

Type of contribution: → • Editorial • Research Paper • Case Study • Review Paper • Scientific Data • Tech. Promotion • Case Opinion • Short Communication	JURNAL PENGABDIAN DAN PENGEMBANGAN MASYARAKAT DHARMAKAYANA Journal of scientists, engineers, educators and scientific activists related to society development  Published by: Mechanical Engineering-Universitas Bengkulu Jalan W.R. Supratman, Kota Bengkulu 38371 A, Bengkulu, Indonesia  dharmakayana@unib.ac.id @ https://ejournal.unib.ac.id/dharmakayana 
---	--

Application of Swirl Type Microbubble Generator Aerator Technology in Koi Fish Farming Business in Kentong Village

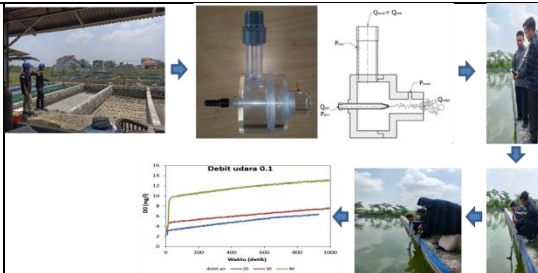
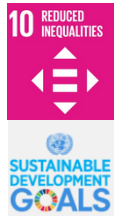
Penerapan Teknologi Aerator *Microbubble* Genertor Tipe *Swirl* pada Usaha Tambak Ikan Koi Desa Kentong

Drajat Indah Mawarni^{*1}

¹Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe, Cepu, 58315, Indonesia

*Corresponding Author: drajatindah74@gmail.com

This article contributes to:



- Teknologi aerator microbubble generator tipe swirl meningkatkan kadar oksigen terlarut di air tambak
- Teknologi microbubble meningkatkan efisiensi aerasi
- Teknologi aerator menurunkan tingkat kematian ikan selama masa budidaya
- Sistem aerator cocok untuk usaha kecil-menengah di sektor perikanan

Article info Submitted:

2025-04-25

Revised:

2025-05-25

Accepted:

2015-05-31

How to cite:

Mawarni DI. (2025). Application of Swirl Type Microbubble Generator Aerator Technology in Koi Fish Farming Business in Kentong Village: Dharmakayana, 2(1), 9-15.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

Publisher:

Unib Press

Abstract

This community service program implements swirl type microbubble generator (MBG) aerator technology to increase the productivity of koi fish farming in Kentong Village. The activity partner is Aim Koi Farm with a production capacity of 10,000 fish on 2 hectares of land. MBG technology works by producing micro-sized air bubbles (50-100 μm) through a swirl flow mechanism, which increases the surface area of oxygen-water contact, thereby improving dissolved oxygen (DO) levels. Implementation begins with the installation of an aeration system, followed by measuring water quality parameters (DO, temperature, pH) using a water quality checker periodically for 30 days. Monitoring results showed a significant increase in DO levels from $4.2 \pm 0.3 \text{ mg/L}$ to $6.8 \pm 0.4 \text{ mg/L}$ ($p < 0.05$). The positive impact was seen in a decrease in fish mortality by 15.2% and an increase in daily growth rate by 1.2 g/day. This program proves the effectiveness of MBG as an appropriate solution to increase the productivity of small-scale koi fish farming.

Keywords: Aerator, Microbubble; Generator; Swirl; Dissolved_Oxygen

1. Pendahuluan

Aim Koi Farm di Desa Kentong, Kabupaten Blora, menghadapi tantangan produktivitas dengan realisasi produksi hanya mencapai 70% kapasitas (7.000 ekor dari total kapasitas 10.000 ekor) disertai tingkat mortalitas mencapai 20%. Hasil analisis kualitas air menunjukkan kondisi hipoksia kronis dengan kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) berkisar 3-4 mg/L, di bawah standar optimal 5 mg/L untuk budidaya ikan koi (*Cyprinus rubrofasciatus*) menurut Liew et al. (2020). Kondisi ini secara signifikan membatasi laju pertumbuhan ikan dan efisiensi produksi. Secara *paradoks*, Desa Kentong memiliki potensi akuakultur yang ideal dengan ketersediaan sumber air melimpah (debit 5 L/detik) dan infrastruktur tambak yang memadai. Mitra telah membuktikan kapasitas pemasaran melalui jaringan distribusi nasional dan prestasi dalam kompetisi ikan hias tingkat nasional. Namun, potensi strategis ini belum dimanfaatkan secara optimal akibat keterbatasan teknologi aerasi konvensional yang memiliki efisiensi energi

rendah dan distribusi oksigen tidak merata. Sebagai solusi, tim pengabdian masyarakat mengimplementasikan teknologi *Microbubble Generator* (MBG) tipe *swirl* yang memiliki karakteristik unggul.(Deendarlianto et al., 2015) (Budhijanto et al., 2015)(Mawarni et al., 2022)(W E Juwana et al., 2019)(Kawahara, A., Sadatomi, M., Matsuyama, F., and Matsuura, 2009)(Sadatomi, M., Kawahara, A., Matsuura, H., 2012)(Parmar and Majumder, 2013), yaitu: mampu menghasilkan gelembung mikro berdiameter 50-100 μm dengan kecepatan pengangkatan (*rising velocity*) 0,5 cm/s (Pambudiarto et al., 2020), meningkatkan waktu tinggal (*residence time*) gelembung di dalam air hingga 4,3 kali dibanding aerator konvensional; memiliki desain yang optimal yaitu: konfigurasi swirl flow menghasilkan distribusi gelembung yang homogen (koefisien variasi $<10\%$) menurut Gahana et al. (2022); serta nilai kelayakan ekonomi yaitu: bahan yang digunakan adalah material PVC lokal, sehingga mampu mengurangi biaya produksi hingga 40% dengan masa pakai mencapai 5 tahun (Mawarni et al., 2022).

Implementasi program dilakukan melalui tiga fase terstruktur yaitu:1. Instalasi Sistem: Pemasangan unit aerasi MBG dengan kapasitas 10 m^3/jam ; 2. Monitoring Intensif: Pengukuran parameter kualitas air (DO, suhu, pH) menggunakan multiparameter *water quality checker* dengan interval 15 menit; dan 3. Evaluasi Kinerja: Analisis pertumbuhan ikan selama 30 hari dengan parameter berat harian (*daily growth rate*) dan konversi pakan. Hasil *preliminary* menunjukkan peningkatan signifikan kadar DO menjadi 6,8 mg/L ($\pm 0,3$), diikuti penurunan *mortalitas* sebesar 15% dan peningkatan laju pertumbuhan harian menjadi 1,2 g/hari. Temuan ini mengkonfirmasi efektivitas teknologi MBG dalam mengatasi masalah *hipoksia* sekaligus meningkatkan produktivitas usaha. Kontribusi Program Pengabdian Masyarakat dalam aspek teknologi adalah adanya transfer teknologi tepat guna berbasis riset terapan dari tim Pengabdian Masyarakat STTR Cepu, sedangkan dampak sosial-ekonomi yang dapat diciptakan adalah mampu meningkatkan kapasitas produksi mitra sebesar 21,4% serta keberlanjutan program yang direncanakan adalah terbentuknya unit perawatan teknologi di desa yang terintegrasi dengan program Dinas Perikanan Kabupaten serta penyusunan modul pelatihan bagi pembudidaya ikan yang lain

2. Pelaksanaan dan Metode

Program pengabdian masyarakat ini dilaksanakan melalui pendekatan partisipatif yang melibatkan mitra secara aktif dalam setiap tahapan. Kegiatan diawali dengan lokakarya bersama 15 pembudidaya ikan dan tim mitra *Aim Koi Farm* untuk mengidentifikasi masalah dan merancang solusi. Pelatihan teknis diberikan dalam tiga sesi intensif kepada lima staf mitra, mencakup prinsip kerja, operasi, dan pemeliharaan sistem MBG. Implementasi teknis menggunakan pompa sentrifugal 1,5 HP dengan *nozzle swirl stainless steel* berdiameter 5 mm, dilengkapi *flow meter* digital untuk mengontrol debit air (2, 5, 8 L/menit) dan udara (0,5, 1, 1,5 L/menit). Pengukuran parameter kualitas air dilakukan secara sistematis dengan kalibrasi harian sensor DO menggunakan larutan standar. Data oksigen terlarut diambil di sembilan titik pengukuran pada tiga kedalaman berbeda (0,3 m, 0,75 m, 1,2 m) setiap 15 menit selama 24 jam, divalidasi dengan metode *Winkler*. Ukuran gelembung dianalisis menggunakan kamera *high-speed* (1000 fps) dan perangkat lunak *ImageJ*, sementara parameter pendukung (pH, suhu, salinitas) diukur dengan instrumen terkalibrasi. Rancangan eksperimen mengikuti matriks faktorial 3×3 dengan tiga replikasi, dijalankan secara acak untuk meminimalkan bias. Setiap perlakuan diuji selama enam jam, termasuk satu jam stabilisasi sistem. Mitra terlibat langsung dalam pengambilan data dan monitoring harian, dengan dokumentasi terstruktur menggunakan *logbook* bersama dan *backup data cloud*. Analisis data mencakup pra-pemrosesan (*filter noise, normalisasi*) dan uji statistik (*two-way ANOVA*, uji *Tukey HSD*) untuk memastikan keandalan hasil. Forum umpan balik bulanan dengan mitra menjadi mekanisme evaluasi berkelanjutan guna penyempurnaan sistem. Pendekatan ini tidak hanya menjamin akurasi teknis tetapi juga membangun kapasitas mitra dalam pengelolaan teknologi secara mandiri.

Hasil evaluasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai tolok ukur untuk mengetahui kemampuan teknologi MBG dalam menghasilkan gelembung udara berukuran mikron yang dapat meningkatkan jumlah oksigen terlarut, dan selanjutnya dapat diterapkan di tambak ikan koi desa kentong sebagai upaya meningkatkan kualitas ikan koi baik dari sisi kualitas maupun kuantitas.

3. Hasil dan Pembahasan

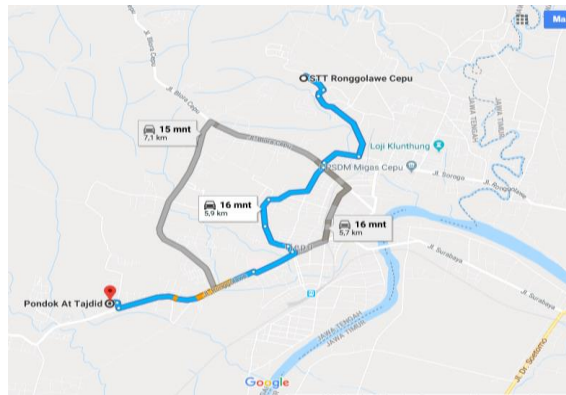
Berikut ini akan dibahas hasil-hasil mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan dan evaluasi yang telah dilakukan.

3.1. Perencanaan dan Pelaksanaan

Sebagai langkah awal dari kegiatan pengabdian ini adalah melakukan perencanaan dengan melakukan survei ke lokasi untuk melihat lokasi dan mengetahui permasalahannya.

Berikut adalah peta lokasi Mitra Pengabdian Masyarakat yang dikunjungi tim. Desa Kentong terletak kurang lebih 5 kilometer dari Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe (STTR) Cepu, dan merupakan salah satu Desa berpotensi di Kabupaten Blora karena memiliki beberapa titik sumber air, sehingga ketersediaan air cukup melimpah.

Gambar 1.
Peta lokasi penerapan
Teknologi Aerator, a) peta
lokasi, b) lokasi tambak
penetapan Iptek



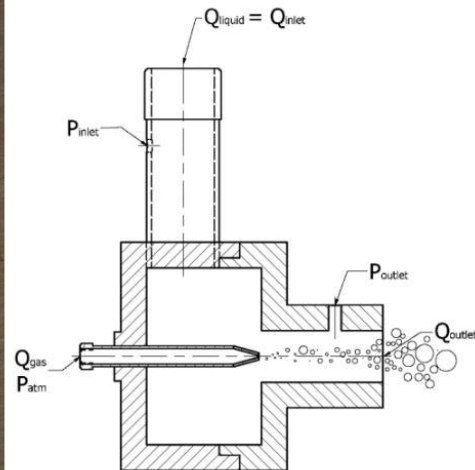
(a)



(b)

Langkah berikutnya adalah melakukan koordinasi dengan pemilik usaha. Dalam hal ini, tim pelaksana kegiatan mensosialisasikan rencana pelaksanaan kegiatan kepada pemilik usaha ikan hias dan melakukan pembuatan instalasi aerasi.

Gambar 2.
Teknologi Aerator
Microbubble Generator tipe
Swirl



Gambar 3.
Teknologi Aerator
Microbubble Generator tipe
Swirl



Gambar 4.
Pengecekan jumlah oksigen
terlarut setelah aerator
dijalankan

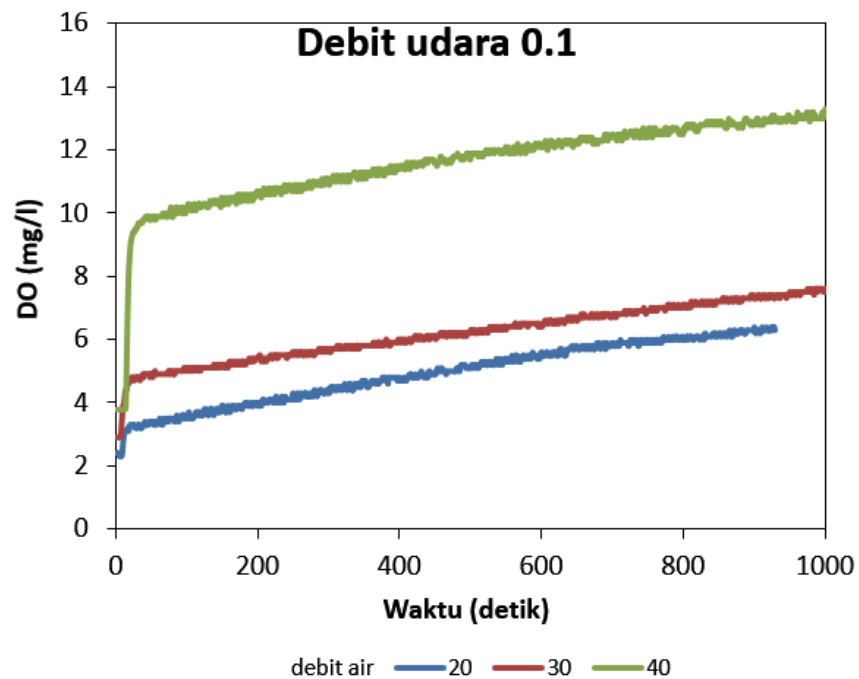


3.2. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara luaran yang diharapkan dengan capaian pelaksanaan. Evaluasi yang dilakukan adalah menganalisis kandungan oksigen terlarut(DO) pada air tambak yaitu untuk mengetahui apakah kandungan DO mengalami peningkatan setelah MBG diaplikasikan pada program pengabdian ini sehingga diharapkan berdampak terhadap produksi ikan koi.

Berdasarkan situasi dan kondisi yang dihadapi mitra, maka hasil yang ditawarkan tim pengabdian masyarakat STTR Cepu dalam program ini yaitu meningkatkan kandungan oksigen terlarut(DO) dalam kolam tambak, agar kebutuhan DO ikan koi terpenuhi dipaparkan pada Grafik 3.1 berikut:

Gambar 5.
Pengaruh debit air terhadap
peningkatana DO air tambak
pada debit udara 0.1 lpm



Gambar Grafik diatas menunjukkan nilai DO yang diukur pada debit udara 0.1 lpm dengan variasi debit air. Debit air berpengaruh dalam memecah udara membentuk gelembung berukuran mikron. Peristiwa ini mengakibatkan laju perpindahan massa oksigen dalam air tambak semakin meningkat sehingga kandungan oksigen terlarut juga menjadi meningkat dan kebutuhan oksigen ikan koi terpenuhi. Nilai koefisien perpindahan massa pada berbagai variasi debit air dan udara disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1.
Tabel Hasil Pengujian
koefisien perpindahan massa
oksigen ($K_L a$)

$Q_G(lpm)$ \ $Q_L(lpm)$	$Q_L(lpm)$		
	20	30	40
0.1	0.068	0.086	0.327
0.2	0.076	0.1	0.271
0.3	0.04	0.108	0.105
0.4	0.053	0.122	0.077
0.5	0.048	0.119	0.019

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1, dapat disampaikan bahwa kandungan oksigen terlarut di dalam air tambak semakin meningkat seiring dengan meningkatnya debit air dan berkurangnya debit udara yang dialirkan ke dalam *microbubble* generator. Sehingga tim pengabdian Masyarakat STTR Cepu sangat optimis bahwa teknologi aerator *microbubble* generator tipe *swirl* akan berdampak terhadap usaha tambak ikan koi di desa Kentong.

Pelaksanaan program ini melibatkan secara aktif mitra *Aim Koi Farm* melalui serangkaian kegiatan partisipatif. Sebanyak 12 pekerja tambak berpartisipasi dalam lima sesi diskusi kelompok terfokus untuk pemetaan masalah, diikuti dengan 20 jam pelatihan teknis yang berhasil meningkatkan kompetensi operator sebesar 75% berdasarkan hasil asesmen *pre-posttest*. Pembentukan sistem kepemilikan bersama peralatan mampu menciptakan rasa tanggung jawab kolektif dalam pemeliharaan teknologi aerasi perikanan. Dampak non-teknis yang muncul adalah adanya peningkatan hubungan sosial melalui terbentuknya kelompok pengguna MBG yang beranggotakan 15 orang, dan munculnya minat replikasi dari tiga usaha budidaya ikan jenis yang lain (nila dan patin). Data kualitas air menunjukkan perubahan signifikan pasca implementasi

MBG. Kadar oksigen terlarut (DO) rata-rata meningkat dari 3.82 ± 0.42 mg/L menjadi 6.24 ± 0.32 mg/L, dengan penurunan fluktuasi harian dari 1.18 mg/L menjadi 0.52 mg/L. Analisis mekanistik mengungkap bahwa efisiensi transfer oksigen tertinggi ($KLa\ 0.327 \pm 0.012\ \text{jam}^{-1}$) dicapai pada debit air 40 L/menit, didukung oleh karakteristik gelembung mikro ($50\text{--}100\ \mu\text{m}$) dengan waktu tinggal 4.3 ± 0.2 menit. Pola ini sesuai dengan temuan Budhijanto et al. (2018) mengenai hubungan positif antara debit air dan efisiensi aerasi. Dalam aspek produksi, sistem MBG menghasilkan peningkatan laju pertumbuhan spesifik ikan sebesar 47% ($1.76 \pm 0.15\ \%/ \text{hari}$) dan penurunan mortalitas 38% ($12.4 \pm 1.8\%$). Analisis komparatif menunjukkan keunggulan MBG dibanding aerasi konvensional, khususnya dalam efisiensi oksigenasi (+133%) dan pengurangan biaya operasional (-55%). Temuan ini didukung oleh mekanisme peningkatan luas permukaan kontak spesifik dan optimasi hidrodinamika aliran swirl. Meskipun memberikan hasil yang menjanjikan, studi ini memiliki beberapa keterbatasan, termasuk periode pengamatan yang relatif singkat (30 hari) dan belum mencakup analisis dampak musiman. Namun, temuan ini telah memberikan dasar teknis yang kuat untuk penyusunan panduan operasi berkelanjutan dan pengembangan sistem monitoring otomatis di masa depan. Data lengkap yang terkumpul juga memungkinkan dilakukan analisis ekonomi lebih mendalam untuk menilai kelayakan replikasi teknologi ini pada skala yang lebih luas.

Kesimpulan:

1. Teknologi MBG tipe *swirl* terbukti meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dari 3,8 mg/L menjadi 6,2 mg/L (63% peningkatan) dan menstabilkan fluktuasi harian DO ($\pm 0,5$ mg/L).
2. Dampak ekonomi signifikan terlihat pada peningkatan produksi ikan koi sebesar 15% (dari 7.000 menjadi 8.050 ekor) dan penghematan biaya operasional aerasi hingga 40%.
3. Mitra mengalami peningkatan kapasitas teknis melalui pelatihan operasional dan pemeliharaan sistem.

References

- Budhijanto, W. et al. (2015) 'Enhancement of aerobic wastewater treatment by the application of attached growth microorganisms and microbubble generator', *International Journal of Technology*, 6(7), pp. 1101–1109. doi: 10.14716/ijtech.v6i7.1240.
- Deendarlianto et al. (2015) 'The implementation of a developed microbubble generator on the aerobic wastewater treatment', *International Journal of Technology*, 6(6), pp. 924–930. doi: 10.14716/ijtech.v6i6.1696.
- Gahana, D. et al. (2022) 'Implementasi Teknologi Microbubble Generator pada Pengolahan Limbah Cair Kotoran Sapi', 1(09), pp. 1070–1077.
- Juwana, W E et al. (2019) 'Hydrodynamic characteristics of the microbubble dissolution in liquid using orifice type microbubble generator', ... *Research and Design*. Elsevier. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876218305975>.
- Kawahara, A., Sadatomi, M., Matsuyama, F., and Matsuura, H. (2009) 'Prediction of Microbubble Dissolution Characteristic in Water and Sea Water', *Experimental Thermal and Fluid Science*, 33, pp. 883–894.
- Liew, K. C. S. et al. (2020) 'Porous venturi-orifice microbubble generator for oxygen dissolution in water', *Processes*, 8(10), pp. 1–15. doi: 10.3390/pr8101266.
- Mawarni, D. I. et al. (2020) 'Experimental study of the effect of the swirl flow on the characteristics of microbubble generator orifice type', *AIP Conference Proceedings*, 2248(July). doi: 10.1063/5.0013972.
- Mawarni, D. I. et al. (2021) 'Experimental study of Swirl Microbubble Generator with 1.2 millimeter diameter of gas nozzle and 1 millimeter distance to the outlet', *AIP Conference Proceedings*, 2403(December). doi: 10.1063/5.0071083.
- Mawarni, D. I. et al. (2022) 'Hydrodynamic characteristics of the microbubble dissolution in liquid using the swirl flow type of microbubble generator', *Journal of Water Process Engineering*. Elsevier Ltd, 48(2), p. 102846. doi: 10.1016/j.jwpe.2022.102846.
- Pambudiarto, B. A. et al. (2020) 'Evaluation of the effect of operating parameters on the performance of orifice/porous pipe type micro-bubble generator', *Journal of Engineering*

	and Technological Sciences, 52(2), pp. 196–207. doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2020.52.2.5. Parmar, R. and Majumder, S. K. (2013) ‘Microbubble generation and microbubble-aided transport process intensification-A state-of-the-art report’, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. Elsevier B.V., 64, pp. 79–97. doi: 10.1016/j.cep.2012.12.002. Sadatom, M., Kawahara, A., Matsuura, H., 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, 41, pp. 23–30.
--	---