

Penerapan *Solar Cell* sebagai Sumber Energi Alternatif dalam Meningkatkan *Dissolved Oxygen* Kolam Ikan Budidaya Papuyu (*Anabas testudineus*)

Sri Cahyo Wahyono^{*1}, Nurma Sari¹, Amar Vijai Nasrulloh¹, Arfan Eko Fahrudin¹, Totok Wianto¹,
I Nyoman Eva Kastika¹, Hasna Amarina¹, Adhitya Ade Nugraha¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat

*Penulis korespondensi: scwahyono@ulm.ac.id

Received: 01 Februari 2025/ Accepted: 28 Februari 2025

Abstract

Community service activities at Nana Fishery located in Guntung Paikat Village, Banjarbaru have been completed. The application of solar cell technology has been applied in the fisheries sector. Solar cell alternative energy technology has been applied in running water pumps to supply oxygen content in water. Water quality, especially in the fisheries sector, must always be maintained so that fish growth and development grow optimally. Partners have gained knowledge about solar cell technology which in this case has been directly applied in the fisheries sector. In this activity, two solar cell panels with a power of 100 watt-peak (WP) have been installed, the water pump used is 30-Watt DC, 5 DC lights with a power of 10 watts. The specifications of the two batteries have a power of 12 Volts, 50 Ah with a backup period of two days. In addition, an Arduino Uno-based timer is also installed which is programmed to be on for two hours and off for 30 minutes. Based on testing before being given a load, it has a voltage value of 13.8 Volts and after being given a load, the water pump and lights show a voltage value of 13.6 Volts.

Keywords: solar cell: application of technology; fisheries; water quality; oxygen content in water

Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Nana Fishery yang berlokasi di Kelurahan Guntung Paikat Banjarbaru telah selesai dilaksanakan. Penerapan teknologi solar cell telah diaplikasikan dalam bidang perikanan. Teknologi energi alternatif solar cell telah diterapkan dalam menjalankan pompa air untuk memasok kandungan oksigen dalam air. Kualitas air khususnya bidang perikanan harus selalu dijaga agar pertumbuhan dan perkembangan ikan tumbuh secara optimal. Mitra telah memperoleh pengetahuan tentang teknologi solar cell yang dalam hal ini telah diaplikasikan langsung dalam bidang perikanan. Pada kegiatan ini telah terpasang dua panel solar cell dengan daya 100 wattpeak (WP), pompa air yang digunakan adalah berdaya 30 watt DC, lampu penerangan DC sebanyak 5 buah dengan daya 10 watt. Spesifikasi baterai dua buah yang mempunyai kekuatan 12 Volt, 50 Ah dengan masa cadangan waktu dua hari. Selain itu juga dipasang timer berbasis Arduino Uno yang diprogram dua jam hidup dan 30 menit mati. Berdasarkan pengujian sebelum diberikan beban mempunyai nilai tegangan sebesar 13,8 Volt dan setelah diberikan beban pompa air dan lampu menunjukkan nilai tegangan sebesar 13,6 Volt.

Kata kunci: solar cell: penerapan teknologi; perikanan; kualitas air; kandungan oksigen dalam air

1. PENDAHULUAN

Kualitas air merupakan indikator utama dalam kesehatan ekosistem perairan dalam pertumbuhan spesies air dan komunitas perikanan (Nair & Nayak, 2023). Indikator pada lingkungan budidaya perikanan antara lain kandungan oksigen terlarut air, kandungan asam volatil sulfida (AVS-S) dalam sedimen dan keberadaan makrofauna (Yokoyama, 2003; Hossain et al., 2022). Kualitas air harus memenuhi syarat sifat fisik (transparansi, suhu), kimia (pH, oksigen terlarut, kontaminan), dan sifat biologis (klorofil) (Nurulnadia et al., 2020; Nair & Nayak, 2023).

Kandungan *dissolved oxygen*/oksigen terlarut (DO) merupakan parameter paling banyak mendapat perhatian karena mencerminkan kualitas air dan kesehatan suatu ekosistem perairan (Sugianti & Astuti, 2018). Kandungan DO merupakan indikator utama dalam

budidaya perikanan. Kekurangan kandungan DO menyebabkan kematian ikan. Kandungan DO menjadi rendah disebabkan oleh peningkatan suhu, cuaca, sirkulasi air dan pertumbuhan alga yang berbahaya (Elliott, 2023; Sarasota County 2023; Hach, 2023).

Untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut di lingkungan perairan antara lain dengan menambahkan spesies fotosintesis, aerasi air, menyemprotkan air, membatasi pemberian makan, menghilangkan organisme mati dan mengganti air baru dengan kadar oksigen terlarut yang lebih tinggi (Sarasota County 2023). Penghasil gelembung mikro antara lain menggunakan kompresi aliran udara, kekuatan ultrasound dan aliran udara yang disalurkan pada tekanan rendah (Zimmerman et al., 2008). *Microbubble generator* merupakan sistem sederhana sebagai solusi meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam kolam ikan pada budidaya ikan (Purnomo et al., 2022). Sistem kerja *Microbubble Generator* menggunakan persamaan kekekalan massa dan energi. Air yang dialirkan dari pipa besar ke pipa yang lebih kecil mengakibatkan kecepatan aliran air lebih tinggi, mengakibatkan tekanan yang lebih rendah. Apabila pada pipa yang lebih kecil tersebut diberi lubang udara, maka secara otomatis udara di atas akan tersedot mengikuti aliran air tersebut dan mengakibatkan gelembung mikro (Sadatomi et al., 2005).

Ikan betok/*climbing perch* mempunyai nama latin *Anabas testudineus* Bloch 1792 mempunyai habitat terdapat di perairan tawar, hutan bakau, dan muara (Kottelat, 2013; Parenti et al., 2015; Ahmad et al., 2019). Spesies ini hidup pada air tawar (sungai, kanal, kolam, danau, rawa sawah dan muara) dan dapat mentolerir kondisi perairan yang buruk (keruh, tergenang dan tercemar) (Ahmad et al., 2019). Pada beberapa penelitian terdahulu banyak perlakuan budidaya ikan betok, antara lain pengaruh pemberian pakan (Magalhães et al., 2017; Vongvichith et al., 2020; Zaihurin et al., 2021; Tobigo et al., 2021), pengaruh kepadatan tebar (Widiyati et al., 2019; Nalinanon & Lerdsuwan, 2019; Debnath et al., 2022), penyakit pada ikan (Khanh et al., 2022; Ehsan et al., 2023), pengaruh suhu dan kandungan oksigen terlarut (Nalinanon & Lerdsuwan, 2019; Yongphet et al., 2020). Dalam mencukupi kandungan oksigen terlarut dalam air salah satunya menggunakan peralatan aerator dengan *microbubble generator* (Liew et al., 2020; Taukhid et al., 2021; Pratiwi et al., 2022; Hamad et al., 2023). Penerapan *microbubble generator* pada budidaya ikan akan menurunkan kandungan organik dalam air dan mendorong pertumbuhan ikan dari panjang dan beratnya (Budhijanto et al., 2017); menurunkan kadar amoniak (Suriasni et al., 2023) dan meningkatkan laju debit air akan meningkatkan kelangsungan hidup ikan (Azrianto et al., 2018; Agustinus & Minggawati, 2019). Penerapan *microbubble generator* dalam peningkatan budidaya perikanan jenis dengan membandingkan pertumbuhan panjang dan berat dari ikan tersebut.

Permasalahan pertama adalah masih mengandalkan sumber air dari PDAM yang merupakan pengeluaran biaya yang signifikan. Menurut mitra dalam sebulan sekali air kolam harus dibersihkan dari kotoran ikan dan sisa pakan yang mengendap dengan membuang setengah dari volume air kolam. Solusi yang ditawarkan dengan pemasangan filter kolam, sehingga dengan adanya filter. Fungsi utama filter adalah untuk menghilangkan atau mengangkat kotoran atau sisa kotoran dari air; mengangkat atau menghilangkan bahan kimia dari air yang membuat air menjadi berwarna warna coklat/keruh atau bahan yang tak dikehendaki, dan menghilangkan kotoran ikan dan menguraikan produk atau zat yang beracun menjadi tak beracun untuk ikan (Priono & Satyani, 2012); menjaga kualitas air (Gustio et al., 2023; Sutarjo & Sudibyo, 2020).

Permasalahan yang kedua adalah masih mengandalkan sumber listrik dari PLN terutama dalam memasukkan oksigen terlarut, sehingga biaya operasional tersedot untuk membayar tagihan listrik PLN. Solusi yang ditawarkan dengan pemasangan energi listrik alternatif menggunakan *solar cell*. Pembangkit listrik menggunakan *solar cell* yang dikenal dengan PLTS adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. *Photovoltaic* sendiri

merupakan fenomena fisika yang terjadi pada permukaan *solar cell* ketika menerima cahaya matahari (Nurjaman & Purnama, 2022). Penggunaan listrik alternatif telah merambah diberbagai kegiatan antara lain pada pertanian hidroponik (Sanubary & Santoso, 2021); ecopark (Hutajulu et al., 2020); kapal nelayan (Nugraha, 2020); rumah tangga (Riafinola et al., 2022) dan lain-lain.

Permasalahan yang ketiga adalah masih belum adanya pasokan kadar oksigen pada kolam yang efisien, yaitu dengan energi listrik yang relatif kecil dan dapat memaksimalkan kandungan oksigen yang terlarut dalam kolam. Sistem *microbubble generator* adalah suatu teknologi pengolahan air yang dapat meningkatkan kualitas air dengan peningkatan kadar oksigen terlarut dalam air. Salah satu jenis *microbubble generator* adalah tipe venturi yang sederhana dan layak digunakan (Adam et al., 2023). 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 (Purnomo et al., 2021). Sistem monitoring temperatur dan kadar DO telah diterapkan pada kolam ikan patin (*Pangasius sp.*) berbasis IoT (Sari et al., 2024).

Nilai DO semakin besar, maka kandungan oksigen terlarut dalam air kolam semakin baik untuk kehidupan dalam kolam. Ketahanan hidup berbeda pada setiap jenis ikan, misalnya kandungan DO yang ideal untuk ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berkisar 6,0 – 6,5 ml/l (Scabra et al., 2022); ikan lele sangkuriang (*Clarias sp*) berkisar 4,2 - 4,8 ml/l (Suratno & Putra, 2022); untuk ikan gurame (*Osphronemus Gouramy*) berkisar 5.8 – 7.3 mg/l (Dirmansyah et al., 2022) dan untuk ikan papuyu berkisar 2,8 - 3,2 mg/l (Inayah, 2022). Sistem aerasi dapat meningkatkan kadar DO dari 2,5 mg/L menjadi 5,2 mg/L (Sutanto et al., 2023).

Permasalahan yang keempat adalah belum adanya penerangan di sekitar kolam pada malam hari. Sehubungan dengan mengaplikasikan *solar cell* sebagai sumber energi, maka diperlukan jenis lampu yang rendah dayanya, yaitu lampu LED. Lampu LED adalah komponen elektronik yang memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju dan memiliki daya 90% lebih rendah daripada lampu biasa (Timomor, 2023), sehingga hemat dalam penggunaannya (Simon, et al., 2023). Sekarang banyak dikembangkan lampu jenis LED yang banyak diaplikasikan pada sepeda motor (Simatupang et al., 2022); penerangan di daerah terpencil (Septianingsih & Zani, 2020) dan lain-lain.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka kami melakukan penerapan teknologi dengan memanfaatkan sumber energi alternatif *solar cell*. Sumber energi alternatif ini diperlukan dalam memasok energi mesin air sebagai penghasil DO dengan aerator venturi dan penerangan dalam kolam budidaya ikan papuyu. Lokasi penerapan teknologi di Nana Fishery yang berlokasi di Kelurahan Guntung Paikat Banjarbaru. Pengabdian ini meliputi kegiatan sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi, dan keberlanjutan program. Pelaksanaan tersebut antara lain perancangan dan pemasangan *solar cell*, aerator venturi dan lampu penerangan.

2. METODE

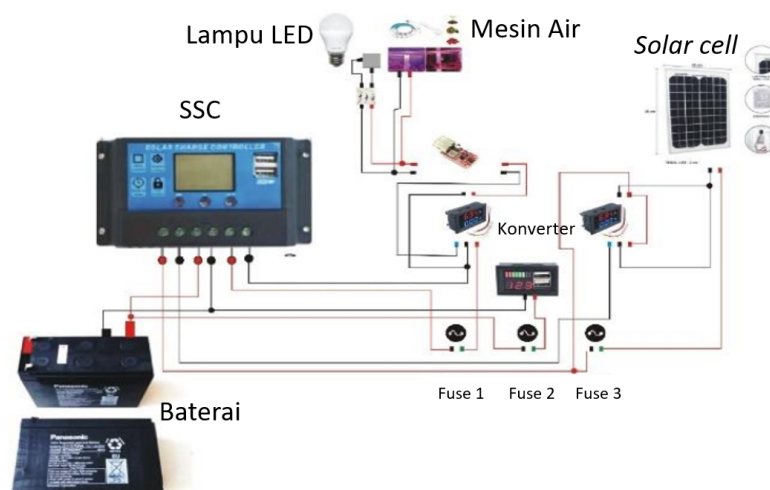
Metode pengabdian pada masyarakat yang diterapkan dalam kegiatan ini adalah aplikasi penelitian dan pengembangan teknologi dalam bidang perikanan. Metode ini menggunakan hasil produk penelitian dan untuk menguji keefektifan produk tersebut. Berdasarkan permasalahan di atas, maka kami melakukan penerapan teknologi dengan memanfaatkan sumber energi alternatif *solar cell*. Sumber energi alternatif ini diperlukan dalam memasok energi mesin air sebagai penghasil kandungan DO dengan aerator venturi dan penerangan dalam kolam budidaya ikan papuyu. Lokasi penerapan teknologi di Nana Fishery yang berlokasi di Kelurahan Guntung Paikat Banjarbaru. Kegiatan pengabdian ini meliputi

sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi, dan keberlanjutan program. Pelaksanaan tersebut antara lain perancangan dan pemasangan *solar cell*, aerator venturi dan lampu penerangan.

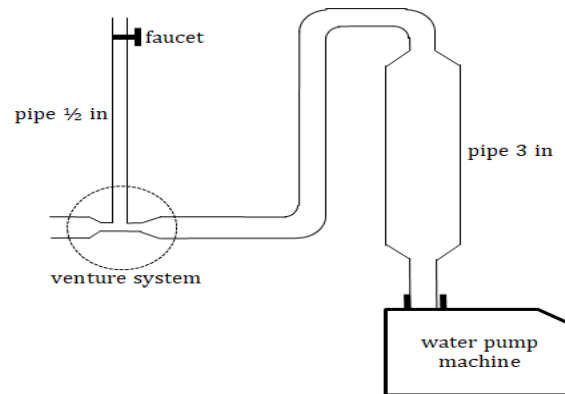
Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan beberapa tahapan dalam memecahkan permasalahan mitra. Tahapan pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat adalah sebagai berikut:

1. Sosialisasi program yang ditawarkan kepada mitra dalam meningkatkan produksi hasil budidaya ikan papuyu dalam kolam beton.
2. Penerapan teknologi sumber energi alternatif dari sinar matahari yang dimanfaatkan dalam menjalankan aerator venturi untuk memasok kandungan oksigen dalam air dan sumber penerangan kolam pada malam hari.
3. Pelatihan mengoperasikan, merawat dan *problem solving* peralatan agar dapat digunakan secara maksimal oleh mitra.
4. Pendampingan dalam membantu mengembangkan solusi mereka sendiri dan melatih proses berpikir, yang kemudian dapat diterapkan secara mandiri di masa depan dari sumber energi *solar cell* dalam budidaya ikan. Evaluasi proses untuk mengukur dampak dan efektivitas dari suatu proses setelah kegiatan pengabdian dilaksanakan.
5. Keberlanjutan program dalam mempertahankan fungsi dari peralatan yang telah terpasang dalam suatu program tetap berfungsi tanpa adanya bantuan dari pihak luar dan dapat terus berjalan dan lebih berkembang lagi secara kuantitas dan kualitasnya.

Pelaksanaan pengabdian diawali dengan perakitan peralatan *solar cell* dengan merangkai komponen panel surya, inverter/*power conditioner unit* (PCU), *solar charge controller* (SCC)/*battery charge controller* (BCC) dan *storage system* (baterai) (Gambar 1). Perancangan dan pemasangan aerator venturi yang berfungsi untuk membentuk gelembung mikro (Gambar 2). Setelah sumber energi alternatif (*solar cell*) sudah berfungsi, maka output siap disambungkan untuk aerator venturi dan penerangan.



Gambar 1. Desain *solar cell* untuk kolam (Yuwono et al., 2021)



Gambar 2. Desain peralatan *Microbubble Generator*

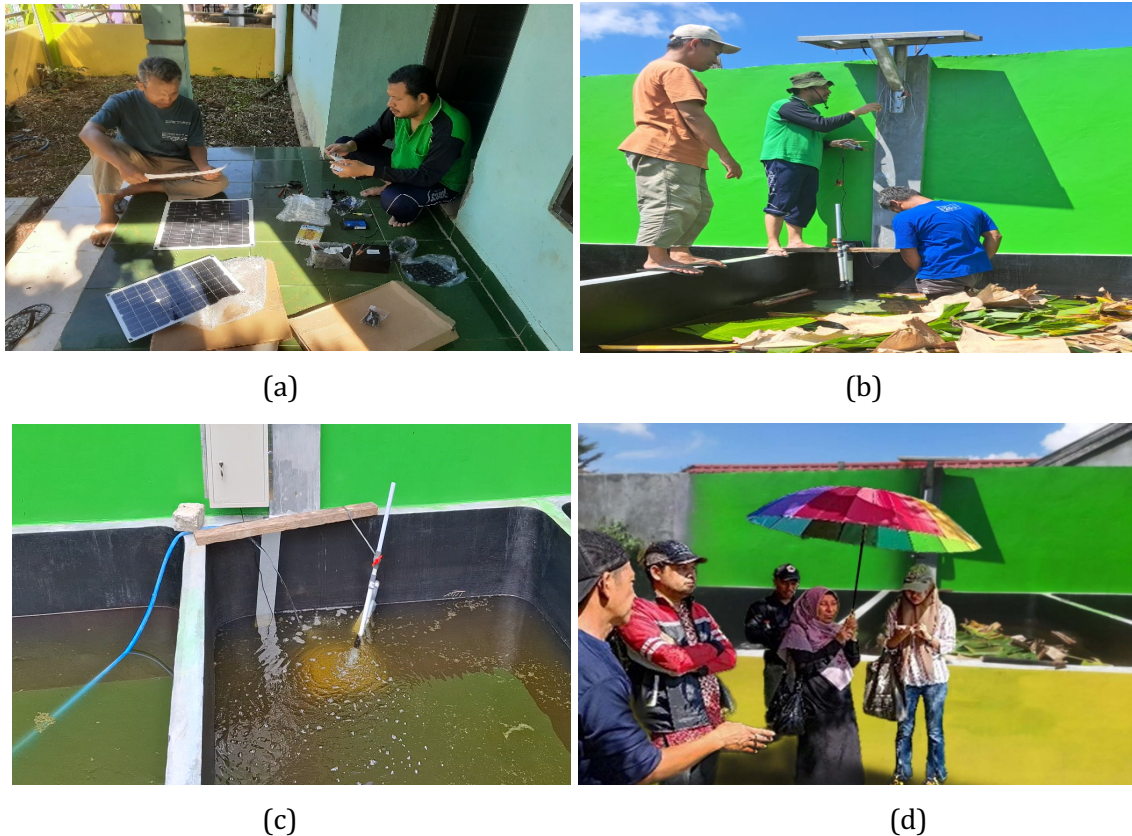
Hasil pengabdian itu harus dapat diukur dan penulis diminta menjelaskan alat ukur yang dipakai, baik secara deskriptif maupun kualitatif. Jelaskan cara mengukur tingkat ketercapaian keberhasilan kegiatan pengabdian. Tingkat ketercapaian dapat dilihat dari sisi perubahan sikap, sosial budaya, dan ekonomi masyarakat sasaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tim pelaksana pengabdian pada masyarakat ini merupakan sinergi dari dosen Program Studi Fisika Fakultas MIPA dari berbagai kelompok bidang ilmu khususnya Fisika Instrumentasi. Ketua dan anggota telah memanfaatkan hasil penelitian dalam kelayakan kualitas air kolam yang berasal dari PDAM dan air hujan. Sehingga sangat tepat dengan kegiatan pengabdian ini untuk meningkatkan pendapatan finansial bagi petani ikan di Kota Banjarbaru terutama dalam meningkatkan kualitas air kolam. Dalam kegiatan ini melibatkan 3 (tiga) orang mahasiswa FMIPA yang telah diberikan keahlian tentang fisika.

Kegiatan pengabdian ini bertempat di Nana Fishery yang berlokasi di Kelurahan Guntung Paikat Banjarbaru. Kegiatan dilaksanakan selama empat bulan (Agustus-November 2024) yang dimulai dengan survey lokasi, menggali potensi dan permasalahan mitra, merumuskan solusi yang ditawarkan ke mitra, mengadakan, mendesain, merancang, memasang, menguji dan mengevaluasi peralatan yang diperlukan dalam meningkatkan pengetahuan teknologi dan finansial dari hasil budidaya ikan dalam kolam beton.

Energi alternatif *solar cell* yang aplikasikan di mitra Nana Fishery terdiri dari dua panel *solar cell* dengan daya 100 wattpeak (WP), pompa air yang digunakan adalah berdaya 30 watt DC, lampu penerangan DC sebanyak 5 buah dengan daya 10 watt. Spesifikasi baterai dua buah yang mempunyai kekuatan 12 Volt, 50 Ah dengan masa cadangan waktu dua hari. Selain itu juga dipasang timer berbasis Arduino Uno yang diprogram dua jam hidup dan 30 menit mati. Proses pemasangan panel *solar cell* diletakkan di atas kolam, dan dibawahnya terdapat kontrol panel dan baterai. Pompa air dipasang pada ujung kolam yang berjauhan dengan lubang pembuangan. Lampu dipasang di tembok pagar pembatas sekitar kolam ikan. Berdasarkan pengujian sebelum diberikan beban mempunyai nilai tegangan sebesar 13,8 Volt dan setelah diberikan beban pompa air dan lampu menunjukkan nilai tegangan sebesar 13,6 Volt. Kegiatan perakitan (Gambar 3a), pemasangan panel *solar cell* (Gambar 3b), pemasangan kontrol panel (Gambar 3c) dan pengujian dengan pompa air (Gambar 3d).



Gambar 3. (a) Perakitan komponen *solar cell*, (b) Pemasangan panel *solar cell*, (c) Pengujian *solar cell* pada pompa air dan (d) Diskusi dengan mitra pengabdian

Setelah kegiatan dilakukan pada beberapa tahapan perakitan, pemasangan, pengujian dan pengoperasian, maka dilakukan pertemuan dengan mitra untuk memberikan pengetahuan teknologi tentang pengoperasian dan perawatan *solar cell* dan peralatan lain yang telah terpasang dan diaplikasikan pada kolam budidaya ikan papuyu.

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Nana Fishery yang berlokasi di Kelurahan Guntung Paikat Banjarbaru telah selesai dilaksanakan. Mitra telah memperoleh pengetahuan tentang teknologi *solar cell* yang dalam hal ini telah diaplikasikan langsung dalam bidang perikanan. Pada kegiatan ini telah terpasang dua panel *solar cell* dengan daya 100 Wattpeak (WP), pompa air yang digunakan adalah berdaya 30 Watt DC, lampu penerangan DC sebanyak 5 buah dengan daya 10 Watt. Spesifikasi baterai dua buah yang mempunyai kekuatan 12 Volt, 50 Ah dengan masa cadangan waktu dua hari. Selain itu juga dipasang timer berbasis Arduino Uno yang diprogram dua jam hidup dan 30 menit mati. Berdasarkan pengujian sebelum diberikan beban mempunyai nilai tegangan sebesar 13,8 Volt dan setelah diberikan beban pompa air dan lampu menunjukkan nilai tegangan sebesar 13,6 Volt.

Pengembangan selanjutnya dalam bidang penerapan teknologi *solar cell* kedepannya dalam bidang perikanan antara lain pemasangan peralatan monitoring kualitas air, mesin pemberian pakan otomatis, dan sistem pengolahan sirkulasi air. Aplikasi teknologi bermanfaat untuk menambah wawasan pengetahuan secara efektif dan efisien, mempermudah suatu pekerjaan, menghemat waktu dan finansial, meningkatkan jejaring

sosial, memperluas jaringan bisnis, mempermudah pengelolaan dan memberikan kemudahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lambung Mangkurat yang telah membiayai kegiatan Program Dosen Wajib Mengabdi (PDWA) tahun 2024 dengan Nomor Kontrak No. 1091.147/UN8.2/AM/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, J. R., Eng, P., Deendarlianto, I., & Eng, M. (2023). *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Baffle Terhadap Karakteristik Distribusi Bubble Yang Dihasilkan Oleh Microbubble Generator Tipe Venturi*.
- Agustinus, F., & Minggawati, I. (2019). Pertumbuhan Ikan Betok (*Anabas Testudineus*) yang Dipelihara Menggunakan Hapa di Kolam Tanah. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, 8(2), 89–92.
- Ahmad, A. B., Hadiaty, R. K., de Alwis Goonatilake, S., Fernando, M., & Kotagama, O. (2019). *Anabas testudineus*, Climbing Perch. *The IUCN Red List of Threatened Species 2019: E.T166543A174787197*, 8235, 1–12.
- Azrianto, A., Sugihartono, M., & Ghofur, M. (2018). Kelangsungan Hidup Benih Ikan Betok (*Anabas Testudineus*, Bl) dengan Debit Air yang Berbeda Pada Sistem Resirkulasi. *Jurnal Akuakultur Sungai Dan Danau*, 3(1), 12. <https://doi.org/10.33087/akuakultur.v3i1.23>
- Budhijanto, W., Darlianto, D., Pradana, Y. S., & Hartono, M. (2017). Application of micro bubble generator as low cost and high efficient aerator for sustainable fresh water fish farming. *AIP Conference Proceedings*, 1840, 1–8. <https://doi.org/10.1063/1.4982338>
- Debnath, S., Ahmed, M. U., Parvez, Md. S., Karmokar, A. K., & Ahsan, Md. N. (2022). Effect of stocking density on growth performance and body composition of climbing perch (*Anabas testudineus*) in biofloc system. *Aquaculture International*, 30, 1089–1100.
- Dirmansyah, Lumbessy, S. Y., & Lestari, D. P. (2022). Pengaruh Pemberian Kombinasi Pakan Pellet Dan Pakan Hewani Pada Budidaya Benih Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*). *Journal of Fish Nutrition*, 2(2), 148–160. <https://doi.org/10.29303/jfn.v2i2.2071>
- Ehsan, R., Rahman, A., Paul, S. I., Ador, M. A. A., Haque, M. S., Akter, T., & Rahman, M. M. (2023). *Aeromonas veronii* isolated from climbing perch (*Anabas testudineus*) suffering from epizootic ulcerative syndrome (EUS). *Aquaculture and Fisheries*, 8(3), 288–295. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.11.005>
- Elliott, K. (2023). *The Importance of Dissolved Oxygen Levels for Fish Growth*. Aquasebd.
- Gustio, M. R. D., Kurniawan, I., & Prabowo, D. (2023). *Rancang Bangun Sistem Transmisi dan Drum Pada Rotary Drum Filter 3 in 1*. Politeknik Negeri Cilacap.
- Hach. (2023). Dissolved Oxygen (DO) - Water Quality Parameter Overview and Products. *Hach*, 202–203. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8801-4_72
- Hamad, F. A., Pun, K., Alessio, B., Najim, S. A., Ganesan, P. B., & Hughes, D. (2023). Experimental measurements on the microbubble characteristics and dissolved oxygen (DO) in water using single and twin-Venturi type microbubble generators. *Chemical Engineering Science*, 280(June), 118994. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2023.118994>
- Hossain, Md. M., Bhuiyan, A. N. M. R. K., Hossain, Md. A., Uddin, Md. N., Ismail, Md., Hossain¹, & Haider, Md. N. (2022). Follow-up of bacterial and physicochemical quality of water during live transportation of Climbing perch (*Anabas testudineus*) in Bangladesh. *Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics*, 4(2), 149–160. <https://doi.org/10.5455/jabet.2021.115>
- Hutajulu, A. G., RT Siregar, M., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 23. <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i1.7333>
- Inayah, S. (2022). Fortifikasi Daging Ikan Betok (*Anabas Testudineus*) Dalam Pembuatan Mie Basah : Evaluasi Sifat Kimia Dan Sensori. In *Fakultas Pertanian, Universitas Lampung*.

- Khanh, D. N. N., Vy, N. T. T., Phuong, T. H., Nhi, P. T., Thang, N. Q., Sy, D. T., & Phuong, N. T. K. (2022). Effects of Cadmium and Lead on Muscle and Liver Glycogen Levels of Climbing Perch (*Anabas testudineus*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 108, 854–860.
- Kottelat, M. (2013). The fishes of the inland waters of Southeast Asia: A catalogue and core bibliography of the fishes known to occur in freshwaters, mangroves and estuaries. In *The Raffles Bulletin of Zoology* (Issue 27).
- Liew, K. C. S., Rasdi, A., Budhijanto, W., Yusoff, M. H. M., Bilad, M. R., Shamsuddin, N., Nordin, N. A. H. M., & Putra, Z. A. (2020). Porous venturi-orifice microbubble generator for oxygen dissolution in water. *Processes*, 8(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/pr8101266>
- Magalhães, R., Sánchez-López, A., Leal, R. S., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2017). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 476, 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.021>
- Nair, N. V., & Nayak, P. K. (2023). Exploring Water Quality as a Determinant of Small-Scale Fisheries Vulnerability. *Sustainability (Switzerland)*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/su151713238>
- Nalinanon, W., & Lerdsuwan, S. (2019). The effect of density on Climbing perch (*Anabas testudineus*) growth performance and water quality in the recirculation aquaculture tanks (RAT). *CAB Direct*, 47, 1155–1162.
- Nugraha, I. M. A. (2020). Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi Pada Kapal Nelayan: Suatu Kajian Literatur. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 4(2), 101. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2020.vol.4.no.2.76>
- Nurjaman, H. B., & Purnama, T. (2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(2), 136–142. <https://doi.org/10.21831/jee.v6i2.51617>
- Nurulnadia, M. Y., Noradila, A. B., & Adiana, G. (2020). Turbidity effects of suspended bauxite in embryonic stage of climbing perch (*Anabas testudineus*) post fertilization. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(2), 181–186. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.02.006>
- Parenti, L. R., Hadiaty, R. K., & Lumbantobing, D. N. (2015). Collection of freshwater and coastal fishes from Sulawesi Tenggara, Indonesia [Koleksi ikan-ikan air tawar dan pantai di Sulawesi Tenggara]. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 14(1), 1–19.
- Pratiwi, C. Z., Mawardi, I., & Nugroho, F. A. (2022). Design of Microbubble Generator (MBG) to Enhance Dissolved Oxygen (DO) for Aquaculture. *Chanos Chanos*, 20(1), 243. <https://doi.org/10.15578/chanos.v20i1.11160>
- Priono, B., & Satyani, D. (2012). Penggunaan Berbagai Jenis Filter Untuk Pemeliharaan Ikan Hias Air Tawar Di Aquarium. *Media Akuakultur*, 7(2), 76. <https://doi.org/10.15578/ma.7.2.2012.76-83>
- Purnomo, S. S., Sumarjo, J., & Gusniar, I. N. (2021). Implementasi Microbubble Generator Tipe Orifice Dengan Pipa Porous Dan Pipa Distributor Untuk Aerasi Kolam Ikan. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), 400–405. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i2.4392>
- Purnomo, S. S., Sumarjo, J., & Gusniar, I. N. (2022). Modification of Micro Bubble Generator Type Orifice Porous Pipe with Distributor Pipe for Fish Water Pool. *International Journal of Applied Engineering and Technology (London)*, 4(2), 94–100.
- Riafinola, H., Karlina, I., Nur, L., & Sholihuddin, I. (2022). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Penggunaan Listrik Rumah Tangga. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(2), 79–84.
- Sadatom, M., Kawahara, A., Kano, K., & Ohtomo, A. (2005). Performance of a new micro-bubble generator with a spherical body in a flowing water tube. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 29(5), 615–623. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2004.08.006>
- Sanubary, I., & Santoso, P. P. A. (2021). Pembuatan Instalasi Panel Surya pada Sistem Hidroponik di Desa Dalam Kaum. *Widyabhakti ...*, 4(1), 31–35.
- Sarasota Cpunty. (2023). *Learn More : Dissolved Oxygen*. Sarasota County.
- Sari, N., Savitri, Y., Wahyono, S. C., Santoso, J., & Nasrulloh, A. V. (2024). Design of IoT-based monitoring system for temperature and dissolved oxygen levels in catfish aquaculture pond water. *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems*, 13(3), 687–698. <https://doi.org/10.11591/ijres.v13.i3.pp687-698>
- Scabra, A. R., Afriadin, A., & Marzuki, M. (2022). Efektivitas Peningkatan Oksigen Terlarut Menggunakan Perangkat Microbubble Terhadap Produktivitas Ikan Nila (*Oreochromis*

niloticus). *Jurnal Perikanan Unram*, 12(1), 13–21. <https://doi.org/10.29303/jp.v12i1.269>

- Septianingsih, I., & Febrina Zani, Y. (2020). Sosialisasi Pengenalan LED sebagai Lampu Hemat Energi di Dusun Pendem. *Jurnal Sains Teknologi Dalam Pemberdayaan Masyarakat*, 1(2), 81–86. <https://doi.org/10.31599/jstpm.v1i2.434>
- Simatupang, J. W., Santoso, F. H., Santoso, F. H., Bramasto, R., Bramasto, R., Afristanto, S. D., Afristanto, S. D., Baheli, H. M., & Baheli, H. M. (2022). Lampu Led Sebagai Pilihan Yang Lebih Efisien Untuk Lampu Utama Sepeda Motor. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 6(1), 20–26. <https://doi.org/10.52447/jkte.v6i1.4434>
- Simon Patabang, Jeremias Leda, Limbran Sampebatu, A. K. (2023). Analisis Penghematan Energi Listrik Dengan Menggunakan Lampu Hemat Energi. *Jurnal Taguchi*, 3(2), 953–964.
- Sugianti, Y., & Astuti, L. P. (2018). Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum (Dissolved Oxygen Response Againsts Pollution and The Influence of Fish Resources Existence in Citarum River). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 203–212. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2488>
- Suriasni, P. A., Faizal, F., Panatarani, C., Hermawan, W., & Joni, I. M. (2023). A Review of Bubble Aeration in Biofilter to Reduce Total Ammonia Nitrogen of Recirculating Aquaculture System. *Water (Switzerland)*, 15(4), 1–19. <https://doi.org/10.3390/w15040808>
- Sutanto, S., Supriyanto, T., & ... (2023). Pengaruh Penyaringan Padatan Terlarut terhadap Oksigen Terlarut pada Proses Aerasi Air Kolam Ikan. *Seminar Nasional Inovasi ...*, 2(1), 204–212. <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sniv/article/view/332>
- Sutarjo, G. A., & Sudibyo, R. P. (2020). Peningkatan Kapasitas Produksi Ikan Melalui Penerapan Manajemen Kualitas Air Dan Probiotik Di Kelompok Raja Oling Kecamatan Sukun Kota Malang. *Abdi Insani*, 7(1), 38–43. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v7i1.302>
- Taukhid, I., Trijuno, D. D., Karim, M. Y., Syah, R., & Makmur, M. (2021). Effect of Power Pump and Nozzle Diameter Microbubble Generator to Increase Oxygen Concentration in Aquaculture. *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgah*, 73, 1–15. <https://doi.org/10.46989/001c.31093>
- Timomor, R. A. (2023). Cara Kerja hingga Keuntungan Lampu LED yang Wajib Kamu Tahu. 99 Panduan Properti. <https://www.99.co/id/panduan/lampu-led-adalah/>
- Tobigo, D. T., Ndobe, S., & Adriansyah, A. (2021). A preliminary study on the effect of enriching feed with fish oil on the growth and survival rate of climbing perch *Anabas testudineus*. *Aceh Journal of Animal Science*, 6(2), 57–61. <https://doi.org/10.13170/ajas.6.2.18270>
- Vongvichith, B., Morioka, S., Sugita, T., Phousavanh, N., Phetsanghanh, N., Chanthasone, P., Pommachan, P., & Nakamura, S. (2020). Evaluation of the efficacy of aquaculture feeds for the climbing perch *Anabas testudineus*: replacement of fishmeal by black soldier fly *Hermetia illucens* prepupae. *Fisheries Science*, 86(1), 145–151. <https://doi.org/10.1007/s12562-019-01381-5>
- Widiyati, A., Saputra, A., & Setiadi, E. (2019). Production performance and blood profile of climbing perch *anabas testudineus* bloch cultured in peat pond with different stocking densities. *Indonesian Aquaculture Journal*, 14(2), 83–89. <https://doi.org/10.15578/iaj.14.2.2019.83-89>
- Yokoyama, H. (2003). Environmental quality criteria for fish farms in Japan. *Aquaculture*, 226(1–4), 45–56. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00466-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00466-6)
- Yongphet, P., Ramaraj, R., Whangchai, N., Quaye, E. K., Wang, D., & Dussadee, N. (2020). Modeling and implementing the use of aeration to increase water temperature and dissolved oxygen in greenhouse aquaculture cages. *Aquacultural Engineering*, 91(August 2019), 102119. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102119>
- Yuwono, T., Darwanto, A., & Rahayu, R. D. (2021). Desain dan Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Suplai Daya Penerangan dan Fotosintesis. *JES (Jurnal Elektro Smart)*, 1(1), 26–33.
- Zaihurin, D. S. R., Yong, A. S. K., Amornsakun, T., & Chesoh, S. (2021). Fish waste by-product in formulated diet for climbing perch, *Anabas testudineus*. *AACL Bioflux*, 14(1), 130–140.
- Zimmerman, W. B., Tesa, V., Butler, S., & Bandulasena, H. C. H. (2008). *Microbubble Generation*.