransi *M. lar* terhadap kondisi pemeliharaan yang diterapkan. Dengan kata lain, padat tebar memengaruhi pertumbuhan, tetapi belum cukup kuat untuk menurunkan sintasan secara statistik pada periode pemeliharaan ini.



Gambar 3. Sintasan udang air tawar *M. lar*

Kelangsungan hidup yang relatif stabil sangat mungkin disebabkan oleh dukungan bioflok dan akuaponik dalam menjaga kualitas air tetap layak. Bioflok membantu menekan akumulasi limbah nitrogen, sedangkan tanaman akuaponik ikut berperan menyerap nutrisi sisa budidaya (Rakocy *et al.*, 2006; Samadan *et al.*, 2023b; Zarantoniello *et al.*, 2023). Pada budidaya krustase, kestabilan kualitas air merupakan faktor kunci yang dapat menekan mortalitas meskipun kepadatan berbeda (Kroupova *et al.*, 2005; Boyd, 2021). Temuan ini serupa dengan beberapa penelitian bioflok pada udang air tawar yang menunjukkan bahwa sintasan tetap tinggi ketika sistem mampu mempertahankan amonia, nitrit, DO, dan pH dalam kisaran toleransi organisme.

Tabel 3. Sidik ragam sintasan udang air tawar *M. lar*

Sumber ragam	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F _{Hitung}	Nilai-P	F _{0,05}	F _{0,01}
Perlakuan, P	3	775,1736	258,3912	2,172 ^{tn}	0,169	4,066	7,591
Galat	8	951,8519	118,9815				
Total	11	1727,0255					

Keterangan: tn = tidak berbeda nyata

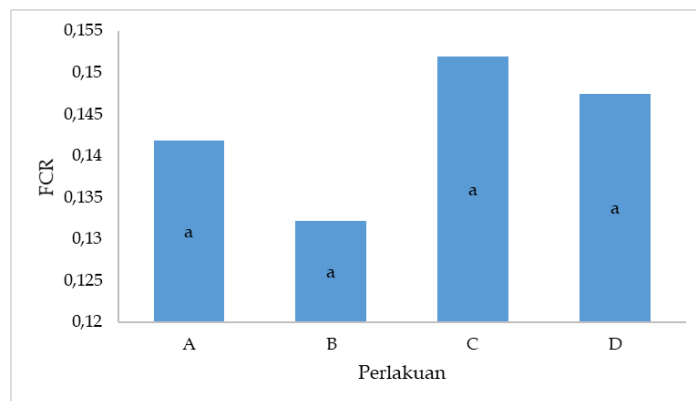
Rasio Konversi Pakan

Nilai rasio konversi pakan seluruh perlakuan tergolong rendah dan tidak berbeda nyata ($P>0,05$) (Tabel 4), berada pada kisaran 0,132–0,152 (Gambar 4). Nilai ini menunjukkan bahwa pakan yang diberikan dimanfaatkan secara efisien oleh udang dan bahwa sistem budidaya mampu mendukung konversi pakan yang baik. Tidak adanya perbedaan nyata antarperlakuan mengindikasikan bahwa variasi padat tebar belum menimbulkan gangguan berarti terhadap efisiensi pemanfaatan pakan.

Tabel 4. Sidik ragam rasio konversi pakan

Sumber ragam	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F _{Hitung}	Nilai-P	F _{0,05}	F _{0,01}
Perlakuan, P	3	0,0007	0,0002	1,033 ^{tn}	0,428	4,066	7,591
Galat	8	0,0017	0,0002				
Total	11	0,0023					

Keterangan: tn = tidak berbeda nyata



Gambar 4. Rasio konversi pakan

Efisiensi pakan yang relatif stabil ini kemungkinan dipengaruhi oleh keberadaan bioflok sebagai sumber nutrisi tambahan. Dalam sistem bioflok, partikel flok yang tersuspensi dapat dikonsumsi kembali oleh organisme budidaya sehingga kebutuhan terhadap pakan buatan menjadi lebih efisien (Ekasari, 2014; Putra *et al.*, 2021). Beberapa studi juga menunjukkan bahwa bioflok dapat mempertahankan atau menurunkan FCR meskipun kepadatan dan tingkat pemberian pakan berbeda, selama sistem mikroba berjalan baik. Dengan demikian, FCR yang rendah dalam penelitian ini memperkuat bahwa bioflok berfungsi efektif dalam menunjang efisiensi pemeliharaan *M. lar*.

Kualitas Air

Parameter kualitas air selama penelitian masih berada pada kisaran yang mendukung kehidupan udang, yaitu suhu 23–29 °C, DO 7–9 mg/L, pH 6,8–7,7, amoniak 0,5–1,0 mg/L, nitrat 10–100 mg/L, nitrit 5–10 mg/L, dan TDS 1,02–1,66 (Tabel 5). Kisaran ini menunjukkan bahwa sistem akuaponik bioflok mampu mempertahankan lingkungan budidaya yang relatif stabil selama periode pemeliharaan. Stabilitas ini penting karena kualitas air merupakan faktor utama yang memengaruhi metabolisme, nafsu makan, pertumbuhan, dan kelangsungan hidup udang (Boyd, 2019; Putra *et al.*, 2023).

Tabel 5. Kisaran parameter kualitas air selama penelitian

Parameter	Kisaran
pH (ppt)	6,8-7,7
Oksigen terlarut (mg/L)	7-9
Suhu (°C)	23-29
Amonia (mg/L)	0,5-1,0
Nitrat (mg/L)	0,01 – 0,1
Nitrit (mg/L)	5-10
TDS (mg/L)	1,02-1,66

Dalam sistem bioflok, amonia dan nitrit menjadi parameter yang paling sensitif karena keduanya dapat bersifat toksik bila menumpuk (Kroupova *et al.*, 2005). Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan bioflok dan akuaponik cukup efektif dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Tanaman akuaponik turut membantu menyerap sisa nutrisi, sementara mikroba bioflok mengonversi limbah menjadi biomassa yang bermanfaat (Rakocy *et al.*, 2006; Putra *et al.*, 2021; Samadan *et al.*, 2023b). Hasil ini konsisten dengan laporan penelitian terbaru yang menunjukkan bahwa sistem bioflok mampu memperbaiki kualitas air sekaligus mendukung pertumbuhan udang air tawar.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa padat tebar 30 ekor merupakan tingkat yang paling efisien untuk mendukung pertumbuhan *M. lar* dalam sistem akuaponik bioflok

(Samadan *et al.*, 2024). Pada kepadatan ini, keseimbangan antara pertumbuhan, kelangsungan hidup, efisiensi pakan, dan daya dukung lingkungan dapat dicapai dengan lebih baik (Rahmawati *et al.*, 2023; Renitasari & Yunarty, 2022).

KESIMPULAN

Padat tebar yang berbeda berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak dan laju pertumbuhan spesifik *Macrobrachium lar* yang dipelihara dalam sistem akuaponik bioflok. Perlakuan B dengan padat tebar 30 ekor menunjukkan kinerja pertumbuhan terbaik dibandingkan perlakuan lainnya. Tingkat kelangsungan hidup dan rasio konversi pakan tidak menunjukkan perbedaan nyata antarperlakuan, sedangkan kualitas air selama penelitian masih berada pada kisaran yang layak untuk mendukung pemeliharaan udang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada staf laboratorium, dan rekan mahasiswa. Bantuan akademik, teknis, dan moral dari semua pihak sangat berarti bagi kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Boyd, C.E. (2019). Dissolved and suspended solids in aquaculture. CABI Reviews. 1-13. <https://doi.org/10.1079/PAVSNR201813037>
- Ekasari, J., Angela, D., Waluyo, S. H., Bachtiar, T., Surawidjaja, E. H., Bossier, P., & De Schryver, P. (2014). The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426, 105-111.
- Findra, M. N., Samadan, G. M., 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>
- Kroupova, H., J. Machova, Z. Svobodova. (2005). Nitrite influence on fish: a review. *Vet Med - Czech*, 2005, 50(11):461-471 | DOI: 10.17221/5650-VETMED
- Putra, D. F., Abbas, M. A., Siregar, T. N., & Wowor, D. (2025). Diversity, distribution, and conservation status of *Macrobrachium* shrimp in freshwater ecosystems of Aceh, Indonesia. *Veterinary World*, 18, 2377.
- Putra, I., Rusliadi, & Tang, U. M. (2021). Penerapan teknologi bioflok pada budidaya udang dan pengaruhnya terhadap kualitas air serta kelangsungan hidup. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 20, 101-110.
- Putra, R. D., Santoso, B., & Wijaya, K. (2023). Dinamika parameter kualitas air pada budidaya udang vaname sistem superintensif. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 22(1), 34-45. <https://doi.org/10.15578/jai.v22i1.1234>
- Qiu, Z., Xu, Q., Li, S., et al. (2023). Effects of probiotics on the water quality, growth performance, immunity, digestion, and intestinal flora of giant freshwater prawn in the biofloc culture system. *Water*, 15(6), 1211.
- Rakocy, J. E., et al. (2006). *Aquaponics: Integrating fish and plant culture*. SRAC Publication.
- Rahmawati, N., Hastuti, S., & Pinandoyo. (2023). Pengaruh padat tebar terhadap performa produksi dan kelangsungan hidup krustase pada sistem bioflok. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 7(1), 11-20.

- Renitasari, D. P., & Yunarty. (2022). Pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) secara intensif dengan padat tebar berbeda. *Journal of Fisheries and Marine Research*.
- Rustadi, G.M. Samadan, Djumanto, Murwantoko. (2022). The effectiveness of sand and red tilapia rearing in absorbing nitrogen and phosphorus of liquid waste from *Litopenaeus vannamei* culture. *AACL Bioflux* 15(1):563-572.
- Sahadu, A., & Zulkarnain, Z. (2024). Growth and survival rate vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in various doses of fertilizer and density. *ISLE: Indonesian Journal of Science and Education*, 3(1), 12–20. <https://journals.sangia.org/ISLE/article/download/212/320>
- Samadan, G. M., Rustadi, Djumanto, Murwantoko. (2018). Production performance of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* at different stocking densities reared in sand ponds using plastic mulch. *AACL Bioflux*. 11(4):1213-1221
- Samadan, G.M., Yuliana, R. Masril, A. Syazili and Supyan. (2021). Effects of different times of probiotic additions on floc abundance and growth of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Laboratory scale cultivation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 890. 012028.
- Samadan, G.M., F. Muchdar, I. Ridwan. (2023a). Effects of difference C/N ratio on water quality of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultivation. *Depik. Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*. 12(3): 415-420.
- Samadan, G.M., Syazili A, Findra M.N., Supyan, Wijayanti, Y.D. (2023b). Efektifitas jenis tanaman berbeda terhadap kualitas air media budidaya udang galah (*Macrobrachium rosenbergii* de Man 1879) sistem akuaponik. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*. Mar 20;4(1):31–42.
- Samadan, G. M., M. Irfan, F. Pitra, M. N. Findra, Supyan, A. Syazili, R. Andriani. (2024). Effect of different stocking density on the growth performances of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and milkfish (*Chanos chanos*) in polyculture system. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*. 13(3): 476-482.
- Zarantoniello, M., Chemello, G., Ratti, S., Pulido-Rodríguez, L. F., Daniso, E., Freddi, L., ... & Olivotto, I. (2023). Growth and welfare status of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) post-larvae reared in aquaponic systems and fed diets including enriched black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae meal. *Animals*, 13(4), 715.
- Zonneveld, N., E.A. Huisman dan J.H. Boon, (1991). *Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.