

## **Optimalisasi Lahan Suboptimal untuk Akuakultur: *Food Safety* Indonesia untuk Dunia**

### *Suboptimal Land Optimization for Aquaculture: Indonesia's Contribution to Global Food Security*

**Esti Handayani Hardi**<sup>\*)</sup>

Departemen Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman  
Program Studi Doktorat Ilmu Lingkungan, Pascasarjana Universitas Mulawarman,  
Samarinda Utara, Kota Samarinda 75242, Kalimantan Timur, Indonesia

<sup>\*)</sup>Penulis untuk korespondensi: estie\_hardie@fpik.unmul.ac.id

**Sitasi:** Hardi, E.H. (2023). Suboptimal land optimization for aquaculture: Indonesia's contribution to global food security. *In: Herlinda S et al. (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-11 Tahun 2023, Palembang 21 Oktober 2023. (pp. 25–32). Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).*

#### **ABSTRACT**

In Indonesia, the subtropical land is dominated by peat and mangroves, both of which have the potential to be used for aquaculture. The implementation of smart aquaculture, in which the management uses four concepts including natural activity, zero waste, circular activity, and sustainability. Optimizing the mangroves ecosystem as an area for filtration and sedimentation for aquaculture and waste air before it is discharged is an important part of maintaining ponds. The utilization of plant extracts as antibacterial, immunostimulants, prebiotics, and natural pesticide is the foundational tenet of smart silvofishery as opposed to the cultivation practice of using chemical fertilizers and pesticides. There are four advantages to smart silvofishery: mangrove litter supplies total nutrients (nitrogen, potassium, and phosphorus); increasing total plankton (8 *phytoplankton* species and 11 *zooplankton* species); suppressing pathogens in ponds; increasing the amino acid and fatty acid content of shrimp meat; and increasing pond production. Mangrove litter supplies total nutrients (nitrogen, potassium, and phosphorus). Aquaculture carried out in peat and mangrove environments is safe (for the environment, fish, and customers) when smart silvofishery is utilized. This results in increased productivity while also maintaining the safety of the products that are created.

---

Keywords: mangroves, peat, tiger prawns, silvofishery, sustainable

#### **ABSTRAK**

Lahan sub tropis di Indonesia di dominasi lahan gambut dan mangrove, yang memiliki potensi untuk bidang perikanan budidaya. Upaya peningkatan dilakukan dengan menerapkan smart aquacultur dimana pengelolaannya menerapkan 4 konsep yaitu, natural activity, zero waste, circular activity, dan sustainable. Tambak dipelihara dengan mengoptimalkan fungsi mangrove sebagai areal filtrasi dan sedimentasi air budidaya dan limbah sebelum dibuang. Prinsip dasar smart silvofishery adalah tanpa penggunaan bahan kimia dalam budidaya namun menggunakan plant ekstrak sebagai antibakterial, imunostimulan, prebiotik, dan pestisida alami. Ada 4 keuntungan smart silvofishery yaitu serasah mangrove menyuplai nutrien total (nitrogen, kalium, dan fospor); meningkatkan total plankton (8 spesies *fitoplankton* dan 11 spesies *zooplankton*); menekan patogen dalam

*Editor: Siti Herlinda et. al.*

*ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)*

*Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)*

tambak; kandungan asam amino dan asam lemak daging udang lebih tinggi; meningkatkan produksi tambak. Dengan smart silvofishery, akuakultur yang dilakukan di wilayah gambut dan mangrove aman (lingkungan, ikan, dan konsumen); meningkatkan produksi dan menjamin keamanan produk yang dihasilkan.

---

Kata kunci: gambut, mangrove, udang windu, silvofishery, sustainable

## **PENDAHULUAN**

Lahan suboptimal di Indonesia meliputi lahan gambut dan mangrove yang tersebar luas di provinsi Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Luas lahan gambut mencapai 108,8 juta hektar yang terluas di dunia. Lahan gambut di Indonesia memiliki karakteristik yang hampir sama, yaitu pH tanah masam (< 5,5), pertumbuhan mikroba tanah rendah, dan rawan kebakaran. Pemanfaatan lahan untuk kegiatan perikanan dan pertanian biasanya memiliki keterbatasan yang menyebabkan produktivitasnya rendah penurunan kualitas tanah yang terjadi sangat cepat, rawan banjir, menimbulkan emisi gas rumah kaca, serta menjadi ancaman hilangnya beberapa biodiversitas flora dan fauna endemik. Pengelolaan lahan gambut dan mangrove yang tepat akan mampu mendorong produktivitasnya (Powell & Osbeck, 2010).

Pemanfaatan lahan gambut dan mangrove dalam bidang perikanan memiliki peluang yang besar, namun penerapan teknologi yang tepat, skill keterampilan teknis, serta dukungan pemerintah akan mempercepat dan meningkatkan efektifitas pengelolaan. Masalah terbesar sector perikanan saat ini adalah masalah food safety. Menurut Syamsul Arifin, Managing Director, Global Reliance International (GRI), saat ini issue lingkungan menjadi isu penting dalam produk perikanan. Regulasi yang ketat di negara- negara tujuan ekspor dapat mempengaruhi izin ekspor dan akses pasar serta penentuan harga, mendorong pengelolaan perikanan perlu menekankan aspek lingkungan dan keberlanjutan (Fawzi & Husna, 2021; Belton & Little, 2008).

Beberapa kasus penolakan produk disebabkan oleh cemaran logam berat, mikroba patogen, dan kontaminan antibiotic. Pengelolaan yang alami menjadi hal terpenting, setidaknya pengelolaan perikanan di lahan gambut dan mangrove perlu mengadaptasi perikanan secara alami. Dengan demikian, pengelolaan yang ramah lingkungan, aman bagi lingkungan, hewan, dan konsumen tentu membuka peluang lebih tinggi di pasar ekspor.

Menurut Hardi *et al.* (2003a,b) dan Dahuri *et al.* (2023) pengelolaan dengan konsep smart silvofishery untuk budidaya ikan dan udang mendukung pengelolaan perikanan di lahan gambut dan mangrove menuju blue economy, dengan mengedepankan 4 konsep natural culture, zero waste, circular activity, dan sustainable aquaculture tentu dapat menjadi pilihan budidaya ikan dan udang di lahan sub tropis. Fitzgerald (2002) menambahkan, setidaknya penekanan pada aspek on farm dan off farm pengelolaan lahan sub optimal untuk akuakultur akan meningaktakan produktivitas lahan, hasil panen, dan kesejahteraan masyarakat. Aspek on farm meliputi persiapan tambak, proses budidaya, dan pemanenan. Sedangkan aspek off farm mencakup pemasaran, pengolahan, pembiayaan dimana masuk di dalamnya pembinaan dan pmdampingan di masyarakat.

Artikel ini akan menjabarkan bagaimana pengelolaan lahan sub optimal gambut dan mangrove untuk akuakultur dengan menekankan keamanan pangan, lingkungan, dan keberlanjutan.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Model Pengelolaan SDA dengan Pendekatan Masyarakat**

Ada 4 konsep utama yang perlu dilakukan untuk mengoptimalkan pengelolaan lahan gambut dan mangrove untuk kegiatan akuakultur dengan mengedepankan keterlibatan masyarakat.

Konsep 1: Sekolah lapang. Bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan motivasi masyarakat dalam pengelolaan lahan untuk perikanan budidaya, terbagi menjadi 3 kelas utama :

- Millennial camp, diperuntukan kaum milenial muda di desa.
- Penyuluh go to campus. Ditujukan bagi para penyuluh perikanan, pertanian, kehutanan untuk memperdalam pengetahuan dan keterampilan.
- Sekolah lapang masyarakat, ditujukan bagi pemerintahan desa seperti kepala desa, sekretaris desa, BPD, pengelola Bumdes, pemuka agama, petani, petambak, dan masyarakat lainnya.

Konsep 2 : Peremberdaayan masyarakat di Desa.

Target kegiatan ini adalah kelompok tani, kelompok pembudidaya ikan, dan kelompok UMKM perempuan.

- Pembuatan demplot Smart Silvofishery. Bertujuan untuk memberikan gambaran secara nyata, sekaligus menjadi tempat belajar dan mengaktualisasikan pengelolaan, sekaligus menjadi tempat percontohan.
- Scaling up pengolahan diversifikasi produk olahan perikanan, pertanian, dan kehutanan. Tahapan ini sebagai upaya persiapan, pembekalan kepada masyarakat peluang pengolahan produk dari perikanan di lahan gambut dan mangrove menjadi produk unggulan desa.

Konsep 3 : Penguatan Ekonomi kemandirian pangan berbasis berkelanjutan.

- Transformasi ekonomi. Kegiatan ini diperuntukan bagi masyarakat, mitra, dan pemerintah daerah terkait peluang pengelolaan akuakultur sebagai potensi pendapatan desa.
- Rencana Pengembangan Ekonomi berkelanjutan, membuat SOP dan juga model pengembangan dan kemandirian desa.

Konsep 4 : pembuatan Legal policy terkait pengelolaan SDA

- Pemetaan kapasitas Hukum sustainable economic. Tahapan ini sangat penting untuk memetakan konflik, dan peluang konflik di masyarakat terkait dengan pengelolaan SDA perikanan, pertanian, kehutanan.
- Pembuatan dokumen rencana aksi dalam pengelolaan SDA untuk perikanan, pertanian, kehutanan.

### **Model Smart Silvofishery**

Pengelolaan dasar dari Smart Silvofishery adalah dengan mengoptimalkan produktivitas tambak dengan cara alami yaitu pemanfaatan ekstrak tanaman dalam akuakultur (Hardi *et al.*, 2023a; 2022d) yaitu :

1. Tanpa bahan kimia namun memanfaatkan ekstrak tanaman temu kunci (Boesenbergia pandurata), terung asam (Solanum ferox), dan lempuyang (Zingiber zerumbet) sebagai antibakterial, imunostimulan, prebiotik, dan pestisida alami (Info Akuakultur, 2022).
  - Menggunakan ekstrak tanaman (prebiotic) untuk meningkatkan kesuburan tambak (Hardi *et al.*, 2022a,b,c)
  - Menggunakan ekstrak tanaman (imunostimulan) untuk meningkatkan daya tahan ikan, udang, rumput laut, kepiting yang dibudidayakan (Hardi *et al.*, 2021; 2019a,b)

*Editor: Siti Herlinda et. al.*

*ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)*

*Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)*

- Menggunakan plant ekstrak (antibacterial) untuk menekan bakteri patogen (Hardi *et al.*, 2017; 2018; 2020).
- Menggunakan plant ekstrak (pestisida alami) untuk membunuh hama.
  1. Tidak merusak ekosistem mangrove (mangrove 60-80%)
  2. Input produksi yang rendah (minim pemberian pakan tambahan)
  3. Tidak menggunakan obat-obatan bebas untuk udang/ikan.
  4. Menghasilkan limbah sedikit melalui waste recycling
  5. Meningkatkan produktivitas tambak dengan menekankan pada persiapan dan pengelolaan tambak.
  6. Mengutakan siklus nutrient dalam tambak

Luasan mangrove yang direkomendasikan minimal 24-30% dari luasan tambak keseluruhan. Persiapan tambak dilakukan dengan tahapan sebagai berikut menggunakan metode Hardi *et al.* (2022) :

1. Pemeriksaan piru air untuk memastikan tidak terjadi kebocoran.
2. Pembuangan lumpur.
3. Pembilasan dan pengeringan dasar tambak.
4. Pengisian dan pengendapan air. Air masuk dalam tambak didesinfeksi menggunakan ekstrak *Z. zerumbet* 800-1.000 ppm dan dibiarkan selama satu malam sebelum digunakan untuk budidaya.
5. Pengapuran dan penambahan prebiotik ekstrak terung asam 400-600 ppm/Ha.
6. Pemupukan.
7. Penyiapan dan penebaran benih. Benih diberi antibakterial (ekstrak terung asam dan lempuyang) dan imunostimulan (ekstrak temu kunci dan terung asam) sebelum ditebar di tambak.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Keberhasilan pengelolaan lahan suboptimal baik gambut dan mangrove untuk akuakultur dapat terwujud jika ada sinergisitas antara Perguruan Tinggi, Pemerintah Daerah dan Pusat, serta industri. Keberlanjutan ekosistem mangrove sebagai barrier pesisir dan laut sangat penting sehingga pengelolaannya dipastikan tidak merubah, mengurangi dan menyebabkan kerusakan pada fungsi ekosistem mangrove (Diana *et al.*, 2023). Masyarakat sebagai ujung tombak pengelolaan perlu mendapatkan bekalpengetahuan dan keterampilan yang cukup. Melalui Sekolah Lapang (SL), Demplot smart silvofishery, dan Klinik Tambak pengelolaan yang optimal dapat dilakukan.

1. Sekolah Lapang (SL), merupakan kegiatan untuk melakukan transfer knowlade dan teknologi dari expert, masyarakat, pemerintah. Selain itu, SL sebagai wadah untuk diskusi antar masyarakat, upgrade keterampilan dalam pengelolaan perikanan yang sustainable.
2. Demplot smart silvofishery (DSS) dibentuk sebagai tempat belajar, praktek, dan contoh model pengelolaan yang aman danramah lingkungan sekaligus sebagai tempat sharing pengetahuan, keterampilan antar kelompok pembudidaya
3. Klinik Tambak (KT). Kegiatan yang dilakukan berupa pemeriksaan kesiapan lahan tambak untuk mulai produksi; monitoring kualitas air dan substrat tambak; monitoring kesehatan dan pertumbuhan ikan, udang; pendampingan pengolahan produk perikanan dan pendampingan izin halal, izin produksi dan pemasaran produk UMKM.

Setidaknya ada 9 keuntungan SL, DSS, dan KT di masyarakat yaitu kegiatan bersifat partisipatif; menguatkan kultur masyarakat (khas dan sederhana) dan kemampuan adaptasi masyarakat; transfer teknologi untuk peningkatan perekonomian, berkelanjutan, dan

*Editor: Siti Herlinda et. al.*

*ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)*

*Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)*

mengangkat sosio kultur masyarakat; memadukan kearifan lokal dan riset ilmiah untuk mengoptimalkan SDA dan SDM; menyelaraskan pengetahuan ilmiah dan pengetahuan masyarakat; masyarakat sebagai subjek dan lapangan; mengumpulkan dan mengelola praktik-praktik baik masyarakat; kecenderungan lebih menyukai praktik daripada mendengar dan berdiskusi – (kontrak belajar); menumbuhkan kreatifitas, pengetahuan dan inovasi berbasis sumberdaya lokal (kearifan lokal) dan local champion.

Melalui Smart Silvofishery setidaknya ada 7 keuntungan yang diperoleh dengan memanfaatkan lahan Suboptimal menjadi areal akuakultur, yaitu :

### **Serasah Mangrove Sebagai Sumber Nutrien Tambak**

Hardi *et al.* (2022d) dan (2023a,b) menjabarkan bagaimana serasah mangrove bisa menjadi sumber Nitrogen, pospor, dan kalium yang jumlahnya mencapai 2,04-5,28 ppm dari jumlah serasah mencapai 2024-2547 kg/m<sup>2</sup>/tahun. Menurut Troell *et al.* (2019) kebutuhan untuk nutrien dalam tambak berkisar 1,6-3,5 ppm. Artinya keberadaan pohon mangrove bagi tambak dapat menjadi sumber nutrien yang meningkatkan kesuburan tambak.

### **Meningkatnya Ketersediaan Plankton dalam Tambak**

Banyak hasil riset yang menyebutkan bagaimana mangrove menjadi tempat hidup banyak jenis biota baik flora dan faunan termasuk plankton (Van Zwieten *et al.*, 2006). Plankton merupakan makanan jenis ikan kecil, yang tentu akan menjadikan ekosistem mangrove sebagai ekosistem dengan rantai makanan terbesar. Hasil riset menunjukkan adanya peningkatan jumlah plankton dalam tambak dengan ekosistem mangrove. Indeks keragaman (H) sebesar 2,07, indeks keseragaman (E) 0,87, dan indeks dominansi (D) 0,29 lebih baik dibandingkan dengan tambak tanpa ekosistem mangrove. Setidaknya ditemukan 11 jenis zooplankton dan 8 jenis fotoplankton. Hal ini sejalan dengan pengamatan Hardi *et al.* (2023a) bahwa kisaran indeks keragaman plankton tambak berkisar 1,5-2,0 yang menunjukkan tambak dalam kondisi kaya pakan alami untuk ikan dan udang budidaya.

### **Menurunnya Jumlah Patogen dalam Tambak dan Rendahnya Infestasi Parasit pada Udang dan Ikan**

Hasil pengamatan menunjukkan 40% lebih tinggi udang yang dipelihara di tambak tanpa mangrove terinfestasi parasite atau Jumlah prevalensi udang yang terinfestasi parasite mencapai 67%, dan mayoritas jenis ektoparasit yang ditemukan adalah golongan protozoa yang sangat erat kaitannya dengan bahan organik dalam tambak. Menurut Kalaimani *et al.* (2013) kegagalan budidaya udang ditambak paling besar disebabkan oleh infeksi pathogen. Ditambahkan oleh Valderrama & Engle (2004) penyakit yang disebabkan viral menginfeksi mulai ukuran benih hingga panen, dan menyebabkan kematian mencapai 80-90%.

### **Menjaga Fluktuasi Kualitas Air Tambak Tetap Stabil**

Menurut Hardi *et al.* (2023a) keberadaan mangrove dapat menjaga kualitas air dalam fluktuasi yang rendah sehingga udang tidak mengalami stress dan kematian. Suhu berada dalam kisaran 28-30°C, oksigen 4-5 ppm, pH 6-8, dan ini dalam kisaran kualitas air yang sesuai untuk ikan dan udang.

### **Pertumbuhan Udang dan Ikan yang Dipelihara Lebih Cepat (3-4 bulan)**

Proses pemeliharaan udang windu dari PL 15-25 yang ditebar ke tambak selama 4 bulan mencapai size rata-rata 45 ekor/kg, dengan smart silvofishery tidak hanya pertumbuhan

namun udang juga memiliki imunitas non spesifik lebih baik (Hardi *et al.*, 2023b; 2022a). Budidaya udang merupakan kegiatan budidaya yang memiliki prospek ekspor besar. Sampai saat ini pasar Asia, dan Eropa masih sangat terbuka, namun issue lingkungan dan keamanan pangan menjadi syarat penting untuk ekspor (Martínez-Porchas *et al.*, 2010).

### **Meningkatnya Meat Quality Udang**

Pengelolaan tambak dengan smart silvofishery yang dilakukan di Kalimantan Timur, selain laju pertumbuhan, efisiensi pakan, tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi dari pengelolaan tradisional, juga mampu meningkatkan kualitas daging udang, terutama kandungan amino dan asam lemak pada daging udang. Tercatat 19 asam amino dalam daging udang windu dan 32 asam lemak dalam daging udang lebih tinggi dengan pengelolaan smart silvofishery (Hardi *et al.*, 2022a).

### **Produksi Tambak Meningkat**

Pada akhirnya produktivitas lahan yang tinggi, kematian yang rendah, mutu yang baik akan berpengaruh terhadap income yang diperoleh. Hardi *et al.* (2023a,b) menjelaskan adanya peningkatan pendapatan mencapai 2898,21 USD/Ha/tahun dengan smart silvofishery dan 2247,35 USD/Ha/tahun untuk tambak pengelolaan tradisional.



Gambar 1. Kegiatan klinik tambak di Desa Babulu Laut Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur

## **KESIMPULAN**

Sumberdaya alam berupa lahan sub optimal (gambut dan mangrove) untuk akuakultur dapat dioptimalkan dalam rangka ekonomi biru melalui pengelolaan yang natural, waste recycling, circular activity, dan sustainable. Namun sinergitas antara universitas, pemerintah, dan industry diperlukan untuk lebih mengoptimalkan pengelolaan melalui sekolah lapang, demplot tambak smart silvofishery, dan klinik tambak. Setidaknya ada 6 keunggulan tambak dengan smart silvofishery yaitu serasah mangrove sebagai penyuplai nutrisi, meningkatnya kelimpahan plankton, mengurangi jumlah patogen, menjaga kualitas air tambak, meningkatkan pertumbuhan, meningkatkan meat quality dari udang, dan peningkatan hasil produksi tambak.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Serangkaian riset ini dilakukan dari kurun waktu 2020 sampai dengan 2023 dengan pendanaan dan dukungan dari BRGM, KLHK, UNDP, KPH Kendilo, CV Bioperkasa, OIKN, Ristek Dikti, LPDP, dan Universitas Mulawarman. Kami mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik bantuan pendanaan maupun perizinan dan fasilitasi sehingga konsep Smart Silvofishery dapat dilakukan dengan baik dan menghasilkan penghargaan dari Dikti Ristek pada tahun 2022 sebagai Perguruan Tinggi dengan inovasi bidang restorasi Gambut dan Mangrove untuk mendukung Ekonomi Biru Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Belton, B., & Little, D. (2008). The development of aquaculture in central Thailand: domestic demand versus export-led production. *Journal of Agrarian Change*, 8: 123–143.
- Dahuri, R., Setyobudi, E., Yudiati, E., Arifin, Z., Handayani, D.P., Rustadi, Hardi, E.H., & Taslihan, A. (2023). *Ekonomi Biru: Industri Udang Berkelanjutan*. CV. Penerbit Badan Komunikasi Pemuda Remaja Masjid Indonesia Mergangsan. Bandung.
- Diana, R., Kiswanto, Hardi, E.H., Palupi, N.P., Susmiyati, R.H., Jaslin, Matius, P., Syahrudin, & Karyati. (2023). Soil carbon stock in different of mangrove ecosystem in Mahakam Delta, East Kalimantan, Indonesia. *E3S Web of Conferences* 373, 02003 (2023). ISEPROLOCAL 2022
- Fawzi, N. & Husna, V. (2021). *Aquaculture Development Monitoring on Mangrove Forest in Mahakam Delta, East Kalimantan*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Fitzgerald, W.J. (2002). *Silvofisheries: Integrated mangrove forest aquaculture systems. Ecological Aquaculture—the Evolution and the Blue Revolution*. Oxford: Blackwell Science, 161-262.
- Hardi, E.H, Susmiyati, H.R, Diana, R., Palupi, N.P, Agriandini, M, Saptiani, G., Asikin, A.N., & Agustina. (2023a). Traditional polyculture as a mangrove restoration solution in Delta Mahakam, East Kalimantan Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1208 012056.
- Hardi, E.H, Susmiyati, H.R, Diana, R., Palupi, N.P, Agriandini, M, Saptiani, G., Asikin, A.N., Safitri, M.A., Sihite, D., & Agustina. (2023b). A Comparison of the Silvofishery Models for Mangrove Restoration in East Kalimantan. *Y. A. Yusran et al. (Eds.): BIC 2022, AEBMR 235*, pp. 614–626, 2023. [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-140-1\\_61](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-140-1_61).
- Hardi, E.H., Nugroho R.A., Agriandini M., Rizki M., Falah M.E.N., Almadi I.F., Susmiyati H.R., Diana R., Palupi N.P., Saptiani G., Agustina., Asikin A.N., & Sukarti, K. (2022a). Application of Phyto-Stimulants for Growth, Survival Rate, and Meat Quality Improvement of Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*) Maintained in a Traditional Pond. *Pathogens*, 11: 1243.
- Hardi, E.H., Nugroho, R. A., Rostika, R., Mardliyaha, C. M., Sukarti, K., Rahayu, W., Supriansyah, & A., Saptiani, G. (2022b). Synbiotic application to enhance growth, immune system, and disease resistance toward bacterial infection in catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, 549, 737794.
- Hardi, E.H., Nugroho, R.A., Rostika, R., Mardliyaha, C.M., Sukarti, S., Rahayu, W., Supriansyah, A., & Saptiani, G. (2022c). Synbiotic application to enhance growth,

- immune system, and disease resistance toward bacterial infection in catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, 549: 737794.
- Hardi, E.H., Palupi, N.P., Susmiyati, H.R., & Diana, R. (2022d). Buku saku: Pengelolaan Tambak Udang dengan Smart Silvofishery. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Hardi, E.H., Saptiani, G., Nugroho, R.A. (2021). *Boesenbergia pandurata* application in Goldfish (*Cyprinus carpio*) Feed to Enhancing Fish Growth, Immunity System, and Resistance to Bacterial Infection. *F1000Research*, 10.
- Hardi, E.H., Saptiani, G., Kusuma, I.W., Nugroho, R. A., Suwinarti, W., Anjani, R., & Aziza. (2020). Prevention Methods Against *Aeromonas hydrophilla* and *Pseudomonas fluorescens* Infection in Tilapia. *Biotropia*, 27(3): 209-221.
- Hardi, E.H., Nugroho, R., Kusuma, I., & Apriza, A. (2019a). Immunomodulatory effect and disease resistance from concoction three of Borneo plant extracts in tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquacultura Indonesiana*, 20: 41-47.
- Hardi, E.H., Nugroho, R.A., Kusuma, I., & Apriza, A. (2019b). Immunomodulatory effect and disease resistance from concoction three of Borneo plant extracts in tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquacultura Indonesiana*. 20: 41–47
- Hardi, E.H., Nugroho, R. A., Kusuma, I. W., Suwinarti, W., Sudaryono, A., & Rostika, R. (2018). Borneo herbal plant extracts as a natural medication for prophylaxis and treatment of *Aeromonas hydrophilla* and *Pseudomonas fluorescens* infection in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *F1000Research*, 7.
- Hardi, E.H., Saptiani, G., Kusuma, I.W., Suwinart, I.W., & Nugroho, R.A. (2017). Immunomodulatory and antibacterial effects of *Boesenbergia pandurata*, *Solanum roxburghii*, and *Zingiber zerumbet* on tilapia, *Oreochromis niloticus*. *ACL Bioflux*, 10(2): 182–190.
- Info Akuakultur. (2022). Indeks Obat Ikan Indonesia (INOI). Gita Pustaka. Jakarta 172 Hal.
- Kalaimani N., Ravisankar T., Chakravarthy N., Raja S., Santiago T. C., & Ponniah A. G. (2013). Economic losses due to disease incidences in shrimp farms of India. *Fishery Technology*, 50:80–86.
- Martínez-Porchas, M., Martínez-Córdova, L. R., Porchas-Cornejo, M. A., & López-Elías, J. A. (2010). Shrimp polyculture: a potentially profitable, sustainable, but uncommon aquacultural practice. *Reviews in Aquaculture*, 2: 73-85.
- Powell, N., & Osbeck M. (2010). Understanding and embedding stakeholder realities in coastal governance: The case of mangroves in the Mahakam delta, East Kalimantan. *International Journal of Sustainable Development*, 18(5): 260-270.
- Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A. H., & Fang J. G. (2009). Ecological engineering in aquaculture – potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture*, 297: 1-9.
- Valderrama, D., & Engle, C.R. (2004). Farm-level economic effects of viral diseases on honduran shrimp farms. *Journal of Applied Aquaculture*, 16(1-2): 1-26.
- Van Zwieten, P., Sidik, A., Suyatna, I. (2006). Aquatic food production in the coastal zone: data-based perceptions on the trade-off between mariculture and fisheries production of the Mahakam Delta and estuary, East Kalimantan, Indonesia. *Environment and livelihoods in tropical coastal zones: managing agriculture-fishery-aquaculture conflicts*, 219-236.