

Potensi Pemanfaatan Limbah Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) untuk Budidaya Kerang Darah (*Anadara granosa*, Linneus 1758)

Eva Prasetyono^{1,2}, Kukuh Nirmala^{1*}, Eddy Supriyono¹, Sukenda¹ dan Yuni Puji Hastuti¹

¹Departemen Budidaya Perairan, Institut Pertanian Bogor; *e-mail: kukuhni@apps.ipb.ac.id

²Program Studi Akuakultur, Universitas Bangka Belitung

ABSTRAK

Budidaya udang vaname di tambak dilakukan semakin intensif untuk memenuhi tingginya permintaan. Intensitas kegiatan budidaya menyebabkan peningkatan beban limbah yang dihasilkan. Limbah tambak udang berupa dalam bentuk padatan lumpur organik dan senyawa-senyawa nutrisi terutama nitrogen dan fosfor dalam jumlah yang tinggi. Tingginya kandungan limbah ini menyebabkan permasalahan bagi lingkungan perairan diantaranya yaitu pertumbuhan pesat mikroalga. Limbah yang dihasilkan dari kegiatan budidaya udang di tambak perlu diatasi diantaranya dengan memanfaatkan limbah tersebut untuk budidaya kerang darah. Kerang darah merupakan organisme filter feeder dan detritus feeder yang hidup pada substrat lumpur dengan pakan utamanya yaitu mikroalga. Kerang darah juga menyerap detritus yang mengandung senyawa nutrisi untuk pertumbuhan. Limbah tambak udang yang mengandung lumpur dan senyawa nutrisi berpotensi digunakan untuk budidaya kerang darah. Budidaya kerang darah dapat dilakukan dengan cara co-culture dengan udang vaname pada tambak produksi udang, pemeliharaan kerang darah pada tambak IPAL udang atau menempatkan limbah tambak udang pada tambak budidaya kerang darah. Upaya pemanfaatan limbah tambak ini selain untuk meminimalisasi dampak limbah bagi lingkungan juga meningkatkan produktivitas kerang darah.

Kata kunci: Limbah tambak udang, lumpur, senyawa nutrisi, budidaya, kerang darah, filter feeder, detritus feeder

ABSTRACT

Vaname shrimp farming in ponds is carried out more intensively to meet the high demand. The intensity of farming activities causes an increase in the waste load. Shrimp pond waste is in the form of solid organic sludge and nutrient compounds, especially nitrogen and phosphorus in high amounts. The high content of this waste can cause problems for the aquatic environment including blooming microalgae. Pond waste needs to be addressed, including by utilizing the waste for blood cockle cultivation. Blood cockles are filter feeder and detritus feeder organisms that live on mud substrates and feed mainly on microalgae. They also absorb detritus which contains nutrient compounds for growth. Shrimp pond waste containing mud and nutrient compounds has the potential to be used for the cultivation of blood cockles. They can be done by co-culture with vaname shrimp in shrimp production ponds, rearing blood clams in shrimp waste water treatment ponds (WWTP) or placing shrimp pond waste in blood cockles culture ponds. Efforts to utilize this pond waste in addition to minimizing the impact of waste on the environment also increase the productivity of blood cockles.

Keywords: Shrimp pond waste, mud, nutrient compounds, aquaculture, blood clams, filter feeder, detritus feeder

Citation: Prasetyono, E., Nirmala, K., Supriyono, E., Sukenda., dan Hastuti, Y. P. (2023). Potensi Pemanfaatan Limbah Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) untuk Budidaya Kerang Darah (*Anadara granosa*, Linneus 1758). Jurnal Ilmu Lingkungan. 21(2). 420-430 doi:10.14710/jil.21.2.420-430

1. Pendahuluan

Budidaya udang Vaname merupakan kegiatan produksi yang banyak dilakukan oleh masyarakat pembudidaya secara global. Udang Vaname merupakan jenis krustasea yang paling banyak diproduksi lebih dari 53% dari kegiatan budidaya krustasea. Peningkatan produksi udang vaname di dunia terus mengalami kenaikan dari 2,65 juta ton

pada tahun 2010 menjadi 4,97 juta ton pada tahun 2018 (Food and Agriculture Organization, 2020). Indonesia merupakan produsen udang Vaname yang juga mengalami peningkatan produksi setiap tahun dalam rangka memenuhi tingginya permintaan ekspor atas komoditi tersebut (Mauladani et al., 2020). Komoditas udang di Indonesia merupakan komoditas teratas dalam lima tahun terakhir sebagai

produk unggulan ekspor nasional dengan pertumbuhan per-tahun rata-rata sebesar 6,43% (Bosman et al., 2021).

Udang Vaname memiliki keunggulan untuk dibudidayakan dibandingkan dengan spesies lainnya. Udang vaname mampu beradaptasi pada kondisi budidaya terkontrol dan mampu diproduksi pada daerah pedalaman air tawar, pesisir perairan payau dan asin (Junior et al., 2021). Budidaya udang Vaname relatif mudah dan mampu memberikan keuntungan yang tinggi sehingga menjadikan petambak udang di Indonesia telah banyak membudidayakannya dalam beberapa tahun terakhir (Suriya et al., 2016).

Intensifikasi budidaya udang Vaname merupakan upaya untuk meningkatkan hasil produksi, memaksimalkan keuntungan, mengefesiesikan penggunaan faktor produksi dan memenuhi tingginya permintaan terhadap komoditi udang vaname (Nisar et al., 2021). Peningkatan produksi dapat dicapai dengan cara melakukan perluasan lahan dan air serta penggunaan teknologi akuakultur yang lebih intensif dan modern dengan melibatkan penggunaan input yang lebih tinggi seperti air, pakan, pupuk dan bahan kimia. Hal ini akan mengakibatkan, kegiatan budidaya dianggap sebagai pencemar potensial lingkungan perairan dan penyumbang utama limbah organik dan senyawa-senyawa beracun (Lananan et al., 2014).

Peningkatan produksi udang vaname erat kaitannya dengan peningkatan padat tebar dan peningkatan penggunaan pakan buatan berprotein tinggi yang merupakan faktor produksi dalam kegiatan budidaya (Mughtar et al., 2021). Padat penebaran yang tinggi dalam budidaya udang sistem intensif diharapkan dapat diikuti dengan peningkatan produksi. Namun hal tersebut akan sebanding dengan tingginya penggunaan pakan dan limbah budidaya yang dihasilkan (Emerenciano et al., 2022).

Budidaya intensif membutuhkan banyak pakan buatan untuk memacu pertumbuhan. Pemberian pakan buatan akan menghasilkan sejumlah besar limbah organik, anorganik dan pakan yang tidak diasimilasi (Yuan et al., 2018). Chaikaew et al. (2019) menyatakan bahwa kandungan nitrogen dan fosfor pada pakan hanya digunakan masing-masing sebesar 21-24% dan 10-13%. Sebagian besar disimpan dalam bentuk limbah. Menurut Patil et al. (2021), biota budidaya umumnya mengakumulasi sekitar 20-25% protein yang dimasukkan ke dalam tubuhnya dan sisanya dilepaskan ke kolam sebagai amonium dan nitrogen organik. Iber and Kasan, (2021) menemukan bahwa pakan yang diberikan pada udang mengandung protein kasar rata-rata sebesar 30-40% dan hanya sekitar 20-25% yang dimanfaatkan oleh udang. Pemberian pakan meninggalkan sisa di dasar tambak sebagai limbah organik. Peningkatan produksi udang vaname yang semakin intensif pada akhirnya akan meningkatkan penggunaan pakan yang akan berdampak negatif terhadap lingkungan melalui limbah yang dihasilkan (Bosman et al., 2021). Dampak negatif dari limbah tambak udang akan menyebabkan

terjadinya pencemaran air, hilangnya keanekaragaman hayati, wabah penyakit dan perusakan habitat (Ni et al., 2021).

Upaya untuk mengatasi limbah tambak udang dilakukan dengan pembuangan air budidaya yang mengandung limbah tersebut secara teratur dalam jumlah kecil. Pembuangan ini biasanya dilakukan pada saat kegiatan budidaya berlangsung untuk digantikan dengan air bersih dan dibuang seluruhnya pada saat panen (Iber and Kasan, 2021). Limbah dalam bentuk padatan lumpur diatasi dengan melakukan proses sifon dan pembuangan lumpur tersebut ke luar tambak. Sedimen lumpur merupakan produk limbah yang dikeluarkan dari kolam budidaya pada akhir setiap siklus produksi. Padatan lumpur yang tidak dihilangkan dari tambak dapat terurai menjadi partikel yang lebih kecil yang melarutkan nutrisi, menurunkan kualitas air, memberikan kebutuhan oksigen biologis dan juga meningkatkan kadar karbon dioksida terlarut (Hossain et al., 2016). Air limbah dan Lumpur sedimen tambak yang dikeluarkan dari tambak dapat menyebabkan permasalahan bagi ekosistem perairan alam. Beberapa upaya untuk mengatasinya diantaranya dengan memanfaatkan air limbah dan lumpur sebagai media bagi pemeliharaan biota bentik akuatik (Sabilu et al., 2020).

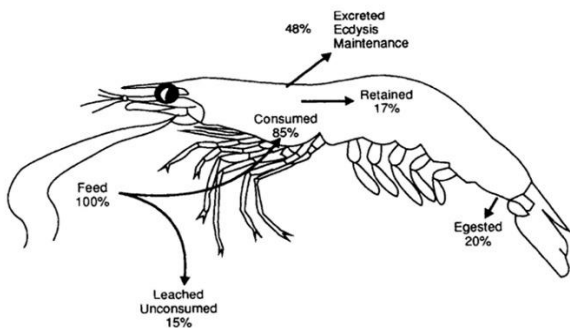
2. Limbah Tambak Udang

Limbah kegiatan budidaya di tambak dapat berupa limbah padat dan terlarut. Limbah padat terutama dalam bentuk residu pakan, kotoran ikan, koloni mikroorganisme yang mati dan limbah terlarut seperti amonia, urea, karbon dioksida, nitrogen dan fosfor (Dauda et al., 2019). Sumber limbah terbesar yang dihasilkan dalam budidaya udang berasal dari sisa pakan tidak termakan, feses dan organisme plankton yang mati (Nguyen and Maeda, 2015). Bahan pakan yang tidak dimakan dan kotoran ikan telah diidentifikasi sebagai kontributor utama untuk pembentukan lumpur pada sedimen tambak (Hossain et al., 2016).

Pakan yang diberikan kepada udang vaname di tambak tidak semuanya dimakan oleh udang. Hanya sebesar 85% pakan yang dimakan oleh udang dan sebesar 15% pakan tidak termakan dan terbuang di media budidaya. Pakan yang dimakan oleh udang sebesar 17% yang dipertahankan didalam tubuh dan dipanen sebagai udang, 15% tidak dikonsumsi, 20% menjadi feses dan 48% lainnya digunakan untuk penggunaan energi (Primavera, 1994).

Limbah dalam bentuk padatan yang dihasilkan dari kegiatan budidaya udang di tambak adalah limbah organik (Suwoyo et al., 2019; Dauda et al., 2019). Limbah yang berbentuk padat terutama yang berasal dari sisa pakan dan feses udang (Jasmin et al., 2020). Limbah padat lainnya diantaranya yaitu udang yang mati, cangkang udang bekas molting, plankton yang mati dan obat-obat kimia desinfektan (Nguyen and Maeda, 2015; Tampangallo et al., 2020; Iber and

Kasan, 2021). Limbah-limbah organik padat tersebut dapat membentuk lumpur (*sludge*) di dasar tambak (Jasmin et al., 2020). Lumpur terbentuk karena sejumlah besar pakan yang berlebihan dan degradasi bahan organik. Lumpur merupakan salah satu jenis limbah padat pada kegiatan akuakultur (budidaya) yang mengandung senyawa nitrogen, fosfor dan karbon organik terlarut dan dapat mempengaruhi lingkungan secara negatif ketika konsentrasinya lebih tinggi dari biasanya. Di antara komponen utama lumpur tambak adalah pakan yang tidak dimakan, fitoplankton, bahan tanaman membusuk lainnya, kotoran hewan, sedimen mineral, protozoa, bakteri, jamur dan residu input profilaksis dan terapeutik (Mirzoyan et al., 2010). Lumpur akan mempengaruhi ketersediaan habitat hewan budidaya, menghasilkan zat beracun yang dapat membahayakan kehidupan hewan air.



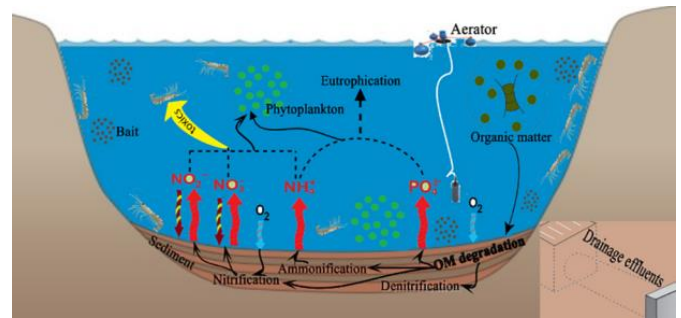
Gambar 1. Pemanfaatan pakan oleh udang (Primavera, 1994)

Kandungan limbah lumpur sedimen pada tambak udang vaname yang dipelihara selama 108 hari dengan padat tebar 118 ekor/m² menghasilkan total sedimen sebesar 157,58 – 189,29 ton berat basah, total nitrogen sedimen sebesar 2,376 – 2,854 ton, total fosfor sedimen sebesar 0,673 – 0,808 ton sedimen dan total karbon sedimen sebesar 10,035 - 12.054 ton (Sabilu et al., 2021). Tingginya beban limbah di sedimen akan menimbulkan permasalahan pada ekosistem. Beban limbah organik pada konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan peningkatan padatan organik, padatan tersuspensi, padatan terlarut, dan kekeruhan (Dauda et al., 2019). Akumulasi bahan organik yang tinggi di sedimen dasar menyebabkan penipisan oksigen terlarut karena peningkatan dekomposisi mikroba dan respirasi akuatik (Junior et al., 2021).

Jasmin et al. (2020) menyatakan bahwa Limbah padat atau lumpur terbagi menjadi dua kategori yaitu padatan tersuspensi dan padatan mengendap. Padatan tersuspensi merupakan partikel halus yang tetap tersuspensi dalam air dan sulit untuk mengendap kecuali dilakukan proses sedimentasi. Jenis lumpur ini sangat sulit untuk dibuang dari kegiatan budidaya. Di sisi lain, padatan yang mengendap adalah partikel yang lebih besar yang mengendap dalam waktu singkat dan sangat mudah untuk dihilangkan. Kedua jenis limbah padat tersebut

mengandung volume total padatan yang tinggi. Total padatan terlarut juga terdapat pada limbah padat dengan konsentrasi senyawa nitrogen yang tinggi. Kondisi tersebut akan mengakibatkan peningkatan aktivitas bakteri aerob yang pada akhirnya akan menurunkan jumlah oksigen dalam air budidaya.

Menurut Smith and Briggs (1998), komponen organik sedimen yang terakumulasi merupakan campuran antara kandungan organik tanah tambak dan material detritus. Material detritus ini terdiri dari material organik yang mengendap dari plankton, feses udang dan pakan yang tidak dimakan. Oleh karena itu, karakter akumulasi sedimen tergantung pada intensitas budidaya, kandungan organik tanah tambak, dan aplikasi pertukaran air. Masalah yang terkait dasar tambak dan akumulasi sedimen terjadi ketika bahan organik berlebihan menumpuk yang menyebabkan pelepasan amonia, senyawa sulfur organik, dan, dalam kasus bahan organik yang sangat tinggi dan tanah asam, hidrogen sulfida (Avnimelech and Ritvo, 2003).



Gambar 2. Dinamika bahan organik yang terbentuk pada tambak udang intensif (Yang et al. 2017)

Dekomposisi limbah padatan organik menyebabkan munculnya senyawa-senyawa nutrisi sederhana, mineral-mineral makro dan mikro yang menjadi faktor pendukung pertumbuhan mikroalga di perairan (Juliyanto et al., 2021). Bahan organik berbentuk kompleks yang mengandung protein, karbohidrat, lemak, mineral akan dirombak oleh mikroorganisme menjadi bentuk yang lebih sederhana diantaranya yaitu senyawa nitrogen, fosfat, karbon, sulfur, dan mineral-mineral (Karyaningsih, 2018). Diantara senyawa-senyawa tersebut, senyawa nitrogen dan fosfat merupakan faktor utama yang berperan terhadap pertumbuhan mikroalga (Klochenko et al., 2019)

Limbah dalam bentuk senyawa nitrogen (amonia, nitrit dan nitrat) yang terbentuk dari proses dekomposisi bahan organik dalam konsentrasi tinggi sangat beracun bagi biota akuatik (Anthony and Philip, 2006). Sumber utama dari amonia di tambak adalah protein dalam pakan. Metabolisme protein pakan menghasilkan amonia yang dikeluarkan melalui insang ke dalam air tambak. Padatan feses yang dikeluarkan oleh udang atau fitoplankton mati yang mengendap di dasar kolam dan mengalami proses dekomposisi akan menghasilkan amonia (Setyastuti et al., 2020). Amonia yang terionisasi

dapat diasimilasi oleh mikroalga sebagai sumber nutrisi (Hastuti, 2011). Amonia dapat dioksidasi oleh bakteri nitrifikasi (genera Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrosospira, Nitrosolobus, dan Nitrosovibrio) menjadi nitrit. Selanjutnya, nitrit melalui peran bakteri Nitrobacter, Nitrococcus, Nitrospira, dan Nitrospina dapat dimetabolisme menjadi nitrat (Hagopian and Riley, 1998). Nitrat merupakan unsur hara nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroalga untuk pertumbuhan (Hastuti, 2011). Oleh karena itu, semakin tinggi kandungan bahan organik ditambak maka keberadaan mikroalga akan semakin berlimpah (Huang et al., 2022).

Senyawa lainnya yang mempengaruhi peningkatan pertumbuhan mikroalga adalah ortofosfat (Mutia et al., 2021). Ortofosfat merupakan bentuk fosfor paling sederhana yang terlarut didalam air dan dapat diserap secara langsung oleh mikroalga (Maslukah et al., 2020). Fosfor dapat berada dalam bentuk anorganik terlarut (orthofosfat), organik terlarut dan partikel fosfat. Mikroalga dapat mengasimilasi secara langsung fosfor anorganik dan organik terlarut (Sari et al., 2019). Fosfor merupakan produk metabolit penting dari pakan budidaya selain nitrogen. Keberadaan fosfor di tambak disebabkan oleh pakan yang tidak termakan dan fosfor yang tidak tercerna dalam feses. Kelebihan fosfor di media budidaya bervariasi tergantung pada sistem budidaya, spesies hewan budidaya, jenis dan rasio bahan yang digunakan dalam formulasi pakan. Kebutuhan fosfor pada biota akuatik tergantung pada tingkat pertumbuhan jaringan dan struktur saluran pencernaan organisme budidaya sehingga mempengaruhi penyerapan dan pencernaan fosfor (Herath and Satoh, 2015). Air limbah organik mengandung tiga kelas fosfor, yaitu fosfor partikulat (mengendap di bagian bawah), fosfor tersuspensi (kurang padat dibandingkan fosfor partikulat) dan fosfor terlarut (larut sempurna dalam air) (Sugiura, 2018). Ikan mengeluarkan fosfor yang tidak dimanfaatkan dan tidak tercerna oleh tubuh dalam bentuk feses sebagai fosfor partikulat (Milian-Sorribes et al., 2021). Sebelum air limbah dibuang, beberapa partikulat fosfor dapat dikumpulkan di kolam pengendapan tetapi fosfor terlarut akan tetap ada dan akhirnya dibuang ke lingkungan (Sugiura, 2018). Fosfor dibutuhkan oleh mikroalga untuk menyusun protein, inti sel, DNA, RNA, dinding sel, dan ATP (Sari et al., 2019).

Nutrien berbasis nitrogen dan fosfor berperan penting dalam mendaur ulang senyawa organik. Unsur nutrisi (nitrat, nitrit, amonia, dan fosfat) juga berperan dalam proses dan perkembangan organisme hidup, seperti populasi fitoplankton, yang bergantung pada ketersediaan nutrisi di lingkungan perairan (Wisha et al., 2018). Keberadaan unsur nutrisi tersebut pada tambak udang vaname dipengaruhi oleh beban limbah dari kegiatan budidaya dan sistem budidaya (tabel 1). Nutrien dari limbah tersebut mempengaruhi kelimpahan mikroalga di dalam

tambak atau dilokasi buangan limbah tambak (Patil et al., 2021). Mikroalga merupakan mikroorganisme yang memanfaatkan senyawa anorganik nitrogen (amonium dan nitrat) dan fosfat dalam limbah akuakultur menjadi biomassa melalui pertumbuhan. Keberadaan mikroalga yang terkandung dalam perairan kaya bahan organik menyebabkan konsekuensi yang tidak diinginkan seperti *blooming microalgae* karena cepatnya pertumbuhan mikroalga. Oleh karena itu, pemanfaatan mikroalga oleh biota lain dalam air limbah membantu dalam pencegahan masalah ini (Tom et al., 2021).

Tabel 1. Jumlah nutrisi pada tambak udang

Nutrien	Jumlah (mg/L)	Sistem Budidaya	Waktu pemeliharaan (hari)	Referensi
Amonium	0,60±0,37	Semi intensif	10	*)
Amonia	0,18±0,01	Intensif	30	**)
Nitrit	0,20±0,33	Intensif	40	*)
	0,45±0,38	Intensif	30	**)
Nitrat	0,21±0,18	Intensif	40	*)
	1,96±1,69	Intensif	30	**)
Fosfat	0,72±0,07	Intensif	40	*)

Keterangan: *) = Alfiansah et al., (2018); **) = Badraeni et al., (2020)

Sabilu et al. (2021) menyatakan bahwa udang dengan periode pemeliharaan yang lebih pendek melepaskan sedimen dengan volume yang lebih sedikit dibandingkan dengan udang dengan periode pemeliharaan yang lebih lama. Total nitrogen dan total fosfor yang lebih banyak pada udang dengan periode pemeliharaan udang yang lebih panjang merupakan konsekuensi jumlah pakan dan volume pergantian air dalam tambak dengan proporsi lebih banyak. Nilai total total nitrogen, dan total fosfor di setiap periode pemeliharaan udang dipengaruhi langsung oleh jumlah sedimen yang terbentuk. Jumlah nutrisi buangan dari tambak udang akan meningkat seiring dengan meningkatnya laju pemberian pakan dan level protein pakan (Yang et al., 2017). Suwoyo et al. (2015) melaporkan bahwa budidaya udang vaname dengan kepadatan tinggi memberikan konsekuensi pada beban limbah sedimen yang tinggi pula (tabel 2).

Tabel 2. Total sedimen padat yang dikeluarkan oleh tambak udang

Sistem Budidaya	Tingkat Salinitas	Padatan Sedimen yang dihasilkan (ton/ha)	Referensi
Intensif	Tinggi	291	Martin et al. (1998)
Super Intensif	Tinggi	182-219	Suwoyo et al. (2019)
Intensif	Rendah	158-189	Sabilu et al.(2021)

Beban nutrisi air limbah tambak udang diperkirakan sebagai perbedaan antara nutrisi yang terkandung dalam pakan dengan nutrisi yang dipertahankan oleh biomassa. Hilangnya nitrogen dan fosfor ke dalam limbah budidaya telah diperkirakan

masing-masing sebesar 89% dan 102% yang tergantung pada spesies yang dibudidayakan atau sistem budidaya yang diterapkan (Verdegem, 2013). Peningkatan nitrogen dan fosfor di sedimen dan kolom air dipengaruhi keberadaan limbah sedimen budidaya udang vaname. Ritro et al. (1997) menyatakan bahwa konsentrasi karbon, nitrogen, kalsium, natrium, sulfur dan fosfor dalam sedimen tambak udang meningkat dengan cepat seiring dengan waktu pemeliharaan. Limbah anorganik dalam sistem budidaya terbuka cenderung menyebar ke area yang luas, tetapi komponen organik akan diendapkan dalam sedimen tambak yang limbahnya menyebar tidak terlalu jauh dari areal pertambakan (Mente et al., 2011).

3. Karakteristik Kerang Darah dan Potensinya dalam Memanfaatkan Limbah Tambak Udang

Kerang darah (*Anadara granosa*, Linnaeus 1758) merupakan biota benthik yang hidup di substrat sedimen bagian dalam keluarga Arcidae dan kelas Bivalvia (Arapov et al., 2010). Anadara merupakan marga terbesar yang termasuk kedalam subfamili Anadarinae dengan anggota lebih dari 100 spesies (Sulistiyarningsih and Arbi, 2020). Nama kerang darah (*blood cockle*) mengacu pada pigmen penghasil darah merah (hemoglobin) dan hemosianin yang terdapat dalam darah dan sel jaringan yang menjadikan darah berwarna merah gelap dan memungkinkan spesies ini untuk hidup di habitat yang kritis oksigen (Cilenti et al., 2010).

Kerang darah merupakan jenis organisme *ciliary feeder* yang berperan sebagai *deposit feeder* atau *filter feeder* (Rosa et al., 2017). Organisme ini melakukan pengambilan makanan dengan cara menyaring zat-zat tersuspensi yang ada dalam perairan. Mekanisme makan pada kerang darah melalui beberapa proses. Kerang darah mengambil makanan dengan cara membuka cangkangnya sedikit dan pada bagian tepi mantel diulurkan ke sisi cangkang. Mantel kemudian berkontraksi sehingga ruangan di antara kedua lobi tersebut akan terbentuk celah, melalui celah ini air mengalir masuk ke tubuhnya dengan membawa sejumlah makanan. Adapun pada sisi-sisi makanan yang tidak diinginkan akan dikeluarkan melalui celah excurrent siphon (Satrioajie, 2012). Partikel makan yang memasuki rongga mantel akan dipindahkan sepanjang ctenidium ke palp labial yang dianggap sebagai tempat utama pemilihan partikel. Setelah seleksi pada organ palialis, beberapa partikel ditolak sebagai pseudofeses sementara yang lain tertelan. Kerang dapat menyortir partikel dan menolaknya sebelum dikonsumsi dalam bentuk kotoran semu (pseudofeses) tergantung pada berbagai faktor seperti konsentrasi partikel yang disaring dari suspensi, sifat permukaan partikel yang terperangkap, nilai gizi yang rendah, atau sifat kimia partikel (Rosa et al., 2017). Ketika partikel melalui kerongkongan memasuki lambung, dekomposisi mekanis dan enzimatis dari makanan yang dicerna dimulai. Rotasi gaya kristal secara mekanis memecah

partikel besar sementara enzim yang dilepaskan mulai menguraikan partikel organik. Perut adalah tempat pemilihan partikel pasca-pencernaan dimana partikel organik yang lebih ringan memasuki saluran divertikula pencernaan dan melanjutkan pencernaan intraseluler. Partikel tertelan yang tersisa melewati usus ke mid-gut di mana mereka bercampur dengan bahan lain yang tidak tercerna dan dimasukkan ke dalam feses yang dikeluarkan melalui anus dan lubang siphon (Arapov et al., 2010).

Pakan utama kerang ini yaitu dari jenis mikroalga (fitoplankton) (Lam and Hai, 1998; Gomez et al., 2010; Yurimoto et al., 2014). Hal ini didukung oleh keberadaan enzim selulolitik yang ditemukan di usus tengah kerang darah (Niiyama et al., 2012). Enzim selulolitik berfungsi untuk memecah mikroalga yang masuk ke saluran pencernaan kerang darah (Yurimoto et al., 2014). Keberadaan fitoplankton sebagai sumber makanan merupakan faktor kunci dalam memperoleh pertumbuhan kerang darah yang optimal (Saif et al., 2020). Daerah berlumpur sangat disukai oleh kerang darah karena badan air tersebut diperkaya dengan fitoplankton sebagai sumber makanan utama untuk kerang (Syahira et al., 2021). Kerang darah yang termasuk marga Anadara merupakan genus dari bivalvia yang dapat hidup mandiri di area lingkungan yang selalu berubah-ubah (pasang surut, salinitas dan suhu) (You et al., 2001). Kerang darah terdistribusi di daerah hutan mangrove, vegetasi berlumpur dan daerah campuran (Khalil et al., 2017). Kerang darah juga terdapat di daerah pantai berpasir atau tanah berlumpur. Hewan ini dapat hidup di perairan laut terutama daerah litoral atau dasar perairan yang berpasir. Substrat yang baik untuk pertumbuhan kerang darah berupa lumpur lunak yang tersusun dari 90% lumpur atau lebih, dengan diameter partikel $\leq 0,124$ mm (Sulistiyarningsih and Arbi, 2020). Menurut Afiati (2007), kerang darah merupakan organisme yang bersifat kosmopolitan yang sering membentuk spesies dominan komunitas benthik perairan dangkal. Kerang ini banyak ditemukan pada dataran lumpur lunak di muara yang terlindungi pada zona intertidal hingga marginal sub-tidal. Kerang darah merupakan spesies infaunal yang hidup bebas tanpa terikat. Kerang darah hidup terutama di bagian bawah dataran pasang surut berlumpur. Karakteristik lumpur tambak udang dapat digunakan sebagai substrat hidup kerang darah karena sesuai dengan habitat substrat hidup kerang darah di alam (Wittayanupakorn et al., 2013). Hal ini dikarenakan limbah padatan organik tambak udang menghasilkan lumpur lunak yang didominasi oleh tingginya unsur nutrisi (Patil et al., 2021).

Limbah tambak udang mengandung senyawa nitrogen dan fosfat dalam jumlah yang tinggi dan menjadi sumber nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga (Patil et al., 2021). Mikroalga tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber makanan untuk budidaya kerang darah (Gomez et al., 2010). Kerang darah termasuk *non selective filter feeder* yang dapat

menyerap semua padatan tersuspensi mikroalga ke dalam tubuhnya (Wulandari et al., 2019). Menurut Wittayanupakom et al., (2013), kerang darah kebanyakan memakan fitoplankton dan bahan organik tersuspensi yang banyak ditemukan dalam konsentrasi tinggi di tambak udang dari pakan yang tidak dikonsumsi. Dengan demikian, filter feeder dapat memanfaatkan bahan organik di tambak dan mengubahnya menjadi biomassa dan mengendalikan pertumbuhan fitoplankton yang dapat menyebabkan masalah dalam budidaya udang.

Selain mikroalga, detritus merupakan jenis pakan kerang darah (Ramli and Riza, 2013). Kontribusi detritus dalam pakan kerang penting selama periode kehidupannya ketika kelimpahan mikroalga terlalu rendah untuk memenuhi kebutuhan energi kerang (Arapov et al. 2010). Limbah tambak udang pada sedimen lumpur juga dapat diserap langsung oleh kerang darah karena kerang darah mampu berperan sebagai detritus feeder yang memanfaatkan sisa pakan dan sisa metabolisme (feses) dari udang (Sulistiyarningsih and Arbi, 2020).

Habitat dan lingkungan kerang darah pada daerah substrat berlumpur menjadikan kerang darah yang dapat berperan menjadi pemakan partikel tersuspensi dan pemakan partikel terdeposit (Arapov et al., 2010). Menurut Dame (2012), kelompok *Bivalvia* deposit feeder memenuhi sebagian besar kebutuhan nutrisi mereka dari bagian organik dari sedimen yang mereka telan. Beberapa *bivalvia* dapat beralih dari filter feeder ke deposit feeder dalam kedua mode secara bersamaan tergantung pada kondisi di habitat dan ekologi lingkungan. Klasifikasi status *bivalvia* sebagai deposit feeder adalah relatif. *Bivalvia deposit feeder* menggunakan mekanisme pemompaan yang sama seperti yang digunakan oleh filter feeder untuk memindahkan air. Kualitas makanan atau kandungan organik substrat sedimen seringkali rendah yang menyebabkan *bivalvia* pemakan deposit telah mengembangkan dua pendekatan untuk makan yaitu makan dalam jumlah besar dan penyortiran. Pada kondisi makan dalam jumlah yang besar, sejumlah besar sedimen diproses melalui saluran pencernaan untuk mendapatkan sejumlah kecil nutrisi. Deposit feeder biasanya menyortir partikel sebelum dicerna ke dalam mulut dan menolak sebagian besar partikel sebagai pseudofeces.

Shull (2019) menyatakan bahwa *deposit feeder* menelan partikel yang terdiri dari endapan (deposit) sedimen. Aktivitas tersebut adalah strategi makan yang dominan dalam sedimen berlumpur. Bahan organik yang dapat dicerna biasanya kurang dari 1% massa sedimen, untuk memenuhi kebutuhan metabolisme, pemakan deposit menunjukkan tingkat penyerapan sedimen yang cepat, rata-rata sekitar tiga persen dari berat badan per hari. Pemakan deposit yang beradaptasi untuk hidup di sedimen dengan konsentrasi bahan organik yang relatif rendah dapat menunjukkan tingkat konsumsi yang lebih tinggi.

Tingkat makan deposit organisme individu meningkat dengan meningkatnya ukuran tubuh. Bahan organik dari limbah tambak merupakan detritus yang terdiri atas sisa pakan yang tidak termakan, feses, organisme yang keberadaannya tinggi di sedimen tambak (Mustafa, 2017). Detritus limbah tambak udang yang mengandung senyawa nitrogen dan fosfor dapat dimanfaatkan secara langsung oleh kerang darah (Sulistiyarningsih and Arbi, 2020)

Beberapa faktor yang mendukung pertumbuhan dan kepadatan kerang yang terkait dengan substrat diantaranya yaitu tipe substrat yang disenangi, interaksi biota dengan lingkungannya, ketersediaan makanan (mikroalga, zat organik tersuspensi) (Dame, 2012). Karakteristik substrat sangat penting dalam budidaya kerang darah karena merupakan sumber makanan, habitat, tempat berlindung, dan tempat pembenihan. Nutrien yang terdapat pada sedimen juga dapat digunakan untuk menentukan kelangsungan hidup dan perkembangan pertumbuhan budidaya kerang dengan pemantauan bulanan (Salaenoi et al., 2015). Biasanya, kerang yang dibudidayakan secara alami bergantung pada ketersediaan makanan di substrat dan kolom air. Oleh karena itu, unsur hara substrat sangat penting untuk menentukan kesuburan tanah (Syahira et al., 2020). Tingginya nutrisi sedimen pada limbah tambak udang dapat mendukung pertumbuhan kehidupan kerang darah yang dibudidayakan (Syahrir et al., 2021).

Kerang darah memiliki daya tahan hidup yang tinggi serta dapat dimanfaatkan mengatasi pencemaran perairan akibat padatan tersuspensi jika jumlahnya berlimpah (Sulistio et al., 2020). Kerang darah berpotensi digunakan untuk mengatasi limbah tambak udang vaname (Sulistiyarningsih and Arbi, 2020) yang dipelihara pada salinitas rendah (payau) dan tinggi (laut). Beberapa penelitian dengan menggunakan limbah tambak udang sebagai media budidaya kerang darah telah berhasil menurunkan kandungan senyawa limbah tersebut. Penelitian-penelitian tersebut dilakukan pada skala laboratorium. Wittayanupakom et al. (2013) menemukan bahwa kerang darah sangat efektif dalam menghilangkan partikulat, nitrogen partikulat, mikroalga dan partikulat fosfor dari air budidaya udang vaname. Ko-kultur kerang darah dengan udang vaname menghasilkan penurunan kekeruhan sebesar 59,0%, total partikulat sebesar 60,0%, partikulat bahan organik sebesar 66,0%, klorofil a sebesar 85,2%, partikulat nitrogen sebesar 75,0%, dan partikulat fosfor sebesar 55,4%. Nicholausa et al. (2019) meneliti bahwa kerang darah mampu mengurangi tingkat limbah melalui pengurangan nutrisi anorganik, karbon organik total, nitrogen organik total, dan fosfor total dalam sedimen. Penelitian Syahrir et al. (2021) mendapatkan bahwa kerang darah mampu menurunkan konsentrasi bahan organik total dari 200 mg/l menjadi 50 mg/l, yang berarti kerang darah merupakan bioremediator

kerang darah di tambak (Saif et al., 2020). Budidaya kerang darah pada tambak tersendiri dilakukan agar lebih mampu mengontrol kualitas lingkungan yang sesuai bagi kehidupan kerang darah (Syahira et al., 2020). Selain itu, budidaya kerang darah pada tambak tersendiri dapat dipelihara dengan kepadatan tinggi, menjadikan kerang darah yang dibudidayakan terlindung dari predator, dan mempermudah dalam proses pemanenan (Atmaja et al., 2014).

5. Kesimpulan

Limbah tambak udang vaname yang terdiri atas limbah padatan lumpur dan terlarut berpotensi digunakan untuk budidaya kerang darah. Padatan lumpur dapat menghasilkan senyawa nutrisi dan limbah terlarut yang juga mengandung senyawa nutrisi terutama nitrogen dan fosfor dapat diasimilasi oleh mikroalga. Mikroalga merupakan pakan utama kerang darah. Selanjutnya, limbah padatan lumpur dapat digunakan sebagai substrat hidup kerang darah sekaligus detritus yang dapat diserap oleh kerang darah. Budidaya kerang darah dengan menggunakan limbah tambak udang dapat dilakukan dengan metode, *co-culture* dengan udang vaname di tambak produksi udang vaname, budidaya di tambak IPAL dan budidaya di tambak kerang darah tersendiri (*land base farming*) dengan menggunakan air limbah dan lumpur tambak udang vaname. Pemanfaatan limbah tambak udang untuk budidaya kerang darah diharapkan dapat meminimalisasi dampak limbah bagi lingkungan dan meningkatkan produktivitas kerang darah

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Layanan Pembiayaan Pendidikan, Kemendikbudristek, Institut Pertanian Bogor dan Universitas Bangka Belitung.

DAFTAR PUSTAKA

Afiati, N. (2007), Gonad Maturation of Two Intertidal Blood Clams *Anadara granosa* (L.) and *Anadara antiquata* (L.) (Bivalvia: Arcidae) in Central Java, *Journal of Coastal Development*, 10(2), 105-113.

Alfiansah, Y. R., Hassenruck, C., Kunzmann, A., Taslihan, A., Harder, J., and Gardes, A. (2018), Bacterial Abundance and Community Composition in Pond Water From Shrimp Aquaculture Systems With Different Stocking Densities, *Front. Microbiol* 9, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02457>

Anthony, S. P., and Philip, R. (2006), Bioremediation in Shrimp Culture Systems, *World Fish Center Quarterly*, 29, 62-66.

Arapov, J., Balic, D. E., Peharda, M., and Gladan, Z. N. (2010), Bivalve feeding—how and what they eat?, *Ribarstvo*, 68(3), 105-116.

Atmaja, B. S., Rejeki, S., and Wisnu, R. (2014), Pengaruh Padat Tebar Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Kelulushidupan Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Dibudidayakan di Perairan Terabrasi Desa Kaliwlingi Kabupaten Brebes, *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3 (4), 207-213.

Avnimelech, Y., dan Ritvo, G. (2003), Shrimp and Fish Pond Soils: Processes and Management, *aquaculture*, 220 (1), 549-567.

Badraeni., Azis, H. Y., Tresnati, J., and Tuwo, A. (2020), Seaweed *Gracilaria Changii* as A Bioremediator Agent for Ammonia, Nitrite and Nitrate in Controlled Tanks of Whiteleg Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Proceeding of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 564(1), 1-15.

Bosman, O., Soesilo, T. E. B., and Rahardjo, S. (2021), Pollution Index and Economic Value of Vannamei Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Farming in Indonesia, *Indonesian Aquaculture Journal*, 16 (1), 51-60. <http://dx.doi.org/10.15578/iaj.16.1.2021.51-60>

Chaikaew, P., Rugkarn, N., Pongpipatwattana, V., and Kanokkantapong, V. (2019), Enhancing Ecological-Economic Efficiency of Intensive Shrimp Farm Through In-Out Nutrient Budget and Feed Conversion Ratio, *Sustainable Environment Research*, 29 (1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s42834-019-0029-0>

Chandra, G., Sharma, A. P., and Sahu, S. K. (2013), Impact of Pen-Culture Technology on Fish Productivity of Floodplain Wetlands in Asom, *Indian Journal of Animal Sciences*, 83 (2), 209-215

Cilenti, L., Scirocco, T., Specchiulli, A., Florio, M., Renzi, M., and Breber P. (2010), Population structure and spatial distribution of *Loripes lacteus* (Linnaeus, 1758) in Varano lagoon, SE Italy, *Transit Water Bull*, 2(4), 63-70. <https://doi.org/10.1285/i1825229Xv2n4p63>

Dame, R. F. (2012), *Ecology Marine Bivalves an Ecosystem Approach*, CRC Press, New York, pp. 63-99.

Dauda, A. B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A.S., and Akinwole, A. O. (2019), Waste Production in Aquaculture: Sources, Components and Managements in Different Culture Systems, *Aquaculture and Fisheries*, 4(3), 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002>

Emerenciano, M. G. C., Rombenso, A. N., Vieira, F. D. N., Martins, M. A., Coman, G. J., Truong, H. H., Noble, T. H., and Simon, C. J. (2022), Intensification of Penaeid Shrimp Culture: An Applied Review of Advances in Production Systems, Nutrition and Breeding, *Animals*, 12, 236. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>

Food and Agriculture Organization. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*, FAO, Rome. doi : <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

Gomez, M. M. S., Fuerte, M. V., and Lizarraga, G. I. (2010), Gut Content Analysis of *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) Through Histological Sections, *Cicimar Oceanides*, 25(2), 143-148. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v25i2.90>

Hagopian, D.S. and Riley, J.G. (1998), A Closer Look at The Bacteriology of Nitrication, *Aquacultural Engineering*, 18 (4), 223-244.

Hastuti, Y. P. (2011), Nitrifikasi dan Denitrifikasi di Tambak, *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 10 (1), 89-98. <https://doi.org/10.19027/jai.10.89-98>

Herath, S. S., and Satoh, S. (2015), Environmental Impact of Phosphorus and Nitrogen from Aquaculture, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, 369-386. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100506-4.00015-5>

Hossain, M. A., Sarker, A. K, Amin, M. N., Hossain, M. M., and Miah, M. S. (2016), Development and Performance Evaluation of Sludge Remover for Intensive

- Aquaculture, *Aquacultural Engineering*, 74, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.06.001>
- Huang, C., Luo, Y., Zeng, G., Zhang, P., Peng, R., Jiang, X., and Jiang, M. (2022), Effect of Adding Microalgae to Whiteleg Shrimp Culture on Water Quality, Shrimp Development and Yield, *Aquaculture Reports*, 22, 100916. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100916>
- Iber, B. T., and Kasan, N. A. (2021), Recent Advances in Shrimp Aquaculture Wastewater Management, *Heliyon*, 7 (11), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08283>
- Jasmin, M. Y., Syukri, F., Kamarudin, M. S., and Karim, M. (2020), Potential of Bioremediation in Treating Aquaculture Sludge, *Aquaculture*, 519, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734905>
- Juliyanto, N. A. W., Maftuch, and Masithah, E. D. (2021), Analysis of Phytoplankton Diversity on The Productivity of Vannamei Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Intensive Pond, Jatisari Village, Banyuwangi, *J.Exp. Life Sci.*, 11 (2), 26-33. <https://doi.org/10.21776/ub.jels.2021.011.02.01>
- Junior, A. P. B., Flickinger, D. L., and Henry-Silva, G. G. (2021), Sedimentation Rates of Nutrients and Particulate Material in Pond Mariculture of Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Carried Out with Different Management Strategies, *Aquaculture*, 534, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736307>
- Karyaningsih, I. (2018), Types of Organisms Decomposers of Soil Pollutants, *Journal of Forestry and Environment*, 01, 16-21. <https://doi.org/10.25134/jfe.v1i01>
- Khalil, M., Yasin, Z., and Hwai, T. S. (2017), Reproductive Biology of Blood Cockle *Anadara granosa* (bivalvia: arcidae) in The Northern Region of The Strait of Malacca, *Ocean Sci. J.*, 52(1), 75-89. <https://doi.org/10.1007/s12601-017-0010-y>
- Klochenko, P., Shevchenko, T., Nezbrytskaya, I.N., and Bilous, O. (2019), Phytoplankton Production and Decomposition Characteristics in Water Bodies Differing in The Degree of Their Contamination by Inorganic Compounds of Nitrogen and Phosphorus, *Hydrobiological Journal*, 55(3), 29-43. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v55.i3.40>
- Lam, N. N., and Hai, D. N. (1998), Gut Contents of Blood Cockle, *Anadara granosa* (L.), with Emphasis on Diatoms, Tra Vinh, South Vietnam, *Phuket Marine Biological Center*, 18(1), 77-82.
- Lananan, F., Hamid, S. H. A., Din, W. N. S., Khatoon, H., Jusoh, A., and Endut, A. (2014), Symbiotic Bioremediation of Aquaculture Wastewater in Reducing Ammonia and Phosphorus Utilizing Effective Microorganism (EM-1) and Microalgae (*Chlorella* sp.), *Int. Biodeterior Biodegradation*, 95, 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.06.013>
- Martin, J. L. M., Veran, Y., Guelorget, O., and Pham, D. (1998), Shrimp Rearing: Stocking Density, Growth, Impact on Sediment, Waste Output and Their Relationships Studied Through The Nitrogen Budget in Rearing Ponds, *Aquaculture*, 164, 135-149. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00182-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00182-3)
- Maslukah, L., Zainuri, M., Wirasatriya, A., and Widaratih, R. (2020), Studi Kinetika Adsorpsi dan Desorpsi Ion Fosfat (PO₄²⁻) di Sedimen Perairan Semarang dan Jepara, *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 383-394. <http://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.32392>
- Mauladani, S., Rahmawati, A. I., Absirin, M. F., Saputra, R. N., Pratama, A. F., Hidayatullah, A., Dwiarto, A., Syarif, A., Junaedi, H., and Cahyadi, D. (2020), Economic Feasibility Study of *Litopenaeus vannamei* Shrimp Farming: Nanobubble Investment in Increasing Harvest Productivity, *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 19(1), 30-38. <https://doi.org/10.19027/jai.19.1.30-38>
- Mente, E., Karalazos, V., Karapanagiotidis, I.T., and Pita, C. (2011), Nutrition in Organic Aquaculture: an Inquiry and A Discourse, *Aquaculture Nutrition*, 17(4), 798-817. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00846.x>
- Milian-Sorribes, M. C., Tomas-Vidal, A., Penaranda, D. S., Carpintero, L., Mesa, J. S., Dupuy, J., Donadeu, A., Macias-Vidal, J., and Martínez-Llorens, S. (2021), Estimation of Phosphorus and Nitrogen Waste in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) Diets Including Different Inorganic Phosphorus Sources, *Animals*, 11, 1-14. <https://doi.org/10.3390/ani11061700>
- Mirzoyan, N., Tal, Y., and Gross, A., (2010), Anaerobic Digestion of Sludge from Intensive Re-Circulating Aquaculture Systems, *Aquaculture*, 306, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.05.028>
- Mohd, S., Gafur, A., Hartanto, N., Sirajuddin, Anshar, Sabar, Arsyad, Zaenal, (2019), Perbaikan Manajemen Operasional IPAL pada Tambak Udang Vaname Intensif, *Jurnal Perencanaan Budidaya Air Payau*, 5, 121-137
- Muchtar, Farkan, M., and Mulyono, M., (2021), Productivity of Vannamei Shrimp Cultivation (*Litopenaeus vannamei*) in Intensive Ponds in Tegal City, Central Java Province, *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 10(2), 147-154. [doi:https://doi.org/10.20473/jafh.v10i2.18565](https://doi.org/10.20473/jafh.v10i2.18565)
- Mustafa, A., (2017), Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi dari Outlet Tambak Udang Intensif di Kabupaten Jepara, *Jurnal Disprotek*, 8 (1), 34-45. <https://doi.org/10.34001/jdpt.v8i1.484>
- Mutia, S., Nedi, S., and Elizal. (2021), Effect of Nitrate and Phosphate Concentration on *Spirulina platensis* with Indoor Scale, *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(1), 29-35. <https://doi.org/10.31258/ajaoas.4.1.29-35>
- Nguyen, H. V., and Maeda, M. (2015), Nutrient Mass Balances In Intensive Shrimp Ponds with A Sludge Removal Regime: A Case Study in The Tam Giang Lagoon, Central Vietnam, *Journal of Agricultural Science and Technology A and B & Hue University Journal of Science*, 5, 538-547. <https://doi.org/10.17265/2161-6256/2015.12.013>
- Ni, M., Yuan, J., Zhang, L., Hua, J., Rong, H., and Gu, Z. (2021), In-situ and Ex-situ Purification Effect of Ecological Ponds of Euryale Ferox Salisb on Shrimp Aquaculture, *Aquaculture*, 540, 736678. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736678>
- Nicholausa, R., Lukwambea, B., Zhaoa, L., Yanga, W., Zhua, J., and Zhenga, Z. (2019), Bioturbation of Blood Clam *Tegillarca granosa* on Benthic Nutrient Fluxes and Microbial Community in An Aquaculture Wastewater Treatment System, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 142, 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.05.004>
- Niiyama T., Toyohara H., and Tanaka K. (2012), Cellulase Activity in Blood Cockle (*Anadara granosa*) in the Matang Mangrove Forest Reserve, Malaysia, *JARQ*, 46, 355-359. <https://doi.org/10.6090/jarq.46.355>
- Nisar, U., Zhang, H., Navghan, M., Zhu, Y., and Mu, Y., (2021), Comparative Analysis of Profitability and Resource

- Use Efficiency Between *Penaeus monodon* and *Litopenaeus vannamei* in India, *PLoS ONE*, 16(5), 1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250727>
- Patil, P. K., Antony, L., Avunje, S., Viswanathan, B., Lalitha, N., Jangam, A.K., Kumar, D., Solanki, H.G., Reddy, M.A., and Vinayakarao, A. (2021), Bioaugmentation with Nitrifying and Denitrifying Microbial Consortia for Mitigation of Nitrogenous Metabolites in Shrimp Ponds, *Aquaculture*, 541(15), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.73>
- Primavera, J. H. (1994), *Shrimp Farming in The Asia Pacific: Environmental and Trade Issues and Regional Cooperation*, Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Philippines, pp. 18-25.
- Purcell, S. W., Patrois, J., and Fraise, N. (2006), Experimental Evaluation of Co-Culture of Juvenile Sea Cucumbers, *Holothuria scabra* (Jaeger), with Juvenile Blue Shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson), *Aquaculture Research*, 37, 515-522 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01458.x>
- Ritro, G., Lawrence, A. L., Neil, W. H., Samocho, T. M., Dixon, C.B., and Speed F., (1997), *Elemental Accumulations in Soil of Shrimp Ponds in Six Years*, World Aquaculture society in Seattle, Washington.
- Rosa, M., Ward, J. E., Holohan, B. A., Shumway, S. E., and Wikfors, G. H. (2017), Physicochemical Surface Properties of Microalgae and Their Combined Effects on Particle Selection by Suspension-Feeding Bivalve Molluscs, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 486, 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2016.09.007>
- Sabilu, K., Supriyono, E., Nirmala, K., Jusadi, D., and Widanarni, (2020), Production Performance and Physiological Responses of Sea Cucumber (*Holothuria scabra*) Reared Using *Penaeus Vannamei* Pond Sediment as A Source of Nutrients, *AAFL Bioflux*, 13(6), 3507-3519.
- Saffian, N. S., Peng, C. T. C., Ilias, N., and Hwai, A. T. S. (2020), Overview and Challenges of Blood Cockle Culture in Malaysia, *Proceeding of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 414, 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/414/1/012020>
- Saif, M. L. M., Yusof, F., Rani, A., Apandi, A., and Jamari, Z. (2020), Blood Cockles *Tegillarca granosa* Growth Performance, *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(5), 269-276
- Salaenoi, J., Sukudom, C., Wongsin, T., and Sirisuay, S. (2015), Sediment Quality in Cockle Culture and Non-Cultured Area at Bandon Bay, Thailand, *Proceeding of International Conference on Plant, Marine and Environmental Sciences*, 110-114. <http://dx.doi.org/10.15242/IICBE.C0115043>
- Sari, L. A., Sari, P. D. W., Nindarwi, D. D., Arsad, S., and Affandi, M. (2019), Harmful Algae Identification in Bomo Water Environment, Banyuwangi, East Java, Indonesia, *Ecology, Environment and Conservation*, 25, S26-S31.
- Satrioajie, W. N. (2012), Biologi dan Ekologi Kerang Bulu *Anadara (Cunearca) pilula* (REEVE, 1843), *Oseana*, 37(2), 1-9.
- Setyastuti, T. A., Puspitasari, I., Sukamto, D., and Asmarany, A. (2020), Kelimpahan Bakteri Heterotrof Pada Tambak Dengan Jenis Mangrove Yang Berbeda Di Pulokerto Pasurua, *Jurnal Chanos chanos*, 18 (1), 7-17. <http://dx.doi.org/10.15578/chanos%20chanos.v18i1.18961>
- Setyono, D. E. D. (2007), Prospek Usaha Budidaya Kekeurangan di Indonesia, *Oseana*, 32(1), 33-38.
- Shull, D. H. (2019), *Bioturbation. Encyclopedia of Ocean Sciences, 3rd Edition*, United States (US), Elsevier Ltd, pp. 395-400.
- Smith, F. S. J., and Briggs, M. R. (1998), Nutrient Budgets in Intensive Shrimp Ponds: Implications for Sustainability, *Aquaculture*, 164, 117-133. [https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(98\)00181-1](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(98)00181-1)
- Song, X., Pang, S., Guo, P., and Sun, Y. (2020), Evaluation of Carrying Capacity for Shrimp Pond Culture with Integrated Bioremediation Techniques, *Aquaculture Research*, 51, 761-769. <https://doi.org/10.1111/are.14426>
- Sugiura, S. H. (2018), Phosphorus, Aquaculture, and the Environment, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(4), 1-7. <http://doi.org/10.1080/23308249.2018.1471040>
- Suwartimah, K., Wulandari I. D., Hartati, R., and Redjeki, S. (2017), Komposisi Fitoplankton Pada Tambak Kerang, *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1), 65-71.
- Ramli, M., and Riza, A. H. (2013). Feeding Cockles With Detritus Balls, *J. Biol. Agric. Healthc*, 3 (12), 102-107.
- Sulistio, H. T., Efriyeldi, and Ghalib, M. (2002), Abundance and Distribution of Blood Clams (*Anadara granosa*) in Coastal Waters of Mekarbaru Village Kepulauan Meranti, *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 3(1), 11-19.
- Sulistiyaniingsih, E., and Arbi, U. Y. (2020), Aspek Bio-Ekologi Dan Pemanfaatan Kerang Marga Anadara (Mollusca: Bivalvia: Arcidae), *Oseana*, 45(2), 69-85. <https://doi.org/10.14203/oseana.2020.Vol.45No.2.95>
- Suriya, M., Shanmugasundaram, S., and Mayavu, P. (2016), Stocking Density, Survival Rate, and Growth Performance of *Litopenaeus vannamei* (Boon, 1931) in Different Cultured Shrimp Farms, *International Journal of Current Research in Biology and Medicine*, 1 (4), 26-32. <http://dx.doi.org/10.22192/ijcrbm.2016.01.05.004>
- Suwartimah, K., Wulandari, I. D., Hartati, R., and Redjeki, S. (2017), Komposisi Fitoplankton Pada Tambak Kerang, *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1), 65-71. <https://doi.org/10.14710/jkt.v20i1.1364>
- Suwoyo, H. S. Tahe, S., and Fahrur, M. (2015), Potential, Characteristics and Utilization of Shrimp Pond Solid Waste as Organic Fertilizer, *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4(2), 411-421. <https://doi.org/10.22161/ijeab/4.2.24>
- Suwoyo, H. S., Tuwo, A., Haryati, and Anshary, H. (2019), Potential, Characteristics and Utilization of Shrimp Pond Solid Waste as Organic Fertilizer, *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4(2), 411-421. <https://doi.org/10.22161/ijeab/4.2.24>
- Syah, R., Fahrur, M., Suwoyo, H. S. S., and Makmur. (2017), Performansi Instalasi Pengolah Air Limbah Tambak Superintensif, *Media Akuakultur*, 12 (2), 95-103. <http://dx.doi.org/10.15578/ma.12.2.2017.95-103>
- Syahira, S. N., Nithiyaa, N., Nooraini, I., and Tan, S. H. A., (2021), Preliminary Study on The Growth Development of Blood Cockle (*Tegillarca granosa*) by Using Different Substrates in The Hatchery System, *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 7(2), 71-78. <https://doi.org/10.18331/SFS2021.7.2.6>

- Syahrir, M., Renitasari, D. P., Ihwan and Saridu, S. A. (2021), Bioremediation of Organic Waste Matter in White Legs Shrimp Ponds Using Blood Shells (*Anadara granosa*), *Proceeding of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 860, 012097. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/860/1/012097>
- Tampangallo, B. R., Asaad, A. I. J., Undu, M. C., Kadriah, I. K., and Anshary, H. (2020), Bacterial Diversity in Superintensive Vanname Shrimp Aquaculture Wastewater Treatment Plants in Barru and Takalar Regencies, *Proceeding of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 564 (1), 1-10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/564/1/012007>
- Tom, A. P., Jayakumar, J. S., Biju, M., Somarajan, J., and Ibrahim, M. A. (2021), Aquaculture Wastewater Treatment Technologies and Their Sustainability: A review, *Energy Nexus*, 100022, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100022>
- Verdegem, M. C. J. (2013), Nutrient Discharge from Aquaculture Operations in Function Of System Design and Production Environment, *Reviews in Aquaculture*, 5(3), 158-171. <https://doi.org/10.1111/raq.12011>
- Wisha, U. J., Ondara, K., and Ilham. (2018), The Influence of Nutrient (N and P) Enrichment and Ratios on Phytoplankton Abundance in Keunekai Waters, Weh Island, Indonesia, *Makara Journal of Science*, 22 (4), 187-197. <http://doi.org/10.7454/mss.v22i4.9786>
- Wittayanupakorn, S., Musig, W., and Musig, Y. (2013), Filter Feeding by blood Cockle, *Anadara granosa*, for Water Quality Improvement in Closed Culture System of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vanamei*), *Kasetsart University Fisheries Research Bulletin*, 37(3), 1-12.
- Wulandari, Cokrowati, N., Astriana, B. H., Diniarti, N. (2019), Penurunan Nilai Padatan Tersuspensi pada Limbah Tambak Udang Intensif Menggunakan Kerang Darah (*Anadara granosa*), *Jurnal kelautan*, 12(2), 123-130. <https://doi.org/10.21107/jk.v12i2.6346>
- Yang, P., Lai, D. Y. F., Jin, B., Bastviken, D., Tan, L., and Tong, C. (2017), Dynamics of Dissolved Nutrients in The Aquaculture Shrimp Ponds of The Min River Estuary, China: Concentrations, fluxes and Environmental Loads, *Science of the Total Environment*, (603-604), 256-267. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.074>
- You, Z., Xu, S., Bian, P., and Chen, J. (2001), The Effects of Sea Water Temperature and Salinity on The Growth and Survival of *Tegillarca granosa* Larvae and Juveniles, *Acta Oceanologica Sinica*, 23(6), 108-113.
- Yuan, T., Guangcheng, C., Feilong, T., Chunfang Z., and Yong, Y. E. (2018), Effects of Different Types of Nutrient Effluent from Shrimp Ponds on The Seedling Growth of *Kandelia obovata*, *Acta Oceanologica Sinica*, 37(6), 112-120. <https://doi.org/10.1007/s13131-018-1207-3>
- Yulinda, E., Saad, M., & Yusuf, M. (2020), A Study on The Economic Potential of Blood Cockles (*Anadara granosa*) in Rokan Hilir, Riau Province, Indonesia, *AACL Bioflux*, 13(3), 1504-1510
- Yurimoto, T., Kassim, F. M., and Man, A. (2014), Digestive Tube Contents of Blood Cockle (*Anadara granosa*) in A Tropical Mangrove Estuary in Malaysia, *International Journal of Aquatic Biology*, 2(4), 180-183 <https://doi.org/10.22034/ijab.v2i4.82>