

R. Novriadi, H. Albasri, C. M. Eman/Jurnal Sains Akuakultur Tropis :5(2021)2: 252 - 271. eISSN:2621-0525



Jurnal Sains Akuakultur Tropis
Departemen Akuakultur
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan - Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
 Telp. (024) 7474698, Fax.: (024) 7474698
 Email: sainsakuakulturtropis@gmail.com, sainsakuakulturtropis@undip.ac.id

TINJAUAN INDIKATOR KESIAPAN PRODUKSI UDANG PUTIH *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) DI SISTEM INTENSIF

REVIEW OF READINESS INDICATORS FOR PRODUCTION OF PACIFIC WHITE SHRIMP *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) IN INTENSIVE SYSTEM

Romi Novriadi¹, Hatim Albasri², Christian Maikel Eman³

¹Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Republik Indonesia, Gedung Mina Bahari IV, Jl. Medan Merdeka Timur 16, Jakarta – 10110, Indonesia

² Pusat Riset Kelautan, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Republik Indonesia, Gedung BRSDMKP II, Jl. Pasir Putih 2, Ancol Timur, Jakarta - 14430, Indonesia

³Direktorat Pakan dan Obat Ikan, Koordinator Peredaran Pakan, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Republik Indonesia, Gedung Mina Bahari IV, Jl. Medan Merdeka Timur 16, Jakarta – 10110, Indonesia

Abstrak

Optimalisasi produksi udang putih *Litopenaeus vannamei* di sistem intensif memiliki hambatan dengan tidak konsistennya hasil produksi dan fluktuasi nilai ekonomi dari produk yang dihasilkan. Hal ini utamanya disebabkan oleh faktor degradasi kualitas lingkungan, keberadaan penyakit dan manajemen produksi yang tidak terstandarisasi sehingga tingkat kelulushidupan dan laju pertumbuhan udang menjadi menurun serta sistem produksi yang tidak berdasarkan kepada data kebutuhan yang menjadikan harga udang tidak stabil ketika pasokan melebihi kebutuhan. Untuk itu, perlu dilakukan tinjauan terhadap indikator kesiapan produksi udang *vannamei* melalui data kebutuhan pasar sebagai input utama pelaksanaan produksi kemudian dilanjutkan dengan penentuan lokasi untuk sistem produksi yang tepat disertai dengan penerapan manajemen produksi yang efektif dan efisien, meliputi rancangan kolam produksi yang efektif, teknis operasional produksi termasuk didalamnya pengelolaan pakan, air dan pengelolaan kesehatan udang yang diintegrasikan dengan implementasi teknologi dan standarisasi. Analisa kelayakan ekonomi sistem produksi intensif juga disertakan dalam tinjauan ini untuk melihat jangka waktu efektif pengembalian semua modal investasi. Melalui sistem produksi yang berdasarkan kepada indikator kesiapan yang tepat, diharapkan produksi udang di sistem intensif dapat menjadi lebih berkelanjutan, terukur dengan mengedepankan prinsip keseimbangan ekologi dan ekonomi.

Kata kunci: Indikator, Intensif, Udang *Litopenaeus vannamei*, Sistem Produksi, Berkelanjutan

Abstract

The optimization of white shrimp *Litopenaeus vannamei* production cultured in intensive system has been hampered with inconsistent yields and fluctuation in the economical value of the products. This is mainly due to the degradation of environmental quality, the presence of diseases and the use of non-standardized management practices that reduces the survival rate and biomass of shrimp as well as not using the market demand data as the baseline for carrying out the production which makes shrimp prices unstable when supply exceeds the demand. Therefore, it is necessary to review the readiness indicators for *Vannamei* shrimp production system through the market data as the primary input for the production, then proceed with determining proper location for production system accompanied by the implementation of an effective and efficient production system, including the design of production ponds, operational protocol including feed, water and shrimp health management system integrated with technology and standardization system. Economical feasibility study of intensive production system also included in this review paper to evaluate the effective payback period for all investment capital. From the proper assessment of

readiness indicator, shrimp production in intensive system could be more sustainable, measurable by prioritizing the principle of ecological and economical balance.

Keywords: Indicator, Intensive, Shrimp *Litopenaeus vannamei*, Production system, sustainable

PENDAHULUAN

Secara global, jumlah produksi udang putih *Litopenaeus vannamei* terus menunjukkan tren peningkatan, dari sekitar 2,64 juta ton di tahun 2010 menjadi 4.96 juta ton di tahun 2018 (FAO, 2020). Di tingkat nasional, volume ekspor udang kita juga menunjukkan pola peningkatan yang cukup signifikan dari sekitar 162,256 ton di tahun 2015 menjadi 239,227 ton di tahun 2020 (Satu data KKP, 2021). Peningkatan volume ekspor ini juga diikuti dengan peningkatan nilai pendapatan ekonomi dari sekitar USD 1,45 miliar di tahun 2015 menjadi lebih dari USD 2 miliar di tahun 2020 (Satu Data KKP, 2021), dengan pasar utama untuk tujuan ekspor adalah USA, Jepang, Uni Eropa dan China (Comtrade, 2020). Beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan jumlah produksi di Indonesia antara lain meningkatnya permintaan terhadap komoditas udang yang utamanya didorong oleh perubahan gaya hidup sehat melalui konsumsi pakan dengan kandungan nutrisi cukup baik (Tabarestani *et al.*, 2017; Yoedistira, 2005), penguasaan teknologi produksi (Huda *et al.*, 2013; Irianto and Giyatmi, 1997; Suantika *et al.*, 2018), sertifikasi benur (Juarno *et al.*, 2017; Sau and Trilaksani, 2017), implementasi prinsip-prinsip keberlanjutan dalam sistem produksi (Schouten *et al.*, 2016), inovasi pada unit pengolahan (Retnaningsih and Ruenda, 2021) dan dukungan optimal pemerintah untuk mendorong peningkatan produksi udang *vannamei* secara optimal.

Sistem produksi udang di Indonesia saat ini terdiri atas sistem produksi ekstensif, semi-intensif, intensif dan bahkan hingga sistem supra-intensif (Novriadi *et al.*, 2020). Faktor utama yang menjadi pembeda sistem produksi ini adalah luas lahan, padat tebar udang yang digunakan, penggunaan teknologi, pengelolaan produksi, termasuk pengelolaan air (pompa dan sistem filtrasi) dan pakan, serta aplikasi biosekuriti untuk minimalisasi kemungkinan masuknya mikroorganisme patogen dalam sistem produksi. Di Indonesia, kecenderungan untuk melakukan intensifikasi sistem produksi sangat tinggi, utamanya untuk meningkatkan jumlah produksi dan nilai ekonomi sebuah sistem produksi. Menurut Yi *et al.* (2018), intensifikasi akan lebih optimal jika akses pembudidaya kecil terhadap pakan, benur dan peralatan pendukung yang bersifat produktif, seperti pompa dan generator, semakin ditingkatkan. Melihat dari luas wilayah tambak tradisional saat ini, transformasi dari sistem tradisional menjadi sistem intensif akan menjadi salah satu strategi efektif untuk meningkatkan hasil produksi udang nasional.

Salah satu tantangan yang dihadapi dari sistem produksi sistem intensif saat ini adalah tidak konsistennya hasil produksi yang dihasilkan dan memiliki perbedaan dari satu lokasi ke lokasi yang lain (Hanafi and Ahmad, 1999; Wati, 2018). Hal ini utamanya disebabkan oleh pemilihan lokasi yang tidak tepat, konstruksi dan lay-out kolam yang tidak sesuai, kurangnya persiapan dalam melakukan produksi hingga kepada penggunaan padat tebar yang tidak sesuai dengan daya dukung sebuah sistem produksi (Poernomo, 1989). Lebih lanjut, keberadaan penyakit (Haditomo *et al.*, 2018; Supono *et al.*, 2019), kurang optimalnya pengelolaan pakan sebagai komponen produksi paling tinggi ~ 40 – 60% (Wulandari, 2020), pengelolaan induk, minimnya implementasi sistem pengelolaan air termasuk didalamnya ketersediaan instalasi pengelolaan air limbah, dan kurang konsistennya penerapan biosekuriti menjadikan produktivitas sistem produksi udang *vannamei* menjadi tidak terukur dan tidak berkelanjutan. Oleh karena itu, indikator kesiapan produksi udang *Vannamei* untuk skala intensif perlu dievaluasi secara akurat untuk mendapatkan hasil produksi yang lebih terukur.

Tujuan penulisan artikel ini adalah untuk melakukan analisis terhadap beberapa faktor pendukung utama yang diperlukan dalam sebuah sistem produksi udang skala intensif meliputi identifikasi data kebutuhan pasar sebagai dasar utama pelaksanaan produksi kemudian diikuti oleh intervensi pada pemilihan lokasi produksi, model kolam produksi, teknis operasional produksi yang diintegrasikan dengan teknologi dan standarisasi untuk memenuhi kebutuhan distribusi serta melakukan analisa kelayakan ekonomi untuk produksi udang *Vannamei* di sistem intensif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan semi-sistematis merujuk kepada teori yang diungkapkan oleh Wong *et al.* (2013) dimana sebuah tinjauan dilakukan untuk mengidentifikasi seluruh artikel publikasi yang sesuai dengan topik kajian dan dikombinasikan dengan data penelitian untuk menghasilkan narasi semi-kuantitatif

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Identifikasi Pasar

Segmentasi pasar merupakan bagian penting untuk evaluasi kelayakan sebuah sistem produksi. Prinsip industri udang nasional yang berkelanjutan harus berdasarkan kepada data kebutuhan, baik data kebutuhan udang di pasar internasional maupun di pasar domestik. Berdasarkan data yang tersedia, pola produksi bisa disesuaikan untuk dapat memenuhi kebutuhan ekspor dan ketahanan pangan nasional dimaksud sehingga hasil produksi secara optimum dapat diserap oleh pasar dan menghindari terjadinya fluktuasi harga pada saat panen dilakukan. Saat ini, pasar ekspor utama udang nasional didominasi oleh pasar di Amerika Serikat, Jepang, gabungan beberapa negara di Uni Eropa dan China (Wati *et al.*, 2013). Data KKP (2021) menunjukkan bahwa volume ekspor udang Indonesia meningkat dari 162,256 ton di tahun 2015 menjadi 239,227 ton di tahun 2020 dengan peningkatan nilai ekonomi dari USD 1,45 Milyar di tahun 2015 hingga menjadi USD 2 Milyar di tahun 2020. Peningkatan ini juga sejalan dengan prediksi peningkatan jumlah penduduk secara global yang juga akan meningkatkan kebutuhan terhadap ketersediaan organisme akuatik, termasuk udang *Vannamei* (Wati *et al.*, 2013). Selain ekspor, kebutuhan masyarakat domestik juga menunjukkan pola peningkatan yang cukup signifikan melalui peningkatan konsumsi udang segar sebanyak 1.14 Kg/kapita/tahun di tahun 2019 menjadi 1.18 Kg/kapita/tahun. Data kebutuhan udang baik export maupun untuk konsumsi domestic kemudian dijadikan sebagai dasar utama untuk menentukan pola dan sistem produksi yang dilakukan.

2. Pemilihan lokasi

Setelah mendapatkan informasi tentang kebutuhan udang baik di pasar global maupun nasional, pemilihan lokasi yang tepat dengan mempertimbangkan seluruh parameter pendukung kesesuaian akan sangat menentukan keberlanjutan sebuah sistem produksi. Khusus untuk komoditas udang putih *L. vannamei*, dikarenakan species ini berasal dari pantai barat pasifik Amerika latin mulai dari Peru di Selatan hingga Meksiko di Utara (Liao and Chien, 2011), maka pemilihan lokasi yang tepat dan sesuai untuk aktivitas budidaya di Indonesia menjadi sangat penting. Beberapa faktor kunci yang harus diperhatikan diantaranya: (1) ketersediaan air dengan kualitas yang baik dan dalam jumlah yang mencukupi; (2) kualitas tanah; (3) kondisi pasang surut di kawasan transisi darat dengan laut; (4) elevasi lahan; (5) potensi pencemaran, (6) infrastruktur, (7) akses terhadap seluruh komponen produksi dan identifikasi pasar untuk distribusi hasil produksi (Pillai, 1994). Kondisi kualitas air dan tanah yang optimum untuk mendukung kelulushidupan dan hasil produksi udang putih *L. vannamei* skala intensif disajikan pada **Tabel 1 dan 2**.

Pemilihan lokasi untuk sistem produksi hendaknya juga memperhitungkan daya dukung lingkungan, baik lingkungan makro (kawasan produksi) maupun mikro (lingkungan di unit produksi, seperti kolam budidaya, keramba jaring apung dan unit resirkulasi). Terkait susunan hirarki untuk penentuan daya dukung atau *carrying capacity*, Ross *et al.* (2013) menyarankan untuk menyusun dokumen berdasarkan skala prioritas, dimulai dari penentuan (1) daya dukung lokasi, (2) daya dukung produksi, (3) daya dukung lingkungan, dan kemudian diikuti oleh (4) daya dukung sosial ekonomi. Indikator untuk masing-masing komponen daya dukung disertai dengan pendekatan penyusunan parameter untuk masing-masing indikator, termasuk tingkat efisiensi produksi, infrastruktur dan faktor keamanan dirangkum pada **Tabel 3**.

3. Model Kolam Produksi

Setelah penentuan lokasi, model dan konstruksi tambak yang tepat, efektif dan efisien menjadi kunci keberlanjutan dan keberhasilan produksi. Saat ini, ukuran kolam yang digunakan untuk produksi skala intensif cukup beragam. Namun untuk optimalisasi produksi disarankan untuk menggunakan kolam dengan ukuran 1000 – 2500 m² (Junda, 2018) dan kedalaman berada di kisaran 1,2 – 2 m (Krummenauer *et al.*, 2016; Ma *et al.*, 2013). Elevasi tambak juga perlu diperhatikan karna akan membantu dalam proses pengisian air dari tandon dan proses pengeringan sempurna pada saat panen dan proses persiapan kolam dilakukan. Untuk tambak modern, proses rancang bangun dapat dilakukan dengan memastikan kemiringan dasar tambak mengarah ke tengah kolam untuk memfasilitasi proses pembuangan limbah organik melalui titik *central drain* (Burford *et al.*, 2003; Subyakto *et al.*, 2009), kemudian disertai dengan penggunaan lapisan plastik *polyethylene* di sekeliling kolam untuk mencegah pengaruh kemasaman tanah dan partikel tersuspensi ke udang yang dibudidayakan (Prawitwilailuk *et al.*, 2006), serta penyusunan posisi peletakan pipa yang tepat untuk memfasilitasi pemasukan dan pengeluaran air selama proses produksi yang memenuhi kaidah cara produksi udang yang baik.

4. Standarisasi Produksi: Induk dan Benur

Induk dan benur menjadi salah satu kriteria penting dalam sistem pengelolaan produksi skala intensif. Keterkaitan produksi induk dan benur sangat tinggi, karna selain lingkungan, kualitas benur yang dihasilkan akan sangat bergantung kepada kualitas induk yang dimiliki (Racotta *et al.*, 2003). Untuk induk, kualitas pakan menjadi salah satu aspek yang sangat penting (Wouters *et al.*, 2001). Pakan yang diberikan diharapkan memiliki profil

komposisi nutrisi yang mampu memenuhi kebutuhan spesifik udang untuk matang gonad dan reproduksi. Udang memiliki kemampuan yang cukup terbatas untuk melakukan sintesa *highly unsaturated fatty acid* (HUFA), sehingga kebutuhannya harus dapat disediakan melalui pakan (Mourente, 1996). Kebutuhan total lemak dalam pakan induk udang rata-rata sekitar 10% dan ini 3 % lebih tinggi dibandingkan kebutuhan lemak dalam pakan selama fase pembesaran (Bray *et al.*, 1990). Sementara untuk protein, walaupun secara umum pakan komersial menyediakan level protein sebesar 50%, namun level ini masih rendah dibandingkan kadar protein yang terkandung dalam pakan alamiah induk udang *L. vannamei*. Sehingga strategi alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan suplementasi pakan dengan asam amino yang memiliki pengaruh signifikan terhadap sintesa protein kuning telur, hormon peptide dan enzim selama fase matang gonad dan reproduksi (Harrison, 1990). Perbaikan profil nutrisi pada pakan induk menjadikan benur yang dihasilkan sebagai salah satu titik kritis dalam produksi intensif menjadi lebih terukur. Benur yang baik umumnya memiliki karakteristik ukuran yang seragam, tidak cacat, memiliki respon dan tingkat kelulushidupan yang baik pada saat dilakukan uji stress dan uji ketahanan terhadap penurunan kadar garam akut, bergerak aktif dan memiliki status sebagai benur yang bebas patogen dan resisten terhadap patogen tertentu (Samocha *et al.*, 1998) (Iskandar *et al.*, 2017; Racotta *et al.*, 2004; Sa'adah and Roziqin, 2018)

5. Standarisasi Produksi: Optimalisasi Padat Tebar

Penggunaan padat tebar tinggi dapat membantu untuk meningkatkan jumlah produksi, namun akan berdampak negatif terhadap laju pertumbuhan udang serta tingkat kelulushidupan udang selama masa produksi (Novriadi *et al.*, 2020). Inputan nutrisi yang tinggi akibat pola pennebaran dengan padat tebar tinggi disertai dengan terbatasnya aktivitas pergantian air akan meningkatkan konsentrasi ammonia dan nitrit yang bersifat toksik bagi udang (Jescovitch *et al.*, 2018), mendorong munculnya wabah penyakit karna frekuensi kontak yang cukup tinggi (Kautsky *et al.*, 2000), dan akumulasi bahan organik yang memiliki peran cukup signifikan untuk mengurangi kadar oksigen terlarut dalam kolam produksi (Direkbusarakom and Danayadol, 1998).

Beberapa kajian yang dilakukan menunjukkan adanya korelasi negatif penggunaan padat tebar tinggi terhadap laju pertumbuhan udang (Arnold *et al.*, 2009; Sandifer and Hopkins, 1996). Penelitian terkini yang dilakukan oleh Novriadi *et al.* (2020) dengan menggunakan 4 padat tebar berbeda, yakni kepadatan 300, 400, 500 dan 600 PL m⁻² di sistem produksi menggunakan bak beton dengan ukuran 8 x 8 x 1 m mengkonfirmasi hasil-hasil penelitian sebelumnya bahwa laju pertumbuhan udang semakin menurun dengan semakin meningkatnya padat tebar yang digunakan. Data survey yang dipublikasikan oleh HATCH (2021) menunjukkan bahwa padat tebar yang digunakan oleh beberapa negara kompetitor untuk sistem intensif cukup beragam, diantaranya India yang menerapkan aturan penggunaan padat tebar maksimum di kepadatan 60 PL m⁻², Vietnam dan China di kisaran 200 – 300 PL m⁻². Sementara untuk Thailand, sejak merebaknya wabah *Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease* (AHPND) atau sering disebut dengan *Early Mortality Syndrome*, padat tebar untuk sistem intensif dibatasi hanya pada kisaran 70 – 120 PL m⁻². Untuk Indonesia, padat tebar optimum yang dapat digunakan untuk produksi skala intensif dengan menggunakan kolam yang dilapisi oleh plastic *polyethylene* dan diintegrasikan dengan teknologi masih dapat menggunakan padat tebar 150 hingga 300 PL m⁻². Umumnya, ukuran post larvae (PL) yang digunakan pada saat pennebaran awal di kolam produksi intensif adalah PL 7 – 10.

6. Standarisasi Produksi: Pakan dan Pengelolaan Pakan

Dalam sistem produksi intensif, persentase biaya pakan dapat mencapai 40 hingga 60% dari total biaya produksi (Hertrampf and Piedad-Pascual, 2000; Sookying *et al.*, 2013). Jika pakan tidak dikelola dengan baik, maka selain berdampak kepada akumulasi limbah organik yang dapat berakibat negatif terhadap pertumbuhan dan tingkat kelulushidupan udang, juga menjadikan sistem produksi tidak efisien (Jescovitch *et al.*, 2018). Ada beberapa kriteria pakan yang dapat digunakan dalam sistem produksi intensif, diantaranya memiliki profil nutrisi yang mampu memenuhi kebutuhan spesifik udang *vannamei* untuk optimalisasi laju pertumbuhan dan status kesehatan selama proses produksi, memiliki ukuran pakan yang sesuai, memiliki palatability yang baik, menggunakan bahan baku dengan daya cerna yang tinggi dan pakan memiliki sifat ekonomis dan berkelanjutan (Van Wyk and Institution, 1999). Sebagai salah satu kriteria penerapan prinsip keberlanjutan, penggunaan bahan baku dalam formulasi pakan juga harus diperhatikan agar sesuai dengan standar etik produksi akuakultur. Salah satu upaya untuk mencapai tujuan ini adalah penggunaan protein dari bahan nabati, seperti tepung bungkil kedelai atau jagung untuk menggantikan peran tepung ikan dalam formulasi pakan. Pemenuhan dan penyesuaian profil nutrisi dari proses substitusi ini kemudian dapat dilakukan melalui penambahan bahan suplemen tertentu dalam formulasi pakan, seperti asam amino dan atraktan agar pakan yang disediakan memiliki profil yang sama dengan pakan alamiah yang dikonsumsi udang (Davis and Arnold, 2000; Tantikitti, 2014). Saat ini, melalui penelitian yang komprehensif, komposisi tepung ikan yang sebelumnya berada di kisaran 25 dan 50% dari total bahan baku pakan dapat dikurangi

secara signifikan hingga 7,2 – 12,5% untuk produksi pakan dengan level protein kasar 30 – 35%. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa reduksi penggunaan tepung ikan dalam formulasi pakan udang tidak menunjukkan dampak negatif terhadap performa pertumbuhan udang (Amaya *et al.*, 2007; Dersjant-Li, 2002; Fox *et al.*, 2004; Tacon and Barg, 1998).

Teknologi formulasi pakan yang baik jika dikombinasikan dengan manajemen pakan yang sesuai akan menjadikan sistem produksi lebih terukur, efektif dan efisien. Dalam hal pemberian pakan dan kaitannya dengan dinamika kolam produksi, data yang disampaikan oleh Boyd (2019) menunjukkan bahwa setiap penggunaan 100 Kg pakan akan berpotensi untuk mengasamkan media produksi melalui kelarutan 42 kg kalsium karbonat dari pakan serta meningkatkan laju konsumsi oksigen hingga 105 Kg. Berdasarkan data yang disampaikan Chatvijitkul (2015), pakan udang *Vannamei* umumnya memiliki kandungan karbon 39,2%, nitrogen sebanyak 5,9% dan Posfor 1,2%, penggunaan manajemen pakan yang tidak tepat akan menjadikan tingkat kesuburan didalam kolam produksi menjadi sangat tinggi melalui kelarutan unsur karbon, nitrogen dan posfor, dan tentunya akan berpengaruh negatif terhadap laju pertumbuhan dan kesehatan udang (Yang *et al.*, 2018).

Bila ditinjau dari aspek penyerapan nutrisi, udang *L. vannamei* memiliki kapasitas terbatas untuk menahan lebih lama pakan yang dikonsumsi dalam saluran pencernaan (Reis *et al.*, 2020). Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya, udang akan selalu mengkonsumsi pakan dalam jumlah sedikit secara terus menerus (Ullman *et al.*, 2019). Kalau pakan diberikan dalam jumlah dan frekuensi yang tidak sesuai, maka akan berdampak kepada penurunan laju pertumbuhan udang dan penurunan kualitas pakan akibat peluruhan nutrisi yang terkandung dalam pakan di media pemeliharaan (Ullman *et al.*, 2019). Untuk mengantisipasi hal ini, penggunaan sistem digital dalam proses pemberian pakan dapat diaplikasikan untuk memastikan ketepatan pemberian nutrisi dalam pakan ke udang yang dibudidayakan. Hasil penelitian yang dilakukan Ullman *et al.* (2017) menunjukkan bahwa penggunaan *automatic feeder* untuk memastikan pemberian pakan dilakukan dengan dalam jumlah yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan udang menghasilkan laju pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan pola pemberian pakan secara manual. Lebih lanjut Reis *et al.* (2020) mengatakan bahwa pola pemberian pakan dengan dibantu oleh teknologi *automatic feeder* akan mampu mencegah pemberian pakan dalam jumlah berlebih yang hanya akan menghasilkan akumulasi limbah organik dalam kolam produksi dan peningkatan biaya produksi.

7. Standarisasi Produksi: Pengelolaan Air

Industri akuakultur yang efisien sangat bergantung kepada upaya untuk mempertahankan kondisi kualitas air, baik untuk parameter fisika, kimia dan biologi, agar selalu dalam kondisi optimum (Boyd and Tucker, 2014). Persyaratan sebuah sistem pengelolaan air yang baik di skala intensif dimulai dari proses pengelolaan dan standarisasi kolam tandon (perlakuan air masuk), pengelolaan air di kolam produksi dan instalasi pengelolaan air limbah (IPAL) hasil kegiatan produksi. Kolam tandon yang baik memiliki volume yang cukup untuk memenuhi kebutuhan air untuk seluruh kolam produksi dengan mempertimbangkan proses pergantian air yang optimum. Selanjutnya, sterilisasi air yang digunakan untuk proses produksi dapat dilakukan di tandon atau langsung dilakukan di kolam produksi. Di kolam produksi, proses sterilisasi dapat dilakukan melalui penggunaan CuSO_4 untuk eliminasi tritip, lumut, moluska, dan *blue green algae* (BGA), aplikasi *crustacide* dengan dosis 1 mg L^{-1} untuk membunuh krustasea liar dan tidak diinginkan, serta aplikasi *Trichloroisocyanuric Acid* (TCCA) atau klorin dengan dosis optimum untuk eliminasi mikroorganisme patogen. Selama proses budidaya, beberapa parameter air dipertahankan dalam kondisi optimum, khususnya pH (derajat keasaman), oksigen terlarut, alkalinitas, dan suhu. Sementara untuk parameter toksik seperti ammonia (NH_3), nitrit (NO_2) dan posfat (PO_4) diupayakan untuk dapat terus berada dalam kondisi minimum dan tidak melebihi batas ambang dari baku mutu yang dipersyaratkan. Selama proses atau setelah produksi dilakukan, air buangan hendaknya melalui tahapan pengolahan air limbah supaya air buangan tidak memberikan dampak negatif terhadap kondisi dan daya dukung lingkungan produksi.

Karakteristik air limbah dari kolam produksi udang umumnya memiliki konsentrasi yang tinggi untuk partikel tersuspensi, partikulat organik, termasuk didalamnya mikroorganisme patogen, nutrient anorganik yang terlarut dan kebutuhan oksigen hayati (KOH), yang umumnya ditentukan oleh inputan pakan (Sandifer and Hopkins, 1996). Konstruksi IPAL yang baik selalu memperhitungkan daya dukung produksi dan lingkungan di sekitar unit produksi dengan komponen utama terdiri atas: (1) kolam pengendapan untuk mengurangi jumlah partikel tersuspensi, (2) kolam aerasi untuk menurunkan KOH dan menaikkan oksigen terlarut, (3) kolam ekualisasi yang menggunakan biofilter tertentu untuk menentukan kelayakan hasil olahan air limbah dengan waktu tinggal tertentu, dan (4) wadah penampungan lumpur. Perawatan yang umum dilakukan untuk kolam IPAL diantaranya memastikan tidak ada sampah padatan dan limbah beracun masuk kedalam unit IPAL serta memastikan proses eliminasi lumpur dilakukan secara konsisten di kolam pengendapan dan ekualisasi untuk dapat meningkatkan daya tampung unit pengolahan limbah.

8. Standarisasi Produksi: Pengelolaan Kesehatan Udang dan Biosekuriti

Salah satu faktor penghambat utama untuk optimalisasi produksi udang skala intensif adalah keberadaan penyakit yang disebabkan oleh virus, bakteri, jamur dan protozoa (Lightner, 2011). Keberadaan penyakit ini menyebabkan kerugian ekonomi yang cukup besar di sistem produksi udang intensif (Boonyawiwat *et al.*, 2017; Kalaimani *et al.*, 2013). Untuk sistem pengendalian, Lightner (2011) menjelaskan bahwa keberadaan bakteri, jamur dan protozoa dapat dikendalikan melalui perbaikan sistem produksi, sanitasi rutin, serta penggunaan probiotik dan prosedur pengobatan kemoterapi. Namun, untuk virus, pengendalian penyakit dapat dilakukan melalui penggunaan induk dan benih yang berstatus bebas patogen tertentu, minimalisasi stress dan penanganan yang berlebihan, mempertahankan kondisi optimum kualitas air, minimalisasi inputan limbah organik, dan perbaikan pengelolaan produksi (Tabel 5). Implementasi pendederan atau *nursery* sebelum benur udang ditebar ke kolam produksi juga dapat menjadi pilihan untuk meningkatkan kelulushidupan udang selama produksi (Situmorang *et al.*, 2020). Namun, Garzade Yta *et al.* (2004) menyarankan bahwa untuk mendapatkan hasil yang optimal, padat tebar yang digunakan selama proses pendederan penting untuk diperhatikan agar tidak mempengaruhi laju pertumbuhan dan tingkat kelulushidupan udang selama proses produksi

Untuk pencegahan penyakit, beberapa metoda dapat dilakukan seperti aplikasi immunostimulant untuk stimulasi sistem imun non-spesifik pada udang *Vannamei* (Peraza-Gómez *et al.*, 2014), penggunaan probiotik untuk menekan jumlah bakteri patogen di media pemeliharaan sekaligus memperbaiki saluran pencernaan (Zhou *et al.*, 2009) atau juga dapat melalui penggunaan pakan fungsional yang secara konsisten menstimulasi sistem imun pada udang *Vannamei*, tidak hanya untuk komponen selular tetapi juga komponen humoral (Novriadi *et al.*, 2021). Untuk sistem produksi berkelanjutan, penggunaan antibiotika tidak disarankan untuk digunakan baik pada fase pencegahan maupun pengobatan penyakit di seluruh sistem produksi. Hal ini utamanya untuk mencegah resistensi patogen terhadap anti-mikroba tertentu (Melo *et al.*, 2011) dan juga mencegah alergi pada manusia yang mengkonsumsi produk udang yang masih mengandung residu antibiotika (Cabello, 2006).

Secara prinsip, minimalisasi akses patogen untuk masuk kedalam wilayah atau unit produksi sangat penting diterapkan dalam sistem produksi intensif. Untuk mencapai tujuan ini, implementasi sistem biosekuriti mulai dari persiapan lahan, perlakuan dan manajemen air, penebaran benur, manajemen pakan, sampling, panen, perlakuan terhadap pengunjung dan kendaraan hingga kepada persiapan untuk siklus produksi berikutnya sudah harus distandarisasi. Penggunaan benur yang berstatus bebas patogen tertentu atau *Specific pathogen free* (SPF), resisten terhadap patogen tertentu atau *Specific pathogen resistant* hingga memiliki toleran terhadap patogen tertentu *Specific pathogen tolerant* (SPT) dapat menjadi bagian dari strategi penerapan biosekuriti untuk produksi udang *Vannamei* (Sanz, 2018). Melalui upaya pencegahan dan implementasi sistem biosekuriti yang terstandarisasi, maka kemungkinan gagalnya sebuah sistem produksi akibat infeksi penyakit dapat diminimalisir.

9. Teknologi

Adopsi teknologi berdasarkan hasil penelitian saat ini mulai memainkan peranan penting untuk peningkatan dan keamanan produksi di sektor akuakultur. Beberapa teknologi yang dapat diintegrasikan dalam sistem produksi udang intensif adalah perbaikan sistem seleksi induk untuk menghasilkan benur yang berkualitas dan tahan terhadap infeksi penyakit tertentu (Argue *et al.*, 2002), bioremediasi air selama masa pemeliharaan dan proses pembuangan limbah (Lim *et al.*, 2021; Martínez-Córdova *et al.*, 2011), teknologi pemberian pakan yang dapat memastikan jumlah pakan diberikan sesuai kebutuhan (Reis *et al.*, 2020) hingga kepada sistem deteksi dini keberadaan penyakit (Cruz-Flores *et al.*, 2020). Penerapan teknologi ini menjadikan sistem produksi lebih terukur dan dapat menjadi panduan bagi seluruh pelaku usaha untuk mengambil keputusan tepat dan efektif dalam setiap unit produksi.

10. Kelayakan Usaha Produksi Udang Sistem Intensif

Analisa kelayakan produksi dilakukan untuk mengetahui apakah sistem produksi udang *Vannamei* skala intensif memiliki sifat berkelanjutan, ramah lingkungan dan produktif melalui beberapa aspek analisis, diantaranya: (1) aspek teknis – yang fokus pada penerapan teknologi dan standarisasi produksi untuk menjadikan sistem produksi lebih terkendali dan terukur, (2) aspek ekonomi – untuk mengetahui tingkat resiko sistem produksi, dan (3) aspek sosial yang fokus pada kemungkinan timbulnya pertentangan antara sistem produksi dan budaya masyarakat sekitar unit produksi. Berdasarkan data Analisa kelayakan ekonomi untuk 1 unit cluster sistem produksi udang *Litopenaeus vannamei* skala intensif (Tabel 6) menunjukkan bahwa tingkat profitabilitas produksi untuk 1 unit sistem produksi udang intensif sangat baik. Untuk 1 unit produksi terintegrasi yang terdiri atas 10 kolam produksi dengan ukuran

2000 m² per kolam, 4 kolam pengelolaan air masuk dengan ukuran masing-masing 2516 m², 1 unit kolam karantina berukuran 2,835 m² dan 1 unit kolam pengelolaan air limbah dengan ukuran 2180 m² dengan biaya operasional yang digunakan untuk padat tebar 300 PL m⁻², jika mengintegrasikan seluruh standarisasi produksi dan teknologi diharapkan mampu menghasilkan tingkat kelulushidupan udang sebesar 90% serta jangka waktu efektif pengembalian semua modal investasi selama 5 siklus produksi.

KESIMPULAN

Untuk memastikan keberlanjutan dan konsistensi hasil produksi udang *Litopenaeus vannamei* skala intensif perlu dilakukan beberapa perbaikan, diantaranya sistem produksi harus berdasarkan kepada data kebutuhan pasar, baik pasar ekspor maupun domestik, kemudian diikuti dengan intervensi pemilihan lokasi yang tepat berdasarkan kepada beberapa indikator kesesuaian, diantaranya indikator daya dukung fisik lokasi, produksi, lingkungan dan sosial ekonomi. Selanjutnya intervensi dilakukan untuk sistem produksi yang meliputi rancang bangun kolam produksi, penentuan padat tebar optimum, pengelolaan pakan, air dan kesehatan udang serta penerapan teknologi untuk menjadikan seluruh aspek produksi menjadi lebih terukur. Implementasi sertifikasi dan identifikasi pasar menjadikan sistem produksi bersifat terukur dan berkelanjutan serta mampu memenuhi permintaan pasar melalui ketersediaan produk udang dalam jumlah dan kualitas yang sesuai. Berdasarkan hasil kajian kelayakan ekonomi, jangka waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan seluruh dana investasi sistem produksi intensif dapat dilakukan kurang lebih dalam periode 5 siklus produksi.

Daftar Pustaka

- Amaya, E.A., Davis, D.A., Rouse, D.B., 2007. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture* 262, 393-401.
- Argue, B.J., Arce, S.M., Lotz, J.M., Moss, S.M., 2002. Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and resistance to Taura Syndrome Virus. *Aquaculture* 204, 447-460.
- Arnold, S.J., Coman, F.E., Jackson, C.J., Groves, S.A., 2009. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: an evaluation of artificial substrates and stocking density. *Aquaculture* 293, 42-48.
- Boonyawiwat, V., Patanasatienkul, T., Kasornchandra, J., Poolkhet, C., Yaemkasem, S., Hammell, L., Davidson, J., 2017. Impact of farm management on expression of early mortality syndrome/acute hepatopancreatic necrosis disease (EMS/AHPND) on penaeid shrimp farms in Thailand. *Journal of fish diseases* 40, 649-659.
- Boyd, C.E., 2019. *Water quality: an introduction*. Springer Nature.
- Boyd, C.E., Tucker, C.S., 2014. *Handbook for aquaculture water quality*. Handbook for Aquaculture Water Quality 439.
- Bray, W., Lawrence, A., Leung-Trujillo, J., 1990. Reproductive performance of ablated *Penaeus stylirostris* fed a soy lecithin supplement. *Journal of the World Aquaculture Society* 20, 19A.
- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219, 393-411.
- Cabello, F.C., 2006. Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental microbiology* 8, 1137-1144.
- Carbajal-Hernández, J.J., Sánchez-Fernández, L.P., Villa-Vargas, L.A., Carrasco-Ochoa, J.A., Martínez-Trinidad, J.F., 2013. Water quality assessment in shrimp culture using an analytical hierarchical process. *Ecological indicators* 29, 148-158.
- Chatvijitkul, S., 2015. Chemical composition and pollution potential of fish and shrimp feeds.
- Comtrade, U., 2020. United Nations commodity trade statistics database. URL: <http://comtrade.un.org>.
- Cruz-Flores, R., Mai, H.N., Kanrar, S., Caro, L.F.A., Dhar, A.K., 2020. Genome reconstruction of white spot syndrome virus (WSSV) from archival Davidson's-fixed paraffin embedded shrimp (*Penaeus vannamei*) tissue. *Scientific reports* 10, 1-10.
- Davis, D.A., Arnold, C., 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 185, 291-298.
- Dersjant-Li, Y., 2002. The use of soy protein in aquafeeds. *Avances en Nutrición Acuicola*.
- Direkbusarakom, S., Danayadol, Y., 1998. Effect of oxygen depletion on some parameters of the immune system in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Advances in shrimp biotechnology*, 147-149.

- Escobedo-Bonilla, C.M., Rangel, J.L.I., 2014. Susceptibility to an inoculum of infectious hypodermal and haematopoietic necrosis virus (IHHNV) in three batches of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *ZooKeys*, 355.
- FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fox, J.M., Lawrence, A.L., Smith, F., 2004. Development of a low-fish meal feed formulation for commercial production of *Litopenaeus vannamei*. *Avances en Nutrición Acuicola*.
- Garzade Yta, A., Rouse, D.B., Davis, D.A., 2004. Influence of nursery period on the growth and survival of *Litopenaeus vannamei* under pond production conditions. *Journal of the World Aquaculture Society* 35, 357-365.
- Haditomo, A.H.C., Djunaedi, A., Prayitno, S.B., 2018. The diversity of vibrios associated with vibriosis in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from extensive shrimp pond in Kendal District, Indonesia, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, p. 012011.
- Hafidloh, U., Sari, P., 2019. Protozoan parasites of *Vannamei* Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in farmed fish from Pasuruan, Indonesia, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, p. 012091.
- Hanafi, A., Ahmad, T., 1999. Shrimp culture in Indonesia: Key sustainability and research issues, ACIAR PROCEEDINGS. ACIAR; 1998, pp. 69-74.
- Harrison, K.E., 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustacean: a review. *J. Shellfish Res.* 9, 1-28.
- Hertrampf, J.W., Piedad-Pascual, F., 2000. Pulses, Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Springer, pp. 338-350.
- Huda, A., Ispinanto, J., Bahri, F., Decamp, O., 2013. Successful production in semi-biofloc in Indonesia. *Aqua Culture Asia Pacific* 9, 8-12.
- Irianto, H.E., Giyatmi, 1997. Post harvest technology of shrimp: Review of Indonesian experience. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 6, 5-20.
- Iskandar, R., Dhamayanthi, W., Pongoh, I.A.A., 2017. Prioritas Implementasi ISO 9001: 2015 pada Agribisnis Pembenuhan Udang *Vannamei*. Prosiding.
- Jescovitch, L.N., Ullman, C., Rhodes, M., Davis, D.A., 2018. Effects of different feed management treatments on water quality for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research* 49, 526-531.
- Juarno, O., Oktaviani, R., Fauzi, A., Nuryartono, N., 2017. Kinerja Produktivitas dan Faktor yang Berpengaruh Terhadap Total Factor Productivity (TFP) Tambak Udang Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan* 6, 149-168.
- Jun, J.W., Han, J.E., Giri, S.S., Tang, K.F., Zhou, X., Aranguren, L.F., Kim, H.J., Yun, S., Chi, C., Kim, S.G., 2018. Phage application for the protection from acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in *Penaeus vannamei*. *Indian journal of microbiology* 58, 114-117.
- Junda, M., 2018. Development of intensive shrimp farming, *Litopenaeus vannamei* in land-based ponds: production and management, *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, p. 012020.
- Kalaimani, N., Ravisankar, T., Chakravarthy, N., Raja, S., Santiago, T., Ponniah, A., 2013. Economic losses due to disease incidences in shrimp farms of India. *Fish Technol* 50, 80-86.
- Karthik, M., Suri, J., Saharan, N., Biradar, R., 2005. Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system. *Aquacultural engineering* 32, 285-302.
- Karthekeyan, V., Selvakumar, P., Gopalakrishnan, A., 2015. A novel report of fungal pathogen *Aspergillus awamori* causing black gill infection on *Litopenaeus vannamei* (pacific white shrimp). *Aquaculture* 444, 36-40.
- Kautsky, N., Rönnbäck, P., Tedengren, M., Troell, M., 2000. Ecosystem perspectives on management of disease in shrimp pond farming. *Aquaculture* 191, 145-161.
- Kim, J.H., Choresca Jr, C.H., Shin, S.P., Han, J.E., Jun, J.W., Han, S.Y., Park, S.C., 2011. Detection of infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus (IHHNV) in *Litopenaeus vannamei* shrimp cultured in South Korea. *Aquaculture* 313, 161-164.
- Krummenauer, D., Poersch, L.H., Fóes, G., Lara, G., Wasielesky Jr, W., 2016. Survival and growth of *Litopenaeus vannamei* reared in Bft System under different water depths. *Aquaculture* 465, 94-99.
- Liao, I.C., Chien, Y.-H., 2011. The pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in Asia: The world's most widely cultured alien crustacean, In the wrong place-alien marine crustaceans: Distribution, biology and impacts. Springer, pp. 489-519.

- Lightner, D.V., 2011. Status of shrimp diseases and advances in shrimp health management. Diseases in Asian Aquaculture VII. Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Selangor, Malaysia, 121-134.
- Lim, Y.S., Ganesan, P., Varman, M., Hamad, F., Krishnasamy, S., 2021. Effects of microbubble aeration on water quality and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in biofloc system. *Aquacultural Engineering* 93, 102159.
- Liu, L., Xiao, J., Zhang, M., Zhu, W., Xia, X., Dai, X., Pan, Y., Yan, S., Wang, Y., 2018. A *Vibrio owensii* strain as the causative agent of AHPND in cultured shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of invertebrate pathology* 153, 156-164.
- Longyant, S., Rukpratanporn, S., Chaivisuthangkura, P., Suksawad, P., Srisuk, C., Sithigorngul, W., Piyatiratitivorakul, S., Sithigorngul, P., 2008. Identification of *Vibrio* spp. in vibriosis *Penaeus vannamei* using developed monoclonal antibodies. *Journal of invertebrate pathology* 98, 63-68.
- Ma, Z., Song, X., Wan, R., Gao, L., 2013. A modified water quality index for intensive shrimp ponds of *Litopenaeus vannamei*. *Ecological Indicators* 24, 287-293.
- Martínez-Córdova, L.R., López-Eliás, J.A., Leyva-Miranda, G., Armenta-Ayón, L., Martínez-Porchas, M., 2011. Bioremediation and reuse of shrimp aquaculture effluents to farm whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*: a first approach. *Aquaculture Research* 42, 1415-1423.
- Melo, L.M.R.d., Almeida, D., Hofer, E., Reis, C.M.F.d., Theophilo, G.N.D., Santos, A.F.d.M., Vieira, R.H.S.d.F., 2011. Antibiotic resistance of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from pond-reared *Litopenaeus vannamei* marketed in Natal, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology* 42, 1463-1469.
- Mohanty, R.K., Ambast, S., Panigrahi, P., Mandal, K., 2018. Water quality suitability and water use indices: Useful management tools in coastal aquaculture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 485, 210-219.
- Mohney, L.L., Lightner, D.V., Bell, T.A., 1994. An epizootic of vibriosis in Ecuadorian pond-reared *Penaeus vannamei* Boone (Crustacea: Decapoda). *Journal of the World Aquaculture Society* 25, 116-125.
- Mourente, G., 1996. In vitro metabolism of ¹⁴C-polyunsaturated fatty acids in midgut gland and ovary cells from *Penaeus kerathurus* Forskal at the beginning of sexual maturation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 115, 255-266.
- Mustafa, A., 2012. Kriteria kesesuaian lahan untuk berbagai komoditas di tambak. *Media Akuakultur* 7, 108-118.
- Muthukrishnan, S., Defoirdt, T., Ina-Salwany, M., Yusoff, F.M., Shariff, M., Ismail, S.I., Natrah, I., 2019. *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio harveyi* causing Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) in *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) isolated from Malaysian shrimp ponds. *Aquaculture* 511, 734227.
- Novriadi, R., Alfitri, K.N., Supriyanto, S., Kurniawan, R., Deendarlianto, D., Rustadi, R., Wiratni, W., Rahardjo, S., 2020. Pengaruh Padat Tebar dan Penggunaan Injektor Venturi terhadap Laju Pertumbuhan Udang (*Litopenaeus Vannamei*) dalam Bak Beton. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada* 22, 141-147.
- Novriadi, R., Fadhilah, R., Wahyudi, A.E., Trullàs, C., 2021. Effects of hydrolysable tannins on the growth performance, total haemocyte counts and lysozyme activity of Pacific white leg shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports* 21, 100796.
- Nunan, L.M., Pantoja, C.R., Gomez-Jimenez, S., Lightner, D.V., 2013. "Candidatus *Hepatobacter penaei*," an intracellular pathogenic enteric bacterium in the hepatopancreas of the marine shrimp *Penaeus vannamei* (Crustacea: Decapoda). *Applied and environmental microbiology* 79, 1407-1409.
- Nur'aini, Y.L., 2009. Infectious myonecrosis virus (IMNV) in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Indonesia.
- Peraza-Gómez, V., Luna-González, A., González-Prieto, J.M., Fierro-Coronado, A., González-Ocampo, H.A., 2014. Protective effect of microbial immunostimulants and antiviral plants against WSSV in *Litopenaeus vannamei* cultured under laboratory conditions. *Aquaculture* 420, 160-164.
- Poernomo, A., 1989. The technical constraints of shrimp culture in Indonesia and how to overcome them, *Proceedings of the Shrimp Culture Industry Workshop, Jepara, Indonesia*, pp. 59-60.
- Prawitwilaiikul, O., Limsuwan, C., Taparhudee, W., Chuchird, N., 2006. A comparison of rearing Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) in earthen ponds and in ponds lined with polyethylene. *Agriculture and Natural Resources* 40, 167-171.
- Qiu, L., Chen, M.-M., Wan, X.-Y., Li, C., Zhang, Q.-L., Wang, R.-Y., Cheng, D.-Y., Dong, X., Yang, B., Wang, X.-H., 2017. Characterization of a new member of Iridoviridae, Shrimp hemocyte iridescent virus (SHIV), found in white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Scientific reports* 7, 1-13.
- Racotta, I.S., Palacios, E., Hernández-Herrera, R., Bonilla, A., Pérez-Rostro, C.I., Ramírez, J.L., 2004. Criteria for assessing larval and postlarval quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931). *Aquaculture* 233, 181-195.

- Racotta, I.S., Palacios, E., Ibarra, A.M., 2003. Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. *Aquaculture* 227, 107-130.
- Reis, J., Novriadi, R., Swanepoel, A., Jingping, G., Rhodes, M., Davis, D.A., 2020. Optimizing feed automation: improving timer-feeders and on demand systems in semi-intensive pond culture of shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 519, 734759.
- Retnaningsih, C., Ruenda, O., 2021. Shrimp Paste Crackers as Potential Product Development for Small and Medium Enterprise (SMEs), IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, p. 012075.
- Ross, L.G., Telfer, T.C., Falconer, L., Soto, D., Aguilar-Majarrez, J., 2013. Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture. FAO.
- Ruiz-Velazco, J.M., Hernández-Llamas, A., Gomez-Muñoz, V.M., Magallon, F.J., 2010. Dynamics of intensive production of shrimp *Litopenaeus vannamei* affected by white spot disease. *Aquaculture* 300, 113-119.
- Sa'adah, W., Roziqin, A.F., 2018. Upaya Peningkatan Pemasaran Benur Udang Vannamei (*Litopenaeus Vannamei*) di PT. Artha Maulana Agung (AMA) Desa Pecaron, Kecamatan Bungatan Kabupaten Situbondo. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis* 4, 84-97.
- Samocha, T.M., Guajardo, H., Lawrence, A.L., Castille, F.L., Speed, M., McKee, D.A., Page, K.I., 1998. A simple stress test for *Penaeus vannamei* postlarvae. *Aquaculture* 165, 233-242.
- Sandifer, P.A., Hopkins, J.S., 1996. Conceptual design of a sustainable pond-based shrimp culture system. *Aquacultural Engineering* 15, 41-52.
- Sanz, V.A., 2018. Specific pathogen free (SPF), specific pathogen resistant (SPR) and specific pathogen tolerant (SPT) as part of the biosecurity strategy for whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei* Boone 1931). *Asian Fish Soc* 31, 112-120.
- Sau, F., Trilaksani, W., 2017. Penerapan Cara Pembenihan Ikan yang Baik dalam Meningkatkan Kinerja UMKM Pembenihan Udang di Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. *MANAJEMEN IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah* 12, 15-24.
- Schouten, G., Vellema, S., Wijk, J.v., 2016. Diffusion of global sustainability standards: The institutional fit of the ASC-Shrimp standard in Indonesia. *Revista de Administração de Empresas* 56, 411-423.
- Situmorang, M.L., Suantika, G., Santoso, M., Khakim, A., Wibowo, I., Aditiawati, P., 2020. Poly- β -Hydroxybutyrate (PHB) Improves Nursery-Phase Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* Defense against Vibriosis. *North American Journal of Aquaculture* 82, 108-114.
- Sookying, D., Davis, D., Soller Dias Da Silva, F., 2013. A review of the development and application of soybean-based diets for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 19, 441-448.
- Suantika, G., Situmorang, M.L., Kurniawan, J.B., Pratiwi, S.A., Aditiawati, P., Astuti, D.I., Azizah, F.F.N., Djohan, Y.A., Zuhri, U., Simatupang, T.M., 2018. Development of a zero water discharge (ZWD)—Recirculating aquaculture system (RAS) hybrid system for super intensive white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture under low salinity conditions and its industrial trial in commercial shrimp urban farming in Gresik, East Java, Indonesia. *Aquacultural engineering* 82, 12-24.
- Subyakto, S., Sutende, D., Afand, M., Sofiati, S., 2009. Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Semiintensif dengan Metode Sirkulasi Tertutup Untuk Menghindari Serangan Virus [The Semiintensive Culture Of *Litopenaeus vannamei* By Closed Circulation Method To Prevent Virus Attack]. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* 1, 121-128.
- Supono, S., Wardiyanto, W., Harpeni, E., 2019. Identification of *Vibrio* sp. as a cause of white feces diseases in white shrimp *Penaeus vannamei* and handling with herbal ingredients in East Lampung Regency, Indonesia. *AAFL Bioflux* 12, 417-425.
- Tabarestani, M., Keithly Jr, W.R., Marzoughi-Ardakani, H., 2017. An Analysis of the US Shrimp Market: A Mixed Demand Approach. *Marine Resource Economics* 32, 411-429.
- Tacon, A.G., Barg, U.C., 1998. Major challenges to feed development for marine and diadromous finfish and crustacean species, *Tropical mariculture*. Elsevier, pp. 171-207.
- Tang, K.F., Pantoja, C.R., Poulos, B.T., Redman, R.M., Lightner, D.V., 2005. In situ hybridization demonstrates that *Litopenaeus vannamei*, *L. stylirostris* and *Penaeus monodon* are susceptible to experimental infection with infectious myonecrosis virus (IMNV). *Diseases of aquatic organisms* 63, 261-265.
- Tantikitti, C., 2014. Feed palatability and the alternative protein sources in shrimp feed. *Songklanakarin J. Sci. Technol* 36, 51-55.
- Ullman, C., Rhodes, M., Hanson, T., Cline, D., Davis, D.A., 2017. A new paradigm for managing shrimp feeding. *World Aquaculture* 2017, 31.

- Ullman, C., Rhodes, M., Hanson, T., Cline, D., Davis, D.A., 2019. Effects of four different feeding techniques on the pond culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society* 50, 54-64.
- Van Wyk, P., Institution, H.B.O., 1999. Nutrition and feeding of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture systems. *Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems* 220.
- Wang, C.-N., Nguyen, V.T., Kao, J.-C., Chen, C.-C., Nguyen, V.T., 2021. Multi-criteria decision-making methods in fuzzy decision problems: A case study in the frozen shrimp industry. *Symmetry* 13, 370.
- Wang, Q., White, B.L., Redman, R.M., Lightner, D.V., 1999. Per os challenge of *Litopenaeus vannamei* postlarvae and *Farfantepenaeus duorarum* juveniles with six geographic isolates of white spot syndrome virus. *Aquaculture* 170, 179-194.
- Wang, Z., Shi, C., Wang, H., Wan, X., Zhang, Q., Song, X., Li, G., Gong, M., Ye, S., Xie, G., 2020. A novel research on isolation and characterization of *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* from Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, displaying black gill disease cultured in China. *Journal of fish diseases* 43, 551-559.
- Wati, L., 2018. Analyzing the development of Indonesia shrimp industry, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, p. 012101.
- Wati, L.A., Chang, W.-I., Mustadjab, M.M., 2013. Competitiveness of Indonesian shrimp compare with Thailand shrimp in export market. *Wacana Journal of Social and Humanity Studies* 16, 24-31.
- Wong, G., Greenhalgh, T., Westhorp, G., Buckingham, J., Pawson, R. 2013. RAMESES publication standards: Meta-narrative reviews. *Journal of Advanced Nursing*, 69(5), 987-1004.
- Wouters, R., Lavens, P., Nieto, J., Sorgeloos, P., 2001. Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. *Aquaculture* 202, 1-21.
- Wulandari, A., 2020. Estimasi beban limbah nutrisi terhadap daya dukung lingkungan untuk budidaya udang vannamei (*litopenaeus vannamei*) semi intensif di Desa Banjar Kemuning. UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Yang, W., Zheng, C., Zheng, Z., Wei, Y., Lu, K., Zhu, J., 2018. Nutrient enrichment during shrimp cultivation alters bacterioplankton assemblies and destroys community stability. *Ecotoxicology and environmental safety* 156, 366-374.
- Yi, D., Reardon, T., Stringer, R., 2018. Shrimp aquaculture technology change in Indonesia: Are small farmers included? *Aquaculture* 493, 436-445.
- Yoedistira, M.K., 2005. An Analysis On the Factors Affecting Indonesian Shrimp Export In Japan Market In 1982-2004.
- Zhang, Q., Xu, T., Wan, X., Liu, S., Wang, X., Li, X., Dong, X., Yang, B., Huang, J., 2017. Prevalence and distribution of covert mortality nodavirus (CMNV) in cultured crustacean. *Virus research* 233, 113-119.
- Zhou, X.-x., Wang, Y.-b., Li, W.-f., 2009. Effect of probiotic on larvae shrimp (*Penaeus vannamei*) based on water quality, survival rate and digestive enzyme activities. *Aquaculture* 287, 349-353.

Tabel 1. Parameter kesesuaian kualitas air untuk produksi udang Vannamei

No	Parameter	Unit	Kisaran Kesesuaian	Kisaran Optimal	Referensi
1	Suhu	°C	5 – 35	26 – 33	Boyd and Tucker (2014); Karthik et al. (2005); (Mustafa, 2012; Ross et al., 2013)
2	Salinitas	‰	10 – 35	15 – 25	
3	Kecerahan	cm	20 – 60	30 - 45	Boyd and Tucker (2014); Mustafa (2012); Mohanty et al. (2018)
4	Oksigen terlarut	mg L ⁻¹	> 3	> 5	Mohanty et al. (2018)
5	pH (Derajat keasaman)		6 – 9	7.5 – 8.5	Boyd and Tucker (2014); Mustafa (2012) Tarunamulia (2014), Mohanty et al. (2018)
6	Total Ammonia	mg L ⁻¹	< 1.0	< 1.0	Boyd and Tucker (2014); Mohanty et al. (2018)
7	Amonia bebas	mg L ⁻¹	< 0.3	< 0.1	Mustafa (2012); Tarunamulia (2014)
8	Nitrit	mg L ⁻¹	< 0.25	< 0.05	Karthik et al. (2005), Tarunamulia (2014), Mohanty et al. (2018)
9	Nitrat	mg L ⁻¹	0.1 - 0.8	< 0.3	Karthik et al. (2005), Tarunamulia (2014), Mohanty et al. (2018)
10	Hidrogen Sulfida	mg L ⁻¹	< 0.25	< 0.1	Carbajal-Hernández et al. (2013), (Mohanty et al., 2018)
Logam berat (Standar Baku Mutu Air Peraturan Pemerintah No 22/2021 Lampiran VI)					
11	Merkuri	mg L ⁻¹	< 0.0025	< 0.001	PP No 22/2021 Lampiran VI
12	Tembaga	mg L ⁻¹	< 0.1	< 0.002	PP No 22/2021 Lampiran VI
13	Besi	mg L ⁻¹	< 0.01	< 0.01	PP No 22/2021 Lampiran VI, Tarunamulia (2014)
14	Seng	mg L ⁻¹	< 0.25	< 0.05	PP No 22/2021 Lampiran VI
15	Kadmium	mg L ⁻¹	< 0.15	< 0.01	PP No 22/2021 Lampiran VI
Pestisida dan lainnya					
16	Malathion	µg L ⁻¹	< 0.0004	< 0.01	(Ross et al., 2013)
17	Parathion	µg L ⁻¹	< 0.001	< 0.01	(Ross et al., 2013)
18	Arzodine	µg L ⁻¹	< 0.01	< 0.01	(Ross et al., 2013)
19	Paraquat	µg L ⁻¹	< 0.01	< 0.01	(Ross et al., 2013)
20	Endosulfan	µg L ⁻¹	< 0.01	< 0.01	(Ross et al., 2013)

Tabel 2. Parameter kesesuaian kualitas tanah untuk produksi udang Vannamei

No	Parameter	Unit	Kisaran Kesesuaian	Kisaran Optimal	Referensi
1	pH _F -pH _{FOX}		0.1 – 4.0	< 0.5	(Ross et al., 2013); Mustafa et al. (2012)
2	pH		6.5 – 8.5	6.5 – 9.5	Karthik et al. (2005); (Ross et al., 2013)
3	Liat	(%)	3 - 30	3 - 20	Karthik et al. (2005); Tarunamulia (2014)
4	Karbon-organik	(%)	0.5 – 8.0	1.5 – 2.5	Karthik et al. (2005), Mustafa et al. (2012)
5	Kedalaman pirit	(m)	> 2.5	> 1.0	Mustafa et al. (2012), Tarunamulia (2014); Ross et al. (2013)
6	Total nitrogen	(%)	> 0.16	> 0.21	Tarunamulia (2014); (Ross et al., 2013)
7	Posfat	mg L ⁻¹	> 46	> 36	Tarunamulia (2014)

Tabel 3. Contoh indikator yang digunakan untuk penentuan daya dukung sebuah sistem produksi

Kategori	Indikator	Pendekatan yang digunakan	Referensi
Daya dukung fisik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketersediaan air 2. Akses ke air 3. Hidrografi 4. Oseanografi 5. Hidrodinamika 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis kesesuaian lahan 2. Zonasi 3. Pengelolaan kawasan pantai 4. Perubahan iklim 5. Penilaian Resiko 	Ross et al. (2013), Karthik et al. (2005) Mustafa et al. (2012)
Daya dukung produksi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Akses dan kualitas jalan 2. Nilai/harga lahan 3. Ketersediaan benih 4. Ketersediaan pakan dan pupuk 5. Ketersediaan pasar 6. Listrik 7. Ketersediaan permesinan dan bahan kimia 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis Kesesuaian lahan 2. Analisis rantai pasok 3. Queuing Analysis 4. Analisis spasial/kedekatan (distance analysis) 	Karthik et al. (2005) (Wang et al., 2021) Ross et al. (2013)
Daya dukung lingkungan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kualitas air 2. Kualitas tanah 3. Jalur hijau mangrove 4. Kemampuan asimilasi lingkungan budidaya 5. Penampakan visual/Visual amenities 6. Batasan kawasan konservasi dan ekosistem unik lainnya 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis Kesesuaian lahan 2. Monitoring kualitas air 3. Zonasi budidaya 4. Pengelolaan kawasan pantai 5. Kecepatan dekomposisi bahan organik 6. Keanekaragaman organisme/makrobentos perairan sekitar 	Karthik et al. (2005) Mustafa et al. (2012) Ross et al. (2013)
Daya dukung sosial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketersediaan tenaga kerja dan literasi 2. Ketersediaan tenaga penyuluh/sumber informasi 3. Ketersediaan fasilitas lain (pos, bank, faskes, kelompok pembudidaya, 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis kesesuaian sosial dan ekonomi 2. Analisis spasial/kedekatan (distance analysis) 3. Analisis rantai pasok 4. Queuing Analysis 	Karthik et al. (2005) Wang et al. (2021) Ross et al. (2013)

Tabel 4. Database kebutuhan nutrisi spesifik udang Vannamei yang dibudidayakan dalam sistem intensif untuk beberapa ukuran udang dimulai dari starter hingga ukuran konsumsi atau induk (> 40 g). Data dirangkum dari The International Aquaculture Feed Formulation Database (IAFFD)

Parameter	Unit	Kondisi	Ukuran Udang			
			< 3 g	3 - 15 g	15 - 40 g	> 40 g
Kelembapan	%	Minimum	10	10	10	10
Crude Protein	%	Minimum	42	37	36	35
Crude Lipids	%	Minimum	5	6	6	7
Starch	%	Minimum	12	13	13	13
Arginin	%	Minimum	2.50	2.41	2.35	2.30
Histidin	%	Minimum	0.71	0.69	0.67	0.66
Isoleusin	%	Minimum	1.47	1.42	1.39	1.37
Leusin	%	Minimum	2.49	2.36	2.29	2.22
Lysin	%	Minimum	2.65	2.54	2.46	2.40
Methionin	%	Minimum	0.94	0.91	0.88	0.86
Phenylalanin	%	Minimum	1.69	1.64	1.61	1.58
Threonin	%	Minimum	1.29	1.22	1.19	1.15
Tryptophan	%	Minimum	0.33	0.32	0.31	0.31
Valin	%	Minimum	1.68	1.60	1.55	1.51
Cystin	%	Minimum	0.31	0.30	0.30	0.29
TSAA (Met+Cys)	%	Minimum	1.25	1.21	1.18	1.15
Tyrosin	%	Minimum	1.26	1.23	1.21	1.19
Phe+Tyr	%	Minimum	2.95	2.87	2.82	2.77
Sum EAAs	%	Minimum	17.31	16.63	16.22	15.84
Taurine	%	Minimum	0.30	0.20	0.20	0.20
EPA 20:5 n-3	%	Minimum	0.33	0.29	0.25	0.22
DHA 22:6 n-3	%	Minimum	0.50	0.43	0.38	0.34
EPA+DHA	%	Minimum	0.84	0.72	0.64	0.56
Sum n-3	%	Minimum	0.78	0.78	0.78	0.78
Arachidonic 20:4 n-6	%	Minimum	0.010	0.005	0.005	0.005
Sum n-6	%	Minimum	0.5	0.5	0.5	0.5
Phospholipids	%	Minimum	1.3	1.1	1.0	1.0
Kolesterol	mg	Minimum	777	518	518	518
Phosphorus	%	Minimum	0.93	0.64	0.53	0.42
Natrium	%	Minimum	0.16	0.16	0.16	0.16
Klorin	%	Minimum	0.16	0.16	0.16	0.16
Kalium	%	Minimum	0.3	0.3	0.3	0.3
Magnesium	%	Minimum	0.07	0.07	0.07	0.07
Copper	mg	Minimum	7.8	7.8	7.8	7.8
Besi	mg	Minimum	98	98	98	98
Mangan	mg	Minimum	10.4	10.4	10.4	10.4
Selenium	mg	Minimum	0.16	0.16	0.16	0.16

Seng	mg	Minimum	31	31	31	31
Iodin	mg	Minimum	1.04	1.04	1.04	1.04
Vitamin C	mg	Minimum	207	155	155	207
Biotin-B7	mg	Minimum	0.52	0.52	0.52	0.52
Folic acid-B9	mg	Minimum	5.2	5.2	5.2	5.2
Niacin-B3	mg	Minimum	27	27	27	27
Pantothenic Acid-B5	mg	Minimum	16	16	16	16
Pyridoxine-B6	mg	Minimum	10	10	10	10
Riboflavin-B2	mg	Minimum	15.5	15.5	15.5	15.5
Thiamin-B1	mg	Minimum	4.1	4.1	4.1	4.1
Vitamin B12	mg	Minimum	0.01	0.01	0.01	0.01
Vitamin A	mg	Minimum	2.07	1.45	0.93	0.93
Vitamin D	ug	Minimum	41	31	10	10
Vitamin E	mg	Minimum	233	155	155	155
Vitamin K	mg	Minimum	3.1	3.1	3.1	3.1
Choline	mg	Minimum	1036	1036	1036	1036
Inositol	mg	Minimum	155	155	155	155
Aflatoxin B	ppb	Maximum	19	19	19	19
Deoxynivalenol (DON)	ppb	Maximum	305	610	966	966
Zeralenone (ZON)	ppb	Maximum	305	610	610	610
Fumonicin (FUM)	ppb	Maximum	2032	2033	2033	2033
Anti-tryptic factors	mg	Maximum	4066	8131	8131	8131
Gossypol	mg	Maximum	152	254	305	305
Phytic Acid	g	Maximum	4.8	7.2	9.7	9.7
Glucosinolates	mmol	Maximum	1.0	1.9	2.9	3.9
Sinapine	mg	Maximum	1016	1525	1525	2033
Lectins	mg	Maximum	508	1016	1016	1016
Cyanogens	mg	Maximum	51	97	97	97
Soyasaponins	mg	Maximum	457	915	1372	1372
Isoflavones	mg	Maximum	2033	2541	2541	2541

Tabel 5. Daftar beberapa penyakit penting pada sistem produksi udang putih *Litopenaeus vannamei*

Jenis penyakit	Patogen Penyebab penyakit	Referensi
Acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND)	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>V. campbellii</i> , <i>V. owensii</i> and <i>V. harveyi</i>	Jun et al. (2018); Liu et al. (2018); Muthukrishnan et al. (2019)
Covert Mortality nodavirus (CMNV)	RNA virus	Zhang et al. (2017)
Shrimp hemocyte iridescent virus (SHIV)	Iridoviridae, DNA virus	Qiu et al. (2017)
White spot disease (WSD) /WSSV	Nimaviridae, DNA virus	(Ruiz-Velazco et al., 2010; Wang et al., 1999)
Taura syndrome virus (TSV)	Picornaviridae, RNA virus	Argue et al. (2002)
Infectious myonecrosis virus (IMNV)	Totiviridae, RNA virus	(Nur'aini, 2009; Tang et al., 2005)
Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis virus (IHHNV)	Parvoviridae	(Escobedo-Bonilla and Rangel, 2014; Kim et al., 2011)
Vibriosis (eg. <i>Vibrio harveyi</i> , <i>V. parahaemolyticus</i>)	Bacteria	(Longyant et al., 2008; Mohny et al., 1994)
Hepatobacter penaei / necrotizing hepatopancreatitis (NHP)	alpha - proteobacterium	Nunan et al. (2013)
Black gill disease	Fungal infection in the gill	Wang et al. (2020); Karthikeyan et al. (2015)
Zoothamnium	Protozoa	Hafidloh and Sari (2019)

Tabel 6. Analisa kelayakan ekonomi untuk 1 unit cluster sistem produksi udang *Litopenaeus vannamei* skala intensif. 1 unit kluster terdiri atas 10 kolam produksi, 4 kolam pengelolaan air masuk, 1 unit kolam karantina dan 1 unit kolam pengelolaan air limbah. Asumsi yang digunakan:

1. 1 siklus produksi = 120 hari
2. 1 tahun produksi = 3 siklus

JUMLAH KOLAM DALAM SATU KLUSTER

No	Item	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Jumlah (unit)	Luas Lantai (m ²)	Tot Luas Lantai (m ²)
1	Kolam Produksi	45,00	45,00	1,50	10	2.025	20.250
2	Kolam pengelolaan air masuk	55,00	45,75	1,50	4	2.516	10.065
3	Kolam karantina	94,50	30,00	1,50	1	2.835	2.835
4	Kolam pengelolaan air limbah	54,50	40,00	2,00	1	2.180	2.180
Total luas lahan produksi							35.330

Karakteristik jumlah dan biaya benur yang digunakan				Per Modul	Per Kolam	Satuan
1	Padat Tebar	300	Ekor/m ²			
2	Jumlah Tebar	6.075.000	Ekor	6.075.000	607.500	Ekor
3	Harga Benur	43	Rp/Ekor	261.225.000	26.122.500	Rp

Jumlah pakan per siklus = 120 hari				Per Modul	Per Kolam	Satuan
1	FCR	1,3				
2	Jumlah Panen			114.223	11.422	
3	Jumlah Pakan			148.490	14.849	Kg
4	Harga Pakan	16.850	Rp/Kg	2.502.063.759	250.206.376	Rp

Biaya Produksi per siklus dan per tahun

No	Item	Biaya Produksi per Siklus	Biaya Produksi per Tahun
		Total	Total

1	Biaya Persiapan Kolam	20.250.000	60.750.000
2	Biaya Benur	261.225.000	783.675.000
3	Biaya Pakan	2.502.063.759	7.506.191.278
4	Biaya Kapur	5.804.400	17.413.200
5	Biaya Pupuk	1.539.090	4.617.270
6	Obat-obatan, Desinfektan, Probiotik, dll	22.669.138	68.007.414
7	Biaya Listrik PLN	288.000.000	864.000.000
8	Biaya Solar (BBM Genset)	21.000.000	63.000.000
9	Biaya Tak Terduga	100.000.000	300.000.000
		3.222.551.387	9.667.654.162

Biaya Karyawan per siklus dan per tahun

No	Item	Biaya Karyawan per Siklus	Biaya Karyawan per Tahun
		Total	Total
1	Gaji Farm Manager	13.000.000	39.000.000
2	Gaji Farm Supervisor	20.000.000	60.000.000
3	Gaji Pekerja Tambak	312.000.000	936.000.000
4	Gaji - Security	102.000.000	306.000.000
5	Uang Makan	48.000.000	144.000.000
		495.000.000	1.485.000.000
TOTAL Biaya produksi dan karyawan		3.717.551.387	11.152.654.162

Nilai Jual Udang dengan 3 (tiga) skenario kelulushidupan

Harga Jual Udang Rp/Kg	65.000		
Kelulushidupan	90%	75%	60%

1	Panen 1 (DOC 70)	374.092.105	311.743.421	249.394.737
2	Panen 2 (DOC 90)	1.719.616.935	1.433.014.113	1.146.411.290
3	Panen total (DOC 120)	5.330.812.500	4.442.343.750	3.553.875.000
		7.424.521.541	6.187.101.284	4.949.681.027

No	Deskripsi	Kelulushidupan 90%		Kelulushidupan 75%		Kelulushidupan 60%	
		Per Siklus	Per Tahun	Per Siklus	Per Tahun	Per Siklus	Per Tahun
1	Pendapatan	7.424.521.541	22.273.564.622	6.187.101.284	18.561.303.852	4.949.681.027	14.849.043.081
2	Biaya operasional	3.717.551.387	11.152.654.162	3.717.551.387	11.152.654.162	3.717.551.387	11.152.654.162
	Keuntungan kasar	3.706.970.154	11.120.910.461	2.469.549.897	7.408.649.690	1.232.129.640	3.696.388.920
4	Bonus Produksi (10%)	370.697.015	1.112.091.046	246.954.990	740.864.969	123.212.964	369.638.892
5	Depresiasi (20 %)	741.394.031	2.224.182.092	493.909.979	1.481.729.938	246.425.928	739.277.784
	Keuntungan bersih	2.594.879.107	7.784.637.322	1.728.684.928	5.186.054.783	862.490.748	2.587.472.244
6	Modal investasi	8.955.570.106		8.955.570.106		8.955.570.106	
	PAY BACK PERIODE (Siklus)	4,9		7,3		14,7	

Gambar 1. Grafik logaritmik pertumbuhan udang di empat kepadatan berbeda dengan 8 replikat selama proses produksi. Titik yang disajikan merupakan data rata-rata ± standar deviasi untuk delapan replikat. Disadur dari Novriadi et al. (2020)

