



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor Gede Suantika

**PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN
SISTEM AKUAKULTUR TERTUTUP
(CLOSED AQUACULTURE SYSTEM) UNTUK
INDUSTRI AKUAKULTUR BERKELANJUTAN**

11 Desember 2021
Balai Pertemuan Ilmiah ITB

**Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**
11 Desember 2021

Profesor Gede Suantika

**PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN
SISTEM AKUAKULTUR TERTUTUP
(*CLOSED AQUACULTURE SYSTEM*) UNTUK
INDUSTRI AKUAKULTUR BERKELANJUTAN**



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN SISTEM AKUAKULTUR TERTUTUP (*CLOSED AQUACULTURE SYSTEM*) UNTUK INDUSTRI AKUAKULTUR BERKELANJUTAN
Disampaikan pada sidang terbuka Forum Guru Besar ITB, tanggal 11 Desember 2021.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama **7 (tujuh) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)**.
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama **5 (lima) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)**.

Hak Cipta ada pada penulis

Gede Suantika

PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN SISTEM AKUAKULTUR TERTUTUP (*CLOSED AQUACULTURE SYSTEM*) UNTUK INDUSTRI AKUAKULTUR BERKELANJUTAN
Disunting oleh Gede Suantika

Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2021

x+54 h., 17,5 x 25 cm

ISBN 978-602-6624-51-2

1. Teknologi Budidaya 1. Gede Suantika

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Ida Sang Hyang Widhi Wasa, bahwasanya atas berkat dan rahmatNya, saya dapat menyelesaikan naskah orasi ilmiah ini. Penghargaan dan rasa hormat serta terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada pimpinan dan anggota Forum Guru Besar Institut Teknologi Bandung, atas perkenannya saya menyampaikan orasi ilmiah ini pada Sidang Terbuka Forum Guru Besar.

Sebagaimana diamanatkan dalam PP 155/2000, Majelis Guru Besar (MGB) adalah unsur ITB yang berfungsi melakukan pembinaan kehidupan akademik dan integritas moral serta etika dalam lingkungan civitas academica ITB. Sehubungan dengan itu, MGB mengemban tanggung jawab atas tegaknya integritas moral dan etika professional sivitas akademika Institut dan atas kukuhnya keserjanaan di lingkungan Institut.

Semoga tulisan ini dapat memberikan wawasan, inspirasi, dan pengayaan yang bermanfaat terkait dengan bidang perikanan budidaya (akuakultur), terutama tentang pengembangan dan penerapan teknologi akuakultur tertutup (*closed system aquaculture*) bagi para pembaca.

Bandung, 11 Desember 2021

Gede Suantika

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
SINOPSIS	vii
1. PENDAHULUAN	1
2. PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN SISTEM AKUAKULTUR TERTUTUP	5
2.1 Sistem Akuakultur Tertutup: <i>Zero Water Discharge (ZWD)</i>	9
2.2 Sistem Akuakultur Tertutup: <i>Simplified Recirculating Aquaculture System (RAS)</i>	14
2.3 Sistem Akuakultur Tertutup: <i>Hybrid RAS-ZWD System</i>	18
2.4 Sistem Akuakultur Tertutup: Bioflok	22
3. PENGEMBANGAN PAKAN FUNGSIONAL DAN PENDEKATAN METABOLOMIK UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS UDANG	24
3.1 Pengembangan Pakan Fungsional	24
3.2 Pendekatan Metabolomik	28
4. PENUTUP	29
5. UCAPAN TERIMA KASIH	30
DAFTAR PUSTAKA	32
CURRICULUM VITAE	39

SINOPSIS

Produksi perikanan global meningkat dan mencapai ± 179 juta ton pada tahun 2018. Stagnasi produksi perikanan tangkap (*captured fishery*) dalam empat dekade terakhir, memberikan kesempatan kepada sektor perikanan budidaya (*aquaculture*) untuk berkontribusi terhadap total produksi perikanan dunia. Total produksi perikanan akuakultur saat ini sebesar ± 82 juta ton atau sekitar 46% dari total produksi produk perikanan dunia dan kontribusinya diperkirakan akan meningkat hingga 59% pada tahun 2030. Dengan pertumbuhan rata-rata 8,6% per tahun, sektor perikanan budidaya (akuakultur) menunjukkan kontribusi produksi yang menjanjikan dalam pemenuhan permintaan global terhadap pangan akan produk perikanan.

Sebagai salah satu negara produsen produk perikanan, produksi perikanan budidaya (akuakultur) di Indonesia juga mengalami peningkatan selama beberapa dekade terakhir. Perkembangan industri perikanan budidaya di Indonesia menghadapi tantangan yang besar terkait aspek keberlanjutan di masa yang akan datang dikarenakan teknik budidaya yang digunakan masih didominasi oleh sistem budidaya konvensional menggunakan *semi-batch*, *flow through*, dan sistem kolam tanah terbuka (*outdoor earthen pond*). Sistem budidaya konvensional (*open system*) memiliki beberapa kelemahan seperti; tingginya penggunaan air selama proses budidaya, rendahnya jumlah organisme yang dapat

dibudidaya secara efektif, memiliki keterbatasan terkait lokasi budidaya, sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, sangat rentan terhadap serangan penyakit, memiliki *biosecurity* yang rendah, memiliki tingkat produktivitas dan prediktibilitas produksi yang rendah.

Berdasarkan beberapa kekurangan pada teknik budidaya konvensional, pengembangan alternatif teknologi budidaya sebagai suatu strategi untuk keberlanjutan industri perikanan perlu dilakukan dan diterapkan dalam industri akuakultur, khususnya di Indonesia. Salah satu solusi alternatif yang dapat dilakukan yaitu dengan pengembangan dan penerapan sistem budidaya tertutup. Secara umum, terdapat dua jenis sistem budidaya tertutup dalam industri akuakultur: (1) *Recirculating Aquaculture System* (RAS) dan (2) *Zero Water Discharge* (ZWD) atau bioflok. Selain itu, terdapat sistem budidaya tertutup yang dikembangkan di SITH-ITB, Hybrid RAS-ZWD, yaitu dengan menggabungkan sistem budidaya RAS dan ZWD. Sistem budidaya tertutup memiliki beberapa keunggulan seperti penggunaan air yang lebih efisien dan pengelolaan kualitas air, fleksibilitas terhadap lokasi dan komoditas budidaya, memiliki produktivitas tinggi, kondisi budidaya yang dapat diprediksi, dan tidak mencemari lingkungan tempat budidaya.

Terlepas dari pentingnya aspek biologis dalam sistem budidaya, karakteristik metabolit produk budidaya yang dihasilkan dari masing-masing sistem akuakultur tertutup yang telah dikembangkan perlu dilakukan. Analisis lebih lanjut dari profil metabolit produk budidaya

penting untuk diamati terkait kesesuaian antara faktor ekologi yang mendukung pertumbuhan udang dengan parameter biologis. Metabolomik, sebagai salah satu pendekatan sistematis terbaru untuk profil metabolit, memungkinkan untuk secara komprehensif mengetahui profil perubahan metabolisme dan mengidentifikasi biomarker yang menunjukkan respons fisiologis terhadap kondisi lingkungan dalam budidaya.

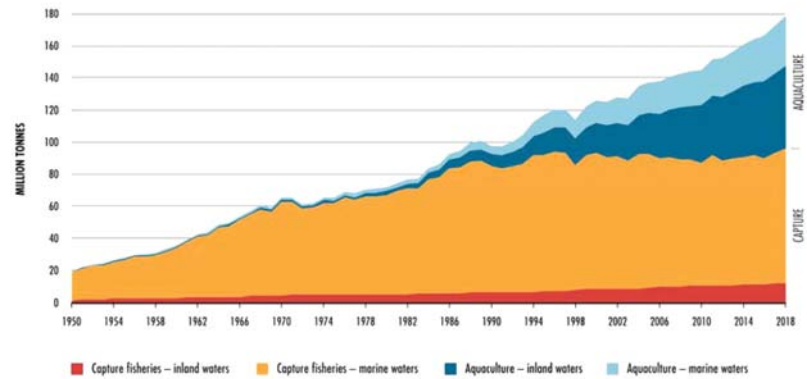
**PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
AKUAKULTUR TERTUTUP (*CLOSED AQUACULTURE
SYSTEM*) UNTUK INDUSTRI AKUAKULTUR
BERKELANJUTAN**

1. PENDAHULUAN

Populasi manusia mengalami peningkatan secara global dengan laju peningkatan sebesar 1,05% atau 81 juta pertahun. Jumlah populasi manusia diperkirakan akan mencapai 9,7 miliar pada tahun 2050 dari jumlah saat ini yaitu sebesar 7,7 miliar (FAO, 2020). Terjadinya peningkatan populasi manusia menyebabkan meningkatnya tekanan pada sektor industri pangan untuk memaksimalkan produksi dan meminimalkan limbah produksi yang dihasilkan. Produksi pangan harus dilakukan secara berkelanjutan dan efisien dengan mempertimbangkan keterbatasan pada sumber daya yang ada (Bene *et al.*, 2015).

Industri perikanan merupakan salah satu industri pada sektor pangan dengan tingkat pertumbuhan tertinggi selama 40 tahun terakhir (Bene *et al.*, 2015). Produksi perikanan global meningkat dan mencapai ±179 juta ton pada tahun 2018 (Gambar 1). Stagnasi produksi perikanan tangkap (*captured fishery*) dalam empat dekade terakhir, memberikan kesempatan kepada sektor perikanan budidaya (*aquaculture*) untuk berkontribusi terhadap total produksi perikanan dunia. Total produksi perikanan

akuakultur saat ini sebesar ±82 juta ton atau sekitar 46% dari total produksi produk perikanan dunia dan kontribusinya diperkirakan akan meningkat hingga 59% pada tahun 2030. Dengan pertumbuhan rata-rata 8,6% per tahun, sektor perikanan budidaya (akuakultur) menunjukkan kontribusi produksi yang menjanjikan dalam pemenuhan permintaan global terhadap pangan akan produk perikanan (Boyd dan Nevin, 2015; FAO, 2020).



Gambar. 1 Produksi Perikanan Dunia (FAO, 2020)

Sebagai salah satu negara produsen produk perikanan, produksi perikanan budidaya (akuakultur) di Indonesia juga mengalami peningkatan selama beberapa dekade terakhir, dari jumlah produksi sebesar ±7,9 juta ton pada tahun 2010 menjadi ±15 juta ton pada tahun 2019 dengan komoditas utamanya di industri perikanan budidaya meliputi rumput laut, krustasea, *finfish*, dan moluska (KKP, 2020). Kondisi ini

didukung oleh posisi geografis Indonesia yang merupakan sebuah negara kepulauan yang memiliki garis pantai di hampir setiap pulau di Indonesia yang menjadikan Indonesia menempati urutan kedua setelah Kanada sebagai negara dengan garis pantai terpanjang (± 91.000 km) di dunia (Gambar 2) (KKP, 2020). Keunggulan ini merupakan potensi besar untuk memajukan industri perikanan Indonesia. Saat ini, Indonesia menjadi produsen perikanan budidaya terbesar kedua di dunia dan industrinya telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap ketahanan pangan, kesejahteraan manusia, dan devisa negara (Suantika *et al.*, 2018).



Gambar 2. Wilayah perikanan Indonesia (KKP, 2020).

Perkembangan industri perikanan budidaya di Indonesia menghadapi tantangan yang besar terkait aspek keberlanjutan di masa

yang akan datang dikarenakan teknik budidaya yang digunakan masih didominasi oleh sistem budidaya konvensional menggunakan *semi-batch*, *flow through*, dan sistem kolam tanah terbuka (*outdoor earthen pond*). Sistem budidaya konvensional ini masih merupakan alternatif teknik budidaya karena teknologinya relatif sederhana, memiliki biaya operasional yang rendah, dan masih menguntungkan. Sistem budidaya konvensional (*open system*) memiliki beberapa kelemahan seperti terbatasnya jumlah organisme yang dapat dibudidayakan atau kapasitas daya dukung yang rendah dalam sistem. Selain itu, sistem budidaya konvensional tidak dapat dilakukan secara berkelanjutan dalam jangka waktu yang lama, karena ketidakmampuan sistem untuk mengontrol kualitas air, mencegah penyakit, dan menyebabkan kerusakan lingkungan akibat limbah yang dihasilkan (Timmons dan Ebeling, 2010). Limbah cair yang dibuang dapat mengandung bahan pencemar seperti unsur hara dan bahan organik, serta mikroorganisme yang bersifat patogen (Lekang, 2007).

Berdasarkan beberapa kekurangan pada teknik budidaya konvensional, pengembangan alternatif teknologi budidaya sebagai suatu strategi untuk keberlanjutan industri perikanan perlu dilakukan dan diterapkan dalam industri akuakultur, khususnya di Indonesia (Eng *et al.*, 1989; Otoshi *et al.*, 2003; Suantika *et al.*, 2018).

Salah satu solusi alternatif yang dapat dilakukan yaitu dengan pengembangan dan penerapan sistem budidaya tertutup. Sistem budidaya tertutup (*closed aquaculture system*) merupakan sistem yang

ramah lingkungan karena proses budidayanya dilakukan dengan memisahkan organisme dari lingkungannya, menggunakan teknologi pengolahan air (*water reused*), tidak ada kontak langsung dengan air permukaan, dan dapat dikendalikan atau dikontrol selama proses budidaya. Sistem budidaya tertutup memiliki beberapa keunggulan seperti penggunaan air yang lebih efisien dan pengelolaan kualitas air, fleksibilitas terhadap lokasi dan komoditas budidaya, memiliki produktivitas tinggi, kondisi budidaya yang dapat diprediksi, dan tidak mencemari lingkungan tempat budidaya. Secara umum, terdapat dua jenis sistem budidaya tertutup dalam industri akuakultur: (1) *Recirculating Aquaculture System* (RAS) dan (2) *Zero Water Discharge* (ZWD) atau bioflok (Funge-smith dan Philips, 2001). Selain itu, terdapat sistem budidaya tertutup Hybrid RAS-ZWD yaitu dengan menggabungkan sistem budidaya RAS dan ZWD. Sistem Hybrid RAS-ZWD menggabungkan kelebihan masing-masing sistem dalam menjaga kualitas air dan meningkatkan produktivitas budidaya perikanan (Suantika *et al.*, 2018).

2. PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN SISTEM AKUAKULTUR TERTUTUP

Penggunaan sistem konvensional (*open system*) seperti kolam terbuka (*open pond*), *flow through*, dan *semi batch* untuk aktivitas budidaya perikanan termasuk di Indonesia masih diminati karena masih memberikan keuntungan disamping operasionalnya yang relatif

sederhana dengan biaya investasi dan operasional yang relatif lebih rendah (Gambar 3). Akan tetapi, proses budidaya yang sangat bergantung terhadap faktor lingkungan, kontak langsung dengan perairan alami, dan kurangnya kontrol terhadap kualitas air menyebabkan produksi budidaya yang tidak dapat diprediksi (Browdy *et al.*, 2001).



Gambar 3. Sistem budidaya konvensional di Indonesia

Sistem budidaya konvensional memiliki beberapa kekurangan seperti:

- Tingginya penggunaan air selama proses budidaya
- Rendahnya jumlah organisme yang dapat dibudidayakan secara efektif
- Memiliki keterbatasan terkait lokasi budidaya
- Sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan
- Sangat rentan terhadap serangan penyakit
- Memiliki *biosecurity* yang rendah
- Memiliki tingkat produktivitas dan prediktibilitas produksi yang rendah

Berdasarkan uraian di atas, disamping pertimbangan aspek produksinya, sistem budidaya konvensional dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan seperti pencemaran materi organik yang tinggi dari limbah budidaya, rusaknya habitat alami, dan terjadinya eutrofikasi pada lingkungan perairan sekitar budidaya (Pillay dan Kutty, 2005; Asche, 2015). Berdasarkan beberapa permasalahan tersebut, pengembangan dan penerapan teknologi budidaya yang lebih baik perlu dilakukan dengan memperhatikan beberapa faktor seperti efisiensi penggunaan air dan lahan, kontrol kualitas air, memiliki produktivitas tinggi, meningkatkan kualitas dan kuantitas produk budidaya, dan menerapkan *biosecurity* yang tinggi, serta dapat mendukung proses budidaya yang berkelanjutan (Suantika *et al.*, 2018).

Salah satu solusi dalam mengatasi beberapa permasalahan pada sistem budidaya konvensional yaitu dengan mengembangkan sistem budidaya tertutup (*closed aquaculture system*). Secara umum, teknologi budidaya tertutup yang saat ini dipakai di dunia memiliki karakteristik teknologi yang kompleks dan rumit sehingga penerapan sistem budidaya tertutup khususnya di negara berkembang memiliki beberapa kendala, seperti tingginya biaya investasi dan operasional. Oleh karena itu, pengembangan sistem budidaya tertutup khususnya di Indonesia perlu memperhatikan beberapa pertimbangan (Gambar 4), seperti:

- Teknologi berbasis lokal (termasuk komponen mikroba fungsional, ketersediaan alat dan bahan)

- Layak secara biologis, teknis, dan ekonomis
- Tidak terdapat sensitifitas sosial.



Gambar 4. *Local based technology* (A); aspek sosial (B) yang menjadi pertimbangan penting pengembangan sistem akuakultur tertutup

Pertimbangan-pertimbangan di atas perlu dijadikan acuan dalam pengembangan dan penerapan sistem akuakultur tertutup di Indonesia sehingga proses implementasi menjadi lebih layak, baik secara ekonomi, lingkungan, dan sosial. Sistem tertutup yang dikembangkan di SITH-ITB, adalah sebuah sistem yang menggabungkan proses perikanan biologis (penggunaan mikroba fungsional) dan perikanan fisik (filtrasi, desinfeksi, aerasi) untuk meningkatkan kinerja sistemnya. Terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam pengembangan sistem budidaya tertutup. Langkah pertama yaitu melakukan isolasi dan karakterisasi komponen mikroba fungsional yang digunakan pada sistem. Langkah berikutnya membuat desain prototipe dan melakukan uji terhadap komponen mikroba dalam skala laboratorium. Apabila semua prototipe teknologi sudah berfungsi dengan baik, maka langkah

selanjutnya yaitu melakukan pemilihan lokasi, petani, dan komoditas budidaya. Pembuatan desain sistem secara detail dilakukan untuk proses komersialisasi. Setelah itu dilakukan instalasi, pengkondisian sistem, dan uji performa sistem budidaya pada skala industri. Setelah sistem berjalan, selanjutnya dilakukan uji biologis, teknis, dan ekonomis. Tahapan terakhir yaitu dengan membuat standar operasional prosedur (SOP) dan optimalisasi sistem berdasarkan lokasi budidaya.

Beberapa produk pengembangan sistem tertutup di SITH-ITB dan penerapannya di Industri Akuakultur dapat dilihat pada penjelasan berikut.

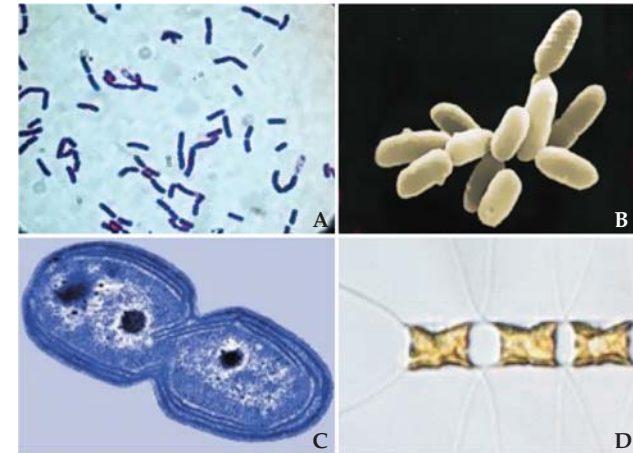
2.1. Sistem Akuakultur Tertutup: *Zero Water Discharge* (ZWD)

Sistem akuakultur tertutup paling sederhana yang telah dikembangkan dan diterapkan dalam industri adalah *Zero Water Discharge* (ZWD). ZWD merupakan sistem budidaya intensif yang ramah lingkungan dengan tetap menjaga kualitas air, membatasi penggunaan air, serta mengurangi limbah cair yang dihasilkan selama proses budidaya (Suantika *et al.*, 2018a). Sistem ZWD memberikan peningkatan pada sistem budidaya melalui manajemen mikroba yang digunakan untuk mendaur ulang nitrogen pada tangki kultur selama proses budidaya. Prinsip dasar sistem ZWD yaitu dengan meminimalkan penggunaan air dari sistem budidaya dengan menerapkan manipulasi mikroba (*microbial loop*) dalam tangki budidaya (Suantika *et al.*, 2015). Konsorsium mikroba dalam sistem ZWD memiliki berbagai fungsi penting, seperti berperan

sebagai pengurai materi organik untuk mendukung terjadinya siklus nutrisi, berperan sebagai probiotik untuk menekan bakteri patogen, membersihkan senyawa nitrogen yang bersifat toksik, dan mendaur ulang nutrisi (Suantika *et al.*, 2018).

Sebagai sistem akuakultur tertutup yang berbasis mikroba, pemilihan konsorsium mikroba yang tepat merupakan tahapan yang sangat penting pada pengembangan sistem ZWD. Komponen mikroba yang digunakan harus didasarkan pada spesies budidaya yang digunakan dan habitat alaminya untuk keberlangsungan hidup dari mikroba yang digunakan serta kemampuan untuk berperan dalam memberikan manfaat pada spesies yang dibudidayakan. Bakteri probiotik yang terdapat pada ekosistem perairan lokal memiliki keunggulan sebagai komponen mikroba pada sistem ZWD karena memiliki kemampuan untuk bertahan hidup di habitat lokal dan memberikan efek menguntungkan pada spesies budidaya (Suantika *et al.*, 2013).

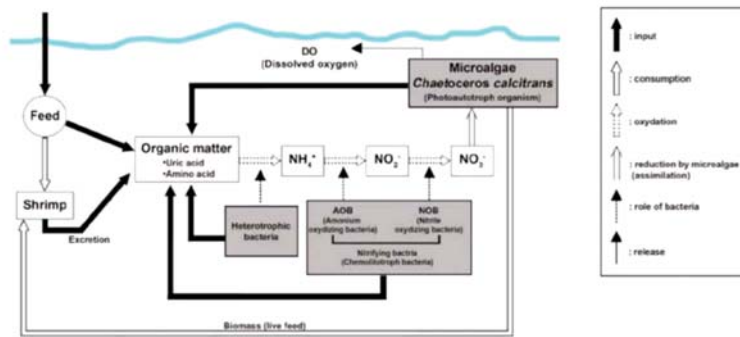
Secara umum, konsorsium mikroba yang digunakan dalam sistem ZWD dapat dibagi menjadi tiga komponen yang terdiri dari; (1) Bakteri *heterotrof*, berperan dalam penguraian bahan organik dan menekan keberadaan bakteri patogen; (2) *Kemolitotrof*, misalnya bakteri nitrifikasi, untuk meningkatkan proses nitrifikasi dari amonium menjadi nitrat; (3) *Fotoautotrof*, misalnya mikroalga, untuk menyerap nitrat, menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis, dan dapat digunakan sebagai sumber pakan alami bagi hewan kultur (Gambar 5) (Suantika *et al.*, 2015).



Gambar 5. Komponen mikroba: (A) (B) bakteri heterotrofik, (C) bakteri nitrifikasi, (D) mikroalga (Saklidi, 2015; Bryant, 2012 dalam Ciamorien, 2019).

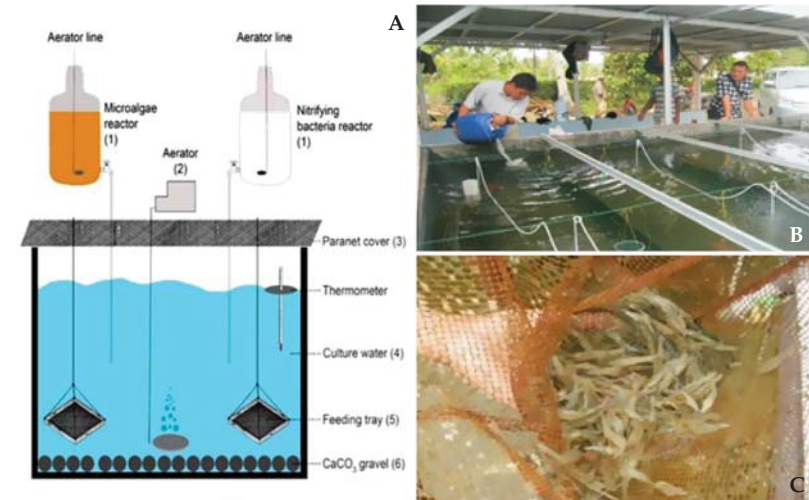
Sistem ZWD menerapkan prinsip *microbial loop* yang diadaptasi dari ekosistem perairan alami. Semua komponen mikroba memiliki peranan penting dalam keberlangsungan siklus mikroba dan siklus nutrisi dalam tangki kultur. Secara umum, komponen *microbial loop* melakukan peran penting dalam siklus nitrogen dan karbon dalam tangki kultur. Sisa pakan berlebih (*excess / leftover feed*) serta hasil ekskresi dari hewan kultur akan terakumulasi sebagai bahan organik dalam air budidaya. Bahan organik tersebut akan terurai dan dimanfaatkan oleh bakteri heterotrofik dan diubah menjadi amonium (Bregnballe, 2015). Proses nitrifikasi akan mengubah bentuk amonium yang bersifat toksik melalui dua proses. Pertama, amonium akan dioksidasi oleh *chemolithotroph ammonium oxidizing bacteria* (AOB) menjadi nitrit. Kedua, nitrit akan diubah oleh

nitrite oxidizing bacteria (NOB) menjadi senyawa nitrat yang tidak beracun. Terakhir, nitrat akan dimanfaatkan oleh organisme fototropik yaitu mikroalga, yang dapat menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis dan dapat digunakan sebagai pakan alami (Gambar 6) (Suantika *et al.*, 2015).



Gambar 6. Skema *microbial loop* pada sistem *Zero Water Discharge* (Suantika *et al.*, 2015).

Aplikasi sistem *Zero Water Discharge* (ZWD) pada skala industri telah dilakukan di Indonesia, salah satunya di Pamarican, Jawa barat untuk komoditas udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) pada tahapan *nursery* (Gambar 7).



Gambar. 7 (A) Skema sistem; (B) inokulasi konsorsium mikroba di tangki kultur; (C) panen udang pada penerapan sistem ZWD untuk udang galah (*M. rosenbergii*) (Muhammad *et al.*, 2016; Suantika *et al.*, 2015).

Berdasarkan hasil budidaya dengan menggunakan sistem ZWD, didapatkan produktivitas yang lebih baik dibandingkan pada sistem konvensional (Suantika *et al.*, 2015).

Secara umum, sistem ZWD memiliki beberapa keunggulan yaitu sistem yang relatif sederhana dan memiliki biaya investasi yang lebih rendah, serta terjadi proses *microbial loop* didalam sistem, sehingga kualitas air dapat dijaga stabil. Adapun kekurangan dari sistem ZWD yaitu kurang optimumnya kepadatan udang (*stocking density*) yang dapat didukung akibat terjadinya peningkatan konsentrasi nitrit yang diakibatkan oleh adanya akumulasi materi organik ketika periode

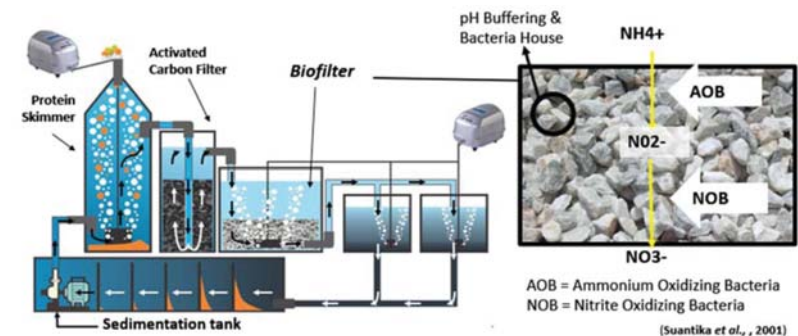
budidaya dilakukan dalam waktu yang relatif lama. Hal ini dapat menyebabkan lambatnya pertumbuhan dan kurang optimumnya produksi biomasa pada operasional budidaya (Suantika *et al.*, 2015).

2.2. Sistem Akuakultur Tertutup: *Simplified Recirculating Aquaculture System (RAS)*

Recirculating Aquaculture System (RAS) merupakan teknologi budidaya intensif dengan memanfaatkan dan menggunakan kembali air yang digunakan selama proses budidaya (Bregnballe, 2015). Dalam sistem RAS, air kultur akan mengalir dan bersirkulasi melalui tangki kultur, semua sistem pengolahan pada komponen RAS, dan hanya sebagian kecil air yang diganti selama proses budidaya (5-10%). Selanjutnya, parameter fisikokimia air budidaya seperti oksigen terlarut (*dissolved oxygen / DO*), suhu, pH, salinitas, alkalinitas, ion nitrogen, dan zat kimia lainnya terus dimonitor dan dikontrol untuk mencapai kondisi budidaya yang optimal (Timmons dan Ebeling, 2010).

Dalam sistem akuakultur intensif, pengolahan air budidaya sangat penting dilakukan untuk menghilangkan sisa limbah dari hasil ekskresi ikan dan menjaga konsentrasi oksigen terlarut untuk pertumbuhan ikan secara optimal selama periode budidaya. Berdasarkan Bregnballe (2015), Timmons dan Ebeling (2010), serta Suantika *et al.* (2003), prinsip dasar dari sistem RAS adalah pengolahan efluen (air limbah) dari tangki pemeliharaan melalui serangkaian proses pengolahan secara berturut-turut yang terdiri dari (Gambar 8):

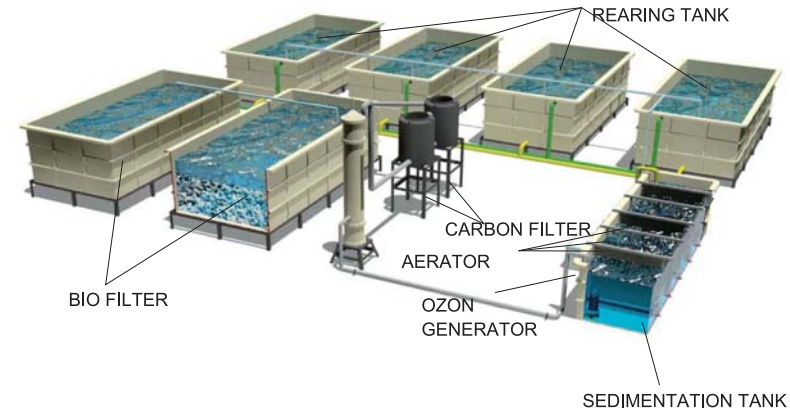
1. *Physical and mechanical filtration*, untuk menghilangkan dan memisahkan limbah yang berbentuk padat (*solids*) dengan menggunakan sedimentasi (tangki sedimentasi atau *lamella separator*), filtrasi (*belt filter* atau *drum filter*), dan flotasi (*protein skimmer*),
2. *Biological filtration and nitrification*, untuk menghilangkan amonium, amonia, dan nitrit yang bersifat toksik dalam biofilter,
3. *Disinfection*, untuk mendesinfeksi atau menghilangkan mikroorganisme dan patogen dengan menggunakan sinar *ultra-violet (UV)* atau ozonisasi,
4. *Oxygenation and aeration*, untuk meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut and menghilangkan karbon dioksida (CO_2).



Gambar 8. Desain konseptual sistem *Simplified Recirculating Aquaculture System* (Suantika *et al.*, 2018).

Rangkaian pengolahan air pada sistem RAS dimulai dari efluen yang berasal dari tangki kultur dialirkan menuju tangki sedimentasi secara

gravitasi. Pada tangki sedimentasi, efluen akan diolah melalui sedimentasi dan filtrasi secara fisik oleh filter mekanis. Kemudian, air dari tangki sedimentasi akan dipompa oleh pompa sirkulasi menuju protein skimmer untuk menghilangkan limbah dalam bentuk padatan halus. Dalam *protein skimmer*, limbah didesinfeksi dan dioksigenasi dengan menggunakan ozon untuk menghilangkan patogen dan parasit. Setelah itu, efluen dialirkan ke *carbon filter*. Pada *carbon filter*, konsentrasi ozon yang berlebih dan kontaminan kimia lainnya akan terperangkap dalam karbon aktif. Terakhir, air limbah akan diolah secara biologis pada biofilter. Pada biofilter akan terjadi proses nitrifikasi yang mengubah amonium (NH_4^+) dan nitrit (NO_2^-) yang bersifat toksik menjadi senyawa nitrat (NO_3^-) yang tidak berbahaya. Di SITH-ITB, dikembangkan dan diterapkan sistem RAS yang sudah disimplifikasi sehingga teknologinya tidak rumit dan tidak berbiaya tinggi. Prinsip teknologinya masih mengakomodasi proses-proses medasar pengolahan air yang dilakukan secara berurutan pada sistem RAS dalam menjaga kualitas air pada periode waktu budidaya yang relatif lama (Gambar 9) (Suantika *et al.*, 2018c).



Gambar 9. Skema sistem *Simplified Recirculating Aquaculture System* pada skala industri (Suantika *et al.*, 2018c).

Sistem RAS memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sistem ZWD seperti produktivitas yang lebih tinggi, penggunaan air yang lebih rendah dan efisien, tidak memerlukan lahan yang luas, kualitas air yang dapat dijaga stabil selama periode kultur, dan tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan (Dalsgaard *et al.*, 2013; Timmons dan Ebeling, 2010). Sistem RAS yang hanya menggunakan 1-10% air dibandingkan dengan sistem konvensional, dan mampu melakukan pengolahan terhadap limbah selama proses budidaya, maka sistem RAS dianggap sebagai sistem budidaya yang ramah lingkungan (Timmons dan Ebeling, 2010). Aplikasi sistem RAS pada skala industri telah dilakukan di Indonesia, salah satunya penerapan sistem RAS dalam budidaya ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Cianjur, Jawa Barat (Gambar 10).



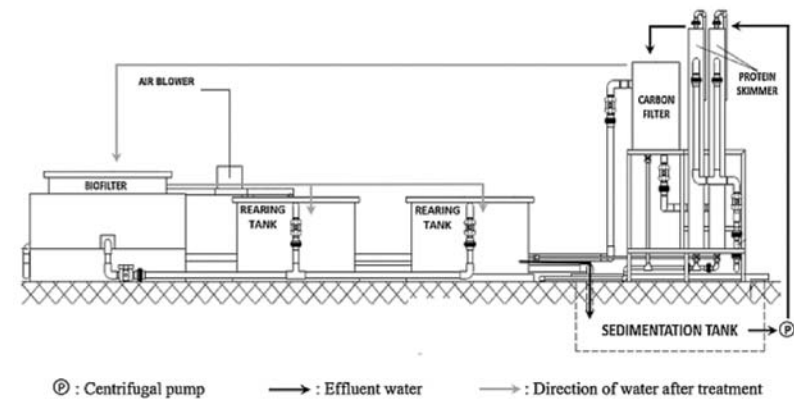
Gambar 10. (A) Penerapan sistem RAS di industri perikanan budidaya air tawar di Cianjur; (B) tanki kultur; (C) settling tank; (D) protein skimmer; (E) carbon active tank.

2.3. Sistem Akuakultur Tertutup: *Hybrid RAS-ZWD System*

Sistem RAS dan sistem ZWD memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Sistem RAS dapat menjaga dan mempertahankan kualitas air budidaya yang stabil pada periode waktu yang relatif lama. Akan tetapi, sistem RAS membutuhkan biaya investasi dan biaya operasional yang lebih besar dibandingkan dengan sistem ZWD. Tingginya biaya investasi pada sistem RAS dikarenakan penggunaan beberapa komponen dan perangkat filtrasi (Bregnballe, 2015). Sedangkan, biaya operasional yang tinggi berasal dari penggunaan listrik untuk mengoperasikan sistem RAS (Badiola *et al.*, 2012). Tingginya biaya investasi dan biaya operasional menyebabkan sistem RAS kurang diminati untuk diterapkan pada tingkat petani dengan skala kecil menengah (Suantika *et al.*, 2003).

Sistem ZWD dan sistem akuakultur tertutup berbasis mikroba lainnya

seperti bioflok, memiliki biaya investasi yang lebih rendah dibandingkan sistem RAS karena penggunaan komponen dan perangkat filtrasi yang lebih sedikit. Akan tetapi, rendahnya daya tampung (*carrying capacity*) pada sistem ZWD tidak dapat mendukung proses budidaya secara intensif pada periode yang lama. Oleh karena itu, dengan mengkombinasikan sistem RAS dan ZWD dapat memberikan manfaat pada kedua sistem budidaya tersebut (Gambar 11) (Suantika *et al.*, 2018).



Gambar 11. Skema sistem Hybrid RAS-ZWD (Suantika *et al.*, 2018)

Sistem Hybrid RAS-ZWD merupakan sistem budidaya dengan mengkombinasikan sistem RAS dan ZWD. Kombinasi dari proses *microbial loop* melalui sistem ZWD pada tangki kultur dikombinasikan dengan serangkaian proses pengolahan air melalui sistem RAS dapat menghasilkan konsentrasi amonium dan nitrit yang relatif stabil dan

rendah pada air budidaya. Kendala kapasitas daya dukung (*carrying capacity*) yang terbatas pada sistem ZWD untuk mendegradasi amonium dan nitrit pada sistem budidaya intensif dapat diatasi dengan penggunaan sistem RAS secara berkala.

Penggunaan sistem Hybrid RAS-ZWD memungkinkan sinkronisasi antara kontrol kualitas air dan efisiensi biaya operasional khususnya biaya listrik pada sistem RAS. Selanjutnya, untuk mempertahankan konsentrasi amonium dan nitrit pada tingkat yang toleran untuk pertumbuhan ikan dan udang, RAS diharapkan dapat dioperasikan secara rutin dan dalam durasi yang lebih lama pada padat tebar yang lebih tinggi dibandingkan pada densitas yang lebih rendah (Suantika *et al.*, 2018).

Aplikasi sistem Hybrid RAS-ZWD pada skala industri telah dilakukan pada beberapa lokasi di Indonesia, salah satunya untuk budidaya udang putih (*Litopenaeus vannamei*) secara intensif di Gresik, Jawa Timur dan Buleleng, Bali (Gambar 12). Komponen mikroba yang digunakan terdiri dari probiotik *Bacillus megaterium*, mikroalga diatom *Chaetoceros calcitrans*, dan konsorsium bakteri nitrifikasi.



Gambar 12. Komponen sistem Hybrid RAS-ZWD: (A) biofilter, (B) *protein skimmer*, (C dan D) kolam budidaya udang aplikasi sistem Hybrid RAS-ZWD di Gresik, Jawa Timur, dan Buleleng, Bali (Suantika *et al.*, 2018)

Performa budidaya udang menggunakan sistem Hybrid RAS-ZWD dapat dilihat pada Table 1.

Tabel 1. Perbandingan parameter biologis pada udang putih (*L. vannamei*) yang dibudidayakan menggunakan sistem Hybrid RAS-ZWD dan konvensional pada skala industri (*Unpublished data*).

PARAMETER	HYBRID	KONVENSIONAL
Padat tebar (PL/m ²)	400	180
Berat akhir (g)	9,8	12
Produktivitas (Kg/m ³)	4,41	1,94
Laju konversi pakan (FCR)	1,3	1,3

2.4. Sistem Akuakultur Tertutup: Bioflok

Sistem bioflok memberikan suatu alternatif solusi terkait pengelolaan sistem perairan dan memiliki potensi untuk mengurangi resiko terjadinya penyebaran penyakit pada hewan kultur akibat dari dampak negatif sistem budidaya tertutup secara intensif. Bioflok merupakan kumpulan mikroorganisme -bakteri, mikroalga, protozoa- dan bahan organik yang memiliki porositas tinggi.

Air dengan senyawa nitrogen (N) dan fosfor (P) yang tinggi dapat melewati pori-pori yang terbentuk pada bioflok, sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran nutrisi. Bioflok dapat mengurangi input organik eksternal oleh aktivitas mikroba dan mengubah menjadi biomassa, yang dapat digunakan sebagai sumber pakan alami bagi udang. Pakan alami ini dapat menurunkan penggunaan pakan komersial pada sistem budidaya intensif, sehingga mengurangi biaya produksi (Uawisetwathana *et al.*, 2021).

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, teknologi bioflok telah terbukti bermanfaat dalam meningkatkan kualitas air, meningkatkan pertumbuhan hewan kultur, melindungi terhadap bakteri patogen seperti *Vibrio*, dan memberikan nutrisi tambahan yang dapat digunakan oleh hewan kultur. Secara umum, salah satu komunitas mikroba dalam bioflok, yaitu genus *Bacillus*, memiliki potensi dalam membantu proses pencernaan dan penyerapan di usus udang dengan memecah partikel yang lebih besar menjadi partikel lebih kecil dan

menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik. Teknologi bioflok yang paling banyak diterapkan adalah bioflok *in situ* yang terbentuk secara alami di kolom air (Situmorang *et al.*, 2021). Pengembangan sistem bioflok di SITH-ITB memiliki pendekatan yang berbeda yaitu: (1) agregat bioflok dibentuk secara *in-situ* menggunakan konsorsium mikroba fungsional yang meliputi bakteri heterotroph, bakteri nitrifikasi, dan mikroalga, dan (2) agregat bioflok dibentuk secara *ex-situ* sebelum ditambahkan pada kolam budidaya.

Berdasarkan penelitian (*in prep.* Situmorang *et al.*, 2021) menunjukkan bahwa bioflok dapat dibentuk secara eksternal (*ex-situ biofloc*) dengan menggunakan probiotik *B. megaterium* dan *B. cereus*, diatom mikroalga *C. calcitrans*, dan konsorsium bakteri nitrifikasi sebagai starter. Secara keseluruhan, suplementasi bioflok *ex-situ* pada budidaya udang dapat meningkatkan kinerja budidaya udang (pertumbuhan dan kesintasan hidup udang), menurunkan dominasi *Vibrio sp.* di perairan dan tubuh udang, serta memberikan stimulasi pada respon imun udang dalam berbagai rentang pertahanan melalui respon imun humoral.

Teknologi budidaya bioflok secara *in-situ* telah diaplikasikan pada skala industri untuk komoditi ikan nila (*O. niloticus*) di Cianjur, Jawa Barat. Teknologi bioflok untuk udang putih (*L. vannamei*) sedang difinalisasi uji coba skala prototipenya.



Gambar 13. Bioflok (A); aplikasi sistem bioflok pada skala industri (B)

3. RISET DAN PENGEMBANGAN SISTEM TERTUTUP AKUAKULTUR: PAKAN FUNGSIONAL DAN KAJIAN METABOLOMIK

3.1. Pengembangan Pakan Fungsional

Munculnya strain bakteri patogen yang resisten terhadap antibiotik telah menjadi isu ataupun permasalahan utama dalam akuakultur, sehingga alternatif untuk pencegahan dan pengendalian penyakit perlu dikembangkan untuk mengatasi resistensi bakteri patogen yang ada (Smith, 2008). Pengembangan dan formulasi pakan fungsional untuk meningkatkan tingkat kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan ketahanan hewan kultur terhadap penyakit sejauh ini menjadi pendekatan yang paling banyak dilakukan (Situmorang *et al.*, 2020). Dalam dekade terakhir, pengembangan sinbiotik, kombinasi antara prebiotik dan probiotik, telah diteliti secara intensif untuk potensi alternatif sebagai suplemen pakan yang diaplikasikan pada hewan kultur.

Penggunaan probiotik dan prebiotik telah banyak dikembangkan sebagai alternatif pengganti antibiotik (Situmorang *et al.*, 2020; Suantika *et al.*, 2017; Suantika *et al.*, 2018)

Probiotik merupakan mikroba hidup yang dapat memberikan efek menguntungkan pada sel inang. Dalam akuakultur, pemberian probiotik dapat memberikan manfaat untuk peningkatan produksi enzim pencernaan dalam usus hewan, mengendalikan dominasi bakteri patogen, mengaktifkan sistem kekebalan usus, dan meningkatkan penyerapan nutrisi (Situmorang *et al.*, 2020; Suantika *et al.*, 2017). Sedangkan, prebiotik merupakan senyawa pangan yang tidak dapat dicerna yang secara selektif dapat merangsang pertumbuhan atau aktivitas bakteri menguntungkan dalam saluran pencernaan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *L. vannamei* yang diberi suplemen prebiotik menunjukkan peningkatan aktivitas antimikroba, peningkatan kapasitas fagositosis, dan berkurangnya perlekatan bakteri patogen di usus. Pemberian sinbiotik merupakan sinergisme dimana prebiotik akan berperan secara selektif untuk memberikan nutrisi pada organisme probiotik. Sinbiotik dikembangkan untuk mengatasi kemungkinan adanya kesulitan terkait kelangsungan hidup (viabilitas) probiotik. Efek stimulasi yang lebih efisien dari pertumbuhan probiotik dan bakteri akan berkontribusi dalam menjaga homeostasis usus dan tubuh dari hewan kultur.

Rumput laut merah *Kappaphycus alvarezii* telah banyak diteliti sebagai

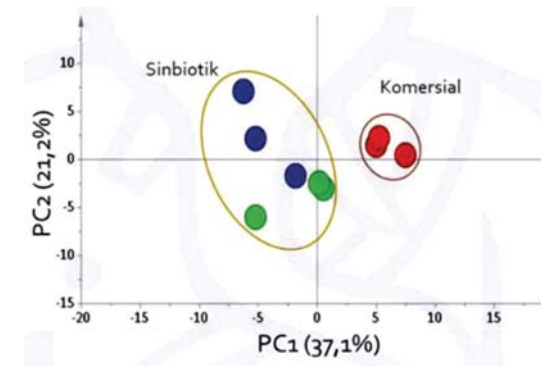
salah satu prebiotik potensial dalam produksi suplemen pakan udang (Suantika *et al.*, 2017; Suantika *et al.*, 2018). *K. alvarezii* adalah salah satu tumbuhan akuatik utama yang diproduksi dalam budidaya, dengan total produksi global sebesar 1,6 juta ton pada tahun 2016. *K. alvarezii* mengandung *kappa-carrageenan*, imunostimulan potensial yang dapat meningkatkan respon imun udang terhadap patogen (Suantika *et al.*, 2017). Namun, spesies ini tidak memiliki kandungan asam amino dan asam lemak esensial sehingga perlu dilengkapi dengan zat lain sebelum digunakan sebagai suplemen pakan udang. Cyanobacteria *Spirulina sp.* dapat digunakan untuk melengkapi *K. alvarezii*, karena mengandung 60%-70% protein dan memiliki kandungan asam amino esensial sekitar 47% dari total berat protein dalam pakan udang (Ibrahim *et al.*, 2013).

Beberapa bakteri probiotik telah diteliti dan digunakan sebagai suplementasi pakan *L. vannamei* yang dapat meningkatkan pertumbuhan, dan pengendalian penyakit pada udang (Zhang *et al.*, 2009). Dalam budidaya udang, *Halomonas sp.* digunakan sebagai probiotik dan telah terbukti dapat meningkatkan ketahanan udang terhadap virus *white spot syndrome* (Zhang *et al.*, 2009). Beberapa penelitian terkait formulasi dan aplikasi sinbiotik pada udang telah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi pakan sinbiotik yang mengandung *K. alvarezii* dan *Spirulina sp.* sebagai prebiotik dan probiotik yang berasal dari isolat lokal yang terdiri dari *B. cereus* dan *H. alkaliphila* dengan konsentrasi optimal untuk kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan

ketahanan udang terhadap adanya vibriosis. Berdasarkan beberapa penelitian, didapatkan hasil bahwa pemberian pakan fungsional sinbiotik mampu meningkatkan beberapa parameter biologis udang (Tabel 2) dan mempengaruhi profil metabolomiknya (Gambar 14).

Tabel 2. Aplikasi pakan sinbiotik yang terdiri dari bakteri *B. cereus* (kode B) dan *H. alkaliphila* (kode H) dapat meningkatkan kesintasan dan pertumbuhan udang secara signifikan baik dengan maupun tanpa uji tantang *Vibrio* dibandingkan dengan pemberian pakan komersial (kode C) (Modifikasi Situmorang *et al.*, 2021).

PERLAKUAN	KODE	KESINTASAN (%)	BERAT (g)	PANJANG (cm)
Non- <i>Vibrio</i>	C	30,83 ± 0,03	5,65 ± 0,34	9,22 ± 0,15
	B	59,58 ± 0,08	6,83 ± 0,37	9,83 ± 0,06
	H	65,00 ± 0,08	7,07 ± 1,25	10,08 ± 0,64
<i>Vibrio</i>	C	22,00 ± 0,02	4,45 ± 0,78	8,68 ± 0,60
	B	48,33 ± 0,02	5,23 ± 0,04	9,19 ± 0,06
	H	55,00 ± 0,07	5,34 ± 0,38	9,36 ± 0,38



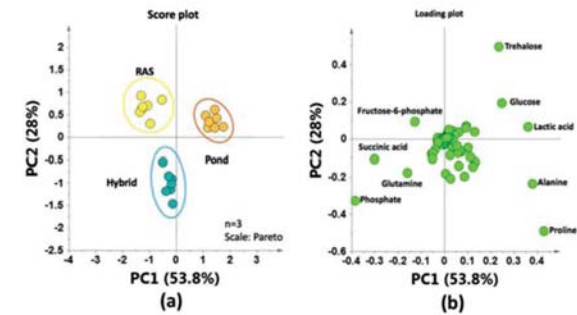
Gambar 14. Score plot analisis metabolomik dengan pemberian pakan sinbiotik dan pakan komersial (in prep. Situmorang *et al.*, 2021).

3.2. Pendekatan Metabolomik

Terlepas dari pentingnya aspek biologis dalam sistem budidaya, karakteristik produk budidaya yang dihasilkan dari masing-masing sistem akuakultur tertutup yang telah dikembangkan masih belum jelas. Analisis lebih lanjut dari profil metabolit produk budidaya penting untuk diamati terkait kesesuaian antara faktor ekologi yang mendukung pertumbuhan udang dengan parameter biologis. Metabolomik, sebagai salah satu pendekatan sistematis terbaru untuk profil metabolit, memungkinkan untuk secara komprehensif mengetahui profil perubahan metabolisme dan mengidentifikasi biomarker yang menunjukkan respons fisiologis terhadap kondisi lingkungan atau budidaya (Putri *et al.*, 2013).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menganalisis profil metabolit udang yang dibudidaya secara intensif pada sistem tertutup yaitu RAS dan Hybrid serta dibandingkan dengan profil metabolit udang yang dibudidaya pada sistem konvensional yaitu sistem tambak terbuka semi-intensif. Berdasarkan hasil analisis metabolomik, terdapat perbedaan profil metabolit udang yang dibudidaya pada sistem tertutup RAS dan Hybrid RAS-ZWD dengan sistem konvensional / terbuka.

Beberapa metabolit dengan skor *Variable importance in projection* (VIP) tinggi, termasuk *shikimic acid*, β -alanine, *uric acid*, *hypoxanthine*, *inosine*, *homocysteine*, *methionine*, *phenylalanine*, *tryptophan* dan *lysine*, dipilih sebagai metabolit utama yang membedakan udang yang dibudidaya pada ketiga sistem tersebut (Gambar 15) (Suantika *et al.*, 2020)



Gambar 15. Hasil analisis *Principal Component Analysis* (PCA) menunjukkan terdapat perbedaan udang yang dihasilkan dengan sistem budidaya tertutup dengan sistem konvensional (Suantika *et al.*, 2020).

4. PENUTUP

Kehadiran Guru Besar pada suatu perguruan tinggi adalah berhubungan dengan kewajiban serta tanggung jawab perguruan tinggi dalam pengembangan ilmu pengetahuan baru, menjaga kualitas kebenaran setiap ilmu pengetahuan itu sendiri, serta pemanfaatan ilmu pengetahuan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat luas. Sehubungan dengan itu, jabatan fungsional Guru Besar merupakan penghargaan yang juga merupakan pengejawantahan dari kepercayaan untuk memangku suatu jabatan fungsional dengan kewajiban melaksanakan tugas dan tanggung jawab yang mulia tersebut.

Prosesi Pidato Ilmiah Guru Besar adalah janji terbuka dari seorang yang mendapat kepercayaan menjadi pemimpin akademik dengan jabatan Guru Besar, yang kelak akan menyampaikan pula tanggung

jawabnya secara terbuka pada saat 'prosesi' purna tugas-nya sebagai Guru Besar. Pernyataan akademik dan normatif yang disampaikan pada prosesi Pidato Ilmiah Guru Besar adalah juga janji dari MGB khususnya dan ITB pada umumnya, keduanya sebagai institusi yang mempunyai kewajiban serta tanggung jawab melaksanakan pembinaan masyarakat akademik maupun menghasilkan ilmu pengetahuan baru bagi kesejahteraan dan perdamaian umat manusia. Dengan demikian prosesi Pidato Ilmiah dilaksanakan dengan mengikuti tata cara pidato ilmiah pada umumnya, guna menyampaikan naskah pidato yang telah disiapkan, dihadapan masyarakat luas, dengan penuh khidmat, dan bertanggungjawab.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada hari yang berbahagia ini, perkenankanlah saya menyampaikan kepada yang terhormat Rektor dan Pimpinan ITB, Pimpinan dan seluruh Anggota Forum Guru Besar ITB, atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk menyampaikan orasi ilmiah di hadapan para hadirin sekalian pada forum yang terhormat ini. Pada kesempatan ini saya juga mengucapkan apresiasi dan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada: Dekan SITH-ITB, Dr. Endah Sulistyawati, yang sekaligus menjadi teman seperjuangan saya di Biologi ITB'88, Para Guru Besar di SITH-ITB, Prof. Dr. Djoko T. Iskandar, Prof. Dr. Tati Suryati Subahar, Prof. Dr. Sri Nanan B. Widiyanto, Prof. Dr. Intan Ahmad, Prof. Dr. Pingkan Aditiawati, Prof. Dr. I Nyoman Pugeg Aryantha, atas bimbingan, dukungan, dan

rekomendasinya, Prof. Dr. Zeily Nurachman (Kimia, ITB) atas kerjasama dan rekomendasinya, Prof. Em. Dr. Patrick Sorgeloos (Ghent University, Belgia) atas bimbingan dan rekomendasinya, Prof. Dr. Ronaldo Cavalli (Universidade Federal do Rio Grande, Brasil) atas rekomendasinya, serta Prof. Takao Yoshimatsu (MIE University, Jepang) atas rekomendasinya. Pada kesempatan ini, saya juga mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Magdalena Lenny Situmorang atas kerjasama, dukungan, dan bantuannya selama ini. Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada Dr. Dea Indriani Astuti, atas kerjasama dan dukungannya selama ini, seluruh staf dosen dan tenaga kependidikan di lingkungan SITH-ITB, seluruh mahasiswa S1, S2, dan S3 yang telah berkontribusi terhadap capaian akademik ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya juga saya sampaikan kepada beberapa mitra terhormat di industri, yaitu: Dr. Dean Akiyama, Dr. Vinai Rakphongphairoj, Dr. Sonkphan Lumlertdacha atas semua kesempatan dan bimbingan yang sudah diberikan selama ini, Dr. Agus Somamihardja atas kesempatan, perhatian, dan kerjasamanya, Ir. Usman Zuhri atas kolaborasinya selama ini, H. Endang Nurikhwan atas kesempatan, bimbingan, dan kerjasamanya, Putu Frans Edwin, SE., atas kolaborasinya, dan Suryana atas dukungan penyediaan sarana risetnya.

Rasa terimakasih yang setinggi-tingginya juga saya ucapkan kepada keluarga tercinta: kedua orang tua tercinta, ayah Ketut Juwita dan Ibu Luh Meken (alm), ayah mertua Ir. Ketut Sutapa, M.Eng (alm) dan ibu mertua

Ni Luh Ketut Suryasni, istri tercinta Ni Putu Eka Pratiwi, SE., putra-putri tercinta Gede Adhitya Dharma dan Made Indira Tara Devi, atas doa dan dukungannya selama ini.

Sebagai akhir kata, saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu atas semua bantuan, perhatian, dan kerjasamanya dalam pencapaian akademik ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. L., Asche, F., Garlock, T., & Chu, J. (2017). Aquaculture: Its role in the future of food. *Frontiers of Economics and Globalization*, 17, 159–173.
- Asche, F. (2015). Aquaculture: Opportunities and challenges. In *The E15 Initiative*.
- Avnimelech, Y. (2014). *Biofloc Technology - A practical guidebook*. In *World Aquaculture Society* (3rd ed., Vol. 34).
- Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51, 26–35.
- Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrop-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G. I., & Williams, M. (2015). Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security*, 7(2), 261–274.
- Bregnballe, J. (2015). *A Guide to Recirculation Aquaculture: An*

introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. *FAO and Eurofish Report*, 100.

- Browdy, C. L., Bratvold, D., Stokes, A. D., & McIntosh, R. P. (2001). Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. *Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture*, (November), 20–34.
- Ciamorien, Y. (2019). Performa sistem zero water discharge dengan penambahan konsorsium halomonas aquamarina, *Halomonas alkaliphila*, *Bacillus cereus*, *Chaetoceros sp.*, dan bakteri nitrifikasi pada padat tebar udang putih (*Litopennaeus vannamei*) berbeda. Skripsi. Institut Teknologi Bandung
- Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drengstig, A., Arvonen, K., & Pedersen, P. B. (2013). Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives. *Aquacultural Engineering*, 53, 2–13.
- FAO. (2000). *Small ponds make a big difference: integrating fish with crop and livestock farming*. Rome, Italy: FAO.
- FAO. (2020). *The state of the world fisheries and aquaculture. Sustainability in action*. In Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Fleckenstein, L. J., Tierney, T. W., & Ray, A. J. (2018). *Comparing biofloc*,

- clear-water, and hybrid recirculating nursery systems (Part II): Tilapia (*Oreochromis niloticus*) production and water quality dynamics. *Aquacultural Engineering*, 82 (December 2017), 80–85.
- Ibrahem, M.D., Mohamed, M.F., dan Ibrahim, M.A. (2013): The role of *Spirulina platensis* in Growth and Immunity of Nile Tilapia and Its Resistance to Bacterial Infection, *Journal of Agricultural Science*, 5, 109-117.
- Jokumsen, A., & Svendsen, L. M. (2010). Farming of freshwater rainbow trout in Denmark. *DTU Aqua Reports*, 219, 1–47.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2020). Produktivitas Perikanan Indonesia. Jakarta.
- Kuhn, D. D., Boardman, G. D., Lawrence, A. L., Marsh, L., & Flick, G. J. (2009). Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture*, 296(1–2), 51–57.
- Lekang, O. I. (2007). *Aquaculture Engineering*. In *Aquaculture Engineering* (2nd ed.).
- Muhammad, H., Situmorang, M., Djohan, Y., Aditiawati, P., & Suantika, G. (2016). Biological, Technical, and Financial Feasibilities Study of Zero Water Discharge (ZWD) System Application in Low Salinity White Shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone) Urban Aquaculture, Study Case : Gresik District , East Java , Indonesia. *Journal of Fisheries & Livestock Production*, 4(4).
- Pillay, T. V. R., & Kutty, M. N. (2005). *Aquaculture Principles and Practices*

(2nd ed., Vol. 4). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

- Putri SLE, Suantika G, Situmorang ML, Christina J, Nikijuluw C, Putri SP, Fukusaki E. 2021. Shrimp count size: GC/MS-based metabolomics approach and quantitative descriptive analysis (QDA) reveal the importance of size in white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Metabolomics*, 17(2).
- Pyanov, D., Delmukhametov, A., & Khrustalev, E. (2014). Pike-perch farming in recirculating aquaculture system (RAS) in the Kaliningrad region. *Foodbalt*.
- Ramli, N. M., Verreth, J. A. J., Yusoff, F. M., Nurulhuda, K., Nagao, N., & Verdegem, M. C. J. (2020). Integration of Algae to Improve Nitrogenous Waste Management in Recirculating Aquaculture Systems: A Review. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8(September), 1–18.
- Ray, A. J., & Lotz, J. M. (2017). Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and stable isotope dynamics in clear-water recirculating aquaculture systems versus biofloc systems. *Aquaculture Research*, 48(8), 4390–4398.
- Situmorang, M.L., Nurwidayanti, P., Suantika, G. 2021. Synbiotic containing *Kappaphycus alvarezii*, *Spirulina sp.* and *Halomonas alkaliphila* improves survival, growth and vibriosis resistance in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) post-larval culture. *Aquatic Living Resource*, Volume 34.

- Situmorang, M.L., Suantika, G., Santoso, M., Khakim, A., Wibowo, I., Aditiawati, P., Haniswita. 2020. Poly- β -Hydroxybutyrate Improves Nursery Phase Pacific White Shrimp Defense Against Vibriosis. *North American Journal of Aquaculture*, 82:1
- Smith, S. F., & Phillips, M. J. (2015). *Aquaculture Systems and Species 1*. In R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, Eds. *Aquaculture in the Third Millennium. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium*. NACA, Bangkok and FAO, Rome.
- Suantika, G., Aditiawati, P., Indriani Astuti, D., & Khotimah, Z. F. (2013). The use of indigenous probiotic *Halomonas aquamarina* and *Shewanella algae* for white shrimp (*Litopenaeus vannamei* boone) hatchery productivity in zero water discharge system. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 4(5).
- Suantika, G., Dhert, P., Sweetman, E., O'Brien, E., & Sorgeloos, P. (2003). Technical and economical feasibility of a rotifer recirculation system. *Aquaculture*, 227(1–4), 173–189.
- Suantika, G., Lumbantoruan, G., Muhammad, H., Azizah, F. F. N., & Aditiawati, P. (2015). Performance of Zero Water Discharge (ZWD) System with Nitrifying Bacteria and Microalgae *Chaetoceros calcitrans* Components in Super Intensive White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Culture. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 06(09), 359.

- Suantika, G., Situmorang, M. L., Aditiawati, P., Astuti, D. I., Azizah, F. F. N., & Muhammad, H. (2018a). Closed Aquaculture System: Zero Water Discharge for Shrimp Aquaculture and Prawn Farming Indonesia Closed System: in *Zero Water Discharge for Shrimp and Prawn Farming in Indonesia*. In *Biological Resources of Water* (pp. 298–327).
- Suantika, G., Situmorang, M. L., Aditiawati, P., Astuti, D. I., Azizah, F. F. N., & Muhammad, H. (2018). Closed Aquaculture System: Zero Water Discharge for Shrimp Aquaculture and Prawn Farming Indonesia Closed System: in *Zero Water Discharge for Shrimp and Prawn Farming in Indonesia*. In *Biological Resources of Water* (pp. 298–327).
- Suantika, G., Situmorang, M. L., Kurniawan, J. B., Pratiwi, S. A., Aditiawati, P., Astuti, D. I., ... 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 G. *Aquacultural Engineering*, 82(April), 12–24.
- Suantika, G., Situmorang, M. L., Nurfathurahmi, A., Taufik, I., Aditiawati, P., Yusuf, N., & Aulia, R. (2018). Application of Indoor Recirculation Aquaculture System for White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Growout Super-Intensive Culture at Low Salinity Condition. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 09(04).
- Suantika, G., Situmorang, M.L., Saputra, F.L., Alviredieta, U., Aditiawati,

P., Putri, S.P. 2021. The Effect of Feed Supplementation with Fermented Red Seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) on Growth and Survival of White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Post-Larvae Culture. Hayati Journal of Bioscience, 28 (4).

The World Bank. (2007). Changing the face of the waters: The promise and challenge of sustainable aquaculture. Washington, DC: The World Bank.

Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2010). Recirculating Aquaculture (2nd ed.). Ithaca, US: Cayuga Aqua Venture.

Uawisetwathana, U., Situmorang, M.L., Arayamethakorn, S., Haniswita, Suantika, G., Panya, A., Karoonuthaisiri, N., Rungrassamee, W. 2021. Supplementation of Ex-Situ Biofloc to Improve Growth Performance and Enhance Nutritional Values of the Pacific White Shrimp Rearing at Low Salinity Conditions. Applied Sciences, 11(10).

Zhang, L., Kangsen, M., Tan, B., Qinghui, A., dan Chiengzhien, Q. (2009): Effect of Dietary Administration of Probiotic *Halomonas sp.* B12 on The Intestinal Microflora, Immunological Parameters and Midgut Histological Structure of Shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*, J World Aquacult Soc, 40, 58-66.

Zhang, S., Zeng, X., Ren, M., Mao, X., dan Qiao, S. (2017): Novel Metabolic and Funtional Function of Branched Chain Amino Acids: A Review, J Anim Sci Biotechnol, 8, 1-10.

CURRICULUM VITAE



Name : **Prof. Dr. GEDE SUANTIKA, S.Si., M.Si.**

Employee ID : 197001101995121001

Place and Date of Birth : Buleleng, 10 January 1970

Office Address : Jln. Ganesa No.10, Bandung

Tel./Fax. : (022) 2511575 / (022) 2534107

Home Address : Jln. Setrawangi Raya No. 15, Bandung

Tel. / HP : (022) 2002340 / 08122198253

E-mail : gsuantika@sith.itb.ac.id

I. EDUCATION

No.	Education	University	Graduation	Title	Field
1.	Bachelor	Institut Teknologi Bandung	1994	S.Si	Biology – Freshwater ecology
2.	Master	Institut Teknologi Bandung	1997	M.Si	Biology – Marine ecology
3.	Doctorate	Ghent University, Belgium	2001	Dr.	Applied Biology – Mass Production of Marine Zooplankton Rotifera <i>Brachionus plicatilis</i> using Recirculation Aquaculture System (RAS)

II. JOB POSITION EXPERIENCES

Position	Institution	Period
1. Advisor of Graduate Student Affairs	School of Life Sciences and Technology-ITB	2017-now
2. Head of Study Program	Biomangement Master Program	2013-2015
3. Head of Study Program	Bioengineering Undergraduate Program	2011-2013
4. Head of Study Program	Microbiology Undergraduate Program	2013-2015
5. Head	Life Science Center - ITB	2009-2011
6. Person in charge for ITB Erasmus Mundus LOTUS Project	European Unions - ITB	2012-2017
7. Advisor of MGG (Maha Gotra Ganesha)	Student Activity Units - ITB	2011-now
8. Advisor of Student Affairs	School of Life Sciences and Technology-ITB	2006-2011

III. RESEARCH EXPERIENCES

A. International Fund

Source of Fund	Titles	Position	Period
1. Sea6Energy, India	Determination of Shrimp Disease Tolerance by the Use of Red Seaweed (<i>Kappaphycus alvarezii</i>) Extract and the Identification of Its Mode of Actions	Principal Investigator	2019-2020
2. SKRETTING	New Approach for White Shrimp Larviculture	Principal Investigator	2017-2018

Source of Fund	Titles	Position	Period
3. TNC (The Nature Conservation)	Documentation of Aquaculture Activities at Sunda Ecoregion	Principal Investigator	2016-2017
4. Java Offshore	Mooring Recovery: Epibiotic Analysis	Principal Investigator	2017
5. ASAHI	Quorum sensing-disruption capacity of microalgae-bacteria culture in Pacific white shrimp <i>Litopenaeus vannamei</i> larviculture towards pathogenic <i>Vibrio campbellii</i> infection	Principal Investigator	2016
6. Sea6Energy - India	The use of red seaweed <i>Kappaphycus alvarezii</i> meal for survival, growth and disease resistance improvement of Pacific white shrimp <i>Litopenaeus vannamei</i> culture in the hatchery and nursery phases	Principal Investigator	2015-2016
7. INVE - Belgium	Documentation of Indonesia Aquaculture Production	Principal Investigator	2013-2014

B. National Fund

Source of Fund	Titles	Position	Period
1. World Class Research (WCR) Ristekdikti	Teknologi Sinbiotik untuk Modulasi Ketahanan Penyakit dan Pertumbuhan Udang Vaname: Evaluasi Mekanisme Aksi dan Prediksi Kinerja Lapangan	Principal Investigator	2021-2023

Source of Fund	Titles	Position	Period
2. Riset Penguatan Inovasi ITB	Application of Close System Water Treatment Technology for Environment friendly and sustainable aquaculture	Principal Investigator	2020
3. PDUPT Ristekdikti	Analysis of White Shrimp Culture Productivity using Close Aquaculture Zero-Water Discharge System with microbial consortium of <i>Halomonas sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , nitrifying bacteria and diatom <i>Chaetoceros sp.</i>	Principal Investigator	2019-2021
4. PDDD Ristekdikti (Doctoral Program Advisory)	Determination of environmental carrying capacity for sustainable fishery and aquaculture industry in North Bali, Indonesia	Principal Investigator (Advisor of doctorate candidate)	2019-2021
5. PTUPT Ristekdikti	Use of synbiotic technology of red seaweed, <i>Bacillus megaterium</i> and nitrifying bacteria for white shrimp culture in close system	Principal Investigator	2018-2019
6. PTUPT Ristekdikti	Physiological profile of microbial community of shrimp in different culture system using BIOLOG EcoPlate analysis	Team Member	2018-2019
7. BPIAPLWU Karawang	Implementation of RAS technology for intensive	Principal Investigator	2018

Source of Fund	Titles	Position	Period
	shrimp culture in Karawang, West Java		
8. P3MI	The use of poly- β -hydroxybutyrate (PHB) for growth improvement and resistance against <i>Vibrio campbellii</i> infection of White Shrimp Cultivation at Grow-Out Phase in Recirculating Aquaculture System (RAS) - Zero Water Discharge (ZWD)	Principal Investigator	2017
9. MP3EI	Application of Zero-Water Discharge Technology Through Microbial Loop Manipulation Using Microalgae <i>Chaetoceros calcitrans</i> , Probiotic Bacteria <i>Bacillus megaterium</i> and Nitrifying Bacteria Consortium for Grow-Out White Shrimp (<i>Litopennaeus vannamei</i>) Cultivation at Gerokgak, Buleleng, North Bali	Principal Investigator	2017-2018
10. RISPRO-LPDP (Implementatif)	Industrialization of White Shrimp Farming Using Hybrid Technology Zero-Water Discharge (ZWD) and Recirculating Aquaculture System (RAS) for Sustainable Urban Aquaculture Development in Gresik, East Java	Principal Investigator	2016-2019

Source of Fund	Titles	Position	Period
11. BP2D Jawa Barat	Industrialization of Hybrid Technology Zero-Water Discharge (ZWD) and Recirculating Aquaculture System (RAS) for White Shrimp Cultivation to Improve Productivity in Fishery Sector in Indramayu, West Java	Principal Investigator	2017
12. PUPT-DIKTI	The use of poly- β -hydroxybutyrate (PHB) for growth improvement and resistance against <i>Vibrio campbellii</i> infection of White Shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i>) Cultivation at Nursery and Grow-Out Phase in Recirculating Aquaculture System (RAS)	Principal Investigator	2016
13. BP3IPTEK Jawa Barat	Application of Hybrid Technology Zero-Water Discharge (ZWD) and Recirculating Aquaculture System (RAS) for White Shrimp Cultivation to Improve Productivity in Fishery Sector in Indramayu, West Java	Principal Investigator	2016
14. ITB	Application of closed system in Pacific white shrimp at low salinity grow out, Gresik, East Java	Principal Investigator	2015

Source of Fund	Titles	Position	Period
15. DIPA-ITB	The use of biofloc technology in zero water discharge (ZWD) system for prawn nursery	Principal Investigator	2014
16. LPIK-ITB	Development of artificial feed based on microalgae and <i>Daphnia</i> for common carp nursery stage	Principal Investigator	2013
17. Desentralisasi DIKTI	Development and application of Zero Water Discharge Technology For White Shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i>) during Grow Out Phase.	Principal Investigator	2012
18. DIPA-ITB	Improvement of pacific white shrimp larviculture by application of local probiotic <i>Brevibacterium sp.</i> and <i>Pseudomonas sp.</i> : better understanding of probiotic mode of action	Principal Investigator	2010
19. Hibah IA-ITB	Development and Application of Periphyton Biofilter Technology For Productivity Improvement of The Giant Freshwater Prawn (<i>Macrobrachium rosenbergii</i> De Man) Culture	Principal Investigator	2009
20. DIKTI Unggulan Strategis Nasional	Development of tiger shrimp broodstock through Recirculation Aquaculture System and RNA interference, and Molecular Microsatellite marker technology	Principal Investigator	2009-2011

Source of Fund	Titles	Position	Period
21. Riset Unggulan ITB	Development of tiger shrimp broodstock through Recirculation Aquaculture System and RNA interference, and Molecular Microsatellite marker technology	Principal Investigator	2009-2011
22. RISET ITB	The use of Zero-Water Exchange Technology through the application of nitrifying bacteria for the giant freshwater prawn (<i>Macrobrachium rosenbergii</i> (de Man)) culture	Principal Investigator	2005
23. Riset Unggulan ITB	The application of a recirculation system for the mass culturing of the rotifers, <i>Brachionus plicatilis</i>	Principal Investigator	2002

IV. PUBLICATIONS

A. Indexed International Journal

No.	Authors, Year and Journal Title	Journal Name, No. Pub, Vol., and ISSN
1.	Suantika, G. , Situmorang, M.L., Saputra, F.L., Alviredieta, U., Aditiawati, P., Putri, S.P. 2021. The Effect of Feed Supplementation with Fermented Red Seaweed (<i>Kappaphycus alvarezii</i>) on Growth and Survival of White Shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i>) Post-Larvae Culture.	Hayati Journal of Bioscience Vol. 28 No. 4, October 2021 286-392 DOI:10.4308/hjb.28.4.286-392

No.	Authors, Year and Journal Title	Journal Name, No. Pub, Vol., and ISSN
2.	Situmorang, M.L., Nurwidayanti, P., Suantika, G. 2021. Synbiotic containing <i>Kappaphycus alvarezii</i> , <i>Spirulina</i> sp. and <i>Halomonas alkaliphila</i> improves survival, growth and vibriosis resistance in whiteleg shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i>) post-larval culture.	Aquatic Living Resource Volume 34, 2021 DOI: https://doi.org/10.1051/alr/2021009
3.	Binur, R., Aryantha, INP., Suantika, G. 2021. Nutritional profiling of microfungi and its effects on the growth performance, bacterial communities, and survival with <i>Vibrio harveyi</i> on white shrimp post-larvae (<i>Litopenaeus vannamei</i>).	Aquaculture, Volume 545, 2021, 737260, ISSN 0044-8486, https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737260 .
4.	Matar, Z., Dwiartama, A., & Suantika, G. 2021. The Effect of Implementing the Integrated Management System in Desalination Plants in Conflict Zones: Case Study on the Gaza Strip.	Future Cities and Environment, 7(1), 9. DOI: http://doi.org/10.5334/fce.119
5.	Ohto Y, Putri SP, Suantika G , Fukusaki E. 2021. Investigation of the characteristics of different shrimps by species and habitat using gas chromatography/mass spectrometry based metabolomics.	Journal of Bioscience and Bioengineering. 2021 Jun. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2021.04.008.
6.	Putri SLE, Suantika G , Situmorang ML, Christina J, Nikijuluw C, Putri SP, Fukusaki E. 2021. Shrimp count size: GC/MS-based metabolomics approach and quantitative descriptive analysis (QDA) reveal the importance of size in white leg shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i>).	Metabolomics. 2021 Jan 29;17(2):19. doi: 10.1007/s11306-020-01766-z. PMID: 33515101.

No.	Authors, Year and Journal Title	Journal Name, No. Pub, Vol., and ISSN
7.	Uawisetwathana U, Situmorang ML, Arayamethakorn S, Haniswita, Suantika G , Panya A, Karoonuthaisiri N, Rungrassamee W. 2021. Supplementation of Ex-Situ Biofloc to Improve Growth Performance and Enhance Nutritional Values of the Pacific White Shrimp Rearing at Low Salinity Conditions.	Applied Sciences. 2021; 11(10):4598. https://doi.org/10.3390/app11104598
8.	Yustinadiar, N., Manurung, R. & Suantika, G. 2020. Enhanced biomass productivity of microalgae <i>Nannochloropsis</i> sp. in an airlift photobioreactor using low-frequency flashing light with blue LED	Bioresources and Bioprocessing, 7, 43 (2020)
9.	Suantika, G. , Situmorang, M.L., Saputra, F.I., Putri, S.L., Putri, S.P., Aditiawati, P., Fukusaki, E. 2020. Metabolite profiling of whiteleg shrimp <i>Litopenaeus vannamei</i> from super- intensive culture in closed aquaculture systems: a recirculating aquaculture system and a hybrid zero water discharge-recirculating aquaculture system.	Metabolomics, 16:49
10.	Situmorang, M.L., Suantika, G. , Santoso, M., Khakim, A., Wibowo, I., Aditiawati, P., Haniswita. 2020. Poly- β -Hydroxybutyrate Improves Nursery Phase Pacific White Shrimp Defense Against Vibriosis.	North American Journal of Aquaculture, 82:1
11.	Suantika, G. , Situmorang, M.L., Khakim, A., Wibowo, I., Aditiawati, P., Suryanarayan, S., Nori, S.S., Kumar, S.,	Journal of Aquaculture Research & Development, 9(2): 523; DOI: 10.4172/ 2155-9546.1000523

No.	Authors, Year and Journal Title	Journal Name, No. Pub, Vol., and ISSN
	Putri, F. 2018. Effect of red seaweed <i>Kappaphycus alvarezii</i> on growth, survival, and disease resistance of Pacific white shrimp <i>Litopenaeus vannamei</i> against <i>Vibrio harveyi</i> in the nursery phase	
12.	Suantika, G. , Situmorang, M.L., Nurfathurahmi, A., Taufik, I., Aditiawati, P., Yusuf, N., Aulia, R. 2018. Application of Indoor Recirculation Aquaculture System for White Shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i>) Grow-out Super-Intensive Culture at Low Salinity Condition	Journal of Aquaculture Research & Development. Vol 9:4. ISSN: 2155-9546. DOI: 10.4172/2155-9546.1000530. https://www.omicsonline.org/peer-reviewed/application-of-indoor-recirculation-aquaculture-system-for-white-shrimp-emlitopenaeus-vannameiem-growout-superintensive-culture-a-100681.html
13.	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 (<i>Litopenaeus vannamei</i>) culture under low salinity conditions and its industrial trial in commercial shrimp urban farming in Gresik, East Java, Indonesia.	Aquacultural Engineering. Vol 82: 12-24. ISSN: 0144-8609. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.04.002 .
14.	Suantika, G. , Turendro, O.R., Situmorang, M.L. 2017. Use of Nitrifying	Journal of Fisheries and Livestock Production, 5:2. DOI: 10.4172/2332-

No.	Authors, Year and Journal Title	Journal Name, No. Pub, Vol., and ISSN
	Bacteria for Promoting Giant Freshwater Prawn (<i>Macrobrachium rosenbergii</i> de Man.) Nursery Phase in Indoor System	2608.1000228
15.	Suantika, G. , Situmorang, M.L., Aditiawati, P., Khakim, A., Suryanarayan, S., Nori, S.S., Kumar, S., Putri, F. 2017. Effect of Red Seaweed <i>Kappaphycus alvarezii</i> on Growth, Salinity Stress Tolerance and Vibriosis Resistance in Shrimp <i>Litopenaeus vannamei</i> Hatchery	Journal of Fisheries and Aquatic Science, 12(3): 127-133
16.	Chazanah, N., Sudjono, P., Hasby, F.A., Suantika, G. , Muntalif, B.S. 2017. Development of Bioassessment Tools for Ecological Status Using Macrozoobenthic Community in Upstream Area (Case Study: Citarum River, West Java, Indonesia)	Journal of Water Resource and Protection, 9, 770-785. ISSN online: 1945-3108, ISSN print: 1945-3094
17.	Kusumaningtyas, P., Nurbaiti, S., Suantika, G. , Amran, M.B., Nurachman, Z. 2017. Enhanced Oil Production by the Tropical Marine Diatom <i>Thalassiosira Sp.</i> Cultivated in Outdoor Photobioreactors	Applied Biochemistry and Biotechnology, 182(4):1605-1618. DOI: 10.1007/s12010-017-2421-8.
18.	Suantika, G. , Putri, A.D., Djohan, Y.A., Azizah, F.F.N., Astuti, D.I., Aditiawati, P. 2016. Impact of Salinity and Light Intensity Stress on B Vitamins Content in Marine Diatom <i>Skeletonema costatum</i>	Journal of Fisheries and Aquatic Science, ISSN 1816-4927. DOI: 10.3923/jfas.2016
19.	Muhammad, H., Djohan, Y.A., Aditiawati, P., Situmorang, M.L., Suantika, G. 2016. Biological, Technical, and Financial	Journal of Fisheries and Livestock Production, 4:4

No.	Authors, Year and Journal Title	Journal Name, No. Pub, Vol., and ISSN
	Feasibilities Study of Zero Water Discharge (ZWD) System Application in Low Salinity White Shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i> Boone) Urban Aquaculture. Study Case: Gresik District, North Coastal Area East Java Province, Indonesia	
20.	Suantika, G. , Pratiwi, M.I., Situmorang, M.L., Djohan, Y.A., Muhammad, H., Astuti, D.I. 2016. Ammonium removal by nitrifying bacteria biofilm on limestone and bioball substrate established in freshwater trickling biofilter	Journal of Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences Vol 4 : 2
21.	Suantika, G. , Muhammad, H., Azizah, F.F.N., Rachminiwati, N., Situmorang, M.L., Astuti, D.I., Aditiawati, P. 2016. The Use of Cyanobacteria <i>Arthrospira platensis</i> and Cladoceran <i>Daphnia magna</i> as Complementary Protein and Lipid Sources in Transitional Diet for Common Carp (<i>Cyprinus carpio</i> L.) Nursery	Natural Resources, 7, 423-433 http://dx.doi.org/10.4236/nr.2016.77037
22.	Suantika, G. , Lumbantoruan, G., Muhammad, H., Azizah, F.F.N., Aditiawati, P. 2015. Performance of Zero Water Discharge (ZWD) System with Nitrifying Bacteria and Microalgae <i>Chaetoceros calcitrans</i> Components in Super Intensive White Shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i>) Culture	<ul style="list-style-type: none"> Journal of Aquaculture Research and Development 6:359. doi:10.4172/2155-9546.1000359
23.	Rosada, K.K., Afianti, N.F., Astuti, D.I., Suantika, G. , Aditiawati P. 2014. Bacterial	J. Biol. Sci., 14:414-424.

No.	Authors, Year and Journal Title	Journal Name, No. Pub, Vol., and ISSN
	Community Structures of Planktonic Cells and Biofilm at Saguling Hydro Power using Denaturing Gradient Gel Electrophoresis	
24.	Suantika, G. , Aditiawati, P., Astuti, D.I., and Khotimah, Z.F. 2013. The Use of Indigenous Probiotic <i>Halomonas aquamarina</i> and <i>Shewanella algae</i> for White Shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i> Boone) Hatchery Productivity in Zero Water Discharge System	Journal of Aquaculture Research and Development, 2013, 4:5
25.	Nurachman, Z., Hartati, Syahfitri, A., Anward, E.E., Novirani, G., Mangindaan, B., Gandasasmita, S., Syah, Y.M., Panggabean, L.M.G, and Suantika, G. 2012. Oil productivity of the tropical marine diatom <i>Thalassiosira sp.</i>	J. Bioresources Technology Journal 108: 240-248.
26.	Suantika, G. , Aditiawati, P., Rusni, M., Arief, R. R., and Turendro, O. R. 2012. The Use of 3-dimensional Cubical Bamboo Shelter for Nursery Phase Productivity Improvement of Giant Freshwater Prawn (<i>Macrobrachium rosenbergii</i> de Man) using Biofiltration Technology Through The Application of Nitrifying Bacteria and <i>Chlorella sp.</i> in Indoor System.	ITB Journal of Sciences, Vol. 44 A, No. 2: 129-144.
27.	Suantika, G. , Astuti, D.I., Arief, R.R., Rusni, M., and Turendro, O.R. 2012. The Use of Zero Water Discharge Technology through Application of Nitrifying Bacteria	Journal of Aquaculture Research and Development 3:5

No.	Authors, Year and Journal Title	Journal Name, No. Pub, Vol., and ISSN
	and Textile Vertical Substrate For Grow-out Phase of <i>Macrobrachium rosenbergii</i> de Man.	
28.	Suantika, G. , Dhert, P., Sweetman, E., O'Brien E., Sorgeloos P. 2003. Technical and Economical feasibility of a rotifer recirculation system.	Aquaculture 227, 173-189.
29.	Rombaut, G., Grommen, R., Zizhong, Q., Vanhoof, V., Suantika, G. , Dhert, P., Sorgeloos, P., Verstraete, W. 2003. Improved performance of an intensive rotifer culture system by using a nitrifying inoculum (ABIL).	Aquaculture Research 34, 165-174.
30.	Rombaut, G., Suantika, G. , Boon, N., Maertens, S., Dhert, P., Sorgeloos, P., Verstraete, W. 2001. Monitoring of the evolving diversity of the microbial community present in rotifer cultures.	Aquaculture 237-252.
31.	Suantika, G. , Dhert, P., Rombaut, G., Vandenberghe, J., De Wolf, T., Sorgeloos, P. 2001. The use of ozone in a high density recirculation system for rotifers.	Aquaculture 201, 35-49.
32.	Dhert, P., Rombaut, G., Suantika, G. , Sorgeloos, P. 2001. Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe.	Aquaculture 200, 129-146.
33.	Suantika, G. , Dhert, P., Nurhudah, M., Sorgeloos, P. 2000. High-density production of rotifer <i>Brachionus plicatilis</i> in a recirculation system : consideration of	Aquacultural Engineering 21, 201-214

No.	Authors, Year and Journal Title	Journal Name, No. Pub, Vol., and ISSN
	water quality, zootechnical and nutritional aspects.	

V. AWARD

No.	Award	Appreciator	Year
1.	Karya Inovasi	ITB	2021
2.	Asia Innovation Award 2020	Hitachi Global Foundation	2020
3.	Best Researcher - Creative Research BP3IPTEK, West Java Province	BP3IPTEK	2016
4.	Best Innovative Researcher ITB	ITB	2012
5.	Dosen Berprestasi SITH	SITH-ITB	2012
6.	Development Co-operation Prize Winner	Belgium Government	2002

