



## Pengembangan Budidaya Perikanan Produktif Berkelanjutan Sistem IMTA (*Integrated Multi-Trophic Aquaculture*) (Studi Kasus di Kep. Karimunjawa, Jepara)

Imam Triarso<sup>✉1)</sup> dan Sapto P. Putro<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

<sup>2)</sup>Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

### Info Artikel

Diterima: 10 September 2019  
Disetujui: 20 Oktober 2019  
Dipublikasikan: 25 November 2019

Keywords: sea cultivation, KJABB and IMTA system.

Budidaya laut, KJABB, dan sistem IMTA

### Abstract

Indonesia as a maritime country and the largest archipelago in the world whose marine area includes ZEEI (5.8 million km<sup>2</sup>) or 75% of its total area, and is surrounded by 95,181 km coastline, the aquaculture sector still needs to be developed to the optimum achievement. One of the right solutions towards productive and sustainable cultivation practices is the application of the Tiered Round Floating Nets Karamba (KJABB) with the Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) method. The IMTA system is a cultivation practice with more than one species of biota that have an ecological mutualistic relationship as a food chain in the same area/system at the same time. Cultivation of the IMTA system allows farmers to obtain several cultivation products in the same area without increasing the area of the cultivation. The KJABB-IMTA application has been successfully used for integrated Cantang grouper aquaculture with white snapper, seaweed, starfish and sea cucumbers in the P. Menjangan Besar area, Kep. Karimunjawa, Jepara Regency. In addition to increased productivity, this application has succeeded in suppressing the potential for environmental disturbances, specifically the organic enrichment of aquaculture activities. The aim of this research is to increase national production capacity by developing and applying the IMTA cultivation system in the integrated biomonitoring KJABB to increase productivity, product quality, and create a healthy and sustainable cultivation environment and provide knowledge (transfer of knowledge) in the form of Appropriate Technology to the cultivating community in the Kep area. Karimunjawa through the dissemination of research results and assistance to the community of farmers / SMEs.

### Abstrak

Indonesia sebagai negara bahari dan kepulauan terbesar di dunia yang wilayah lautnya termasuk ZEEI (5,8 juta km<sup>2</sup>) atau 75% total wilayahnya, dan dikelilingi 95.181 km garis pantai, namun sektor perikanan budidaya belum optimal. Salah satu solusi yang tepat menuju praktik budidaya produktif dan berkelanjutan adalah penerapan Karamba Jaring Apung Bulat Bertingkat (KJABB) dengan metode *Integrated Multi-Trophic Aquaculture* (IMTA). Sistem IMTA merupakan praktik budidaya dengan lebih dari satu spesies biota yang memiliki hubungan mutualistik secara ekologis sebagai sebagai satu rantai makanan pada area/sistem yang sama dalam waktu yang bersamaan. Budidaya sistem IMTA memungkinkan pembudidaya mendapatkan beberapa produk budidaya pada area yang sama tanpa menambah luasan area budidaya. Aplikasi KJABB-IMTA telah berhasil digunakan untuk budidaya ikan kerapu cantang terintegrasi dengan kakap putih, rumput laut, bintang laut, dan teripang di kawasan P. Menjangan Besar, Kep. Karimunjawa, Kabupaten Jepara. Selain produktivitas meningkat, aplikasi ini telah berhasil menekan potensi gangguan lingkungan, khususnya pengayaan organik dari aktivitas budidaya. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk meningkatkan kapasitas produksi nasional dengan mengembangkan dan mengaplikasikan budidaya sistem IMTA pada KJABB terintegrasi biomonitoring untuk peningkatan produktivitas, kualitas produk, dan terciptanya lingkungan budidaya yang sehat dan berkelanjutan dan memberikan pengetahuan (transfer knowledge) berupa Teknologi Tepat Guna kepada masyarakat pembudidaya di kawasan Kep. Karimunjawa melalui diseminasi hasil penelitian dan pendampingan terhadap masyarakat pembudidaya/UMKM

© 2019 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Jalan Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Semarang  
E-mail: imamtriarso1@gmail.com

p-ISSN 2252-6277

e-ISSN 2528-5009

## PENDAHULUAN

Sebagai negara maritim, pencapaian hasil pembangunan Indonesia di sektor perikanan dan kelautan dipandang masih jauh dari potensi kelautan yang dimiliki, padahal sektor kelautan merupakan salah satu tulang punggung untuk mewujudkan Indonesia sebagai poros maritim dunia (Dahuri, 2012). Sebagai negara bahari dan kepulauan terbesar di dunia yang wilayah lautnya termasuk ZEEI 5,8 juta km<sup>2</sup> atau 75 % total wilayahnya, dan dikelilingi 95.181 km garis pantai, sektor perikanan budidaya masih perlu dikembangkan hingga pada capaian optimal. Sebagai contoh, tingkat pemanfaatan budidaya laut masih pada kisaran 10,95 %, sedangkan tambak 16 %, dan perairan tawar berkisar 30,17 % (KKP, 2014). Oleh karena itu, pengembangan ekonomi maritim akan sangat membantu pengembangan ekonomi Indonesia karena sebagian besar wilayah merupakan perairan. Sektor perikanan budidaya memiliki peran yang sangat strategis untuk menjadi penggerak ekonomi nasional.

Aplikasi budidaya dengan memanfaatkan sumberdaya wilayah perairan/laut berkelanjutan sangat sejalan dengan spirit program ekonomi biru (*blue economy*) sebagai paradigma ekonomi baru untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat Indonesia (Dahuri, 2012). Permasalahan yang umumnya muncul di sektor perikanan budidaya adalah belum optimalnya sarana dan prasarana pendukung perikanan budidaya serta rendahnya kemampuan pembudidaya ikan terhadap *Good Aquaculture Practices* yang disebabkan kurangnya penguasaan teknis.

Usaha budidaya intensif merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produksi ikan, baik dilakukan secara monokultur ataupun polikultur. Seiring dengan semakin sempitnya area budidaya perairan darat atau sistem tambak dan potensi munculnya berbagai permasalahan lingkungan, maka aplikasi Karamba Jaring Apung (KJA) menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan kapasitas produksi. Dalam beberapa tahun terakhir, budidaya ikan sistem KJA berkembang pesat. Budidaya sistem KJA tersebut menjadi salah satu solusi terhadap permasalahan yang sering muncul pada budidaya sistem tambak, yaitu adanya banjir karena tingginya intensitas hujan pada musim tertentu dan perubahan iklim sehingga dapat menghilangkan/menyapu kultivan budidaya. Salah satu upaya untuk meningkatkan kapasitas produksi tanpa menambah luasan horizontal area budidaya sistem KJA adalah modifikasi KJA menjadi Karamba Jaring Apung Bertingkat (KJAB) (Putro dan Suhartana, 2008; Wijayanti dan Putro, 2009). Aplikasi pengembangan budidaya ikan sistem karamba bertingkat telah diuji coba di perairan tawar (Putro dan Suhartana, 2008) dan laut (Sudaryono *et al.*, 2013; Sudaryono *et al.*, 2014).

Salah satu solusi yang tepat menuju praktik budidaya produktif dan berkelanjutan adalah penerapan Karamba Jaring Apung Bulat Bertingkat (KJABB) dengan metode *Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA)* di perairan pantai (*in-shore*) maupun lepas pantai (*off-shore*). Budidaya sistem KJABB-*IMTA* merupakan praktik budidaya dengan lebih dari satu spesies biota yang memiliki hubungan mutualistik secara ekologis sebagai satu rantai makanan pada area/sistem yang sama dalam waktu yang bersamaan. Budidaya sistem *IMTA* memungkinkan pembudidaya mendapatkan beberapa produk budidaya pada area yang sama tanpa menambah luasan area budidaya sehingga diyakini mampu meningkatkan kapasitas produksi tanpa meningkatkan luasan horizontal area budidaya.

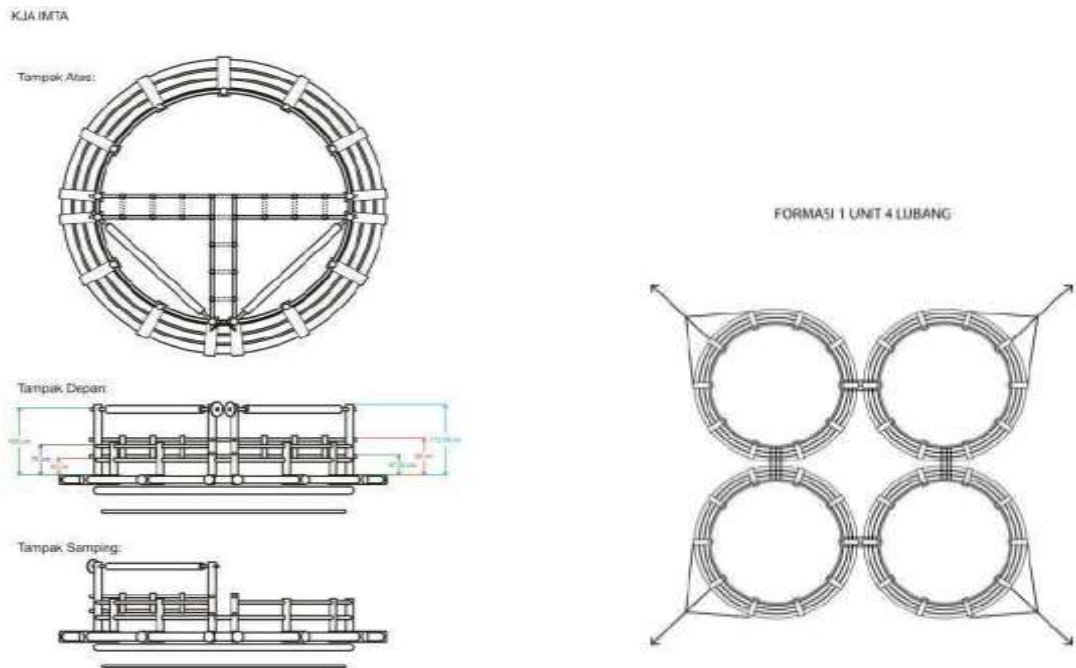
Adapun tujuan dari impementasi praktik budidaya produktif berkelanjutan menggunakan KJABB-*IMTA* adalah: 1) Adanya produk inovatif-komersial berupa KJABB) untuk meningkatkan kapasitas produksi nasional; 2) Mengembangkan dan mengaplikasikan budidaya sistem *IMTA* menggunakan KJABB terintegrasi penerapan *real time biomonitoring* berbasis *web* untuk peningkatan kapasitas produktivitas, kualitas produk, dan terciptanya lingkungan budidaya yang sehat dan berkelanjutan; dan 3) Memberikan pengetahuan (*transfer knowledge*) berupa Teknologi Tepat Guna kepada masyarakat pelaku bisnis budidaya melalui diseminasi hasil penelitian dan pendampingan terhadap masyarakat pembudidaya/UMKM.

## **METODE**

Penerapan praktik budidaya produktif berkelanjutan menggunakan KJABB-*IMTA* ini direncanakan selama 3 tahun. Pada tahun pertama KJABB-*IMTA* dibuat dalam bentuk bulat dan ditambahkan *net roller*, khususnya merubah desain jaring level bawah dengan menambahkan *net roller*, sehingga memungkinkan jaring bawah dengan leluasa dapat digulung sehingga ikan akan terangkat saat waktu pemanenan (Gambar 1).

Adapun detail spesifikasi produk KJABB-*IMTA* adalah: berbentuk bulat (lingkaran), diameter bersih kolam sebesar 5,6 meter, material KJA berupa pipa *HDPE*, dan dengan sistem penyambungan *Butt Fusion*/Senyawa.

Biota budidaya yang ditebar di dalam KJABB-*IMTA* adalah kerapu cantang sebanyak 5000 ekor, kakap putih 5000 ekor, dan rumput laut 10–20 kg. Selain itu juga dibutuhkan biota yang berfungsi sebagai *deposit feeder*. *Deposit feeder* merupakan hewan yang mendapatkan makanannya dengan cara mengumpulkan partikel kecil berupa detritus beserta mikroorganisme terkecil (bakteri pengurai) yang mengendap di dasar substrat. Untuk itu dibutuhkan teripang sebanyak 100 ekor dan bintang laut 50 ekor yang merupakan salah satu *deposit feeder* dalam lokasi budidaya.



**Gambar 1.** Prototipe KJABB-*IMTA*

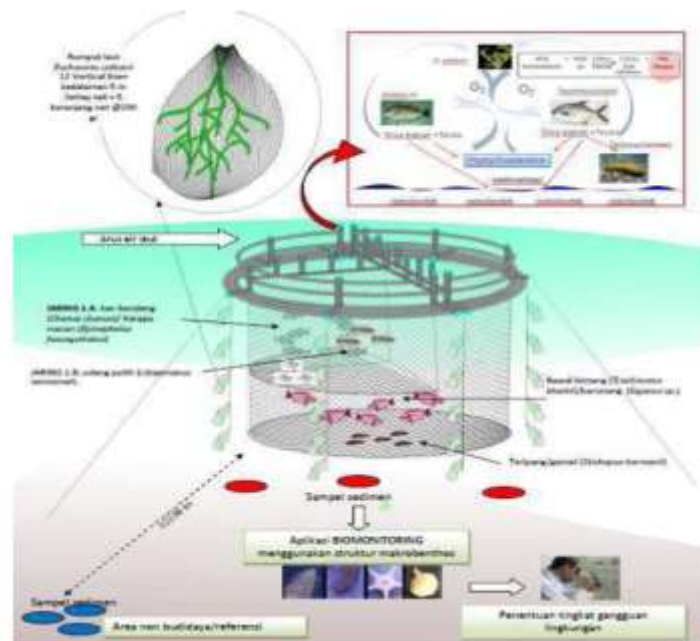
*Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA)* adalah praktik budidaya perikanan yang melibatkan hubungan mutualistik antara organisme pada tingkatan tropik rendah, misalnya organisme pemakan suspensi terlarut dalam air (*suspension feeders*) ke tropik yang lebih tinggi, misalnya ikan, sedemikian sehingga limbah nutrisi dari satu spesies dapat menjadi sumber masukan nutrisi untuk organisme lainnya (Reid *et al.*, 2007; Troell *et al.*, 2003, 2009). Efektivitas *IMTA* telah dibuktikan baik dalam perairan tawar dan laut dengan memadukan berbagai jenis organisme (FAO, 2009).

Budidaya sistem *IMTA* merupakan pendekatan budidaya baru yang dilakukan dengan mengintegrasikan budidaya spesies yang dalam pertumbuhannya membutuhkan pakan tambahan (*fed species*), seperti ikan bersirip, spesies yang mampu mengekstraksi materi anorganik seperti rumput laut, dan spesies yang mampu mengekstraksi bahan organik seperti organisme pemakan suspensi (*suspension* dan *deposit feeders*), sehingga dapat meminimalkan efek negatif dari industri akuakultur di ekosistem alamnya. Aplikasi *IMTA* bertujuan untuk mengurangi pelepasan limbah budidaya, dan memiliki kelebihan yang mungkin termasuk mengurangi dampak ekologis, meningkatkan diversifikasi produk budidaya, dan meningkatkan penerimaan sosial dari sistem budidaya tersebut, sehingga aplikasi *IMTA* memiliki kontribusi pada keberlanjutan budidaya. Namun demikian, sebagian besar penelitian difokuskan pada sistem budidaya perikanan darat dan hanya sedikit yang menyelidiki kemungkinan aplikasi *IMTA* di perairan laut terbuka (*coastal* dan *off-shore water ecosystem*).

Dalam aplikasinya, sistem budidaya *Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA)* dapat diterapkan pada KJABB di perairan pantai (*in-shore*) maupun lepas pantai (*off-shore*). Hal ini dapat menjadi salah satu solusi yang tepat menuju praktik budidaya produktif dan berkelanjutan. Budidaya sistem *IMTA* memungkinkan pembudidaya mendapatkan beberapa produk budidaya pada area yang sama tanpa

menambah luasan area budidaya. Sebagai contoh, budidaya yang terintegrasi dalam KJABB-*IMTA*, ikan bandeng (*Chanos chanos*), rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*), dan udang putih (*Litopenaeus vannamei*) terintegrasi dengan aplikasi biomonitoring mampu mendorong optimalisasi produksi di Teluk Awerange, Sulawesi Selatan (Sudaryono *et al.*, 2014).

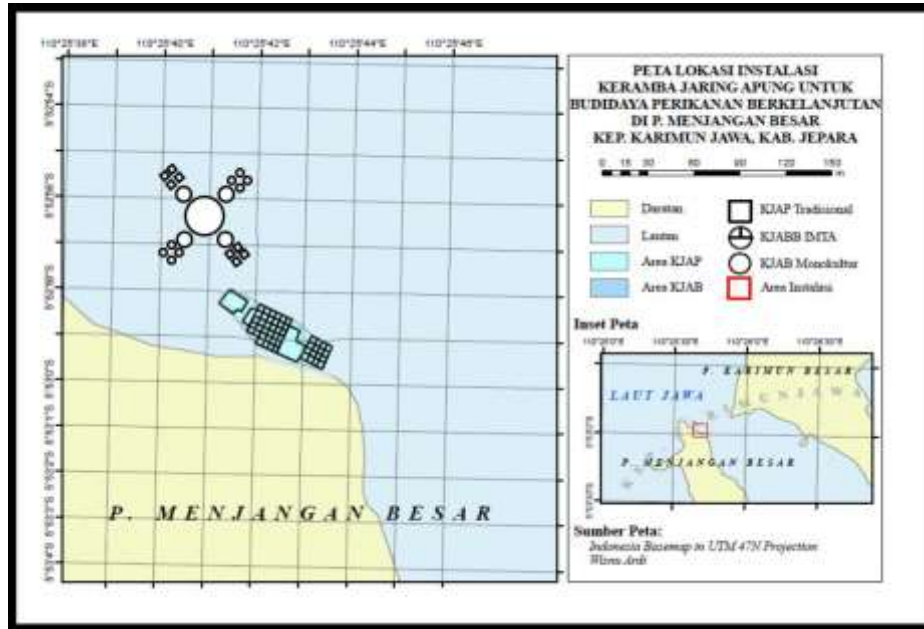
Ikan bawal bintang dibudidayakan di jaring bawah dengan pertimbangan perilaku yang agresif dan perenang cepat memudahkan ikan untuk memakan sisa pelet yang tidak dimakan oleh ikan pada jaring atas. *Eucheuma cottonii* merupakan jenis rumput laut yang banyak dibudidayakan di Kepulauan Karimunjawa. Jenis rumput laut ini mengandung karaginan yang digunakan pada sediaan makanan, sediaan farmasi dan kosmetik sebagai bahan pembuat gel, pengental atau penstabil. Pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang berpengaruh antara lain jenis, galur, bagian thalus dan umur. Sedangkan faktor eksternal yang berpengaruh antara lain keadaan fisik dan kimiawi perairan, dan metode tanam, khususnya jarak tanam bibit dalam satu rakit apung (Syahputra, 2005). Laju pertumbuhan rumput laut secara alami 2-3% per hari, sehingga akan dianggap menguntungkan jika mampu tumbuh lebih dari 3% berat per hari. Teripang merupakan hewan yang termasuk dalam Filum *Echinodermata* dari Kelas *Holothuroidea*. Habitat hewan ini pada zona intertidal sampai kedalaman 20 meter dan substrat berpasir yang berasosiasi dengan ekosistem terumbu karang dan lamun. Fungsi ekologis teripang dalam struktur trofik sebagai pemakan suspensi dan detritus serta penyeimbang rantai makanan dalam ekosistem perairan (Gambar 2).



**Gambar 2.** Skema metode penerapan KJABB dengan sistem *IMTA*

Penelitian ini merupakan *preliminary study* tentang budidaya KJABB dengan sistem *IMTA* yang diterapkan di perairan pantai sebagaimana terlihat pada Gambar 3. Kegiatan yang dijalankan setelah

pemasangan alat dan penebaran kultivan pada tahun pertama adalah biomonitoring untuk melihat perkembangan dan kendala yang dihadapi untuk perbaikan ke depannya. Biomonitoring merupakan salah satu aktivitas lingkungan yang perlu dilakukan secara periodik guna memonitoring wilayah sekitar karamba. Oleh karena itu diperlukan pengambilan sampel untuk dilakukan tes laboratorium terkait kegiatan budidaya dengan KJABB-*IMTA* tersebut.



**Gambar 3.** Lokasi KJABB di kawasan perairan P. Menjangan Besar, Kep. Karimunjawa

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Praktik monokultur saat ini terutama dari budidaya ikan karnivora berpotensi dapat berdampak negatif terhadap lingkungan. Budidaya sistem *IMTA* (seperti kombinasi rumput laut, herbivora, omnivora, dan detritivor) memiliki keuntungan ekonomi yang signifikan dibandingkan dengan monokultur, karena badan perairan merupakan ruang tiga dimensi yang dapat menampung produk-produk limbah dari satu tingkat trofik dimanfaatkan oleh biota yang lain (Jianguang *et al.*, 2009). Sachoemar (2014) menyatakan bahwa teknologi *IMTA* dengan membudidayakan beberapa species terintegrasi dalam satu tambak. Berdasarkan hal tersebut, model teknologi budidaya ramah lingkungan dan terintegrasi seperti *IMTA* dapat diterapkan untuk meningkatkan produktivitas tambak marginal dengan meningkatkan keanekaragaman produk budidaya melalui sistem *biorecycle* untuk meningkatkan pemanfaatan berkelanjutan tambak di kawasan pesisir.

Teknologi *IMTA* merupakan *green technology* dan *zero waste emission*. Produktivitas budidaya dapat ditingkatkan melalui pengembangan sistem budidaya terpadu dan intensif dengan menggunakan multi produk budidaya. Kualitas air diharapkan akan lebih stabil, karena materi sisa organik dan anorganik terlarut sebagai pupuk akan digunakan untuk pertumbuhan kultivan sehingga dengan kondisi seperti ini akan menciptakan keseimbangan ekosistem.



Pengambilan sampel pada bulan dan tahun pertama adalah terkait dengan aktivitas tutupan karang pada kedalaman 5 sampai 10 meter di bawah KJABB-*IMTA*. Pengambilan contoh sampel sedimen, karang serta sampel air yang mungkin telah terpengaruh aktivitas budidaya setempat. Selain itu, juga diambil sampel makrobenthos dan sedimen untuk mengetahui tingkat gangguan lingkungan di sekitar area budidaya. Pengambilan sampel dilakukan di tiga titik lokasi, yaitu: KJABB-*IMTA*, KJA monokultur ikan kerapu cantang (milik Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah), dan area referensi (non budidaya) dengan tujuan untuk membandingkan tingkat gangguan antar lokasi. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan serta dilakukan pengukuran fisik kimia perairan. Kegiatan di bulan berikutnya pada tahun pertama adalah melakukan sampling kedua untuk biomonitoring di lingkungan budidaya KJABB. Selain itu juga dilakukan pengukuran tingkat pertumbuhan biota budidaya, memantau pertumbuhan biota budidaya, menghitung tingkat *Survival Rate* (SR), dan penghitungan *Food Rate* (FR) bagi kebutuhan pakan ikan kerapu cantang dan kakap putih.

Berdasarkan hasil kegiatan *biomonitoring*, baik pada bulan pertama maupun kedua yang berkaitan dengan kualitas perairan, makrobentos, dan sedimen dapat disampaikan bahwa selama pemeliharaan berlangsung kualitas perairan, makrobentos, dan sedimen masih dalam kondisi yang baik. Namun untuk biota yang dibudidayakan, terutama kerapu cantang dan kakap putih pertumbuhannya kurang begitu menggembirakan karena kemungkinan tingkat konsumsi pakan berupa pelet dan ikan rucah yang diberikan masih rendah. Hal disebabkan oleh kurangnya pemberian pakan dan atau karena pakan yang ditebarkan tersebut sering terbawa arus dan gelombang besar yang datang sekali waktu sehingga belum sempat dikonsumsi oleh kultivan. Selain daripada itu, ada beberapa ekor ikan kerapu cantang dan kakap putih yang mati dikarenakan dua hal, yaitu 1) kualitas bibit ikan kerapu cantang dan kakap putih yang ditebar kurang bagus dan 2) terdapat luka pada badan ikan yang diakibatkan terkena simpul jaring sehingga terinfeksi dan mengalami kematian. Sedangkan untuk kultivan rumput laut, teripang dan bintang laut dapat dikatakan cukup bagus pertumbuhannya.

## SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari implementasi praktik budidaya produktif berkelanjutan menggunakan KJABB-*IMTA* pada tahun pertama adalah: Desain keramba telah dapat dibuat sesuai dengan peruntukannya dan juga telah mempertimbangkan karakteristik hidrografi kawasan, ketahanan karamba, dan efisiensi biayanya. Aplikasi karamba terintegrasi teknik *biomonitoring* didesain untuk meningkatkan produktivitas perikanan budidaya dengan tetap memperhatikan daya dukung (*carrying capacity*) lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dahuri, R. (2012). *Cetak Biru Pembangunan Kelautan dan Perikanan: Menuju Indonesia yang Maju, Adil-Makmur dan Berdaulat*. Bogor: Roda Bahari.
- Diaz, R.J. & Rosenberg, R. (1995). Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 33: 245-303.

- Pawar, V., Matsuda, O., & Fujisaki, N. (2002) Relationship between feed input and sediment quality of the fish cage farms. *Fisheries Science*, 68: 894-903.
- Pearson, T.H. & Black, K.D. (2001) The environmental impacts of marine fish cage culture. In: *Environmental Impacts of Aquaculture* (ed. K. D. Black). Sheffield: Sheffield Academic Press Ltd. pp. 1-31.
- Putro, S.P., Suhartana, & Hariyati, R. (2013). Evaluasi praktik budidaya sistem keramba jaring apung bertingkat berdasarkan taksa dominan dan oportunistik makrobenthos. *Proceeding Konferensi Akuakultur Indonesia.*, 3-4 September, Solo Jawa Tengah.
- Putro, S.P. (2014). *Metode Sampling Penelitian Makrobenthos dan Aplikasinya: Penentuan Tingkat Gangguan Lingkungan Akuakultur*. Yogyakarta: CV Graha Ilmu.
- Putro, S.P. (2010). *Environmental Quality Assessment of Fish Farming: Solutions Toward Sustainable Aquaculture*. Saarbrücken. Germany Lambert Academic Publishing (LAP).
- Putro, S.P. dan Suhartana. (2008). Rehabilitasi dan Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Alam Kawasan Rawapening dengan Menerapkan Manajemen Lingkungan dan *Ecological Engineering* dalam Upaya Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat. Semarang: *Laporan KKN PPM –DP2M DIKTI*, Lemlit Undip.
- Putro, S.P., Svane, I., & Tanner, J. (2006). Effects of fallowing on macrobenthic assemblages in sediments adjacent to southern bluefin tuna cages. In: Final report of Aquafin CRC Southern bluefin tuna aquaculture: evaluation of waste composition and waste mitigation. FRDC Project No. 2001/103/2006. *SARDI Aquatic Sciences, Adelaide*. pp. 243-282.
- Reid, G., Robinson, S.M.C., Chopin, T., Mullen, J., Lander, T., Sawhney, M., MacDonald, B., Haya, K., Burrige, L., Page, F., Ridler, N., Boyne-Travis, S., Sewuster, J., Marvin, R., Szemerda, M. & Powell, F. (2007). Recent development and challenges for open-water, integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in the Bay of Fundy, Canada. In: *Aquaculture Canada 2007. Proceedings of Contributed Papers*. C. Couturier, E. Boucher & A. Vickerson (eds). Aquaculture Association of Canada Special Publication No. 13 (in press).
- Schendel, E.K., Nordstrom, S.E., & Lavkulich, L.M. (2004). Floc and sediment properties and their environmental distribution from a marine fish farm. *Aquaculture Research*, 35: 483-493.
- Sudaryono, A., Putro, S.P., Suminto, & Malina, A.C. (2013). Pengembangan Teknik Budidaya, Diversifikasi Produk, dan Pengelolaan Lingkungan Sektor Perikanan Budidaya Untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Laporan Akhir Tahun 1 Penelitian Prioritas Nasional Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2011–2025 (Penprinas MP3EI 2011-2025). Semarang: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Diponegoro.
- Sudaryono, A., Putro, S.P., Suminto, dan Asmi Citra Malina. (2014). Pengembangan Teknik Budidaya, Diversifikasi Produk, dan Pengelolaan Lingkungan Sektor Perikanan Budidaya Untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Laporan Akhir Tahun 2 Penelitian Prioritas Nasional Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2011–2025 (Penprinas MP3EI 2011-2025). Semarang: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Diponegoro.
- Syahputra, Y. (2005). Pertumbuhan dan kandungan karaginan budidaya rumput laut *Eucheuma cattonii* pada kondisi lingkungan yang berbeda dan perlakuan jarak tanam di Teluk Lhok Seudu. *Tesis*. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Thomas, S.A. (2011). *Integrated Multi-Trophic Aquaculture: A Workshop*. Port Angeles, Washington: Peninsula College.
- Troell, M., Halling, C., Neori, A., Chopin, T., Buschmann, A.H., Kautsky, N. & Yarish, C. (2003). Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture*, 226: 69-90.
- Wijayanti, D.P., Putro, S.P. & Suhartana. (2009). Optimalisasi Pemberdayaan Masyarakat Desa Asinan, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang melalui Pengembangan Teknik Budidaya Sistem Keramba Apung dan Peningkatan Mutu Pakan Ikan. Semarang: *Laporan KKN PPM–DP2M DIKTI*, Lemlit Undip.