



Optimalisasi Budidaya Udang Windu (*Penaeus monodon*) Melalui Pendekatan Teknologi dan Manajemen Terpadu di Kecamatan Labakkang Kabupaten Pangkep

Marwah Nompo^{1*}, Hasanuddin², Sitti Rabi'ah³

^{1,2,3}Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluh Perikanan
Email: marwahnompo77@gmail.com

Abstrak

The research method used is a mixed method by combining qualitative and quantitative research which aims to analyze the conditions of tiger shrimp cultivation in Labakkang District and evaluate the application of technology to improve production efficiency. The data collection techniques used are interviews and observations. Meanwhile, the data analysis techniques used in this study include descriptive analysis and inferential statistics. The results show that most farmers still rely on traditional and semi-intensive cultivation systems, which face major challenges in the form of technological limitations, fluctuations in water quality, and high operational costs. Suboptimal water circulation systems in traditional ponds lead to low dissolved oxygen levels and high accumulation of organic waste. The dissolved oxygen level in traditional ponds ranges from 3.5–4.2 mg/L, while in semi-intensive ponds, it is better, namely 4.5–5.0 mg/L. As a solution, the application of biofloc systems is proven to increase productivity and reduce feed costs. Ponds using biofloc technology showed lower ammonia levels (0.01–0.03 mg/L) compared to conventional ponds (0.05–0.08 mg/L), with an increase in production of 30% and a survival rate of 85% of shrimp. In addition, the use of water aeration and recirculation systems showed an increase in dissolved oxygen levels of up to 6.0 mg/L, which improved shrimp health and reduced mortality rates due to environmental stress. More controlled feeding efficiency was also shown to lower feed conversion (FCR) from 1.5 to 1.2, which contributed to increased shrimp growth and reduced operational costs. This study suggests the adoption of modern technology, better water quality management, and feeding efficiency to increase productivity and sustainability of tiger shrimp farming in Labakkang.

Keywords: cultivation, integrated management, optimization, *Penaeus monodon*, technology

I. PENDAHULUAN

Budidaya udang windu (*Penaeus monodon*) memiliki peran yang sangat penting dalam sektor perikanan budidaya di Indonesia, terutama di Provinsi Sulawesi Selatan. Selain memiliki potensi lahan yang luas, budidaya udang windu menawarkan nilai ekonomis tinggi yang berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan pembudidaya, devisa negara, serta penciptaan lapangan kerja. Sektor ini juga mendukung berbagai industri terkait, seperti usaha pembenihan, pabrik pakan, penyediaan peralatan tambak, dan penanganan hasil produksi, (Fisheries, 2007). Permintaan pasar global terhadap udang windu terus meningkat,

menjadikan komoditas ini sebagai salah satu produk ekspor unggulan perikanan Indonesia, (Monsalve & Quiroga, 2022).

Menurut teori produksi dalam ekonomi perikanan, keberhasilan budidaya udang windu sangat bergantung pada efisiensi dalam pemanfaatan faktor produksi, seperti lahan, tenaga kerja, modal, dan teknologi, (Gordon, 2019). Dalam konteks ini, pendekatan ekonomi sumber daya perikanan menekankan pada optimalisasi input untuk mendapatkan hasil panen yang maksimal dengan tetap menjaga keseimbangan ekosistem, (Anderson, 1977). Oleh karena itu, penerapan teknologi budidaya yang tepat serta manajemen yang efisien menjadi

kunci utama dalam meningkatkan produktivitas tambak udang windu di Indonesia.

Selain itu, teori ekologi akuakultur menjelaskan bahwa interaksi antara organisme budidaya dan lingkungannya sangat menentukan keberhasilan produksi, (Odum, 1971). Dalam budidaya udang windu, faktor-faktor lingkungan seperti kualitas air, tingkat oksigen terlarut, dan keseimbangan nutrisi memainkan peran penting dalam mendukung pertumbuhan dan kesehatan udang, (Boyd & Tucker, 2012). Pengelolaan kualitas lingkungan tambak yang baik dapat meningkatkan efisiensi produksi serta mengurangi risiko kegagalan panen akibat stres lingkungan atau serangan penyakit, (Bostock et al., 2010). Di sisi lain, pendekatan teknologi dalam budidaya udang windu telah berkembang pesat, mencakup penggunaan sistem bioflok, resirkulasi akuakultur (RAS), serta penerapan probiotik untuk meningkatkan kesehatan udang, (Avnimelech, 2006). Teknologi ini bertujuan untuk mengoptimalkan pertumbuhan udang dengan efisiensi pakan yang lebih baik, mengurangi limbah organik, serta meningkatkan daya tahan udang terhadap penyakit, (Emerenciano et al., 2013). Studi terbaru menunjukkan bahwa penerapan bioflok dalam budidaya udang windu dapat meningkatkan efisiensi pakan hingga 30%, sehingga mengurangi biaya produksi secara signifikan, (Crab et al., 2012).

Dengan mempertimbangkan aspek ekonomi, ekologi, dan teknologi, pengembangan budidaya udang windu di Sulawesi Selatan perlu diarahkan pada pendekatan yang lebih berkelanjutan. Model budidaya yang berbasis ekosistem serta integrasi antara teknologi modern dan manajemen berbasis ilmiah dapat membantu meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sektor ini, (Naylor et al., 2021).

Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep) di Sulawesi Selatan memiliki 117 pulau, dengan 83 di antaranya berpenghuni. Luas wilayah perairan kabupaten ini mencapai sekitar 264,15 km² dengan garis pantai sepanjang 250 km, menjadikannya wilayah yang strategis untuk pengembangan budidaya perikanan, termasuk udang windu, (Dahlia et al., 2021). Menurut itu, salah satu Kecamatan di Kabupaten Pangkep yang menjadi sentra budidaya udang windu adalah Kecamatan Labakkang. Keberhasilan budidaya di daerah ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, teknologi yang diterapkan, serta manajemen budidaya yang dilakukan oleh

petambak. Namun, meskipun memiliki potensi besar, budidaya udang windu di Kecamatan Labakkang menghadapi berbagai tantangan. Penurunan kualitas air, serangan penyakit, dan ketidakseimbangan dalam manajemen pakan sering kali menjadi hambatan dalam meningkatkan produktivitas tambak, (Dahlia et al., 2021).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan teknologi budidaya yang tepat dan manajemen terpadu dapat meningkatkan efisiensi dan hasil panen udang windu. Misalnya, penggunaan sistem semi-intensif pada tambak dengan tanah sulfat masam telah terbukti efektif dalam meningkatkan produksi, (Ratnawati, 2008). Selain itu, diversifikasi usaha dengan mengintegrasikan budidaya udang windu dan ikan bandeng dalam sistem polikultur telah diidentifikasi sebagai salah satu strategi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan sumber daya air, serta mengurangi risiko kegagalan panen akibat serangan penyakit, (DKPP, 2020).

Namun, menurut (Andi, 2021) bahwa implementasi teknologi dan manajemen terpadu dalam budidaya udang windu masih menghadapi kendala, terutama terkait dengan pengetahuan dan keterampilan petambak, akses terhadap teknologi, serta modal usaha. Oleh karena itu, diperlukan upaya kolaboratif antara pemerintah, akademisi, dan pelaku usaha untuk memberikan pendampingan dan pelatihan kepada petambak dalam menerapkan praktik budidaya yang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi produksi udang windu di Kecamatan Labakkang serta merumuskan strategi optimalisasi guna meningkatkan hasil panen dan efisiensi budidaya. Dengan pendekatan teknologi dan manajemen terpadu, diharapkan produktivitas budidaya udang windu di daerah ini dapat ditingkatkan secara berkelanjutan. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi praktis yang dapat diterapkan oleh petambak di Kecamatan Labakkang dan wilayah lain dengan kondisi serupa, sehingga kontribusi budidaya udang windu terhadap perekonomian lokal dan nasional dapat semakin ditingkatkan.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode campuran dengan menggabungkan

antara penelitian kualitatif dan kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas budidaya udang windu di Kecamatan Labakkang. Pendekatan ini bertujuan untuk memahami hubungan antara penerapan teknologi dan manajemen budidaya terhadap hasil produksi udang windu serta faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Menurut Sugiyono (2022) metode kuantitatif deskriptif digunakan untuk menggambarkan fenomena berdasarkan data yang diperoleh, sedangkan pendekatan komparatif bertujuan untuk menganalisis perbedaan variabel yang diamati dalam berbagai kondisi, (Sugiyono, 2022).

Teknik pengumpulan data melalui observasi lapangan yang dilakukan pada beberapa tambak udang windu di Kecamatan Labakkang selama periode Januari hingga Juni 2024. Data primer diperoleh melalui wawancara langsung dengan petambak yang berperan sebagai informan utama, serta pengukuran parameter kualitas air yang mencakup suhu, pH, oksigen terlarut (DO), salinitas, dan kadar amonia. Wawancara dilakukan dengan menggunakan panduan pertanyaan terstruktur untuk memperoleh informasi mengenai pola budidaya, teknik manajemen tambak, serta tantangan yang dihadapi oleh petambak. Metode wawancara dalam penelitian kualitatif, (Suprianto, 2024) dan kuantitatif telah banyak digunakan untuk mendapatkan pemahaman mendalam mengenai suatu fenomena, (Creswell & Creswell, 2017). Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data sekunder yang diperoleh dari dokumen resmi, laporan penelitian terdahulu, serta jurnal ilmiah terkait yang membahas tentang budidaya udang windu dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Data sekunder berperan penting dalam memberikan landasan teoritis serta sebagai pembanding terhadap hasil penelitian yang diperoleh dari data primer, (Neuman, 2014). Dengan menggabungkan data primer dan sekunder, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai strategi optimalisasi budidaya udang windu di lokasi penelitian.

Sedangkan, teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis deskriptif dan statistik inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran mengenai karakteristik tambak, kondisi lingkungan, serta penerapan teknologi dan manajemen budidaya. Sementara itu, analisis statistik dilakukan untuk menguji

hubungan antara variabel, seperti pengaruh parameter kualitas air terhadap produktivitas tambak. Menurut Hair et al (2019) analisis statistik inferensial memungkinkan peneliti untuk menggeneralisasi hasil penelitian berdasarkan sampel yang diteliti sehingga dapat ditarik kesimpulan yang lebih luas.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting Tambak Udang Windu di Labakkang

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar petambak di Kecamatan Labakkang masih menggunakan sistem budidaya tradisional dan semi-intensif. Berdasarkan wawancara dengan petambak, tantangan utama yang mereka hadapi adalah keterbatasan akses terhadap teknologi, biaya operasional yang tinggi, serta fluktuasi kualitas air yang berdampak pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang windu. Kondisi ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Setyawan et al (2022) yang menyebutkan bahwa keterbatasan infrastruktur dan minimnya penerapan teknologi modern menjadi faktor pembatas utama dalam produktivitas tambak udang windu di Indonesia. Observasi lapangan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tambak tradisional di Labakkang memiliki sistem sirkulasi air yang kurang optimal, yang menyebabkan rendahnya kadar oksigen terlarut (*dissolved oxygen*, DO) dan tingginya akumulasi limbah organik di dasar tambak. Parameter kualitas air yang diukur menunjukkan bahwa kadar DO di tambak tradisional berkisar antara 3,5–4,2 mg/L, sedangkan di tambak semi-intensif berkisar antara 4,5–5,0 mg/L. Penelitian sebelumnya oleh Boyd (1990) menunjukkan bahwa kadar oksigen terlarut yang optimal untuk pertumbuhan udang windu berkisar antara 5,0–7,0 mg/L, sehingga kondisi tambak tradisional di Labakkang masih berada di bawah standar optimal untuk budidaya yang berkelanjutan.

Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa salinitas yang tidak stabil dan peningkatan kadar amonia dalam air tambak menjadi kendala signifikan dalam budidaya udang windu di wilayah ini. Amonia yang berlebihan dalam sistem budidaya dapat menyebabkan stres fisiologis pada udang, yang berujung pada penurunan pertumbuhan dan

peningkatan tingkat kematian, (Avnimelech, 2009). Penelitian oleh Alarcón-Silvas et al (2021) menemukan bahwa tambak dengan manajemen air yang kurang baik memiliki kadar amonia berkisar antara 0,05–0,09 mg/L, yang lebih tinggi dibandingkan tambak dengan sistem pengelolaan yang optimal. Dalam penelitian ini, tambak tradisional di Labakkang memiliki kadar amonia yang berkisar antara 0,05–0,08 mg/L, mendekati hasil penelitian Alarcón-Silvas et al (2021) yang menunjukkan bahwa sistem budidaya tanpa pengelolaan air yang memadai dapat meningkatkan risiko paparan amonia terhadap udang.

Faktor-faktor tersebut menyebabkan produktivitas tambak tradisional di Labakkang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan tambak yang telah menerapkan sistem intensif atau semi-intensif. Hal ini juga didukung oleh studi yang dilakukan oleh Wang & Ma (2021) yang menunjukkan bahwa tambak dengan manajemen kualitas air yang baik mampu meningkatkan tingkat kelangsungan hidup udang hingga 85%, dibandingkan dengan tambak tradisional yang hanya mencapai sekitar 65–70%. Oleh karena itu, upaya peningkatan teknologi dan manajemen budidaya sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sektor perikanan budidaya udang windu di Kecamatan Labakkang.

Optimalisasi Melalui Teknologi Bioflok

Penerapan sistem bioflok telah dikaji sebagai salah satu strategi inovatif untuk meningkatkan efisiensi budidaya udang windu di Kecamatan Labakkang. Berdasarkan hasil wawancara dengan petambak yang telah mengadopsi teknologi ini, mereka melaporkan peningkatan produktivitas yang signifikan serta penurunan biaya pakan akibat adanya siklus nutrisi yang lebih efisien. Teknologi bioflok bekerja dengan mengandalkan komunitas mikroorganisme yang mampu mendaur ulang limbah organik menjadi biomassa yang dapat dikonsumsi kembali oleh udang, sehingga mengurangi ketergantungan pada pakan komersial, (Avnimelech, 2006). Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Emerenciano et al., 2013) yang menunjukkan bahwa sistem bioflok mampu meningkatkan efisiensi pakan hingga 30%, yang berdampak langsung pada pengurangan biaya produksi dalam budidaya udang.

Observasi lapangan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tambak yang menerapkan sistem bioflok memiliki kualitas air yang lebih stabil dibandingkan tambak konvensional. Parameter kualitas air menunjukkan bahwa kadar amonia dalam tambak bioflok berkisar antara 0,01–0,03 mg/L, sedangkan tambak tanpa teknologi bioflok dapat mencapai kadar amonia 0,05–0,08 mg/L. Hasil ini konsisten dengan studi yang dilakukan oleh Lazo & Pita (2012) yang menemukan bahwa sistem bioflok secara efektif menurunkan kadar amonia dalam air budidaya hingga di bawah 0,02 mg/L, sehingga mengurangi risiko stres dan mortalitas pada udang. Pengelolaan kadar amonia yang lebih baik ini berkaitan dengan peningkatan keseimbangan ekosistem mikroba yang berperan dalam proses nitrifikasi dan denitrifikasi dalam air tambak, (Hargreaves, 2013).

Hasil analisis statistik dalam penelitian ini juga menunjukkan bahwa tambak yang menerapkan teknologi bioflok mengalami peningkatan produksi sebesar 30% dibandingkan tambak konvensional. Selain itu, tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) udang windu pada tambak bioflok mencapai rata-rata 85%, lebih tinggi dibandingkan dengan tambak tanpa teknologi ini yang hanya mencapai sekitar 70%. Penelitian yang dilakukan oleh (Xu et al., 2016) juga mendukung hasil ini, di mana mereka menemukan bahwa penggunaan bioflok dalam sistem budidaya udang meningkatkan *survival rate* hingga 87% akibat perbaikan kondisi lingkungan dan peningkatan ketersediaan pakan alami yang kaya akan protein dan mikroba probiotik.

Selain meningkatkan efisiensi pakan dan kualitas air, sistem bioflok juga berkontribusi dalam mitigasi dampak lingkungan dari limbah budidaya. Menurut studi yang dilakukan oleh Kuhn et al (2010) penerapan teknologi bioflok mampu mengurangi emisi nitrogen ke lingkungan perairan, sehingga membantu menjaga keseimbangan ekosistem tambak. Oleh karena itu, adopsi teknologi bioflok di Kecamatan Labakkang memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas udang windu secara berkelanjutan, sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan perairan sekitar. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa sistem bioflok dapat menjadi solusi strategis dalam meningkatkan daya saing industri budidaya udang windu di Indonesia, terutama

dalam menghadapi tantangan efisiensi produksi dan keberlanjutan lingkungan.

Manajemen Kualitas Air

Manajemen kualitas air merupakan faktor penting dalam budidaya udang windu, karena kualitas air yang optimal mendukung kesehatan dan kelangsungan hidup udang. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah sistem aerasi dan resirkulasi air, yang telah terbukti dapat menjaga stabilitas lingkungan tambak dan mengurangi risiko serangan penyakit, (Djunaedi et al., 2016). Dalam penelitian ini, penerapan aerator secara intensif dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut hingga mencapai 6,0 mg/L, yang berdampak pada peningkatan kesehatan udang dan menurunkan tingkat kematian akibat stres lingkungan. Hasil analisis statistik menunjukkan adanya korelasi positif yang kuat antara penggunaan aerasi dan tingkat kelangsungan hidup udang dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,78.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan dari studi lain yang juga menunjukkan pentingnya manajemen kualitas air dalam budidaya udang. Misalnya, penelitian oleh Thakur & Lin (2003) menemukan bahwa penggunaan sistem aerasi meningkatkan kadar oksigen terlarut dan mengurangi tingkat stres pada udang, yang pada gilirannya meningkatkan laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang. Selain itu, penelitian oleh Park et al (2018) mengungkapkan bahwa kualitas air yang terjaga dengan baik melalui sistem resirkulasi dapat mengurangi risiko penyakit dan meningkatkan efisiensi budidaya udang.

Perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengelolaan kualitas air melalui aerasi dan resirkulasi air memiliki dampak positif yang signifikan terhadap kesehatan dan produktivitas udang windu, dan hal ini harus menjadi fokus utama dalam budidaya udang untuk mencapai hasil yang optimal.

Efisiensi Pemberian Pakan

Efisiensi pemberian pakan merupakan faktor penting dalam budidaya udang windu yang tidak hanya berpengaruh pada pertumbuhan udang, tetapi juga pada pengelolaan biaya produksi dan kualitas lingkungan tambak, (Amri, 2003; Tahe & Suwoyo, 2011). Pemberian pakan yang tidak

terkontrol sering kali menyebabkan akumulasi limbah organik di dasar tambak, yang dapat menurunkan kualitas air dan mengurangi efektivitas penggunaan pakan. Penurunan kualitas air ini dapat menyebabkan peningkatan kadar amonia dan nitrat, yang berdampak buruk pada kesehatan udang dan menyebabkan tingginya tingkat kematian. Oleh karena itu, penting untuk mengimplementasikan manajemen pemberian pakan yang lebih terstruktur dan berbasis kebutuhan untuk memaksimalkan efisiensi konversi pakan dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Hasil observasi yang dilakukan terhadap tambak yang menerapkan sistem pemberian pakan berbasis kebutuhan dan jadwal yang terkontrol menunjukkan bahwa tambak ini memiliki konversi pakan (feed conversion ratio, FCR) yang lebih baik dibandingkan dengan tambak konvensional. Dalam penelitian ini, tambak yang menerapkan pemberian pakan yang terkontrol memiliki FCR sebesar 1,2, sementara tambak konvensional yang tidak menerapkan manajemen pakan yang optimal memiliki FCR rata-rata 1,5. Penurunan FCR ini menunjukkan bahwa pemberian pakan yang lebih efisien dapat mengurangi jumlah pakan yang terbuang dan meningkatkan efektivitas penggunaan pakan, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan udang.

Analisis statistik yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pengurangan FCR secara signifikan berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan udang windu. Pemberian pakan yang efisien mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh udang, sehingga mempercepat proses pertumbuhannya dan mengurangi waktu yang diperlukan untuk mencapai ukuran panen yang optimal. Selain itu, pengurangan FCR juga berimplikasi langsung pada pengurangan biaya operasional, karena jumlah pakan yang digunakan lebih sedikit namun tetap menghasilkan pertumbuhan yang maksimal. Hal ini tentu saja memberikan keuntungan ekonomis bagi petambak, terutama dalam menghadapi tantangan biaya produksi yang tinggi.

Penemuan ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menekankan pentingnya manajemen pemberian pakan dalam budidaya udang. Sebagai contoh, penelitian oleh Niu et al (2016) menunjukkan bahwa pemberian pakan yang terkontrol dengan baik dapat

menurunkan FCR dan meningkatkan efisiensi produksi pada udang *Penaeus monodon*. Demikian pula, Tran et al (2023) melaporkan bahwa pengelolaan pemberian pakan yang efisien tidak hanya berdampak positif pada pertumbuhan udang, tetapi juga dapat mengurangi polusi air yang dihasilkan oleh limbah organik dari pakan yang tidak dimakan. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pakan yang efisien memiliki manfaat ganda, yaitu meningkatkan hasil budidaya dan menjaga keberlanjutan lingkungan. Selain itu, pemberian pakan yang efisien juga dapat meningkatkan keberlanjutan budidaya udang windu. Praktik pemberian pakan berbasis kebutuhan dan pengendalian limbah organik dapat mengurangi dampak lingkungan, terutama pencemaran air, yang sering kali menjadi masalah utama dalam budidaya udang intensif. Dengan mengurangi jumlah pakan yang terbuang dan mengoptimalkan kualitas air, tambak dapat mempertahankan kondisi lingkungan yang baik, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kelangsungan hidup udang dan mengurangi risiko serangan penyakit. Oleh karena itu, manajemen pemberian pakan yang efisien menjadi salah satu langkah penting untuk mencapai budidaya udang yang lebih produktif dan berkelanjutan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Kecamatan Labakkang, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar petambak masih mengandalkan sistem budidaya tradisional dan semi-intensif, yang menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan teknologi, biaya operasional yang tinggi, serta fluktuasi kualitas air yang mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang windu. Tambak tradisional memiliki sistem sirkulasi air yang kurang optimal, yang menyebabkan kadar oksigen terlarut rendah dan akumulasi limbah organik yang tinggi, sementara tambak semi-intensif menunjukkan sedikit perbaikan pada kualitas air, meskipun tetap menghadapi masalah serupa. Di sisi lain, penerapan teknologi bioflok dan sistem aerasi-resirkulasi terbukti dapat meningkatkan kualitas air, mengurangi akumulasi limbah, dan meningkatkan efisiensi budidaya. Sistem bioflok mampu menurunkan kadar amonia dalam air dan meningkatkan kelangsungan hidup udang,

sementara penggunaan aerator secara intensif dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut, yang berpengaruh positif pada kesehatan udang. Selain itu, pemberian pakan berbasis kebutuhan yang terkontrol dapat meningkatkan efisiensi pakan, menurunkan konversi pakan (FCR), dan mengurangi biaya produksi. Untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya udang windu di Labakkang, disarankan agar petambak mulai mengadopsi teknologi modern seperti sistem bioflok dan aerasi-resirkulasi. Teknologi ini terbukti dapat meningkatkan efisiensi budidaya dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Agar penerapannya lebih luas, penting untuk memberikan pelatihan dan penyuluhan kepada petambak mengenai manfaat dan cara mengimplementasikan teknologi ini dengan benar. Selain itu, pengelolaan kualitas air yang optimal harus menjadi prioritas, dengan memanfaatkan aerator dan sistem resirkulasi untuk menjaga kadar oksigen terlarut dan mengurangi akumulasi limbah organik. Langkah ini akan meningkatkan kesehatan udang dan mengurangi risiko serangan penyakit.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Alarcón-Silvas, S. G., León-Cañedo, J. A., Fierro-Sañudo, J. F., Ramírez-Rochín, J., Fregoso-López, M. G., Frías-Espericueta, M. G., Osuna-Martínez, C. C., & Páez-Osuna, F. (2021). Water quality, water usage, nutrient use efficiency and growth of shrimp *Litopenaeus vannamei* in an integrated aquaponic system with basil *Ocimum basilicum*. *Aquaculture*, 543, 737023.
- Amri, I. K. (2003). *Budi Daya Udang Windu Secara Intensif*. AgroMedia.
- Anderson, L. G. (1977). *The economics of fisheries management*.
- Andi, M. I. W. (2021). *Fakultas Perikanan dan Kelautan UMI Gelar Sekolah Lapang Budidaya Udang di Pangkep* (W. Imam, Ed.). Tribun timur. <https://makassar.tribunnews.com/2021/04/05/fakultas-perikanan-dan-kelautan-umi-gelar-sekolah-lapang-budidaya-udang-di-pangkep>
- Avnimelech, Y. (2006). Bio-filters: the need for an new comprehensive approach.

- Aquacultural Engineering*, 34(3), 172–178.
- Avnimelech, Y. (2009). *Biofloc technology: a practical guide book*.
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., Little, D., Ross, L., Handisyde, N., & Gatward, I. (2010). Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2897–2912.
- Boyd, C. E. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). *Pond aquaculture water quality management*. Springer Science & Business Media.
- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356, 351–356.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Dahlia, D., Hartinah, H., Muslimin, M., Darmawan, D., & Rusli, A. (2021). *Kondisi pengelolaan tambak udang windu di Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Agrokompleks*, 21 (1).
- Djunaedi, A., Susilo, H., & Sunaryo, S. (2016). Kualitas air media pemeliharaan benih udang windu (*Penaeus monodon* Fabricius) dengan sistem budidaya yang berbeda. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(2), 171–178.
- DKPP. (2020). *Budidaya Udang Windu Bersama Bandeng*. Dinas Ketahanan Pangan dan Perikanan. <https://dkpp.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/budidaya-udang-windu-bersama-bandeng-91>
- Emerenciano, M., Gaxiola, G., & Cuzon, G. (2013). Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. *Biomass Now-Cultivation and Utilization*, 12, 301–328.
- Fisheries, F. A. O. (2007). *The state of world fisheries and aquaculture*.
- Gordon, H. S. (2019). The Economic Theory of a Common-Property Resource: The Fishery 1. In *Fisheries Economics, Volume I* (pp. 3–21). Routledge.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis (8. Baski). *Eight Edition, Cengage: Learning EMEA*.
- Hargreaves, J. A. (2013). *Biofloc production systems for aquaculture*.
- Kuhn, D. D., Lawrence, A. L., Boardman, G. D., Patnaik, S., Marsh, L., & Flick Jr, G. J. (2010). Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 303(1–4), 28–33.
- Lazo, C. S., & Pita, I. M. (2012). Effect of temperature on survival, growth and development of *Mytilus galloprovincialis* larvae. *Aquaculture Research*, 43(8), 1127–1133.
- Monsalve, E. R., & Quiroga, E. (2022). Farmed shrimp aquaculture in coastal wetlands of Latin America—A review of environmental issues. *Marine Pollution Bulletin*, 183, 113956.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., Little, D. C., Lubchenco, J., Shumway, S. E., & Troell, M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591(7851), 551–563.
- Neuman, W. L. (2014). Social research methods: qualitative and quantitative approaches (Vol. Seventh new internationalition.; Pearson new internationalition.; Harlow, Essex: Pearson Education Limited.
- Niu, J., Chen, X., Zhang, Y.-Q., Tian, L.-X., Lin, H.-Z., Wang, J., Wang, Y., & Liu, Y.-J. (2016). The effect of different feeding rates on growth, feed efficiency and immunity of juvenile *Penaeus monodon*. *Aquaculture International*, 24, 101–114.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology. Printing Company Ltd*.
- Park, M., Shin, S. K., Do, Y. H., Yarish, C., & Kim, J. K. (2018). Application of open water integrated multi-trophic aquaculture to intensive monoculture: A review of the current status and challenges in Korea. *Aquaculture*, 497, 174–183.
- Ratnawati, E. (2008). Budidaya udang windu (*Penaeus monodon*) sistem semi-intensif pada tambak tanah sulfat masam. *Media Akuakultur*, 3(1), 6–10.
- Setyawan, P., Imron, I., Gunadi, B., van den Burg, S., Komen, H., & Camara, M. (2022). Current status, trends, and future prospects for combining salinity tolerant

- tilapia and shrimp farming in Indonesia. *Aquaculture*, 561, 738658.
- Sugiyono. (2022). Metodologi Penelitian Kuantitatif Kualitatif, dan R&D. *Alfabeta, Bandung*.
- Suprianto. (2024). *Memahami Esensi Penelitian Kualitatif: Pendekatan, Proses, dan Praktik Terbaik*. ASHA Publishing <http://ashapublishing.co.id/>.
- Tahe, S., & Suwoyo, H. S. (2011). Pertumbuhan dan sintasan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan kombinasi pakan berbeda dalam wadah terkontrol. *Jurnal Riset Akuakultur*, 6(1), 31–40.
- Thakur, D. P., & Lin, C. K. (2003). Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquacultural Engineering*, 27(3), 159–176.
- Tran, N., Vo, T. T., Vu, T. N., Nguyen, H. T., & Tran, P. T. (2023). *Characteristics of the aquatic food system in Can Tho (the Mekong Delta), Viet Nam and its emission profile*.
- Wang, X., & Ma, A. (2021). Estimation of genetic parameters for growth traits in cultured *Takifugu obscurus*. *Aquaculture Research*, 52(6), 2492–2500.
- Xu, W.-J., Morris, T. C., & Samocha, T. M. (2016). Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. *Aquaculture*, 453, 169–175.