

Karakteristik Morfometrik Juvenil Ikan Baronang Totol (*Siganus guttatus*) pada Akuakultur Multi Tropik Berbasis Feeding Rate

Sri Rukmini Kustam¹, Andi Sahriyanti², Mesalina Tri Hidayani³, Heriansah^{4*}

^{1,2,3,4}Institut Teknologi dan Bisnis Maritim Balik Diwa

Email: heriansah@itbm.ac.id

Abstract

Information on morphometrics has been widely used for catches. This study aims to determine the morphometric characteristics of rabbitfish in a multi-trophic system cultivation based on feeding rate. Rabbitfish are maintained in an integrated manner with green mussels, sea urchins, and seaweed. The study was conducted for 6 weeks at the Laboratory of the Balik Diwa Maritime Technology and Business Institute, Makassar. Three feeding rate treatments of 5%, 7.5%, and 10% each with three replications were given to rabbitfish with a frequency of 4 times a day. During maintenance, a closed water circulation process was carried out and continuous aeration was provided in each container. The results showed that the total length at feeding rates of 5%, 7.5%, and 10% were 5.3 cm, 7.1 cm, 8.1 cm, respectively, and the standard length was 4.1 cm, 5.8 cm, and 6.7 cm, respectively. Meanwhile, the height of each body was 1.8 cm, 2.1 cm, and 2.6 cm. Analysis of variance showed that these three morphometric variables were significantly affected by feeding rate, and the three levels of feeding rate were significantly different ($P < 0.05$). Water quality during maintenance was in the range that could be tolerated by rabbitfish. Temperature was in the range of 26.0-28.6°C, salinity 25.1-28.5 ppt, dissolved oxygen 5.2-7.1 mg/L, pH 7.6-8.0 and ammonia 0.032-0.095 mg/L. The morphometric characteristics of rabbitfish in multi-trophic system cultivation increased significantly along with the increase in feeding rate.

Keywords: Closed water circulation Feeding rate, integrated multi trophic aquaculture (IMTA) morphometrics, rabbitfish

I. PENDAHULUAN

Limbah nutrisi merupakan keniscayaan dari sebuah proses akuakultur yang dapat berdampak negatif terhadap organisme dan ekosistem perairan, (Heriansah et al., 2023; Nursida et al., 2024). Untuk itu, rekayasa sistem akuakultur ramah lingkungan yang dapat meminimalisir limbah sangat penting dilakukan untuk praktik akuakultur berkelanjutan, (Kabangnga et al., 2023; Putri et al., 2023). Akuakultur sistem terpadu ramah lingkungan yang dikenal dengan *Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA)* telah terbukti dapat meminimalkan limbah nutrisi, (Al Azad et al., 2017; Chopin et al., 2012).

Sistem IMTA merupakan pengembangan sistem polikultur, (Astria, 2015) yang mengintegrasikan beberapa spesies berdasarkan

level trofiknya, (Troell et al., 2003). Level trofik spesies yang diintegrasikan terdiri dari spesies yang diberi pakan (seperti udang atau ikan), spesies ekstraktif partikel organik (seperti teripang, kerang, landak laut), dan spesies ekstraktif anorganik (seperti rumput laut dan jenis tanaman air lainnya), (Knowler et al., 2020; Zhang JunBo et al., 2019). Sistem akuakultur ini merupakan praktik diversifikasi produksi pada tempat (spasial) dan waktu (temporal) yang sama, (Jumiati et al., 2023).

Pada penelitian ini ikan baronang totol (*Siganus guttatus*) sebagai spesies yang diberi pakan diintegrasikan dengan kerang hijau (*Perna viridis*) dan landak laut *Diadema setosum* sebagai penyerap nutrisi organik serta rumput laut *Kappaphycus alvarezii* sebagai penyerap nutrisi anorganik. Ketiga organisme ekstraktif ini

diintegrasikan untuk memanfaatkan semua limbah nutrisi yang ada dalam perairan, baik limbah nutrisi organik maupun anorganik. Akuakultur ikan baronang sistem multi tropik masih sangat terbatas sehingga perlu penelitian untuk mengevaluasi sistem pada spesies ini.

Karakteristik morfometrik ikan baronang menjadi fokus pada penelitian ini. Penelitian morfometrik merupakan salah satu kajian menarik dalam bidang perikanan dan dipandang penting karena variasi morfometrik dipengaruhi oleh lingkungan, termasuk lingkungan akuakultur. Sebaran dan variasi morfometrik merupakan respon terhadap lingkungan fisik tempat hidup organisme, (Ruiyana, 2016) termasuk ketersediaan pakan.

Pakan buatan memiliki peran multidimensi, meliputi dimensi biologi, ekonomi, dan ekologi sehingga sangat menentukan keberhasilan akuakultur, (Nursida et al., 2024). Pada dimensi biologi, pakan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi variasi pertumbuhan morfometrik ikan, (Rahardjo, 2011). Pertumbuhan organisme sebagian besar ditentukan oleh kuantitas pakan buatan, (Heriansah et al., 2023). Namun, hubungan antara pertumbuhan dan kuantitas pakan bersifat kompleks, (Niu et al., 2016). Kekurangan pakan menyebabkan pertumbuhan yang rendah, sedangkan kelebihan pakan dapat memicu limbah yang dapat menurunkan kualitas air dan meningkatkan biaya produksi, (Heriansah et al., 2022; Kim et al., 2021).

Sepengetahuan penulis, sampai saat ini belum ada dokumentasi ilmiah yang menyelidiki karakteristik morfometrik ikan baronang yang dibudidayakan melalui sistem multi trofik dan berbasis jumlah pemberian pakan (*feeding rate*). Informasi morfometrik ikan seperti pada penelitian ini penting sebagai salah satu informasi awal kajian morfometrik pada lingkungan akuakultur yang terintegrasi, (Alifia et al., 2023) dengan berbagai organisme yang saling berinteraksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh *feeding rate* terhadap pertumbuhan morfometrik ikan baronang pada lingkungan akuakultur terintegrasi. Hasil studi dapat memberikan informasi terkait kuantitas pakan yang optimal dalam budidaya terintegrasi yang ramah lingkungan.

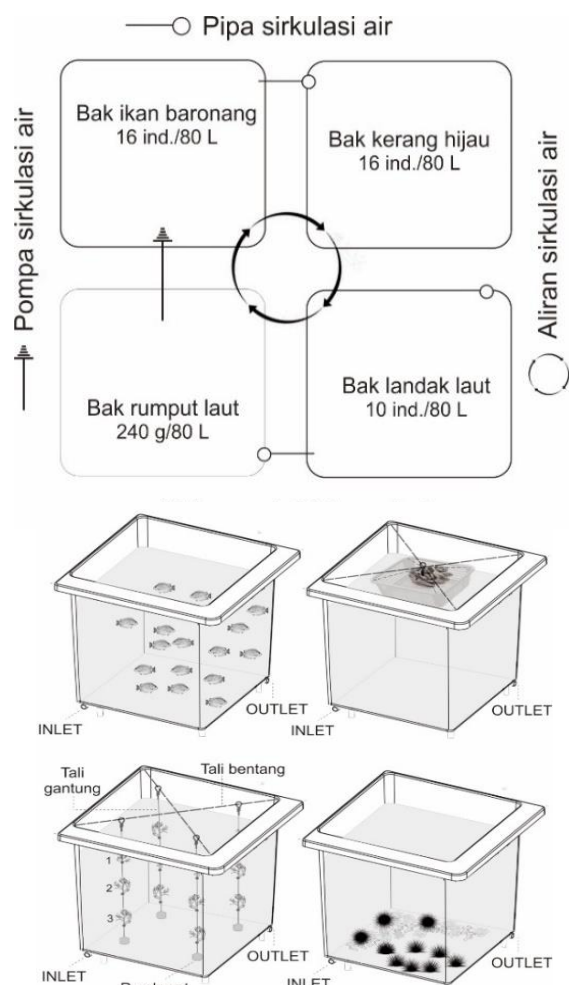
II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama 6 minggu di Laboratorium Institut Teknologi dan Bisnis Maritim Balik Diwa Makassar. Penelitian didesain

menggunakan 3 perlakuan dan 3 ulangan (Tabel 1). Wadah plastik ukuran 50x50x55 cm digunakan untuk pemeliharaan setiap organisme. Wadah pemeliharaan tersebut dikonstruksi dengan sistem resirkulasi tertutup (Gambar 1). Ikan baronang dipelihara dengan kepadatan 16 ekor/wadah. Kerang hijau ditempatkan pada keranjang gantung dengan kepadatan 20 individu per wadah. Landak laut ditebar dengan kepadatan 10 individu/wadah yang dilengkapi potongan karang sebagai substrat. Rumput laut diikat secara vertikal pada 2 bentangan diagonal, dimana setiap bentang terdiri dari 3 titik gantung dan setiap titik gantung terdiri dari 3 titik ikat (Gambar 2).

Tabel 1. Perlakuan *feeding rate*

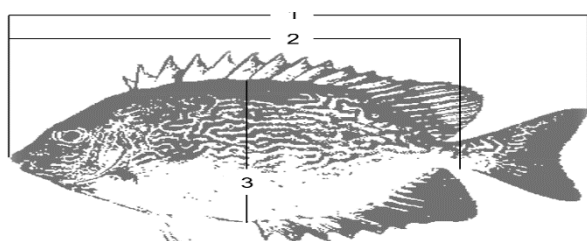
Perlakuan	<i>Feeding rate</i>
A	5,0 %
B	7,5 %
C	10,0 %



Gambar 2. Desain Wadah Pemeliharaan

Ikan baronang yang digunakan pada awal penelitian berbobot $2,3 \pm 0,2$ g/ekor, kerang hijau $6,8 \pm 0,2$ g/individu, landak laut $30,7 \pm 0,3$ g/individu, dan rumput laut $19,8 \pm 0,2$ g/ikat. Wadah ikan baronang, kerang hijau, dan landak laut masing-masing diisi air 80 L dengan nilai kisaran air laut yang dapat ditolerir oleh keempat organisme. Hewan uji sebelum ditebar terlebih dahulu diadaptasikan selama 7 hari. Ikan baronang selama 6 minggu pemeliharaan diberikan pakan komersil berdasarkan perlakuan. Pakan diberikan dengan frekuensi 4 kali sehari pada pukul 08.00, 12.00, 16.00, dan 20.00 WITA. Selama pemeliharaan dilakukan proses sirkulasi air secara tertutup dan pemberian aerasi secara terus menerus pada setiap wadah.

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini meliputi morfometrik ikan baronang serta data kualitas air. Pengumpulan data morfometrik (panjang total, panjang stansar, dan tinggi badan) dilakukan pada awal dan akhir penelitian (Gambar 3).



Gambar 3. Karakteristik Morfometrik Yang Diukur

Kualitas air pada penelitian ini merupakan data pendukung yang diukur dengan parameter dan waktu pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter pengukuran kualitas air

Parameter	Waktu pengukuran
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Setiap hari
Salinitas (ppt)	Setiap hari
Oksigen terlarut (mg/L)	Setiap hari
pH	Setiap hari
Amoniak, nitrat, dan fosfat (mg/L)	Awal, tengah, akhir penelitian

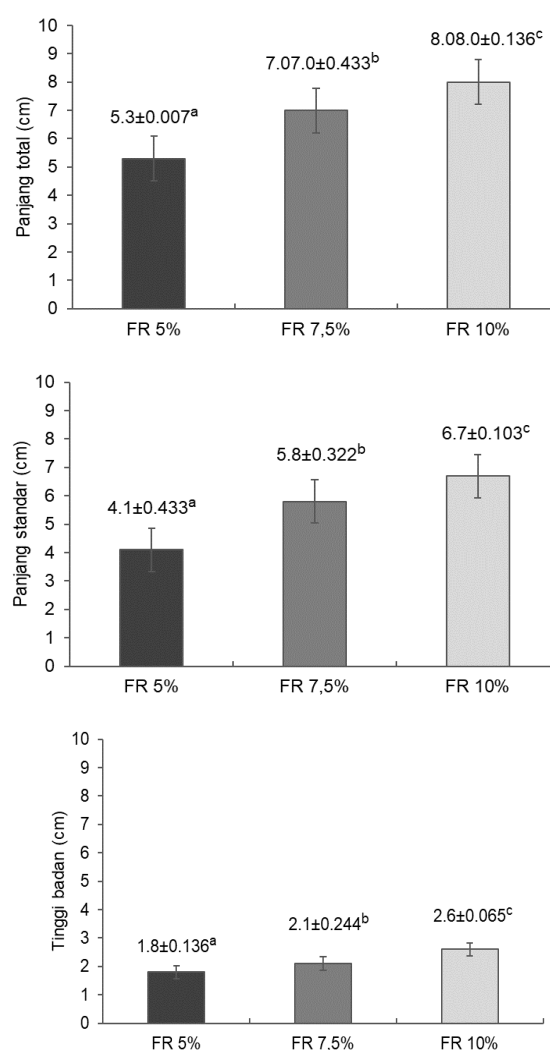
Data dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh *feeding rate* terhadap morfometrik ikan baronang. Perlakuan yang berpengaruh nyata ($P < 0,05$) dilanjutkan dengan uji Tukey's HSD test untuk mengetahui perbedaan

morfometrik antar perlakuan. Data parameter kualitas air dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan kisaran kualitas air yang optimal untuk pertumbuhan ikan Baronang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Karakter morfometrik ikan baronang yang diperlihara selama 6 minggu pada sistem multi trofik dengan level *feeding rate* berbeda disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Karakteristik Morfometrik Hasil Pengukuran

Sumber: hasil penelitian

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa panjang total dipengaruhi secara signifikan ($P < 0,05$) oleh *feeding rate* pakan. Selanjutnya, uji-Tukey mengindikasikan bahwa panjang total, panjang standar, dan tinggi badan tertinggi yang

diperoleh pada *feeding rate* 10% berbeda secara signifikan dengan panjang total ikan baronang totol pada *feeding rate* 7,5% dan 5%.

Hasil pengukuran kualitas air selama penelitian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kualitas Air

Parameter	Feeding rate (FR)		
	5%	7.5%	10%
Suhu (°C)	26,1-28,4	26,0-28,3	26,0-28,6
Salinitas (ppt)	25,1-28,5	25,4-28,4	25,2-28,5
DO (mg/L)	5,2-6,6	5,5-6,9	5,8-7,1
pH	7,6-7,9	7,7-7,9	7,7-8,0
Amoniak (mg/L)	0,032-0,055	0,051-0,077	0,089-0,095

Sumber: hasil penelitian

Pembahasan

Karakter morfologi ikan berkaitan dengan pakan dan lingkungan budidaya dimana ikan tersebut dibudidayakan, (Herlinah et al., 2020; Ruiyana, 2016). Gambar 4 menunjukkan panjang total, panjang standar, dan tinggi badan ikan baronang totol bervariasi berdasarkan level *feeding rate*. Pola peningkatan ketiga karakter morfometrik ini cenderung meningkat seiring dengan peningkatan level *feeding rate*.

Feeding rate merupakan jumlah atau dosis harian pemberian pakan yang ditentukan berdasarkan persentase dari bobot ikan (Effendi, 2012). Dengan demikian, semakin tinggi *feeding rate*, maka jumlah pakan yang diberikan ke ikan juga semakin tinggi yang berkonsekuensi terhadap tersedianya asupan makanan yang dapat dikonsumsi untuk pertumbuhan. Oleh karena itu, maka logis jika semakin tinggi *feeding rate*, memungkinkan penambahan panjang total, panjang standar, dan tinggi badan ikan baronang totol juga semakin tinggi karena tersedia banyak nutrisi yang dapat diserap untuk pertumbuhan. Nutrien pakan yang dipasok ke media budidaya sangat menentukan pertumbuhan organisme, (Effendi, 2019; Irzal, 2012; Paerl et al., 2014).

Feeding rate yang tinggi berpotensi meningkatkan limbah berupa sisa pakan dan feses yang dapat berdampak terhadap kualitas air dan pertumbuhan ikan. Namun pada budidaya sistem multi trofik sebagaimana pada penelitian ini, nampaknya potensi limbah tersebut tidak mengkhawatirkan karena dimanfaatkan oleh

organisme lain yang terlibat dalam sistem multi trofik. Organisme yang diintegrasikan melalui sistem resirkulasi tertutup pada penelitian ini antara lain kerang hijau, landak laut, dan rumput laut. Sistem resirkulasi pada kegiatan budidaya mendaur ulang air melalui filter mekanis atau biofilter penyerap limbah organik dan anorganik sehingga dapat digunakan kembali tanpa membahayakan lingkungan, (Bartelme et al., 2017).

Kerang hijau merupakan *filter feeder* yang dapat menyerap partikel organik berupa sisa pakan dan feses yang tersuspensi di kolom perairan, (Rejeki et al., 2016; Sagita et al., 2017). Kerang hijau memiliki kemampuan dalam menyerap nutrisi dalam bentuk partikel organik. Studi (Srisunont & Babel, 2015) menginformasikan bahwa efisiensi penyerapan nutrisi kerang hijau 65,1%C, 62,1%N, dan 79,2%P dan mampu menyerap partikel C, N, dan P masing-masing 8,1 mg, 13,5 mg, dan 4,6 mg per hari per individu.

Landak laut merupakan *deposit feeder* yang dapat menyerap partikel organik yang mengendap di dasar perairan, (Chopin et al., 2012; Zhang JunBo et al., 2019). Hasil penelitian (Shpigel et al., 2018) menunjukkan bahwa dari 100%N pada pakan, ikan mengasimilasi 21,9%, menjadi feses 10,1%, dan 68,0% mengalir keluar. Selanjutnya dari nutrisi N yang mengalir diasumsikan sepertiga dari N tersebut diasimilasi oleh rumput laut dan landak laut masing-masing 74,01% dan 13,86%.

Rumput laut merupakan spesies penyerap nutrisi anorganik dari sisa pakan dan feses yang terlarut di air, (Sagita et al., 2017; Yuniarsih, 2014). Kemampuan *K. alvarezii* untuk menyerap nutrisi telah banyak diinformasikan pada beberapa penelitian terdahulu. (Yuniarsih, 2014) menyebutkan laju penyerapan N dan P *K. alvarezii* di lokasi IMTA sebesar 86,95 ton N dan 20,56 ton P per hektar per tahun mencapai 457,10% dan 285,12% lebih tinggi dibandingkan di lokasi non-IMTA. Hasil penelitian (Al Azad et al., 2017) menunjukkan bahwa total nitrogen yang diserap oleh *K. alvarezii* pada tangki FTS dan RS masing-masing 59,5% dan 61,6% dan total fosfor sekitar 5,5% dan 3,4%.

Penggabungan beberapa spesies ini menciptakan kualitas air yang dapat mendukung pertumbuhan ikan baronang yang diindikasikan oleh meningkatnya karakter morfometrik. Pakan yang tidak dikonsumsi dan feses dari ikan baronang yang merupakan sumber amoniak dialirkan setiap 2 jam setelah pemberian pakan ke

bak kerang hijau, landak laut, rumput laut, dan selanjutnya kembali ke bak ikan baronang.

Proses resirkulasi meminimalkan limbah amoniak di bak ikan baronang. Konsentrasi amoniak selama penelitian dibawah 1 mg/L yang berada pada konsentrasi yang direkomendasikan untuk budidaya ikan (Ajani et al., 2011). Bahan organik yang berasal dari feses, hasil metabolisme, dan sisa pakan yang tidak termakan oleh ikan dapat memicu peningkatan konsentrasi senyawa beracun seperti amoniak di dalam media budidaya, (Junaidi, 2016). Rendahnya nilai amoniak pada penelitian ini disebabkan berperannya kerang hijau sebagai *suspension feeder*, landak laut sebagai *deposit feeder*, dan rumput laut sebagai penyerap nutrisi anorganik, (Chopin et al., 2012; Zhang JunBo et al., 2019). Kualitas air, terutama amoniak yang rendah menciptakan lingkungan yang sehat bagi ikan baronang untuk tumbuh dengan baik.

Suhu air selama penelitian pada setiap perlakuan berada pada kisaran yang optimal untuk pertumbuhan ikan baronang. Sifat ikan baronang adalah euritermal yang memiliki toleransi tinggi terhadap perubahan suhu tetapi optimal pada suhu 22-29°C, (Li et al., 2018). Suhu yang optimal berkontribusi dalam menciptakan kondisi ikan yang baik untuk menyerap nutrisi pada pakan untuk pertumbuhannya, (Irzal, 2012).

Salinitas yang tercatat selama pemeliharaan pada setiap perlakuan berada pada kisaran 25,1-28,5°C. Salinitas terendah yang mencapai 25,1°C disebabkan oleh adanya air hujan yang merembes masuk ke bak pemeliharaan. Namun demikian, salinitas nampaknya tidak bermasalah bagi ikan baronang yang bersifat eurihalin dengan toleransi 14-32 ppt, (Li et al., 2018). Salinitas yang optimum dapat menumbuhkan ikan baronang dengan baik karena terjadi keseimbangan tekanan osmosis sehingga tidak ada energi yang digunakan untuk menyesuaikan konsentrasi dalam tubuh dengan lingkungannya, energi yang digunakan untuk pertumbuhannya, (Allan & Stickney, 2000; Lisboa et al., 2015).

Oksigen terlarut (DO) selama penelitian diatas 5 mg/L yang berada pada kisaran yang optimal untuk pertumbuhan ikan baronang, (Li et al., 2018). Aerasi yang dijalankan secara terus menerus berkontribusi terhadap konsentrasi oksigen pada penelitian ini. Selain itu. Rumput laut juga berkontribusi dalam meningkatkan oksigen terlarut melalui proses fotosintesis, (Aslan, 2006). Ketersediaan oksigen yang cukup memungkinkan penyerapan nutrisi pada pakan berlangsung

dengan baik sehingga ikan dapat tumbuh dengan baik.

pH yang tercatat selama pemeliharaan pada setiap perlakuan berada pada kisaran 7,6-8,0. Kisaran pH ini berada pada nilai yang kondusif untuk ikan baronang, (Supono, 2015). pH yang kondusif ini berkontribusi dalam menciptakan metabolisme dan respirasi ikan baronang *K. alvarezii* yang baik untuk menyerap nutrisi pada pakan yang dikonsumsi, (Effendi, 2019). Ikan akan mengalami pertumbuhan lambat pada pH 4-5 dan mengalami kematian pada pH 10, (Supono, 2015).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa karakteristik morfometrik ikan baronang total pada budidaya sistem multi tropik, meliputi panjang total, panjang standar, dan tinggi badan meningkat secara signifikan seiring dengan peningkatan feeding rate.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Al Azad, S., Estim, A., Mustafa, S., & Sumbing, M. V. (2017). Assessment of nutrients in seaweed tank from land based integrated multitrophic aquaculture module. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 5(8), 137–147.
- Alifia, F., Heriansah, H., Kabangnga, A., Selvanita, S., & Asnur, R. W. (2023). Performa Pertumbuhan Udang Windu (*Penaeus monodon*) Sistem Ko-Kultur Hewan Akuatik dan Padi di Air payau. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 4(4), 299–310.
- Allan, G., & Stickney, R. R. (2000). *Barramundi Culture. Encyclopedia of Aquaculture*. A Wiley-International Publication, John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 105pp.
- Aslan. (2006). Budidaya Rumput Laut edisi revisi. *Yogyakarta: Kanisius*.
- Astiana, B. H. (2015). Konseptual modul dinamika nitrogen dalam sistem Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) menggunakan *Penaeus monodon*, *Crassostrea* sp. dan *Gracilaria* sp. *BioWallacea*, 1(3), 159–165.
- Bartelme, R. P., McLellan, S. L., & Newton, R. J. (2017). Freshwater recirculating aquaculture system operations drive biofilter bacterial community shifts around a stable nitrifying

- consortium of ammonia-oxidizing archaea and comammox Nitrospira. *Frontiers in Microbiology*, 8, 101.
- Chopin, T., Cooper, J. A., Reid, G., Cross, S., & Moore, C. (2012). Open-water integrated multi-trophic aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 4(4), 209–220.
- Effendi, I. (2019). Pengembangan akuakultur pada lahan suboptimal menuju agromaritim 4.0. *Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, 1, 9–19.
- Heriansah, H., Cahyono, I., & Hamsiah, H. (2023). The Combination of Aquatic Species in Integrated Multi-Trophic Aquaculture with Paddy in Brackish Water: An Investigation of Feed Utilization Performance. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 25(2), 143–149.
- Heriansah, Syamsuddin, R., Najamuddin, & Syafiuddin. (2022). Growth of *Kappaphycus alvarezii* in vertical method of multi-trophic system based on feeding rate. *Journal of Aquatic Biology & Fisheries*.
- Herlinah, H., Lante, S., Tenriulo, A., Rosmiati, R., & Nawang, A. (2020). KERAGAMAN FENOTIPE TRUSS MORFOMETRIK POPULASI IKAN BERONANG *Siganus guttatus* (Bloch, 1787) ASAL PERAIRAN BARRU, LAMPUNG, DAN SORONG. *Media Akuakultur*, 15(2), 61–70.
- Irzal, E. (2012). Pengantar Akuakultur. *Jakarta: Penebar Swadaya*.
- Jumiaty, J., Maulana, N., Heriansah, H., Lapong, I., & Kabangnga, A. (2023). Potensi Ko-Kultur (*Caulerpa lentillifera*) dan Udang Windu (*Penaeus monodon*) di Tambak Tradisional Air Payau. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 4(1), 21–30.
- Junaidi, M. (2016). Pendugaan limbah organik budidaya udang karang dalam keramba jaring apung terhadap kualitas perairan teluk ekas provinsi nusa tenggara barat. *Jurnal Biologi Tropis*.
- Kabangnga, A., Heriansah, H., Nursidi, N., Kirana, C., & Safitri, F. (2023). Pertumbuhan Kerang Darah (*Tegillarca granosa*) pada Berbagai Sistem Akuakultur. *JURNAL GALUNG TROPIKA*, 12(3), 319–328.
- Kim, Y.-O., Oh, S.-Y., & Kim, T. (2021). Effects of the feeding rate on growth performance, body composition, and hematological properties of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri* in a recirculating aquaculture system. 2022, 13(15), 8257.
- Knowler, D., Chopin, T., Martínez-Españeira, R., Neori, A., Nobre, A., Noce, A., & Reid, G. (2020). The economics of Integrated Multi-Trophic Aquaculture: where are we now and where do we need to go? *Reviews in Aquaculture*, 12(3), 1579–1594.
- Li, Y., Zhang, Q., & Liu, Y. (2018). Rabbitfish—an emerging herbivorous marine aquaculture species. *Aquaculture in China: Success Stories and Modern Trends*, 329–334.
- Lisboa, V., Barcarolli, I. F., Sampaio, L. A., & Bianchini, A. (2015). Effect of salinity on survival, growth and biochemical parameters in juvenile Lebranch mullet *Mugil liza* (Perciformes: Mugilidae). *Neotropical Ichthyology*, 13(2), 447–452.
- 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.
- Nursida, N. F., Heriansah, H., Kabangnga, A., Nursidi, N., Sulmiati, A., & Putri, A. A. (2024). Amoniak-nitrogen (NH₃-N) pada sistem kokultur hewan akuatik dan tanaman padi di air payau. *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*, 8(1), 50–59.
- Paerl, H. W., Hall, N. S., Peierls, B. L., & Rossignol, K. L. (2014). Evolving paradigms and challenges in estuarine and coastal eutrophication dynamics in a culturally and climatically stressed world. *Estuaries and Coasts*, 37(2), 243–258.
- Putri, A. A., Kabangnga, A., & Heriansah, H. (2023). Reduction of maggot feed nutrients by mussel (*Pilsbryconcha exilis*) on the Integrated Multi Thropic Aquaculture (IMTA) system. *Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan*, 5(2), 206–212.
- Rahardjo, M. F. (2011). Ikhtologi. CV. Lubuk Agung, Bandung.
- Rejeki, S., Ariyati, R. W., & Widowati, L. L. (2016). Application of integrated multi tropic aquaculture concept in an abraded brackish water pond. *Jurnal Teknologi*, 78(4–2).
- Ruiyana, A. (2016). Studi Morfometrik Ikan Kuweh (*Caranx sexfaciatus*) di perairan Desa Bajo Indah Kecamatan Soropia Kabupaten Konawe. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 1(4), 391–403.

- Sagita, A., Kurnia, R., & Sulistiono, S. (2017). Budidaya Kerang Hijau (*Perna Viridis* L.) dengan Metode dan Kepadatan Berbeda di Perairan Pesisir Kuala Langsa, Aceh. *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(1), 57–68.
- Shpigel, M., Shauli, L., Odintsov, V., Ben-Ezra, D., Neori, A., & Guttman, L. (2018). The sea urchin, *Paracentrotus lividus*, in an Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) system with fish (*Sparus aurata*) and seaweed (*Ulva lactuca*): Nitrogen partitioning and proportional configurations. *Aquaculture*, 490, 260–269.
- Srisunont, C., & Babel, S. (2015). Uptake, release, and absorption of nutrients into the marine environment by the green mussel (*Perna viridis*). *Marine Pollution Bulletin*, 97(1–2), 285–293.
- Supono, S. (2015). *Manajemen Lingkungan untuk akuakultur*. Plantaxia.
- Troell, M., Halling, C., Neori, A., Chopin, T., Buschmann, A. H., Kautsky, N., & Yarish, C. (2003). Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture*, 226(1–4), 69–90.
- Yuniarsih, E. (2014). Tingkat Penyerapan Nitrogen dan Fosfor Rumpuk Laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Eucheuma spinosum* pada sistem Integrated Multitrophic Aquaculture di Teluk Gerupuk. *Tesis. Institut Pertanian Bogor*.
- Zhang JunBo, Z. J., Zhang Shuo, Z. S., Kitazawa, D., Zhou JinXin, Z. J., Park SangGyu, P. S., Gao ShiKe, G. S., & Shen YuXin, S. Y. (2019). *Bio-mitigation based on integrated multi-trophic aquaculture in temperate coastal waters: practice, assessment, and challenges*.