



Penggunaan Mikroorganisme Akuatik Pada Proses Nitrifikasi di Tambak Udang (*Litopenaeus vannamei*)

The Use of Aquatic Microorganisms in the Nitrification Process in Shrimp Ponds (*Litopenaeus vannamei*)

Wahyu Adi Septriono^{1*}, Friska Indrian¹, Siti Khoirunnisa¹, Ester Romatua Gultom²

¹Program Studi Magister Sumber Daya Akuatik
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

²Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana, Universitas Tanjungpura, Pontianak

*Corresponding author : wahyu.septriono@mhs.unsoed.ac.id

Diterima: 29 Agustus 2023, Disetujui: 27 September 2023

ABSTRAK

Udang vaname merupakan salah satu komoditas budidaya yang potensial untuk dikembangkan, karena memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi dan telah menjadi komoditas ekspor. Pakan yang digunakan memiliki kandungan protein yang tinggi namun hanya 75 % yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan dan dikonversi dalam tubuh, kemudian sisa pakan akan mengendap pada substrat tambak budidaya. Sisa pakan yang mengendap akan bersifat toksik bahkan menyebabkan kematian terhadap biota budidaya karena mengandung amonia. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan kajian mengenai upaya penanganan nitrifikasi dan denitrifikasi dalam perairan dengan memanfaatkan mikroorganisme. Proses nitrifikasi merupakan proses yang dapat mengubah senyawa amonia menjadi nitrit untuk mengatasi permasalahan budidaya. Sedangkan, denitrifikasi merupakan proses pendegradasi senyawa nitrogen dalam kondisi anaerob dengan memanfaatkan nitrat. Beberapa produk komersial yang dapat dimanfaatkan dalam proses penguraian amoniak adalah EM₄ (*Lactobacillus casei* & *Saccharomyces cerevisiae*), Epicore Epicin D (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus pumilus*, *Saccharomyces cerevisiae*), serta PONDPROTECT® (*Nitrosomonas eutorpha* dan *Nitrobacter winogradskyi*).

Kata Kunci : Denitrifikasi, Mikroorganisme, Nitrifikasi, Nitrogen, Udang Vaname

ABSTRACT

White shrimp is one of the cultivation commodities that has the potential to be developed, because it has quite high economic value and has become an export commodity. The feed used has a high protein content but only 75% can be used as feed and converted in the body, then the remaining feed will settle on the cultivation pond substrate. Leftover feed that settles will be toxic and even cause death to cultivated biota because it contains ammonia. Based on this, it is necessary to conduct a study regarding efforts to handle nitrification and denitrification in waters by utilizing microorganisms. The nitrification process is a process that can convert ammonia compounds into nitrites to overcome cultivation problems. Meanwhile, denitrification is a process of degrading nitrogen compounds under anaerobic conditions by utilizing nitrate. Several commercial products that can be used in the ammonia decomposition process are EM₄ (*Lactobacillus casei* & *Saccharomyces cerevisiae*), Epicore Epicin D (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus pumilus*, *Saccharomyces cerevisiae*), as well as PONDPROTECT® (*Nitrosomonas eutorpha* and *Nitrobacter winogradskyi*).

Keywords : Denitrification, Microorganisms, Nitrification, Nitrogen, Vaname Shrimp

PENDAHULUAN

Salah satu negara besar yang sumberdaya alamnya melimpah adalah Indonesia. Indonesia menjadi negara kepulauan terbesar di dunia dengan kondisi geografis yang strategis (Putra, 2022a). Dari luas wilayah keseluruhan mencapai 7,81 juta kilometer persegi, sekitar 75 persen di antaranya merupakan wilayah laut (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2020). Sekitar 4.876 spesies ikan laut dan darat mendiami perairan Indonesia (FishBase, 2019 in Kadarusman et al., 2019). Salah satu sub sektor yang diharapkan dapat mewujudkan misi kesejahteraan bagi masyarakat kelautan dan perikanan adalah akuakultur (Hermawan et al., 2017). Budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan kegiatan budidaya akuakultur yang banyak dikembangkan di wilayah pesisir Indonesia (Ariadi et al, 2020). Pada tahun 2019, udang produksi Indonesia telah diekspor ke lima belas negara antara lain USA, Jepang, China, Malaysia dan Vietnam, meskipun produksi udang Indonesia baru menyumbang 7% dari total produksi udang di dunia (BAPPENAS, 2019).

Keunggulan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dibandingkan spesies lainnya diantaranya adalah udang lebih resisten terhadap serangan penyakit, rasio konversi pakan yang lebih rendah, tingkat kelulushidupan yang lebih tinggi, dan mudah dibudidayakan (Ariadi et al, 2020). Udang ini juga mampu memanfaatkan seluruh kolom air dari dasar tambak hingga ke lapisan permukaan air (Yunarty et al, 2022). Maka dari itu udang vaname memungkinkan untuk dipelihara di tambak dengan kondisi padat tebar tinggi karena mampu memanfaatkan ruang secara lebih efisien (Amri dan Kanna, 2008). Udang putih atau *Litopenaeus vannamei* dapat

dibudidayakan dengan sistem tradisional, semi intensif, intensif, dan supra intensif.

Budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) yang dikelola secara intensif dengan tingkat padat tebar tinggi (high stocking density) memerlukan berbagai input masukan budidaya yang beragam (Wafi et al, 2020). Pemberian input budidaya sendiri akan terus bertambah mengikuti umur dan tingkat laju pertumbuhan udang (Supono, 2015). Hal tersebut akan menyebabkan tingginya beban limbah yang dihasilkan pada ekosistem tambak (Suwoyo, 2009). Pakan yang digunakan pada budidaya udang vannamei memiliki protein yang tinggi. Pakan dengan kadar protein tinggi dan sisa pakan yang tidak dimakan, dapat menjadi senyawa toksik dalam perairan yang mempengaruhi kualitas air yaitu berupa amonia (NH₃) dan nitrit (NO₂) (Hargreaves, 1998; Ebeling et al., 2006) yang bersifat toksik pada perairan. Tingkat nitrit yang tinggi dapat disebabkan oleh pemberian pakan yang berlebihan, endapan yang berlebihan, sirkulasi air yang kurang baik, dan faktor lainnya yang mengganggu keseimbangan siklus nitrogen.

LIMBAH NITROGEN DARI BUDIDAYA UDANG VANAME

Limbah merupakan salah satu ancaman tercemarnya lingkungan perairan dan zat pencemar yang berpotensi terhadap penurunan kualitas air semakin besar (Lestari et al, 2022). Permasalahan khusus yang ditimbulkan dari usaha tambak udang pola intensif adalah adanya limbah bahan organik yang terakumulasi di petak kawasan pertambakan (Titah dan Slamet, 2004). Penyebab limbah ini berasal dari sisa pakan, plankton mati dan dari hasil ekskresi udang. Keberadaan zat pencemar dalam perairan akan mempengaruhi biota yang ada di dalamnya dan mempengaruhi kuantitas

serta kualitas produk perikanan (Syamsuddin, 2014). Pencemaran lingkungan oleh limbah organik mengandung Nitrogen (N) dan Fosfat (P) yang bersumber dari tambak udang superintensif karena penggunaan pakan yang banyak merupakan salah satu masalah serius dalam pengembangan teknologi superintensif di Indonesia (Paena et al., 2020). Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami, nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil, senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan (Febrinawati, 2020).

Pakan pada tambak budidaya udang vaname menggunakan pakan buatan yang tinggi protein. Pemberian pakan buatan akan menghasilkan sejumlah besar limbah organik, anorganik dan pakan yang tidak diasimilasi (Yuan et al, 2018). Pemberian pakan buatan pada padat penebaran tinggi memberikan konsekuensi terhadap beban limbah yang dihasilkan, disebabkan retensi nitrogen (N) dan fosfor (P) pakan pada budidaya udang vaname, masing-masing adalah 22,27% dan 9,79% sehingga nutrisi yang terbuang ke lingkungan perairan tambak masing - masing mencapai 77,73% nitrogen dan 90,21% fosfor (Hongsheng et al., 2008).

Kandungan protein pakan buatan cukup tinggi, yaitu sekitar 40%, sehingga proses dari dekomposisi pakan yang tidak termakan akan menghasilkan senyawa nitrogen anorganik berupa NH_3 (amonia) yang merupakan salah satu senyawa yang bersifat racun (Lestari 2021). Kadar NH_3 dan NO_2 yang optimal untuk pertumbuhan udang vaname yaitu di bawah 0,01 ppm, sedangkan batas toleransi NH_3 berkisar 0,010,2 ppm dan NO_2 berkisar antara 0,01-0,1 ppm (Kilawati dan Yunita, 2014). Dalam proses dekomposisi nitrogen organik, penguraian nitrogen menjadi amonium, nitrit dan nitrat tidaklah menimbulkan efek toksik, tetapi

apabila yang terbentuk amoniak maka dalam kadar rendahpun akan menimbulkan gangguan pada organisme akuatik bahkan mematikan (Yudiati et al, 2010). Beberapa penelitian telah dilakukan terkait pengaruh amoniak terhadap penurunan sintasan udang (Gunarto & Mansyur, 2005). Konsentrasi amonia di atas 4 atau 5 mg/L akan menjadi racun bagi udang (Boyd dan Clay, 2002).

Oleh karena itu pengendalian amoniak dan bahan organik pada media budidaya udang harus diperlukan. Pengendalian amoniak dan kandungan bahan organik dapat dilakukan secara biologis dengan memacu aktivitas dekomposisi bahan organik secara aerobik serta proses nitrifikasi (oksidasi amoniak menjadi nitrit dan nitrat) (Yudiati et al, 2010). Upaya yang dapat dilakukan untuk pengendalian kandungan organik dan amoniak (NH_3) adalah dengan cara pemanfaatan mikroorganisme probiotik komersial.

PEMANFAATAN MIKROORGANISME PROBIOTIK

Salah satu alternatif dalam mengatasi permasalahan ini adalah melalui pemanfaatan mikroorganisme probiotik pada media pemeliharaan. Hal ini didukung oleh Irianto dan Austin (2002) yang menyatakan bahwa pemberian probiotik pada awal budidaya udang vaname dapat mencegah penurunan kualitas air dengan menguraikan bahan-bahan organik yang terdapat pada tambak. Probiotik merupakan bakteri atau mikroorganisme menguntungkan untuk meningkatkan kesehatan ekosistem tambak, kesehatan udang, meningkatkan sistem imun dari inang (udang) serta mengendalikan atau menghambat mikroba patogen (Poernomo, 2004). Secara umum bakteri probiotik terdiri dari bakteri autotrofik dan heterotrofik. Bakteri bakteri heterotrofik mengonsumsi oksigen

untuk menghasilkan karbondioksida dan amoniak pada saat proses oksidasi, sedangkan bakteri autotrofik mengonsumsi oksigen dan karbondioksida pada saat oksidasi amoniak dengan produk akhirnya nitrat (Moriarty, 1996)

Nitrifikasi merupakan reaksi oksidasi, yaitu proses pembentukan nitrit atau nitrat dari amonia. Proses nitrifikasi, melibatkan bakteri pengoksidasi amonia yang bersifat autotrofik, yaitu kelompok bakteri yang berperan dalam proses oksidasi amonia menjadi nitrit pada siklus nitrogen, dan pada proses penguraian nitrogen dalam pengolahan limbah cair. Bakteri autotrofik yang berperan dalam proses oksidasi adalah *Nitrosomonas*, *Nitrococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus*, dan *Nitrosovibrio*. Denitrifikasi merupakan proses utama pendegradasi senyawa nitrogen dalam kondisi anaerob (tidak ada oksigen) dengan memanfaatkan nitrat sebagai penerima elektron terakhir untuk memperoleh energi. Bakteri heterotrofik yang mampu mengoksidasi amonia menjadi nitrit adalah *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, dan *Actinomyces* (Hastuti, 2011).

Bakteri autotrofik dan heterotrofik memiliki perbedaan dalam proses nitrifikasi. Hal yang membedakan adalah sumber karbon yang digunakan, bakteri autotrofik menggunakan karbon dioksida (CO₂) sebagai sumber karbon, sedangkan pada bakteri heterotrofik menggunakan senyawa organik, diantaranya yaitu asetat, piruvat, dan oksaloasetat. Tingkat pertumbuhan bakteri autotrofik lebih lambat dibandingkan dengan bakteri heterotrofik. Pada proses nitrifikasi, amonia akan berinteraksi dengan oksigen dan menghasilkan nitrit, yang kemudian akan berinteraksi dengan bakteri jenis lain dan berubah menjadi nitrat (Cheremisinof dalam Hastuti, 2011). Sumber karbon pada proses nitrifikasi sangat

mempengaruhi bakteri sebagai donor elektron dalam kondisi yang rendah oksigen atau anaerob (Hastuti, 2011).

Pada media budidaya mikroorganisme sangat beragam dan dapat bertindak secara positif dalam transformasi bahan organik dan senyawa yang dihasilkan, sedangkan mikroorganisme dapat bertindak secara negatif untuk mengembangkan faktor virulensi dalam menanggapi perubahan lingkungan (De Schryver *et al.*, 2008). Sehingga, penggunaan probiotik harus sesuai kadar optimal untuk merangsang pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme sejenis yang menguntungkan (Aly *et al.*, 2008). Salah satu bahan yang digunakan sebagai agen bioremediasi yaitu bakteri nitrifikasi (*Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp.) dan bakteri denitrifikasi (Devaraja *et al.*, 2002). Pemberian bakteri nitrifikasi mampu meningkatkan kemampuan oksidasi dalam tambak, jika proses nitrifikasi berlangsung terlalu tinggi maka dapat mencapai kondisi yang tidak diinginkan sehingga perlu bakteri denitrifikasi untuk reduksi (Hastuti, 2011).

PRODUK PROBIOTIK KOMERSIAL

Aplikasi probiotik komersial sudah banyak dilakukan pada kegiatan budidaya udang. Probiotik komersial telah terdistribusi di pasar dalam jumlah yang cukup banyak yaitu lebih dari 40 merk dagang, sehingga ketelitian dalam memilih produk probiotik akan menjamin tercapainya tujuan penggunaan probiotik dalam kegiatan budidaya (Kusimatun *et al.*, 2022). Jenis probiotik komersial yang sering digunakan pada kegiatan budidaya ikan dan udang yaitu probiotik dengan merk seperti Super PS, Mina Bacto, Super NB, Super Vamei, Vanna Pro, EM₄, dan BioAero (Dewi & Tahapari, 2017)(Citria *et al.*, 2018).

Probiotik komersial dengan merk EM₄ mengandung *Lactobacillus casei*

dan *Saccharomyces cerevisiae* dapat menurunkan kandungan senyawa amonia 0,15 mg/L menjadi 0,06 mg/L dan menurunkan kandungan senyawa nitrat 1,41 mg/L menjadi 0,96 mg/L pada budidaya udang vanamei. Produk EM₄ memiliki komposisi setiap 1 liter mengandung bakteri *Lactobacillus casei* minimum 2 juta sel/ml, *Saccharomyces cerevisiae* minimum 3,5 juta sel/ml. Total bakteri keduanya adalah $5,5 \times 10^{11}$ cfu (Sambu *et al.*, 2021).

Produk lain yang dapat digunakan dalam proses nitrifikasi adalah Epicore Epicin D (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus pumilus*, *Saccharomyces cerevisiae*). Berdasarkan hasil penelitian Antari *et al.*, (2023) penggunaan probiotik Epicore Epicin D dapat menurunkan nilai nitrit karena disebabkan oleh tersedianya bakteri nitrifikasi di air sehingga mendorong semakin cepatnya proses nitrifikasi terjadi. Bakteri *B. subtilis* dalam probiotik diketahui mampu menurunkan konsentrasi amonia dan nitrit (Gosh *et al.*, 2008). Ernawati *et al.* (2016), menyatakan bahwa *B. subtilis* dan *B. licheniformis* dapat digunakan untuk menanggulangi tingginya kadar amonia dan nitrit. Selanjutnya, Deviyanty (2012) melaporkan *B. pumilus* efektif dalam menekan nilai amonia dan nitrit pada sedimen tambak udang. Probiotik komersial lain yang dapat digunakan sebagai agen pendegradasi limbah nitrogen adalah PONDPROTECT® (*Nitrosomonas eutorpha* dan *Nitrobacter winogradskyi*) yang merupakan bakteri autotrof dan berperan dalam mengoksidasi amoniak. Aplikasi probiotik pada kolam dilakukan dengan pemberian 1 ppm sebanyak satu kali sehari (Yudiati *et al.*, 2010).

Aplikasi pemberian probiotik tidak hanya dilakukan pada kolom air, tetapi juga pada sedimen kolam. Hal ini dikarenakan pada sedimen, terdapat

tumpukan sisa pakan dan sisa metabolisme hewan budidaya. Menurut Hastuti *et al.*, (2010) pada kedalaman 15 cm telah terdapat bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi dan kelimpahannya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya umur udang. Aplikasi pemberian probiotik dapat dilakukan dengan pengukuran dan evaluasi kondisi nitrit, nitrat, dan amonium pada kolom air dan sedimen kolam.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas diperoleh kesimpulan bahwa limbah pada budidaya udang vannamei dapat menyebabkan dampak yang buruk terhadap kualitas air dan kesehatan udang, metode untuk menjaga kualitas air serta kesehatan udang dapat menggunakan pemanfaatan produk probiotik komersial dengan jenis mikroorganisme yang dibutuhkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Nuning Vita Hidayati, S.Pi., M.Si selaku pengampu mata kuliah Teknologi Pemanfaatan Mikroorganisme Akuatik pada Program Magister Sumberdaya Akuatik, FPIK UNSOED.

DAFTAR PUSTAKA

- Antari, L, K, G, S., Martini, N, N, D., Amelia, J, M. 2023. Analisis Perbandingan Penggunaan Probiotik yang Berbeda terhadap Sintasan Benih Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Ilmu Kelautan*. Vol 22 (1). 1-14.
- Ariadi H., Wafi A., dan Supriatna. 2020. Hubungan Kualitas Air Dengan Nilai FCR Pada Budidaya Intensif Udang Vanname (*Litopenaeus vannamei*). Samakia: *Jurnal Ilmu Perikanan*. 11(1): 44-50.

- Ariadi H., Wafi A., Fadjar M., Mahmudi M., 2020. Tingkat Transfer Oksigen Kincir Air Selama Periode Blind Feeding Budidaya Intensif Udang Putih (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Fisheries and Marine Research*. 4(1):7-15.
- Boyd, C.E. and J.W. Clay. 2002. Evaluation of Belize aquaculture LTD, a superintensive shrimp aquaculture system. Report prepared under The World Bank, NACA, and FAO Consortium. Work in progress for Public Discussion. Published by The Consortium. US. 17 p.
- Devaraja TN, FM Yusoff, M. Shariff. 2002. Changes in bacterial population and shrimp production in pond treated with commercial microbial products. *Aquaculture*. 206 : 245 – 256.
- Deviyanti, I, N. 2012. Potensi Bakteri *Bacillus pumilus* dalam Mendegradasi Bahan Organik dari Sedimen Tambak In Vitro. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Ebeling, J. M., Timmons, M. B. dan Bisogni, J. J. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in 119 aquaculture production systems. *Aquaculture*, 257(4): 346–358
- Ernawati, Arifin, Z., Hambali. 2016. Pengaruh Pemberian Bakteri Heterotrof Terhadap Kualitas Air Pada Budidaya Lele Dumbo (*Clarias sp.*) Tanpa Penggantian Air. *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 5(1); 1-10.
- Febrinawati, N., Putri, B., Hudaidah, S. 2020. Pemanfaatan Limbah Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Sebagai Media Kultur *Chaetoceros amami*. *Jurnal Perikanan*. Vol 10(1).
- Gosh, J, W., Rockwell, L., Willey, J. 2008. Bioaugmentation in the Growth and Water Quality of Livebearing Ornamental Fishes. *Aquaculture International*. 16(1). 393-403
- Hastuti, Y.P. 2011. Nitrifikasi dan Denitrifikasi di Tambak. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. Vol 8.
- Hermawan, A., Amanah, S. & Fatchiya, A. 2017. Partisipasi Pembudidaya Ikan dalam Kelompok Usaha Akuakultur di Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat. *Jurnal Penyuluhan* , 13 (1) : 1-13. DOI: <https://doi.org/10.25015/penyuluhan.v13i1.12903>
- Kadarusman, Rachmawati, R., Setyawidati, N. A. R., Sektiana, S. P., Tapilatu, R. F., Albasri, H., Nurdin, E., Saputra, R. S. H., Noviendri, D. & Nursid, M. in Widjaja & Kadarusman (edr) 2019. Sumber Daya Hayati Maritim, Buku Seri 2 Buku Besar Maritim Indonesia. Jakarta: Amafrad Press . 390 Pg.
- Lestari, I. 2021. Dampak Limbah Organik Tambak Udang Vaname Super Intensif Terhadap Tingkat Eutrofikasi Perairan Pantai Desa Palajau Kecamatan Arungkeke Kabupaten Jeneponto. Skripsi.
- Miller, D., & Semmens, K. 2002. Waste management in Aquaculture. *Aquaculture Information Series*. 2 (1): 1-10.
- Paena, M., R. Syamsuddin., C. Rani, & H. Tandipayuk. 2020. Estimasi Beban Limbah Organik dari Tambak Udang Superintensif yang Terbuang Di Perairan Teluk Labuange. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12 (2): 509-518.
- Purba, C. Y. 2012. Performa Pertumbuhan, Kelulushidupan, dan

- Kandungan Nutrisi Larva Udang Vanamei (*Litopenaeus vannamei*) melalui Pemberian Pakan Artemia Produk Lokal yang Diperkaya dengan Sel Diatom. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 1(1), 102115.
- Sambu, A, H., Malik, A., Anwar, A. 2021. Efektifitas Bakteri Nitrifikasi dan Denitrifikasi pada Limbah Organik Budidaya Udang Vannamei. *Jurnal Harpodon Borneo*. Vol 14 (2); 102-110.
- Supono. 2019. Teknologi Biofloc ; Prinsip dan Aplikasi dalam Akuakultur. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Supono., 2015. Manajemen lingkungan untuk akuakultur. Platanxia .Yogyakarta.
- Suwoyo, H, S., 2009. Tingkat konsumsi oksigen sedimen pada dasar tambak intensif udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Syamsuddin, R. 2014. Pengelolaan Kualitas Air Teori dan Aplikasi di Sektor Perikanan. Cetakan Pertama. Pijar Press. Katalog Dalam Terbitan. 340 hlm
- Titah, H, S., & Slamet, A. 2004. Studi Penurunan Nitrogen Amonium Limbah Tambak Udang Intensif Dengan Menggunakan Roughing. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Lingkungan*. 5(1)
- Wafi, A. Ariadi, H., Fadjar, M., Mahmudi, M. 2020. Model Simulasi Panen Parsial Pada Pengelolaan Budidaya Intensif Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ilmu Perikanan*. Vol 11(2)
- Yudiati, E., Arifin, Z., Riniatsih, I. 2010. Pengaruh Aplikasi Probiotik Terhadap Laju Sintasan dan Pertumbuhan Tokolan Udang Vanamei (*Litopenaeus vannamei*), Populasi Bakteri Vibrio, serta Kandungan Amoniak dan Bahan Organik Media Budidaya. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 15(3)
- Yunarty., Kurniaji, A., Budiyati., Renitasari, D, R., Resa, M. 2022. Karakteristik Kualitas Air dan Performa Pertumbuhan Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Pola Intensif. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 21(1)