

IMPLEMENTASI *MICROBUBBLE GENERATOR* TIPE *ORIFICE* DENGAN PIPA *POROUS* DAN PIPA DISTRIBUTOR UNTUK AERASI KOLAM IKAN

Sulistyo Sidik Purnomo¹⁾, Jojo Sumarjo²⁾, Iwan Nugraha Gusniar²⁾

¹⁾Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Jawa Barat, Indonesia

²⁾Prodi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Jawa Barat, Indonesia

Corresponding author : Sulistyo Sidik Purnomo
E-mail : sulistyo.sidik@staff.unsika.ac.id

Diterima 24 Maret 2021, Direvisi 17 April 2021, Disetujui 17 April 2021

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi produksi akuakultur yang besar. Pada sektor perikanan, budidaya ikan diupayakan untuk memanfaatkan sumber daya air terbatas. Faktor yang memengaruhi kualitas dan pertumbuhan ikan adalah oksigen terlarut (*dissolved oxygen*). *Microbubble generator* (MBG) menjadi solusi untuk menyelesaikan masalah oksigen terlarut (DO) dalam air. Pengabdian ini akan melakukan modifikasi MBG tipe *orifice* dengan pipa *porous* dan pipa distributor. Selanjutnya mengkaji tentang pengaruh pipa distributor dengan variasi parameter pengujian terhadap stabilitas harga DO yang seragam pada air di kolam ikan. Pelaksanaannya akan melibatkan proses perancangan alat yang menghasilkan *drawing design*. Maka akan diteruskan ke proses pembuatan alat, setelah itu diuji fungsinya. Tahap akhir proses pengujian dalam air di kolam tanpa ikan untuk memperoleh harga DO yang stabil dan seragam. Dengan tujuan masyarakat dapat mengetahui, mengoperasikan, merawat, membuat alat secara swadaya (mandiri). Estimasi masyarakat mengetahui dari hasil kegiatan ini berkisar 84%. Hal ini ditinjau dari saat di lapangan dan taha evaluasi/*monitoring* telah dilakukan. Selain itu masyarakat mendapatkan dampak perekonomian yang positif, khususnya untuk komunitas peternak ikan skala kecil dan menengah yang tidak memiliki fasilitas seadanya.

Kata kunci: *dissolved oxygen; microbubble generator; orifice type; drawing design.*

ABSTRACT

Indonesia has a large potential aquaculture production. In the fisheries sector, fish farming is sought to utilize limited water resources. Factors that affect the quality and growth of fish are dissolved oxygen (*dissolved oxygen*). *Microbubble Generator* (MBG) is the solution to resolve dissolved oxygen problems (DO) in water. This service will modify the *ORIFICE* type MBG with *Porous* pipes and distributor pipes. Furthermore, examine the influence of distributor pipes with variations in testing parameters on the stability of the price of DO uniformly on water in the fish pond. The implementation will involve the design process that produces *drawing design*. Then it will be forwarded to the tool making process, after which it is tested. The final stage of the testing process in water in a pond without fish to get a stable and uniform do price. With the aim of the community can know, operate, care for, make tools in self-help. Community estimates knowing from the results of this activity ranging from 84%. It is reviewed from the moment in the field and the evaluation/*monitoring* has been done. In addition, the community gets a positive economic impact, especially for small and medium-sized fish farmers who do not have makeshift facilities.

Keywords: *dissolved oxygen; microbubble generator; orifice type; drawing design.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan potensi laut yang besar dan wilayah daratnya berupa ekosistem perairan (Sutardjo, 2012). Selain itu memiliki potensi produksi akuakultur terbesar di dunia. Akuakultur merupakan bentuk pemeliharaan dan penangkaran berbagai macam hewan atau tumbuhan perairan (Boyd, 1990). Dengan cara menggunakan air sebagai komponen pokoknya (Boyd & Tucker, 1998). Kegiatan secara umum termasuk di dalamnya, seperti: budidaya

ikan, udang, tiram dan rumput laut (alga). Pada sektor perikanan, budidaya ikan yang dilakukan di darat akan diupayakan untuk memanfaatkan sumber daya air terbatas (Adawyah, 2006). Dengan pemanfaatan teknologi tertentu tanpa adanya pergantian air sama sekali (Sondita & Solihin, 2006). Faktor yang memengaruhi kualitas dan pertumbuhan ikan adalah oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) (Alasavar, et al., 2011).

Berbagai macam kegiatan manusia dapat menyebabkan pencemaran air (Afrianto

& Liviawaty, 1989). Seperti pembuangan limbah rumah tangga atau industri. Pencemaran air tentunya berdampak luas terhadap segala ekosistem kehidupan (Mulyana & Dermawan, 2008). Air merupakan komponen pokok dalam menunjang kehidupan makhluk hidup (Boyd & Gautier, 2000). Pencemaran dan penurunan kualitas air disebabkan karena aktivitas makhluk hidup, yaitu manusia (Darmono, 2001). Hal ini akan berdampak dan membahayakan kelangsungan hidup makhluk hidup lainnya, seperti hewan dan tumbuhan. Selain itu dapat mengancam kehidupan manusia itu sendiri. Salah satu metode untuk memperbaiki kualitas air dengan cara meningkatkan kadar oksigen dalam air (Effendic, 2002). *Microbubble Generator* (MBG) merupakan bagian alat yang dapat melarutkan oksigen ke dalam air (Sadatomi, et al., 2007). Hal ini melalui gelembung-gelembung udara dengan ukuran diameter kurang dari 200 μm (Sadatomi, et al., 2012). *Microbubble* yang dihasilkan berguna untuk mikroorganisme dan bakteri untuk memenuhi kebutuhan oksigen. Kemudian bakteri yang terus berkembang banyak tersebut akan melakukan dekomposisi terhadap air limbah (Sadatomi, et al., 2005). Sehingga air akan menjadi lebih bersih dan jernih.

Kabupaten Karawang memiliki potensi sumber daya perikanan dan kelautan yang cukup besar. Potensi perikanan tangkap di Kabupaten Karawang: panjang pantai dengan potensi 84,23 Km, panjang sungai dengan potensi 744,00 Km (dengan keterangan 1.416,03 Ha), rawa dengan potensi 106,10 Ha dan bekas galian C dengan potensi 294,82 Ha (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2016). Sedangkan untuk potensi perikanan budi daya tersebut: tambak dengan potensi keseluruhan 18.275,00 Ha dan potensi dimanfaatkan 15.571,00 Ha. Kolam dengan potensi keseluruhan 1.088,80 Ha dan potensi dimanfaatkan 638,00 Ha. Mina padi dengan potensi keseluruhan 9.241,23 Ha dan potensi dimanfaatkan 182,00 Ha. Sedangkan kolam JA dengan potensi keseluruhan 148 *unit* dan potensi dimanfaatkan 83 *unit* (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2016).

Pada tahun 2015, jumlah nelayan sebanyak 2.835 RTP (berupa laut sebanyak 1.545 RTP dan perairan umum sebanyak 1.290 RTP: hasil dari sungai 710 RTP, rawa 140 RTP dan galian C 440 RTP). Selanjutnya untuk jumlah budi daya ikan sebanyak 8.593 RTP (berupa tambak sebanyak 3.391 RTP, kolam sebanyak 3.937 RTP, mina padi sebanyak 896 RTP dan KJA sebanyak 315 RTP). Sedangkan pengolah hasil perikanan sebanyak 5.049 RTP (berupa kering asin sebanyak 240 RTP,

pindang sebanyak 4.501 RTP, terasi sebanyak 264 RTP dan kerupuk sebanyak 44 RTP). Selain itu petambak garam sebanyak 217 RTP (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2016).

Berikut terdapat beberapa jenis *microbubble generator* yang telah dikembangkan oleh penelitian/pengabdian sebelumnya. Seperti *swirl type microbubble generator* memiliki desain sederhana dan efektif untuk menghasilkan *microbubble* dalam waktu singkat (Onhari, 2000; Afisna & Juwana, 2020). Ukuran ikan yang digunakan memiliki panjang $7,44 \pm 2,89$ cm dan bobot $10,96 \pm 0,53$ g (Firman, et al., 2019). Pengujian dilakukan pada kolam ikan berukuran 10 m x 2,3 m x 1 m (tinggi air 85 cm) dengan standar air (tanpa ikan), setiap ke dalaman (30 cm dan 60 cm) dan peningkatan harga DO sebanding dengan diameter *orifice* (Purnomo, et al., 2020). Ketika tekanan dan debit yang sama dengan waktu detensi berkisar 50 menit, oksigen terlarut dalam air tidak terjadi penambahan yang signifikan (Rosariawari, et al., 2020). Percobaan dilakukan dalam kontainer transparan dari 2,8 m x 0,6 m x 0,4 m diisi dengan air keran yang menggunakan tipe *orifice/porous-pipe* MBG (Pambudiarto, et al., 2020).

Beberapa hasil penelitian/pengabdian lainnya juga yang masih membahas *microbubble generator*. Hal ini dijadikan sebagai alternatif parameter pengabdian ini. Dari hasil rasio diameter optimal *spherical* ke pipa dan dikonfirmasi bahwa *generator* dapat menghasilkan *microbubble* dengan tingkat konsumsi energi lebih rendah dalam 40 W. Selain itu dapat meningkatkan secara efektif oksigen yang dilarutkan (Sadatomi, et al., 2005). Performa terbaik flotasi untuk fraksi dari 63-71 μm , dikarenakan konstanta tingkat flotasi secara langsung proporsional dengan dosis *microbubbles*, ketika tidak melebihi 0,2 mL g^{-1} (Rulyov, et al., 2020). Rezim dinamis dari tubular *microbubble generator* berbasis *nanomembrane* tergantung pada *microbubble* rasio aspek, konsentrasi bahan bakar hidrogen peroksida dan komposisi bahan bakar (Naeem, et al., 2020). Hasil menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan cair dari 2,35 ke 2,60 m/s terlihat lebih tinggi dan tekanan vakum 0,84 ke 2,27 kPa (Liew, et al., 2020). Untuk menjadi spesifik, konsentrasi oksigen terlarut (DO) adalah zona 1 dan 2 dari tankerasi dapat dipertahankan karena kurang dari 0,5 mg/L (Lim, et al., 2020).

Maka pengabdian ini akan melakukan modifikasi MBG tipe *orifice* dengan pipa *porous* dan pipa distributor. Selanjutnya mengkaji tentang pengaruh pipa distributor dengan variasi parameter pengujian terhadap stabilitas

DO yang seragam pada air di kolam ikan. Pelaksanaannya akan melibatkan proses perancangan alat yang menghasilkan *drawing design*. Maka akan diteruskan ke proses pembuatan alat, setelah itu diuji fungsinya. Tahap akhir proses pengujian dalam air di kolam tanpa ikan untuk memperoleh harga DO yang stabil dan seragam. Dengan tujuan masyarakat dapat mengetahui, mengoperasikan, merawat, membuat alat secara swadaya (mandiri). Selain itu masyarakat mendapatkan dampak perekonomian yang positif, khususnya untuk komunitas peternak ikan skala kecil dan menengah yang tidak memiliki fasilitas seadanya.

METODE

Berdasarkan latar belakang dalam pengabdian ini, maka metode pendekatan yang digunakan adalah pendekatan ekologi. Pendekatan ekologi adalah metode pendekatan yang didasarkan pada masalah sosial sebagai hasil interelasi antara masyarakat dengan lingkungannya. Program pengabdian ini dilakukan selama +/- 3 bulan untuk implementasi alat yang dilakukan September 2020. Dengan perincian sebagai berikut:

Lokasi dan Partisipan Kegiatan

Lokasi pengabdian ini dilakukan di Desa Karangsinom, Kecamatan Tirtasari, Kabupaten Karawang. Selain itu partisipan dalam pengabdian ini melibatkan komunitas budidaya ikan, penyuluh perikanan, mahasiswa, dosen dan masyarakat.

Bahan dan Alat Kegiatan

Bahan-bahan yang berkaitan dalam penyampaian materi seperti: modul, panduan, brosur, *banner* dan lain-lain. Sedangkan alat yang dipersiapkan seperti: pompa dan alat ukur,

penentuan jenis pipa dan bahan pipa, sampai akhirnya dalam bentuk *drawing design*.

Metode Pelaksanaan Kegiatan

Metode pelaksanaan kegiatan dalam tahapan ini berupa implementasi kepada komunitas dan masyarakat sekitar. Masyarakat yang terlibat dalam kegiatan ini berkisar 10-15 orang. Hal ini dikarenakan Kabupaten Karawang masih memberlakukan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Tahapan proses pelaksanaan pengabdian ini terdiri dari: tahapan perancangan, tahapan pembuatan, tahapan pengujian dan pengambilan data. Lalu pada akhirnya implementasi alat yang telah dirancang.

Metode Pengumpulan, Pengolahan dan Analisis Data Kegiatan

Pada tahap ini dilakukan dengan penyebaran kuesioner angket, wawancara dan dokumentasi kepada komunitas dan masyarakat yang terlibat. Masyarakat yang terlibat dalam kegiatan ini berkisar 10-15 orang. Hal ini dikarenakan Kabupaten Karawang masih memberlakukan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Maka yang dapat hadir dalam kegiatan merupakan perwakilan dari masyarakat yang telah ditentukan oleh Kepala Desa. Selain itu dalam pelaksanaannya dengan ketat menerapkan protokol kesehatan. Pengolahan data dilakukan dengan membuat perancangan alat yang dibutuhkan komunitas budidaya ikan dan masyarakat sesuai tanggapan responden. Selanjutnya dilakukan analisis data melalui pengujian alat yang dilakukan secara bertahap.

Adapun prosedur tahapan pelaksanaan pengabdian dapat dilihat pada Gambar 1. Sementara untuk komponen alat yang menjadi utama dalam membuat alat tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Prosedur Tahapan Pelaksanaan Pengabdian
(Sumber: Hasil Pengolahan Penulis, 2021)



Gambar 2. Komponen Alat dalam Implementasi *Microbubble Generator*
(Sumber: Hasil Pengolahan Penulis, 2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pelaksanaan Kegiatan

Berikut hasil dari pelaksanaan kegiatan yang telah dilakukan:

- Studi Pendahuluan, pada tahap ini dilakukan pengamatan/identifikasi terhadap beberapa referensi/rujukan ilmiah yang sesuai. Agar hasil kinerja dan fungsi alat dapat optimal.
- Tahapan Perancangan, pada tahap ini dilakukan perancangan alat. Perancangan alat menggunakan software pendukung. Hal ini untuk membantu dalam memvisualisasikan masing-masing komponen. Selain itu disimulasikan secara sederhana.
- Tahapan Pembuatan, pada tahap ini dilakukan pembuatan alat. Pembuatan alat bersama dengan masyarakat, agar mengetahui secara langsung. Sehingga dapat dibuat dan diterapkan secara mandiri.
- Tahapan Pengujian, pada tahap ini sebelum alat di implementasikan. Alat diuji sesuai dengan standar operasional prosedur yang telah ditetapkan. Hal ini bertujuan agar alat berjalan sebagaimana mestinya.
- Tahapan Pengambilan Data, pada tahap ini dilakukan dengan penyebaran kuesioner angket, wawancara dan dokumentasi kepada komunitas dan masyarakat yang terlibat. Masyarakat

yang terlibat dalam kegiatan ini berkisar 10-15 orang.

- Implementasi Alat, pada tahap ini dilakukan penerapan alat yang telah dirancang dan diuji sebelumnya. Diterapkan di kolam ikan sesuai dengan fungsinya.

Microbubble Generator adalah suatu alat yang berfungsi untuk menghasilkan gelembung udara di dalam air dengan ukuran diameter kurang dari 200 μm , ini yang membedakan dengan *bubble* ukuran biasa. Pemanfaatan *Microbubble Generator* sangat luas salah satunya dalam bidang perikanan. Dalam bidang perikanan, *Microbubble Generator* digunakan untuk meningkatkan kadar oksigen pada tambak atau kolam sehingga kandungan oksigen atau DO dalam kolam ikan meningkat. Oksigen merupakan salah satu unsur terpenting yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup ikan pada kolam ikan. Secara otomatis apabila kandungan oksigen dalam kolam ikan cukup, maka akan meningkatkan hasil panen ikan.

Microbubble generator tipe *orifice* dengan pipa porous dan pipa distributor yang telah dirancang dan diimplementasikan untuk aerasi Kolam Ikan memiliki spesifikasi dan dimensi sebagai berikut.

- ✓ Overall size : 0,5 m x 0,5 m x 1,5 m
- ✓ Pipe size : 3/4 inchi ; bahan pvc
- ✓ Valve size : 3/4 inchi ; bahan pvc ; ball valve
- ✓ Flowmeter size (air) : 3/4 inchi

- ✓ *Flowmeter size* (udara) : 3/4 inchi
- ✓ *Pressure gauge* : 3/8 inchi ; 2,5 bar
- ✓ *Pump size* : 0.25 m x 0.25 m x 0.5 m
- ✓ *Orifice size* : 8 mm dia, 10 mm dia, 12 mm dia, 14 mm dia
- ✓ *Pipa porous* : 0.3 mm dia.

Kapasitas pompa dipilih dan disesuaikan dengan kecepatan produksi *microbubble* yaitu 430 liter/menit dengan tekanan 1.8 bar dan tipe pompanya adalah *submersible pump*, sedangkan *flow* meternya dipilih tipe *rotameter*. Pipa dengan bahan PVC adalah kuat untuk menahan tekanan pompa sebesar 1,8 bar, karena kekuatan pipanya adalah 4 bar. Dengan dilaksanakannya program pengabdian ini maka masyarakat mendapatkan dampak perekonomian yang positif terhadap komunitas atau masyarakat peternak ikan skala kecil dan menengah. Hal ini dikarenakan masih banyak peternak ikan yang tidak memiliki fasilitas memadai untuk menunjang kualitas ternak sehingga mereka menjalankan budidaya ikan dengan fasilitas seadanya untuk mendapatkan hasil panen yang maksimal. Oleh karena itu, peranan implementasi *microbubble generator* tipe *orifice* dengan pipa *porous* dan pipa distributor untuk aerasi kolam ikan ini akan menjawab permasalahan perekonomian. Bentuk implementasi yang digunakan dalam program ini merupakan pelatihan awal berupa materi kegiatan. Selanjutnya pelatihan dalam pengoperasian alat yang dilakukan oleh masyarakat. Selain itu mendorong masyarakat dalam kemandirian pangan dengan inovasi pengelolaan budidaya komoditi unggul dalam membangun kekuatan pangan lokal.

SIMPULAN DAN SARAN

Dengan adanya program pengabdian ini diharapkan masyarakat mendapatkan dampak perekonomian yang positif terhadap komunitas atau masyarakat peternak ikan skala kecil dan menengah. Mengingat tidak memiliki fasilitas memadai untuk menunjang kualitas ternak dengan fasilitas seadanya untuk mendapatkan hasil panen yang maksimal. Sehingga peranan implementasi alat ini akan menjawab permasalahan perekonomian. Selain itu mendorong masyarakat dalam kemandirian pangan dengan inovasi pengelolaan budidaya komoditi unggul dalam membangun kekuatan pangan lokal. Pelaksanaan program pengabdian ini sesuai dengan *roadmap* penelitian yang mendukung *roadmap* unggulan universitas, yaitu pembangunan masyarakat melalui inovasi iptek berbasis kearifan lokal. Dengan pelaksanaan program pengabdian yang kompeten diharapkan masyarakat dapat

menerapkan ilmu dan pengetahuan yang telah didapatkan selama kegiatan ini berlangsung.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih tersampaikan kepada Rektor Universitas Singaperbangsa Karawang, Dekan Fakultas Pertanian dan Fakultas Teknik. Selain itu Masyarakat Desa Karagsinom, Kecamatan Tirtasari, Kabupaten Karawang. Hal tersebut telah mendukung dan mempermudah jalannya pengabdian yang dilakukan.

DAFTAR RUJUKAN

- Adawyah, R., (2006). *Pengolahan dan Pengawetan Ikan*. 1st ed. Jakarta: Bumi Aksara.
- Afisna, L. P. & Juwana, W. E., (2020). Aplikasi Microbubble Generator Porous-Venturi pada Pengolahan Air Limbah Buatan. *Jurnal Kurvatek*, V(1), pp. 11-18.
- Afrianto, E. & Liviawaty, E., (1989). *Pengawetan dan Pengolahan Ikan*. 1st ed. Jakarta: Kanisius.
- Alasavar, C., Shahidi, F., Miyashita, K. & Wanasundara, U., (2011). *Handbook of Seafood Quality, Safety, and Health Applications*. 1st ed. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd..
- Boyd, C. E., (1990). *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. 1st ed. Alabama: Birmingham Publishing.
- Boyd, C. E. & Gautier, D., (2000). Effluent Composition and Water Quality Management. *Global Aquaculture Advocate*, III(5), pp. 61-66.
- Boyd, C. E. & Tucker, C. S., (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. 1st ed. New York: Springer Science.
- Darmono, (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Taksikologi Senyawa Logam*. 1st ed. Jakarta: UI Press.
- Effendic, M. I., (2002). *Biologi Perikanan*. 3th ed. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Firman, S. W., Nirmala, K., Supriyono, E. & Rochman, N. T., (2019). Evaluasi Kinerja Pembangkit Gelembung Mikro terhadap Respons Fisiologis Ikan Nila *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) dengan Kepadatan Berbeda pada Sistem Resirkulasi. *Jurnal Ektiologi Indonesia*, XIX(3), pp. 425-436.
- Liew, K. C. S. et al., (2020). Porous Venturi-Orifice Microbubble Generator for Oxygen Dissolution in Water. *Processes*, VIII(1266), pp. 1-15.

- Lim, J.-Y., Kim, H.-S., Park, S.-Y. & Kim, J.-H., (2020). Simultaneous Nitrification and Denitrification by Using Ejector Type Microbubble Generator in a Single Reactor. *Environmental Engineering Research*, VV(2), pp. 251-257.
- Mulyana, Y. & Dermawan, A., (2008). *Konservasi Kawasan Perairan Indonesia bagi Masa Depan Dunia*. 2nd ed. Jakarta: Departemen Kelautan & Perikanan.
- Naeem, S. et al., (2020). Parameters Optimization of Catalytic Tubular Nanomembrane-Based Oxygen Microbubble Generator. *Mircomachines*, XI(643), pp. 1-12.
- Onhari, H., (2000). *Swirling Type Micro-bubble Generating System*. 2nd ed. United State: US Patent.
- Pambudiarto, B. A., Mindaryani, A., Deendarlianto & Budhijanto, W., (2020). Evaluation of the Effect of Operating Parameters on the Performance of Orifice/Porous Pipe Type Micro-bubble Generator. *Journal Engineering Technology Science*, LII(2), pp. 196-207.
- Purnomo, S. S., Sumarjo, J. & Suci, F. C., (2020). Rancang Bangun Microbubble Generator Tipe Orifice dengan Pipa Porous untuk Aerasi Kolam Ikan. *Jurnal Infomatek*, XXII(1), pp. 41-50.
- Rosariawari, F., Wahjudijanto, I. & Rachmanto, T. A., (2020). Peningkatan Efektifitas Aerasi dengan Menggunakan Micro Bubble Generator (MBG). *Jurnal Envirotek*, VIII(2), pp. 1-4.
- Rulyov, N. N., Filippov, L. O. & Kravchenko, O. V., (2020). Combined Microflotation of Glass Beads. *Colloids and Surfaces A*, DXCVIII(1), pp. 1-7.
- Sadatom, M., Kawahara, A., Kano, K. & Ohtomo, A., (2005). Performance of New Microbubble Generator with a Sprical Body in Flowing Water Tube. *Experimentall Thermal and Fluid Science*, XXIX(1), pp. 615-623.
- Sadatom, M., Kawahara, A., Matsura, H. & Shikatani, S., (2012). Microbubble Generation Rate and Bubble Dissolution Rate Into Water by a Simple Multi Fluid Mixer with Orifice and Porous Tube. *Experimental Thermal and Fluid Science*, XLI(1), pp. 23-30.
- Sadatom, M., Kawahara, A., Matsuyama, F. & Kimura, T., (2007). An Advanced Microbubble Generator and its Application to a Newly Developed Bubble-Jet Type Airlift Pump. *Multiphase Science and Technology*, XIX(1), pp. 323-342.
- Sondita, M. F. A. & Solihin, I., (2006). *Teknologi Perikanan Tangkap yang Bertanggungjawab*. 1st ed. Bogor: Intramedia.
- Sutardjo, S. C., (2012). *Kelautan Indonesia*. 1st ed. Jakarta: Pustaka Cidesindo.