

IMPLEMENTATION OF TURBINE TYPE AERATOR FOR SUSTAINABLE SUPPLY OF DISSOLVED OXYGEN FOR SHRIMP FARMING

Iswadi Hasyim Rosma^{1*}, Azriyenni Azhari Zakri¹⁾, Abdul Gafar Arsaf¹⁾
Febllil Huda²⁾, Agus Ika Putra³⁾

¹ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau

² Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

³ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

*Correspondence Author: iswadi.hr@lecturer.unri.ac.id

Abstract

An aerator is a device that utilized to produce dissolved oxygen in water through a diffusion process. Generally, the aerators employed by farmers are operated manually by an operator. The design and utilization of a smart device such as the Zelio Smart Relay is one of the objectives of this article. With the use of smart relays, it is expected that the presence of operator can be eliminated and able to reduce operational cost. The type of aerator discussed in this article is a dual turbine aerator. Each turbine has 6 blades. In order to have the smart relay to operate properly, at least 2 (two) sensors are needed as inputs, namely the light intensity and the temperature sensor. Furthermore, dissolved oxygen levels in water are categorized as high (30 mg / L) if the light intensity is higher than 100,000 lux and the temperature lower than 35⁰ C. It shows in the results that the implementation of aerator has the capability to increase dissolved oxygen from 8 mg / L - 14.4 mg / L in 45 minutes, therefore the quantity and the quality of dissolved oxygen required by shrimp farming can be fulfilled properly.

Keywords: aerator, dissolved oxygen, Zelio Smart Relay, light dependent resistor, light intensity

PENERAPAN AERATOR JENIS KINCIR UNTUK KEBERLANJUTAN SUPLAI OKSIGEN TERLARUT PADA PERTANIAN TAMBAK UDANG

Abstrak

Aerator adalah salah satu alat bantu yang berfungsi untuk memproduksi oksigen terlarut dalam air melalui proses difusi. Sampai saat ini, aerator yang dimanfaatkan oleh para petani pada umumnya masih bersifat manual dengan cara dioperasikan dan dikendalikan oleh tenaga operator (manusia). Perancangan dan pemanfaatan teknologi cerdas seperti *Zelio Smart Relay* merupakan salah satu bahasan pada artikel ini. Dengan adanya pemanfaatan smart relay tersebut diharapkan pekerjaan operator pada pertanian tambak udang dapat dipermudah dan mampu menekan biaya operasional. Jenis aerator yang dibahas pada artikel ini adalah aerator turbine ganda yang memiliki 6 buah sudu di tiap tiap kincirnya. Agar sistem kendali yang dirancang pada smart relay beroperasi dengan baik, maka diperlukan sedikitnya 2 (dua) buah sensor yaitu sensor intensitas cahaya dan sensor suhu yang terukur pada kolam (air). Selanjutnya kadar oksigen terlarut dalam air dikategorikan tinggi (30 mg/L) apabila intensitas cahaya > 100.000 lux dan untuk suhu < 35⁰ C. Dari hasil penerapan aerator di kolam dapat diketahui bahwa aerator dengan penambahan *Zelio Smart Relay* ini dapat bekerja sesuai dengan perancangan, yaitu dapat meningkatkan oksigen terlarut dari 8 mg/L – 14.4 mg/L dalam 45 menit, dengan demikian kuantitas oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh pertanian udang dapat dipenuhi dengan baik.

Kata Kunci: aerator, oksigen terlarut, *Zelio Smart Relay*, light dependent resistor, intensitas cahaya.

PENDAHULUAN

Peluang untuk meningkatkan produksi budidaya udang sangat besar apabila kualitas air yang digunakan memiliki parameter yang baik untuk budidaya udang tersebut. Parameter kualitas air yang menentukan pertumbuhan dan metabolisme udang di antaranya: suhu, oksigen terlarut, pH, salinitas, intensitas cahaya, nitrat, posfat amonia, dan nitrit (Sahrijanna & Sahabuddin, 2014). Salah satu peralatan yang dapat diterapkan untuk menjamin ketersediaan oksigen terlarut dalam air adalah aerator (Harun et al., 2019; Moore & Boyd, 1992; Nguyen & Matsushashi, 2019). Berdasarkan mekanisme operasinya, aerator dibagi menjadi beberapa jenis, di antaranya: aerator gravitasi, permukaan, difusi, dan kincir.

Aerator jenis kincir yang digunakan oleh petani tambak saat ini pada umumnya masih menggunakan sistem manual. Pada sistem manual, prosedur operasional aerator belum berdasarkan parameter yang ada dan hanya mengandalkan pengalaman para petani tambak udang dan bukan berdasarkan besarnya jumlah oksigen terlarut dalam tambak yang dibutuhkan oleh udang. Kincir pada aerator tersebut digerakkan oleh motor bakar yang berbahan bakar minyak. Agar kualitas dan kuantitas oksigen terlarut dalam tambak udang dapat ditingkatkan, maka diperlukan perancangan dan pembangunan aerator yang dilengkapi dengan sistem kendali otomatis berbasis *Zelio Smart Relay*. Smart relay ini mampu memberikan perintah kepada motor untuk memutar kincir sehingga gelembung udara yang terjadi di air dapat memproduksi oksigen terlarut sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu, dalam rangka mengurangi konsumsi bahan bakar minyak yang menghasilkan karbon, maka penggerak aerator diubah dari teknologi motor berbahan bakar minyak ke motor induksi satu fasa.

A. Aerator dan *Zelio Smart Relay*

Telah disebutkan pada bagian pendahuluan bahwa kualitas dan kuantitas oksigen terlarut pada sebuah tambak agar dapat memenuhi kebutuhan udang, maka diperlukan sebuah aerator. Alat ini mampu bekerja dan memproduksi oksigen terlarut dengan cara melakukan penambahan gelembung udara pada air tambak (Amanah, 2011; Bahri, Samsul; Hermawan, Wawan; Yunior, 2014).

Zelio Smart Relay seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 merupakan mini *Programmable Logic Control (PLC)* yang dapat diprogram menggunakan *ladder diagram* (diagram tangga). Untuk melakukan proses otomatisasi yang diinginkan, maka perlu didefinisikan terlebih dahulu input dan output yang akan digunakan dan dicapai. *Zelio Smart Relay* dapat diprogram menggunakan *Zelio Soft 2* menggunakan komputer. Selain itu, smart relay ini bisa juga diprogram menggunakan masukan langsung pada panel depan *Zelio Smart Relay Zelio Logic*. Perangkat lunak *Zelio Soft 2* didisain sangat sederhana dan efisien dimana module yang tersedia dapat dimanfaatkan secara mudah sehingga dapat menghasilkan proses otomatisasi yang diinginkan (Michalik et al., 2016).



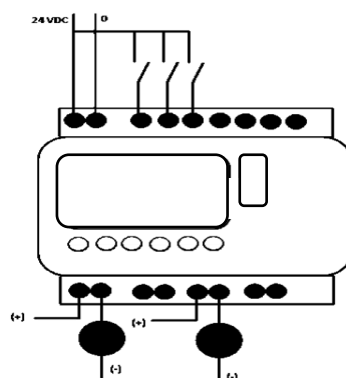
Gambar 1 *Zelio Smart Relay*

Ada dua metode yang disediakan oleh perangkat luna *Zelio Soft 2* untuk melakukan pemograman, yaitu *Ladder Diagram* (Diagram tangga) dan *Function Block Diagram FBD*. Gambar 1 menunjukkan *Zelio Smart Relay* yang memiliki 6 (enam) buah input, yang terdiri dari 2 (dua) input digital dan 4 (empat) input analog serta 4 (empat) buah output. Ditunjukkan juga pada Gambar 1 sejumlah tombol yang dimiliki oleh smart relay, antara lain tombol arah dan tombol menu yang dapat difungsikan untuk memilih pilihan di menu yang disediakan oleh *Zelio Smart Relay*.

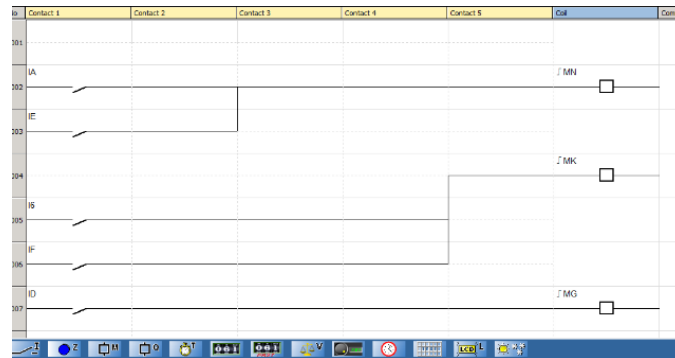
Cara kerja *Zelio Smart Relay* secara garis besar dibagi tiga bagian. Bagian pertama adalah melakukan pemeriksaan kondisi *input* dengan cara membaca semua parameter (sensor) yang terhubung di bagian inputnya. Parameter input yang terbaca ini selanjutnya disimpan pada memori smart relay. Tahapan kedua adalah melakukan eksekusi terhadap program/perintah yang sudah ditanam pada smart relay tersebut dengan menggunakan *ladder diagram* maupun *functional block diagram*. Dan tahapan terakhir adalah menghasilkan status luaran yang diinginkan, dalam artikel ini luaran digunakan untuk mengaktifkan motor induksi satu fasa untuk memutar kincir pada aerator.

B. Diagram Pengkawatan dan Pemograman *Zelio Smart Relay*

Untuk memanfaatkan *Zelio Smart Relay* tersebut maka perlu dilakukan rangkaian pengkawatan seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Sedangkan pemograman smart relay dapat dilakukan dengan *ladder diagram* maupun *function block diagram*. Fungsi *ladder diagram* antara lain untuk menerapkan rangkaian logika, rangkaian sekuensial, penghitung, pewaktu dan aritmatika untuk mengeksekusi otomatisasi pada dunia industri. Gambar 3 menunjukkan contoh *ladder diagram* menggunakan *Zelio Soft 2* (Michalik et al., 2016).



Gambar 1 Wiring Diagram PLC Zelio



Gambar 2 Contoh Ladder Diagram

C. Sensor Intensitas Cahaya dan Suhu

Light Dependent Resistor (LDR) seperti ditunjukkan pada Gambar 4 merupakan komponen elektronik yang beroperasi berdasarkan fenomena optic. LDR atau juga sering dikenal dengan photo resistor, photo cell dan photo conductor merupakan salah satu tipe resistor yang nilai resistansinya bervariasi yang dipengaruhi oleh cahaya yang menerpanya. Saat LDR dikenai oleh cahaya, maka elektron pada pita valensi pada material semikonduktor akan tereksitasi menjadi pita konduksi. Foton tersebut, dengan adanya cahaya yang menerpa haruslah memiliki energi yang lebih besar dari pada bandgap material semikonduktor untuk membuatnya mampu melompatkan elektron dari pita valensi menuju pita konduksi. Sehingga ketika cahaya mengandung energi yang cukup pada LDR, maka akan semakin banyak elektron yang tereksitasi menuju pita konduksi sehingga mengandung banyak muatan pembawa. Akibatnya, akan terjadi peningkatan arus yang melangir pada material dengan demikian nilai tahanan LDR menjadi turun. (Indriani & Witanto, 2014).



Gambar 4 Sensor LDR

Untuk mengukur suhu pada perairan maka dapat digunakan LM35 waterproof. LM 35 ditunjukkan pada Gambar 5. Sensor ini berfungsi untuk mengukur suhu lalu mengubahnya menjadi tegangan luaran. Sensor akan memberikan tegangan 10 mV/°C (Indriani & Witanto, 2014).



Gambar 5 Sensor *LM35 Waterproof*

METODE

A. Lokasi dan Peserta

Intensifikasi pertanian tambak udang dapat dilihat dari adanya penerapan teknologi pada fase awal, operasional dan panen seperti penggunaan aerator saat proses pembesaran udang. Aerator tersebut berfungsi untuk menjamin ketersediaan suplai oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh udang. Secara umum, para petani tambak udang yang ada di kecamatan Bantan, kabupaten Bengkalis masih menggunakan aerator yang berpenggerak motor bakar.

Adapun kekurangan dan kelemahan penggunaan motor bakar apabila dibandingkan dengan motor induksi satu fasa (motor listrik) di antaranya adalah efisiensi yang rendah, membutuhkan bahan bakar yang harganya relatif lebih mahal, dan menghasilkan polusi gas buang CO₂. Selain itu, kesinambungan suplai bahan bakar tersebut juga tidak dapat dijamin mengingat jauhnya lokasi dari SPBU yang berada di ibukota kecamatan menuju desa desa yang berada di pesisir pantai.

Para petani tambak udang yang memiliki modal besar menggunakan aerator berpenggerak motor listrik jenis induksi tiga fasa. Namun pemilihan motor tiga fasa memiliki tantangan pembangunannya tersendiri, yaitu diperlukan pelanggan tiga fasa serta pengurusan ini izin baru. Kondisi ini menyebabkan bertambahnya biaya investasi yang pada akhirnya akan berpengaruh pada kondisi keuangan para petani tambak. Oleh karena itu, salah satu tujuan dari pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini adalah menerapkan penggunaan aerator tipe kincir berbasis motor listrik jenis motor induksi satu fasa. Dengan demikian kebutuhan para petani tambak udang dapat dipenuhi dengan mudah. Aerator tipe kincir ini telah dilengkapi dengan alat pengendali otomatis berbasis Zelio Smart Relay. Dengan adanya pengendali otomatis tersebut, maka sistem dapat memberi perintah kepada aerator untuk beroperasi sehingga dapat memproduksi kebutuhan oksigen untuk pertumbuhan dan metabolisme udang secara baik.

B. Penerapan Kegiatan kepada Petani Tambak Udang

Agar penerapan aerator jenis kincir ini pada petani tambak udang dapat dilaksanakan sebaik mungkin maka dilakukan beberapa kegiatan sebagai berikut:

1. Tahapan pertama untuk merancang membangun dan menerapkan aerator jenis kincir untuk pertanian tambak udang ini adalah dengan menetapkan jumlah kincir yang akan dirancang. Berdasarkan visitasi ke lapangan, sebagian besar petani tambak udang menggunakan aerator dengan jumlah kincir sebanyak dua buah. Metode konvensional menggunakan motor diesel untuk menggerakkan kincir tersebut dengan daya sebesar 3,5 HP. Motor diesel ini dapat diganti dengan menggunakan motor induksi 1 fasa.
2. Kecepatan putar aerator yang diharapkan adalah sebesar 100 rpm sehingga diperlukan roda gigi untuk mereduksi kecepatan putar motor induksi 1.500 rpm menjadi 100 rpm.
3. Setelah aerator jenis kincir ini berhasil dibangun maka proses selanjutnya adalah melakukan pengambilan data intensitas cahaya dan suhu untuk menentukan korelasinya terhadap kadar oksigen

- terlarut. Pengambilan data ini dilakukan di kolam percobaan yang ada di lingkungan kampus Universitas Riau, Pekanbaru dan selanjutnya diterapkan di lokasi pertanian tambak udang.
- Langkah terakhir adalah menerapkan aerator jenis kincir ini pada pertanian tambak udang sehingga oksigen terlarut dapat memenuhi kebutuhan udang untuk pertumbuhan dan metabolisme.

HASIL DAN PEMBAHASAN

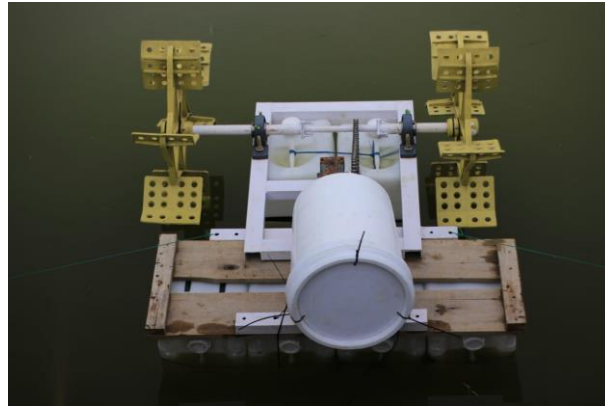
Untuk mewujudkan pembangunan penerapan aerator jenis kincir ini pada pertanian tambak udang, maka sub sistem perlu dirancang dan dibangun dengan baik. Sub sistem yang telah dirancang dan dibangun dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu: perancangan dan penerapan otomatisasi menggunakan zelio smart relay, melakukan penerapan di lapangan untuk melihat hubungan suhu terhadap produksi kadar oksigen terlarut, dan menganalisis kinerja jangkauan aerator saat diterapkan di tambak. Hasil dan analisis untuk ketiga sub sistem tersebut dipaparkan lebih rinci pada sub judul A sampai C.

A. Otomatisasi Menggunakan Zelio Smart Relay

Gambar 6 menunjukkan sistem otomatisasi berbasis *Zelio Smart Relay* zelio. Fungsi utama dari *Zelio Smart Relay* untuk mengendali motor induksi satu fasa yang berfungsi untuk menggerakkan aerator (Pioh et al., 2016). Dengan adanya *Zelio Smart Relay* ini, jika kadar oksigen terlarut di bawah standar maka aerator akan beroperasi. Indikasi tinggi atau rendahnya kadar oksigen dapat dirasakan dengan cara mengukur intensitas cahaya dan suhu pada perairan dengan menggunakan sensor LDR dan LM 35. Dampak penggunaan teknologi ini dirasakan secara nyata oleh para petani yang sebelumnya masih menggunakan tenaga manusia untuk mengoperasikan aerator dan beralih ke sistem otomatis seperti yang diterapkan oleh penulis. Penerapan aerator jenis kincir ini dapat dilihat pada Gambar 7 di mana saat melakukan perancangan sudah mempertimbangkan beberapa aspek seperti dipaparkan oleh (Kokila & Divya, 2015; Moore & Boyd, 1992; Omofunmi et al., 2017; Zain et al., 2014).



Gambar 6 *Zelio Smart Relay*



Gambar 7 Hasil Pembangunan Aerator jenis Kincir

B. Korelasi Intensitas Cahaya dan Suhu terhadap Oksigen Terlarut.

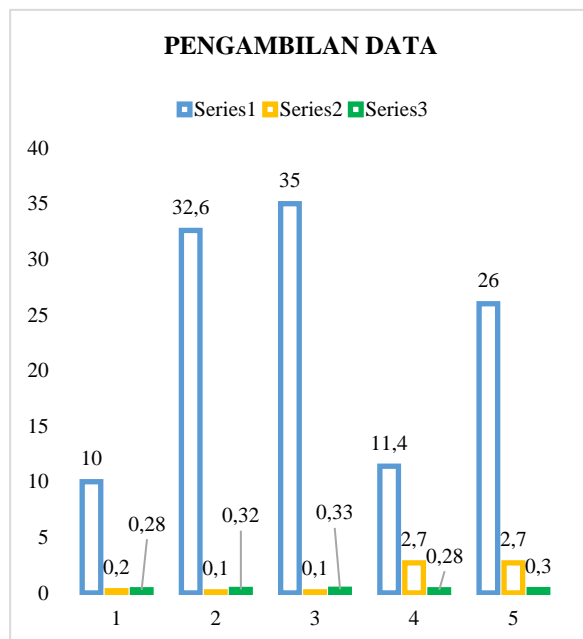
Untuk mendapatkan korelasi antara intensitas cahaya dan suhu air terhadap oksigen terlarut, sejumlah percobaan di lapangan telah dilaksanakan. Gambar 8 menunjukkan pengambilan air kolam dari lapangan untuk periode jam 07.00, jam 08.00, jam 15.00, jam 16.00 dan jam 19.00 WIB. Pada saat periode jam yang sama, data sensor sensor LDR dan LM 35 juga dicatat. Data data sensor tersebut diambil dalam besaran tegangan. Selanjutnya, uji lab dilaksanakan di laboratorium Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau untuk menentukan berapa besar oksigen terlarut dari sampel air yang sudah diambil pada periode jam tersebut. Kadar oksigen terlarut dari air kolam yang telah diambil pada periode yang telah ditentukan sebelumnya dapat ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Pengambilan sampel air kolam untuk penentuan kadar oksigen terlarut menggunakan uji laboratorium

Pemrograman *Zelio Smart Relay* untuk *input* IB (sensor cahaya) dibuat berdasarkan hasil pengambilan data di lapangan yang ditampilkan pada bar chart seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Dari hasil data pada Gambar 9 terlihat bahwa kadar oksigen terlarut di dalam air akan tercukupi apabila *tegangan keluaran* dari sensor cahaya (*LDR*) $\leq 0,2$ volt. Pemrograman *input* (sensor suhu) dilakukan berdasarkan referensi hasil penelitian sebelumnya dan pengambilan data di lapangan didapatkan bahwa suhu terbaik bagi perairan adalah 10^0 C - 30^0 C dengan toleransi $\pm 5\%$. Hasil pengukuran sensor suhu LM 35 berbanding lurus dengan tegangan luaran sensor, di mana tegangan 0,35 volt setara dengan suhu sebesar 35^0 c. Dengan menggunakan hasil pengukuran tersebut, jika tegangan sensor melebihi 0,35 volt

menandakan bahwa air sudah tidak mampu mengikat oksigen terlarut, dengan demikian *Zelio Smart Relay* menginstruksikan aerator untuk beroperasi.



Gambar 9 Hasil dari oksigen terlarut, pengukuran intensitas cahaya oleh LDR dan suhu oleh LM 35

Dari seluruh hasil pengujian aerator jenis kincir, dapat diambil kesimpulan bahwa aerator jenis kincir dapat bekerja dengan baik untuk memenuhi oksigen terlarut pada pertanian tambak udang seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kondisi oksigen terlarut

NO.	Waktu	Dissolve Oxygen (DO)	Keterangan
1	7.00 WIB	8 mg/L	Aerator Off
2	7.30 WIB	10 mg/L	Aerator On
3	7.45 WIB	14.4 mg/L	Aerator On
4	8.15 WIB	12 mg/L	Aerator Off

Aerator yang dirancang ini sudah mampu bekerja dengan baik untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut pada air. Seperti ditunjukkan pada Tabel 1 bahwa untuk meningkatkan oksigen terlarut dari 8 mg/L – 10 mg/L maka aerator harus dioperasikan selama 30 menit. Sedangkan untuk meningkatkan menjadi 14,4 mg/L maka aerator membutuhkan waktu selamat 45 menit. Makin lama aerator dioperasikan maka kadar oksigen aerator akan lebih meningkat dibandingkan kondisi sebelumnya.

C. Jangkauan Kerja

Untuk mengetahui seberapa jauhnya jangkauan kerja aerator ini maka telah dilakukan pengujian dan pemanfaatan aerator pada sebuah kolam dengan luas 200 m² (20m x 10m). Saat proses pengujian, aerator ditempatkan di kolam dan selanjutnya dilakukan pengambilan data kadar oksigen terlarut pada titik yang berjarak sebesar 3 m, 10 m dan 20 dari titik aerator. Titik 3 m digunakan untuk melihat kinerja aerator pada luas kolam sebesar 60 m² sedangkan titik 10 m dan 20 m digunakan untuk mengukur kinerja aerator pada luas kolam 100 m² dan 200 m². Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Jangkauan kerja aerator jenis kincir

Waktu pengujian	Titik pengambilan data			Status Aerator
	3 Meter	10 Meter	20 Meter	
14.30 WIB	35 mg/L	35 mg/L	35 mg/L	Off
15.00 WIB	39 mg/L	37 mg/L	35 mg/L	On

Dari data hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 2 terlihat bahwa saat aerator diuji pada luas aerah 60 m² maka kadar oksigen terlarut dapat ditingkan sebesar 4 mg/L (dari 35 mg/L menjadi 39 mg/L). Sedangkan untuk luas kolam 100 m² kadar oksigen yang terukur meningkat sebesar 2 mg/L (dari 35 mg/L menjadi 37 mg/L). Akhirnya saat aerator diuji pada pada kolam seluas 200 m² tidak terjadi peningkatan kadar oksigen terlarut (Tetap 35 mg/L). Hal ini mengindikasikan bahwa aerator yang memiliki 2 kincir, dengan kecepatan putar 100 rpm dapat beroperasi secara optimal pada kolam dengan luas maksimal 100 m². Sedangkan untuk luas tambak yang lebih besar dari 100 m² maka akan diperlukan aerator tambahan dengan kelipatan 2 kincir/100 m².

SIMPULAN DAN IMPLIKASI

Setelah dilakukan proses perancangan, pembangunan dan penerapan aerator jenis kincir untuk menjamin ketersediaan suplai oksigen terlarut pada pertanian tambak udang maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut: 1) Aerator jenis kincir ini dapat beroperasi secara baik dalam meningkatkan produksi kadar oksigen terlarut dari 8 mg/L – 14,4 mg/L dalam waktu 45 menit; 2) Sistem otomatisasi berbasis *Zelio Smart Relay* sudah dapat beroperasi dengan baik sehingga saat suplai oksigen terlarut di dalam tambak tidak mencukupi maka aerator akan bekerja secara otomatis dengan mengoperasikan motor induksi satu fasa dengan demikian kebutuhan oksigen terlarut dapat dipenuhi baik untuk pertumbuhan maupun metabolisme udang.

Aerator dengan jenis kincir ganda dan terdiri dari 6 bilah tiap di setiap turbinnya mampu bekerja optimal untuk tambak udang dengan luas maksimum 100 m². Penggunaan motor listrik sebagai penggerak utama aerator jenis kincir ini mampu memberikan dampak baik bagi para petani tambak udang karena tidak menghasilkan polusi seperti motor yang berbahan bakar minyak yang lazim digunakan oleh petani tambak udang selama ini.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DRPM Kemristek DIKTI atas dana Program Kemitraan Masyarakat (PKM) pada tahun 2019.

DAFTAR REFERENSI

- Amanah, S. N. (2011). *Distribusi Oksigen Terlarut Secara Vertikal Pada Lokasi Karamba Jaring Apung Di Danau Lido*.
- Bahri, Samsul; Hermawan, Wawan; Yunior, M. Z. (2014). Perkembangan Desain dan Kinerja Aerator Tipe Kincir. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 2(1), 9–16.
- Harun, A. A. C., Mohammad, N. A. H., Ikhwanuddin, M., Jauhari, I., Sohaili, J., & Kasan, N. A. (2019). Effect of different aeration units, nitrogen types and inoculum on biofloc formation for improvement of Pacific Whiteleg shrimp production. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.07.001>
- Indriani, A., & Witanto, Y. (2014). Pemanfaatan Sensor Suhu LM 35 Berbasis Microcontroller ATmega 8535 pada Sistem Pengontrolan Temperatur Air Laut Skala Kecil. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(2), 183–192.
- Kokila, K., & Divya, R. (2015). Analysis and Design of Cascade Aerator Construction for Mettur Water Treatment Plant. *National Conference on Research Advances in Communication, Computation, Electrical Science and Structures (NCRACCESS-2015)*. <http://www.internationaljournalsrsg.org/IJCE/2015/Special-Issue/NCRACCESS-2015/Part-2/IJCE-NCRACCESS-P106.pdf>
- Michalik, P., Mital, D., Zajac, J., Brezikova, K., Duplak, J., Hatala, M., & Radchenko, S. (2016). Using Software Zelio Soft in Educational Process to Simulation Control Programs for Intelligent Relays. *Technological Engineering*. <https://doi.org/10.2478/teen-2016-0009>
- Moore, J. M., & Boyd, C. E. (1992). Design of small paddle wheel aerators. *Aquacultural Engineering*. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(92\)90021-O](https://doi.org/10.1016/0144-8609(92)90021-O)
- Nguyen, N. T., & Matsushashi, R. (2019). An Optimal Design on Sustainable Energy Systems for Shrimp Farms. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2952923>
- Omofunmi, O. E., Adewumi, J. K., Adisa, A. F., & Aiegbeleye, S. O. (2017). Development of a paddle wheel aerator for small and medium fish farmers in Nigeria. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 48(1), 22–26. <https://doi.org/10.9790/1684-13145056>
- Pioh, J. E. T., Patras, L. S., & Lisi, I. F. (2016). Pengendalian Motor Listrik Dari Jarak Jauh Dengan Menggunakan Software Zelio Soft 2. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(2), 77–88.
- Sahrijanna, A., & Sahabuddin, S. (2014). Kajian Kualitas Air pada Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan Sistem Pergiliran Pakan di Tambak Intensif. *Prosiding Forum*

Inovasi Teknologi Akuakultur.

Zain, B. A. M., Kamarrudin, M. H., Omar, Z., & Wahab, M. S. (2014). New Design Flexible Link Aerator to Generate Dissolved Oxygen in Water. *Applied Mechanics and Materials*, 660, 857–862. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.660.857>

LAMPIRAN FOTO-FOTO KEGIATAN



Pemasangan peralatan



Penentuan korelasi suhu dan intensitas cahaya terhadap kadar oksigen terlarut



Cairan kimia yang digunakan



Otomatisasi berbasis smart relay



Aerator tipe kincir saat ditempatkan di tambak



Aerator tipe kincir saat ditempatkan di tambak