

# Implementasi Sistem Manajemen Pintar Pada *Aerator Paddle Wheel* Tenaga Surya Berbasis Microinverter Sebagai Upaya Memaksimalkan Penghematan Biaya Operasional Petani Tambak Udang

## Implementation Smart Management System on Solar Paddle Wheel Aerator Baes on Microinverter as an Effort to Maximize Farmer Operational Cost Savings Shrimp Pond

Belly Yan Dewantara<sup>1\*</sup>, Iradiratu Diah P.K<sup>2</sup>, Varaira Aulia<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro Universitas Hang Tuah Surabaya

Jl. Arief Rahman Hakim No. 150, Surabaya, Jawa Timur 60111

bellyyandewantara@yahoo.com<sup>1\*</sup>, iradiratu@hangtuah.ac.id<sup>2</sup>, varaira08@gmail.com<sup>3</sup>

**Abstrak** – Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) adalah jenis udang kaki putih dengan produktivitas tinggi dan tahan penyakit. Salah satu aspek penting dalam budidaya udang vaname adalah kualitas air, khususnya kadar oksigen terlarut (DO). Kadar DO yang rendah dapat mengakibatkan ukuran udang yang kecil. Untuk meningkatkan kandungan oksigen, digunakan alat aerator kincir atau paddle wheel. Biaya operasional listrik untuk aerator ini adalah yang terbesar ketiga, sekitar 15% setelah pakan dan biaya pasca larva. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aerator yang otomatis dengan sumber listrik tenaga surya (PLTS) tipe on-grid berbasis solar micro inverter untuk menghemat energi. Sistem ini juga dilengkapi teknologi Internet of Things (IoT) yang dapat dioperasikan dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pemantauan dapat membaca data dari sensor DO dan power meter. Dalam pengujian selama 24 jam didapatkan penghematan konsumsi energi akibat penggunaan sistem otomatis pada aerator 15,689 kWh dari penggunaan awal 23,447 kWh. Didapatkan presentase penghematan mencapai 33,08%.

**Kata Kunci:** Solar micro inverter, Iot, Pintar aerator.

**Abstract** – Vaname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) is a type of white leg shrimp with high productivity and disease resistance. One important aspect of vaname shrimp farming is water quality, especially dissolved oxygen (DO) levels. Low DO levels can result in small shrimp size. To increase oxygen content, a paddle wheel aerator is used. The operational cost of electricity for this aerator is the third largest, about 15% after feed and post larval costs. This research aims to develop a pintar aerator with an on-grid type solar power source (PLTS) based on a solar micro inverter to save energy. The system is also equipped with Internet of Things (IoT) technology that can be operated remotely. The test results show that the monitorin system can read data from the DO sensor and power meter. In testing for 24 hours, it was found that energy consumption savings due to the use of an automatic system on the aerator were 15.689 kWh from the initial use of 23.447 kWh. The percentage of savings reached 33.08%.

**Keywords:** Solar micro inverter, Iot, Pintar aerator.

## 1. Pendahuluan

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan jenis udang kaki putih yang memiliki tingkat produktifitas tinggi dan tahan terhadap penyakit [1]. Udang vaname menjadi salah satu produk perikanan yang banyak dicari saat ini dikarenakan udang vaname memiliki nilai jual yang tinggi. [2]. Biasanya budidaya udang vaname meliputi pembenihan dan pembesaran. Untuk menghasilkan produksi udang vaname yang tinggi pembudidayaan udang vaname harus memperhatikan aspek penting salah satunya adalah aspek eksternal yaitu kualitas air untuk budidaya udang vaname [3].

Salah satu aspek kualitas air yang harus diperhatikan pada pertumbuhan udang vaname adalah kadar oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO). Pada budidaya udang vaname nilai optimal kadar oksigen pada kolam budidaya sekitar 5-8 mg/L untuk mendukung pertumbuhan dan kesehatan udang secara optimal[4]. Menurut [5], menunjukkan bahwa konsentrasi oksigen terlarut yang sangat tinggi, termasuk yang melebihi 10 mg/L, dapat menyebabkan masalah kesehatan yang menyebabkan kerusakan organ dan kematian. Menurut [6], pada siang hari, ketika fotosintesis terjadi, air di kolam sering kali jenuh dengan oksigen terlarut (DO) karena produksi oksigen dari fotosintesis melebihi kehilangan oksigen akibat respirasi dan difusi ke udara. Namun, pada malam hari, ketika fotosintesis berhenti, konsentrasi oksigen terlarut dalam air akan menurun. Penurunan kadar oksigen terlarut dan kurangnya pemantauan kadar oksigen dalam budidaya udang dapat menyebabkan ukuran udang yang kecil, peningkatan infeksi penyakit, dan kematian cepat pada udang vaname. Namun, ini tidak cukup untuk budidaya udang intensif, yang memerlukan tambahan oksigen dari sistem aerasi buatan [7]. Aerasi dapat berupaya meningkatkan kandungan oksigen untuk membuat organisme hidup di dalam air tumbuh menjadi lebih sehat dan cepat[8].

Aerator kincir adalah jenis aerator yang umum digunakan dalam budidaya udang vaname karena berfungsi untuk meningkatkan aerasi dengan menambahkan oksigen ke dalam air melalui proses difusi udara [9]. Penggunaan aerator kincir terhadap budidaya udang memiliki fungsi untuk menyuplai kandungan oksigen dan untuk mempermudah proses pembersihan kolam [10]. Pada umumnya aerator kincir dioperasikan dengan motor listrik dengan menggunakan sumber tenaga listrik dari PLN dinyalakan hampir 24 jam sehari dalam kurun waktu 4 bulan hingga panen [11]. Biaya operasional listrik karena aerator kincir adalah Biaya operasional listrik karena aerator kincir adalah biaya terbesar ketiga yang mewakili sekitar 15% setelah pakan buatan dan biaya pasca larva [12]. Penggunaan energi listrik yang cukup besar dapat mengakibatkan tagihan listrik yang besar dan memakan biaya operasional yang besar.

Dari permasalahan - permasalahan yang ada, penulis merencanakan untuk dilakukannya pengembangan inovasi dari penggunaan aerator kincir yaitu melakukan rancang bangun aerator otomatis yang akan dioperasikan menggunakan motor listrik AC 1 HP dengan sumber pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) tipe *on grid* sebagai sumber alternatif untuk penghematan biaya operasional listrik. diperlukan energi baru yang menjadi alternatif pengganti energi fosil seperti energi baru terbarukan[13]. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber pembangkit listrik memiliki potensi yang sangat besar karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis, yang dilewati oleh garis khatulistiwa dimana matahari bersinar sepanjang waktu [14]. Berdasarkan penyinaran matahari maksimal di Indonesia dalam satu hari penyinaran matahari selama 3 jam [15]. PLTS tipe *on-grid* terhubung dengan jaringan listrik PLN untuk dijadikan cadangan dalam pengoperasian aerator kincir. Penelitian ini akan menambahkan komponen *micro inverter* pada PLTS tipe *on-grid*. *Micro inverter* menghasilkan output optimal dengan biaya rendah [16]. Penelitian ini menggunakan *micro inverter* untuk mengoperasikan beban dan dapat mengalirkan daya ke jaringan PLN, sehingga meningkatkan kinerja PLTS tipe *on-grid*. Inovasi ini dilengkapi dengan mikrokontroler yang mengirim dan menerima data. Pemantauan dilakukan untuk menampilkan data dari sensor *power meter*, meliputi tegangan, arus, daya, dan energi, guna melihat konsumsi energi dan daya yang digunakan. Selain itu, pemantauan juga mencakup kualitas kadar oksigen terlarut dalam air menggunakan sensor *Dissolved Oxygen* (DO), yang mendeteksi kadar oksigen terlarut. Jika kadar oksigen belum mencapai indikator normal, relay

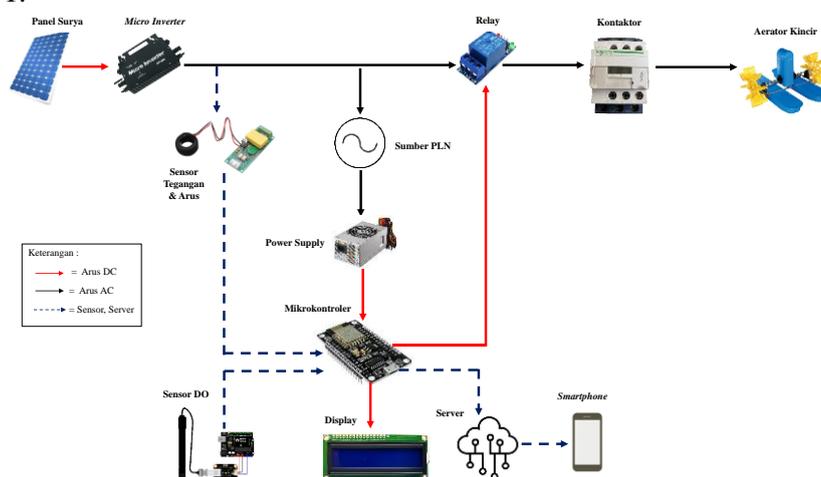
otomatis akan menghidupkan aerator. Teknologi *Internet of Things* (IoT) digunakan dalam sistem ini untuk pemantauan dan otomatisasi aerator melalui server yang terhubung ke web.

Platform IoT Thingier.io dipilih karena keberhasilannya dalam lingkungan penelitian ilmiah [17] dan keunggulannya dalam hal fleksibilitas, kemudahan penggunaan, dan efektivitas biaya. Thingier.io mendukung berbagai protokol komunikasi seperti HTTP, MQTT, dan CoAP, dan menyediakan antarmuka sederhana untuk memantau dan mengelola data Anda secara real time. Keunggulan lainnya adalah sifatnya yang open source, yang memungkinkan penyesuaian aplikasi individual tanpa biaya lisensi tambahan, serta dukungan komputasi awan untuk kendali jarak jauh perangkat yang aman. Thingier.io menawarkan solusi yang lebih hemat biaya dan mudah diterapkan dibandingkan platform lain, sehingga ideal untuk aplikasi IoT dalam sistem otomasi berbasis energi terbarukan.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Konfigurasi Sistem

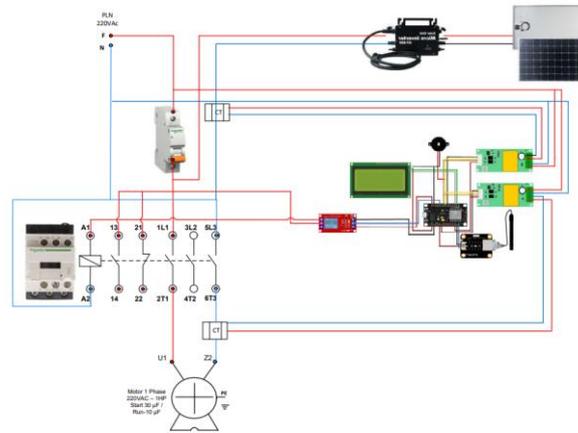
Penelitian ini dilakukan secara *real-time*, di mana data sensor diolah mikrokontroler dan ditampilkan di web *smartphone*. Pemantauan mencakup kadar oksigen, tegangan, arus, energi, daya, dan status *on/off* relay serta kontaktor *pintar* aerator. Panel surya dan PLN menyediakan daya untuk *pintar* aerator, terhubung ke *power supply* yang mengaktifkan mikrokontroler. Panel surya menggunakan *micro inverter* untuk mengubah arus DC ke AC, yang kemudian diukur oleh sensor tegangan dan arus. Arus dari panel surya dapat menyuplai beban atau disalurkan ke PLN. Sensor DO memantau kadar oksigen terlarut dan terhubung ke mikrokontroler bersama sensor *power meter*. Mikrokontroler mengolah data ini untuk otomatis menghidupkan atau mematikan *pintar* aerator berdasarkan kadar oksigen. Mikrokontroler juga terhubung ke display dan server untuk pemantauan dan otomatisasi melalui IoT. Konfigurasi sistem secara sederhana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi Sistem

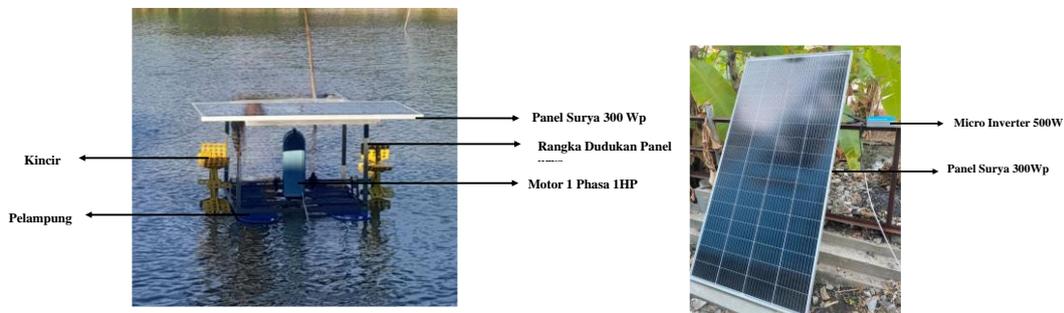
### 2.2 Perancangan *Hardware Solar micro inverter*, Sistem Pemantauan, dan Sistem Otomatis Pada Aerator Menggunakan IoT

Perancangan hardware *solar micro inverter* dan sistem pemantauan otomatis pada aerator bertujuan untuk menghemat konsumsi energi. Sistem ini memanfaatkan *solar micro inverter* dan teknologi IoT untuk pemantauan dan otomatisasi aerator. Proses ini melibatkan pembuatan wiring untuk jalur kabel yang digunakan. Wiring berbasis *solar micro inverter* dan IoT ditunjukkan pada Gambar 2.



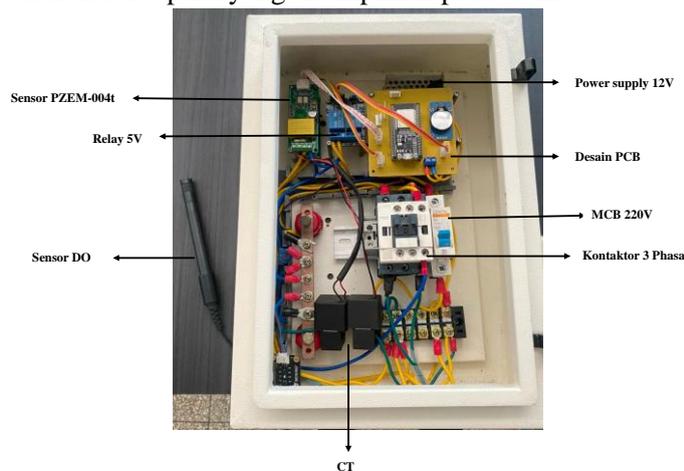
Gambar 2. Wiring Aerator Otomatis Berbasis Solar Micro Inverter dan IoT

Penelitian ini merancang sistem solar micro inverter untuk menghemat energi pada aerator kincir. Aerator dilengkapi dengan rangka untuk dudukan panel surya, pelampung, kincir, motor, panel surya, dan kotak kontrol pintar aerator. Kotak kontrol ini dilengkapi komponen untuk sistem pemantauan dan otomatisasi. Pada penelitian ini menggunakan PLTS tipe on – grid dengan panel surya dengan kapasitas 300Wp dengan micro inverter 500W. Peraktikan solar micro inverter pada aerator ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perakitan Solar micro inverter Pada Aerator

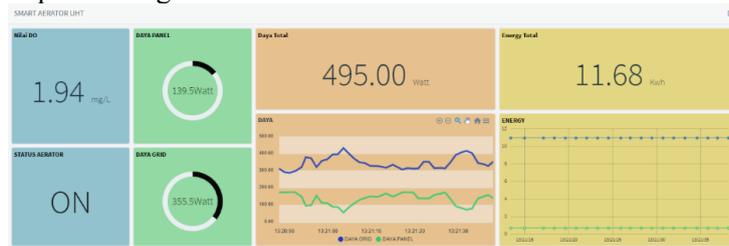
Penelitian ini merancang sistem pemantauan dan otomatisasi aerator. Sensor-sensor dihubungkan ke mikrokontroler ESP32, yang terhubung ke Wi-Fi. Data sensor ditampilkan di LCD dan ESP32 mengirim perintah on/off otomatis ke relay. Pengkabelan dilakukan sesuai desain wiring untuk penempatan komponen dalam kotak kontrol, dan komponen-komponen tersebut diatur di dalam kotak kontrol seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peletakan Komponen Pada Box Kontrol Aerator Otomatis

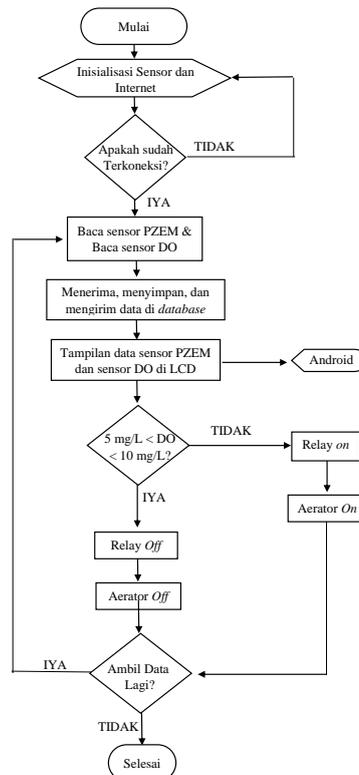
**2.3 Perancangan Software Sistem Pemantauan dan Otomatisasi Aerator Menggunakan IoT**

Pada penelitian ini tampilan IoT menggunakan Thinger.io dimana pada thinger.io akan memunculkan tampilan data dari pembacaan sensor *power meter*, sensor DO, serta melihat status aerator apakah menyala atau mati sesuai parameter yang telah ditentukan. Data sensor ditampilkan pada LCD 20x4 dan platform IoT Thinger.io, yang dapat diakses melalui web dan aplikasi Android. Data sensor digunakan untuk mengontrol relay menyalakan aerator otomatis saat  $DO \leq 5$  mg/L dan mematikannya saat  $DO \geq 10$  mg/L. Sistem akan terus membaca dan mengambil data terkait nilai pembacaan dari sensor. Gambar 5 merupakan perancangan *software* tampilan pemantauan pada Thinger.io.



Gambar 5. Perancangan Tampilan IoT Menggunakan Thinger.io

Pada perancangan *software* terdapat cara kerja alat untuk sistem pemantauan dan sistem otomatisasi aerator menggunakan IoT. Sistem pemantauan dan otomatisasi pada aerator menggunakan IoT dimulai dengan penginisialisasian sensor dan koneksi Wi-Fi. Jika sistem belum terhubung ke internet, proses penginisialisasian akan diulang. Setelah terhubung, sensor akan membaca data seperti oksigen terlarut (DO) dan konsumsi daya menggunakan sensor *power meter*. Data hasil pembacaan sensor disimpan dalam database dan ditampilkan pada LCD 20x4 serta pada platform IoT Thinger.io, yang dapat diakses melalui web atau aplikasi android. Berdasarkan nilai DO, sistem akan otomatis mengendalikan relay untuk menyalakan aerator saat  $DO \leq 5$  mg/L dan mematikannya saat  $DO \geq 10$  mg/L. Sistem terus memantau dan memperbarui data sensor secara real-time. Gambar 6 merupakan cara kerja alat pada sistem pemantauan dan sistem otomatisasi aerator.



Gambar 6. Cara Kerja Alat Pada Sistem Pemantauan Dan Sistem Otomatisasi Aerator

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini menjelaskan hasil pengujian sistem pemantauan dan otomatisasi aerator menggunakan *micro inverter* dan IoT. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dan sensor yang digunakan.

#### 3.1 Pengujian Sistem Otomatis

Pengujian ini mengevaluasi kinerja aerator otomatis untuk memastikan fungsinya yang akurat. Pengujian meliputi kondisi *on* dan *off* berdasarkan nilai indikator. Sensor DO (*Dissolved Oxygen*) penting untuk mendeteksi kadar oksigen terlarut, memastikan aerator beroperasi optimal. Sistem otomatis mengikuti perintah indikator yang ditetapkan, memantau nilai sensor DO dan status aerator secara real-time menggunakan IoT pada platform Thingier.io. aerator ini menjaga keseimbangan oksigen terlarut secara efektif dengan pengaturan otomatis yang responsif, menghindari frekuensi nyala-mati yang terlalu tinggi. Gambar 7 merupakan tampilan hasil pemantauan IoT menggunakan Thingier.io.



Gambar 7. Hasil Pemantauan Tampilan IoT Sistem Otomatis *Pintar* aerator

##### 3.1.1 Pengujian sistem otomatis kondisi penyalaan aerator

Pengujian sistem penyalaan aerator otomatis dilakukan 10 kali dengan 3 variasi nilai DO untuk mengevaluasi keakuratan kinerja sistem. Tujuannya adalah memastikan sistem berfungsi sesuai parameter yang diatur. Nilai DO digunakan untuk menguji respon dan ketepatan penyalaan aerator. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata akurasi dari setiap percobaan yang dilakukan. Dapat dilihat pada Tabel 1 menyajikan data rata-rata dari pengujian keseluruhan sistem penyalaan aerator.

Tabel 1. Rata - Rata Pengujian Keseluruhan Sistem Penyalaan Aerator

Pengujian	Setting Nilai DO Kondisi ON (mg/L)	Rata - Rata Nilai DO terbaca Saat Kondisi ON (mg/L)	Error (%)	Status
1	4	3,99	0,25 %	Berhasil
2	5	4,99	0,2 %	Berhasil
3	6	5,99	0,17 %	Berhasil
Rata - Rata :			0,21 %	

Rata-rata persentase error pada tiga variasi setting DO mencapai 0,21%. Dari tiga variasi pengujian dengan 10 percobaan masing-masing, sistem pemantauan berhasil menunjukkan akurasi yang baik. Hal ini membuktikan bahwa sistem ini efektif dalam menjaga keseimbangan oksigen terlarut di kolam sesuai standar yang diinginkan.

##### 3.1.2 Pengujian sistem otomatis kondisi pemutusan aerator

Pengujian sistem pemutusan otomatis aerator dilakukan dengan 10 percobaan menggunakan 3 variasi nilai DO yang berbeda. Tujuan pengujian ini adalah mengevaluasi keakuratan kinerja sistem saat awal penyalaan aerator dalam kondisi mati. Setiap percobaan memastikan sistem berfungsi sesuai dengan parameter yang diatur, menggunakan nilai DO sebagai indikator untuk menguji respon dan ketepatan waktu pemutusan aerator. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata akurasi setiap percobaan. Data rata-rata pengujian pemutusan sistem

aerator disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata - Rata Pengujian Keseluruhan Sistem Pemutusan

Pengujian	Setting Nilai DO Kondisi OFF (mg/L)	Rata – Rata Nilai DO terbaca Saat Kondisi OFF (mg/L)	Error (%)	Status
1	6	6,01	0,17 %	Berhasil
2	7	7,01	0,14 %	Berhasil
3	8	8,01	0,13 %	Berhasil
<b>Rata – Rata :</b>			<b>0,15 %</b>	

Rata-rata persentase error dari tiga variasi nilai setting DO mencapai 0,15%. Semua pengujian berhasil, menunjukkan bahwa sistem dapat menjaga keseimbangan oksigen terlarut di kolam atau perairan sesuai standar.

### 3.1.3 Pengujian sistem otomatis kondisi penyalaan dan pemutusan aerator

Pada pengujian ini dilakukan dengan kondisi penyalaan dan pemutusan yang dilakukan secara bersamaan dengan melihat keakuratan dari berbagai indikator nilai DO yang berbeda-beda. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem otomatis mampu merespon dengan tepat baik saat nilai DO mencapai batas yang menentukan sistem untuk menyala maupun ketika mencapai batas yang memerintahkan sistem untuk mati. Pengujian tiga variasi nilai DO pada sistem penyalaan dan pemutusan otomatis aerator menunjukkan perbedaan antara nilai setting DO dan nilai yang terbaca. Selisih ini dihitung sebagai persentase error. Tabel 3 menampilkan rata-rata persentase error dari seluruh pengujian.

Tabel 3. Tabel Rata - Rata Pengujian Keseluruhan Sistem Penyalaan dan Sistem Pemutusan

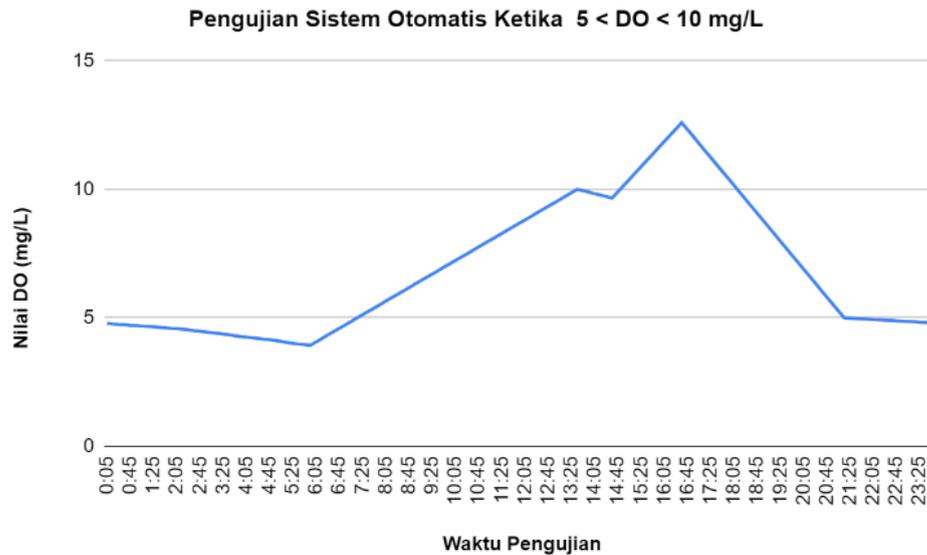
Pengujian	Kondisi Sistem Penyalaan			Kondisi Sistem Pemutusan			Status
	Setting Nilai DO (mg/L)	Rata – rata Nilai DO Terbaca (mg/L)	Error (%)	Setting Nilai DO (mg/L)	Rata – rata Nilai DO Terbaca (mg/L)	Error (%)	
1	4	3,991	0,23 %	6	6,009	0,15%	Berhasil
2	5	4,991	0,18%	7	7,008	0,11%	Behasil
3	6	5,990	0,17%	8	8,014	0,18%	Berhasil
<b>Rata – Rata Sistem Penyalaan:</b>			<b>0,19%</b>	<b>Rata – Rata Sistem Pemutusan :</b>		<b>0,15%</b>	

Table 3 menunjukkan hasil rata-rata dari pengujian sistem penyalaan dan pemutusan. Rata-rata persentase error pada sistem penyalaan adalah 0,19%, sedangkan pada sistem pemutusan adalah 0,15%.

### 3.1.4 Pengujian sistem otomatis ketika $5 < DO < 10$ mg/L

Pada aerator otomatis, sensor DO (Dissolved Oxygen) mendeteksi kadar oksigen terlarut dalam air. Jika kadar oksigen turun di bawah 5 mg/L, aerator otomatis menyala hingga kadar oksigen mencapai 10 mg/L atau lebih. Setelah itu, aerator mati dan akan tetap mati sampai kadar oksigen kembali turun ke 5 mg/L atau kurang. Sistem ini menjaga keseimbangan kadar oksigen terlarut dengan menghindari frekuensi nyala-mati yang tinggi, sehingga meningkatkan efisiensi dan umur peralatan. Dapat dilihat pada gambar 8 menunjukkan hasil pengujian sistem otomatis saat DO berada antara 5 dan 10 mg/L. Pengujian sistem otomatisasi aerator menunjukkan nilai DO berkisar antara 3,93 mg/L hingga 12,6 mg/L selama 24 jam. Ketika nilai DO di bawah 5 mg/L, aerator menyala hingga mencapai 10 mg/L, lalu mati. Sensor DO tetap memantau kadar oksigen terlarut meski aerator mati. Nilai DO mencapai 12,6 mg/L pada siang hari karena

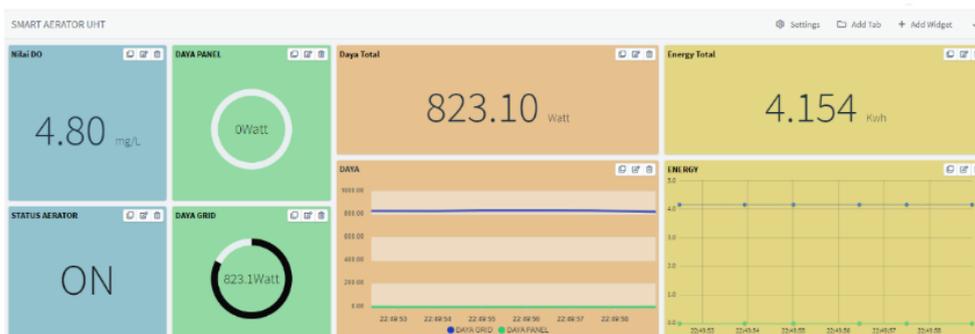
fotosintesis fitoplankton dan tanaman air yang meningkatkan oksigen terlarut. Pada malam hari, nilai DO menurun karena fotosintesis berhenti dan konsumsi oksigen oleh organisme tetap berlangsung. Sistem otomatis ini dirancang untuk menjaga keseimbangan kadar oksigen secara efektif dan menghindari frekuensi nyala-mati yang tinggi. Aerator bekerja hanya saat diperlukan, memastikan efisiensi operasional. Hasil pengujian sistem otomatis ketika  $5 < DO < 10$  mg/L ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pengujian Sistem Otomatis Ketika  $5 < DO < 10$  mg/L

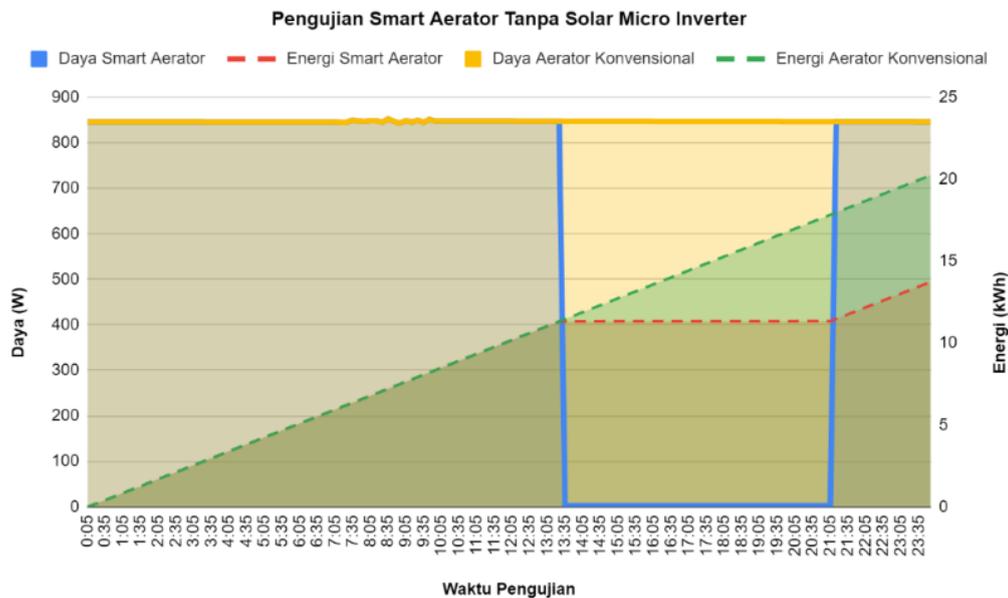
### 3.2 Pengujian Sistem Otomatisasi Aerator Tanpa *Solar Micro Inverter*

Pengujian ini menggunakan sensor DO untuk memantau kadar oksigen terlarut dan sensor *power meter* untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi pada aerator yang terhubung ke jaringan listrik. Tujuannya adalah membandingkan aerator konvensional dengan aerator yang dilengkapi sistem otomatis. Dalam pengujian ini, tidak digunakan *solar micro inverter*. Penilaian dilakukan untuk mengetahui potensi penghematan dari penggunaan aerator yang dilengkapi sistem otomatis dibandingkan dengan aerator konvensional. Data yang dikumpulkan akan dipantau melalui platform IoT, Thinger.io, untuk melacak nilai DO, parameter listrik, dan status aktif/nonaktif aerator. Gambar 9 menunjukkan hasil pemantauan aerator yang otomatis tanpa *solar micro inverter*.



Gambar 9. Pemantauan Pengujian *Pintar* aerator Tanpa *Solar micro inverter*

Pengujian dilakukan selama 24 jam untuk mengevaluasi daya dan energi dari aerator yang otomatis tanpa *solar micro inverter*. Data yang diperoleh menunjukkan daya dan konsumsi energi selama periode pengujian. Grafik pada Gambar 10 menampilkan hasil pemantauan penggunaan daya dan energi dari aerator dalam kondisi ini.

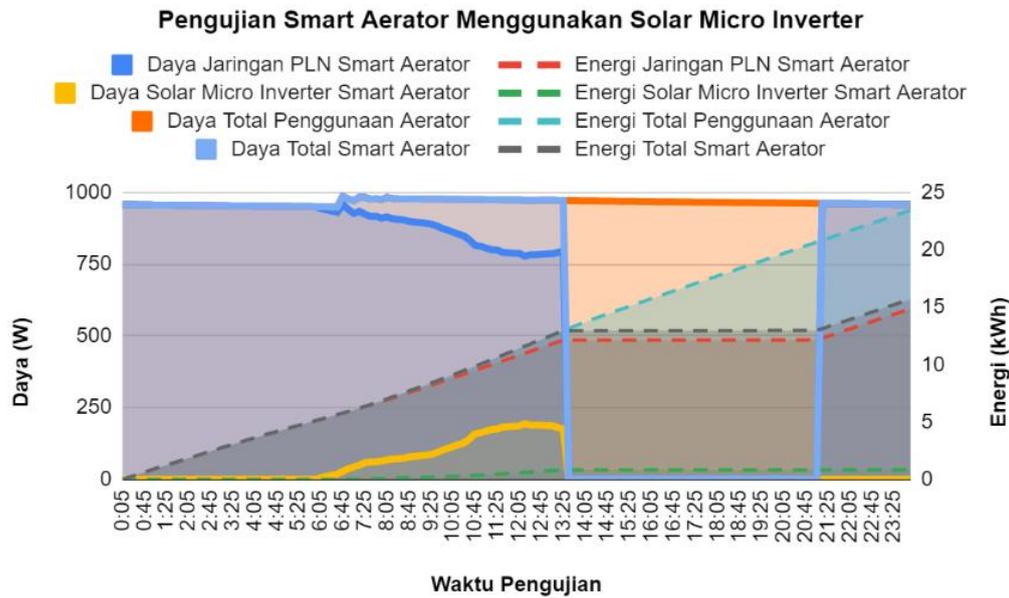


Gambar 10. Pengujian Sistem Otomatisasi Aerator Tanpa *Solar micro inverter*

Grafik pada Gambar 10 menunjukkan hasil pengujian aerator yang otomatis tanpa *solar micro inverter* 300Wp. Garis biru mewakili daya aerator yang otomatis, garis merah menunjukkan energi aerator otomatis, garis kuning untuk daya aerator konvensional, dan garis hijau untuk energi aerator konvensional. Tegangan rata-rata pada kedua aerator adalah 220,49 V. Namun, arus aerator yang otomatis rata-rata 2,61 A, sedangkan arus aerator konvensional 3,84 A. Selama 24 jam, daya rata-rata aerator yang otomatis adalah 576,79 W dengan konsumsi energi 13,724 kWh, sedangkan aerator konvensional menggunakan daya rata-rata 846,69 W dan energi 20,233 kWh. Sistem otomatis pada aerator mengurangi daya dan energi yang digunakan dibandingkan aerator konvensional. Rata-rata nilai DO adalah 6,92 mg/L, dengan aerator berhenti bekerja saat DO mencapai 10 mg/L dan menyala kembali pada 5 mg/L. Penghematan energi mencapai 32,17% berkat sistem otomatis pada aerator.

### 3.3 Pengujian Sistem Otomatisasi Aerator Menggunakan *Solar Micro Inverter*

Pengujian dilakukan menggunakan sensor *power meter* dan sensor DO. Sensor DO memantau kadar oksigen terlarut di kolam dan mendukung sistem otomatis pada pintar aerator. Sensor *power meter* memonitor tegangan, arus, daya, dan konsumsi energi dari sumber PLN dan panel surya dengan *micro inverter* 500W. Selama 24 jam pengujian, digunakan panel surya 300Wp untuk *pintar* aerator. Tujuan pengujian adalah untuk menilai efisiensi energi sistem otomatis dan penghematan dari penggunaan *solar micro inverter*. Pemantauan dilakukan melalui platform IoT dengan Thingier.io, yang mencatat data dari sensor DO dan *power meter* serta status operasional aerator. Gambar 11 menunjukkan grafik daya dan energi dari pengujian *pintar* aerator dengan *solar micro inverter* 300Wp.



Gambar 11. Pengujian Sistem Otomatisasi Aerator Menggunakan *Solar Micro Inverter*

Pada pengujian ini didapatkan rata – rata nilai DO pada pengujian ini mencapai 6,92 mg/L. tegangan rata – rata sebesar 220,81 V. Terdapat perbedaan arus pada pengujian ini yaitu aerator yang otomatis pada jaringan PLN menghasilkan rata – rata sebesar 2,81 A, aerator yang otomatis pada jaringan *solar micro inverter* didapatkan rata – rata arus sebesar 0,17 A, kemudian untuk rata – rata arus total pada aerator yang otomatis mencapai 2,97 A, untuk arus total penggunaan aerator konvensional mencapai 4,37 A. Pada pengujian ini didapatkan rata – rata daya aerator pada jaringan PLN sebesar 621,58W, untuk daya rata rata aerator otomatis pada *solar micro inverter* mencapai 34,88W, kemudian daya rata – rata pada total penggunaan aerator yang otomatis mencapai 656,45W, untuk daya rata – rata pada daya total penggunaan aerator konvensional mencapai 964,46W. Konsumsi energi pada aerator konvensional mencapai 20,233 kWh. Rata – rata penggunaan daya yang dihasilkan pada aerator yang otomatis selama 24 jam pada jaringan PLN 14,863 kWh, untuk konsumsi energi yang dihasilkan aerator yang otomatis pada *solar micro inverter* mencapai sebesar 0,826 kWh, kemudian untuk konsumsi energi total dari penggunaan aerator yang otomatis menghasilkan 15,689, untuk konsumsi energi total pada penggunaan aerator konvensional mencapai 23,447 kWh. Aerator yang dilengkapi sistem otomatis menurunkan daya dari 964,46 W menjadi 656,45 W, mengurangi konsumsi energi menjadi 15,689 kWh, mencapai penghematan 33,08%. *Solar micro inverter* 300Wp, yang mengubah energi matahari menjadi listrik AC, menghasilkan puncak daya 194,10 W dan mengurangi daya jaringan PLN dari 950-980 W menjadi 777,85 W. Selama 24 jam, energi yang dihasilkan oleh inverter mencapai 0,826 kWh, mengurangi konsumsi energi dari 15,689 kWh menjadi 0,826 kWh, dengan penghematan 5,26%.

#### 4. Kesimpulan

Pengujian aerator yang otomatis menggunakan *solar micro inverter* dan teknologi IoT menunjukkan hasil sebagai berikut:

1. Dalam pengujian selama 24 jam didapatkan penghematan konsumsi energi akibat penggunaan sistem otomatis pada aerator 15,689 kWh dari penggunaan awal sebelum dirancang aerator yang otomatis mencapai 23,447 kWh. Didapatkan presentase penghematan mencapai 33,08%. Penggunaan *solar micro inverter* mengakibatkan penurunan konsumsi energi pada penggunaan *pintar* aerator menggunakan *solar micro inverter*, pada jaringan PLN yaitu mencapai 14,863 kWh. *Solar micro inverter* 300Wp menghasilkan penghematan energi

sebesar 0,826 kWh. Dari hasil tersebut didapatkan penghematan dari penggunaan *solar micro inverter* 300Wp sekitar 5,26 %.

2. Pengujian sistem pemantauan sensor DO dan power meter menggunakan platform IoT Thinger.io menunjukkan bahwa sistem dapat memantau hasil dari kedua sensor dengan baik. Terdapat tiga variasi dalam pengujian otomatis: penyalaan, pemutusan, dan kondisi DO antara 5 mg/L hingga 10 mg/L. Rata-rata *error* untuk sistem penyalaan adalah 0,21%, pemutusan 0,15%. Sistem otomatis akan mematikan aerator saat DO mencapai 10 mg/L dan menonaktifkannya ketika DO turun ke 5 mg/L. Rata-rata nilai DO selama 24 jam pengujian adalah 6,92 mg/L.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut: Pertama, penelitian dapat diperluas dengan meningkatkan kapasitas *solar micro inverter* untuk mencapai penghematan energi yang lebih optimal. Kedua, penambahan sensor untuk memantau faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air pada saat budidaya udang vaname dapat membantu menjaga kualitas air lebih baik. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan memperbanyak jumlah aerator untuk mengoptimalkan kadar oksigen terlarut pada kolam budidaya. Terakhir, penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengubah letak aerator dan sensor kualitas air untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan kualitas air pada budidaya udang vanname.

## Referensi

- [1] N. D. Setiawan and I. A. Dianta, "Sistem Monitoring dan Kontroling Kualitas Air Tambak Udang Vannamei Berbasis Arduino menggunakan Teknologi Internet of Things," *MEANS (Media Inf. Anal. dan Sist.*, vol. 5, no. 2, pp. 105–108, 2020.
- [2] I. M. A. Nugraha, I. G. M. N. Desnanjaya, L. G. G. Serihollo, and J. S. M. Siregar, "Perancangan Hybrid System PLTS dan Generator Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Tambak Udang Vaname: Studi Kasus Politeknik Kelautan Dan Perikanan Kupang," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 19, no. 1, p. 121, Oct. 2020.
- [3] W. Wardana, "Kajian Dan Analisa Sistem Aerator Tipe Furrower Berpenggerak PLTS Untuk Tambak Udang Ukuran 50 m x 40 m [Tesis]," Bandar Lampung : Fakultas Teknik Universitas Lampung, 2022.
- [4] A. I. Farabi and H. Latuconsina, "Manajemen Kualitas Air Pada Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) di UPT. BAPL (Budidaya Air Payau dan Laut) Bangil Pasuruan Jawa Timur," *J. Ris. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–13, 2023.
- [5] S. Patkaew, S. Direkbusarakom, I. Hirono, S. Wuthisuthimethavee, S. Powtongsook, and C. Pooljun, "Effect of supersaturated dissolved oxygen on growth-, survival-, and immune-related gene expression of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)," *Vet. World*, vol. 17, no. 1, pp. 50–58, 2024.
- [6] C. E. Boyd, "Dissolved oxygen is a major concern in aquaculture . Here ' s why .," *Aquademia*, no. September, pp. 1–5, 2022, [Online].
- [7] I. Arditya, "Efektifitas Penggunaan Kincir Air (Paddle Wheel) Pada Tambak Udang Vannamei Di UPT BAPL Bangil Kabupaten Pasuruan Jawa Timur [Laporan Praktek Kerja Lapang]," Sidoarjo : Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo, 2019.
- [8] A. F. Rozi, A. I. Agung, I. Agung, M. Widyartono, and A. C. Hermawan, "Penerapan Pembangkit Hybrid Sebagai Penggerak Kincir Air Pada Tambak Udang," *J. Tek.*, vol. 10, no. 01, pp. 91–98, 2021.
- [9] M. A. Mahendra, T. Tarisah, N. I. Iswanti, R. Risnawati, T. P. Astuti, and A. Andriani, "Aplikasi kincir untuk menjaga kebutuhan oksigen dan meningkatkan produktivitas pada budidaya udang vaname secara intensif," *Agrokompleks*, vol. 23, no. 1, pp. 78–83, Feb. 2023.
- [10] N. Evalina, F. I. Pasaribu, M. A. Syahputra, Indrayani, and T. Rahayu, "Pemanfaatan Kincir Air Untuk Tambak Udang Di Desa Pematang Guntung," *SEMNASTEK*, vol. 4, no. 2, pp. 97–99, 2022.
- [11] M. Z. Sidik, "Perencanaan PLTS Pada Tambak Udang Vaname Desa Blendung Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang [Laporan Tugas Akhir]," Semarang : Fakultas Teknik

- Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2023.
- [12] A. Kumar, S. Moulick, and B. C. Mal, "Selection of aerators for intensive aquacultural pond," *Aquac. Eng.*, vol. 56, pp. 71–78, 2013.
- [13] D. dwi aprisetiawan Diki, I. Winarno, and B. Y. Dewantara, "Penggunaan Filter Aktif Dengan Pi Controller Untuk Meredam Harmonisa Pada Pembangkit Listrik Tenaga Solar Cell," *Kurvatek*, vol. 6, no. 1, pp. 69–80, 2021.
- [14] B. Y. Dewantara, M. T. Setiawan, and I. Winarno, "Implementasi Internet Of Things Dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Solar Cell Berbasis Web," *JEECOM J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 3, no. 1, pp. 34–38, 2021.
- [15] B. Y. Dewantara, "Perancangan Perahu Nelayan Ramah Lingkungan Menggunakan Motor Listrik Bertenaga Surya," *Cyclotron*, vol. 2, no. 1, pp. 1–4, 2019,
- [16] I. B. K. Sugirianta, I. G. N. A. D. J. Saputra, and I. G. A. M. Sunaya, "Modul Praktek PLTS On-Grid Berbasis Micro Inverter," *J. MATRIX*, vol. 9, no. 1, pp. 19–26, 2019.
- [17] M. A. Bakri, M. Farhan, A. Sujatmiko, and A. Firasanti, "Pemantauan Suhu dan Deteksi Gerak Obyek Berbasis IoT pada Ruang Server Menggunakan Thinger . IO," *TELKA J. Telekomunikasi, Elektron. Komputasi, dan Kontrol*, vol. 8, no. 1, pp. 74–81, 2022.