# Desain Aerator Paddle Wheel untuk Tambak Udang Berbasis *Solar Microinverter*

Belly Yan Dewantara<sup>1</sup>, Moh. Jauhari<sup>2</sup>, dan Daeng Rahmatullah<sup>3</sup>

1.3 Universitas Hang Tuah, Surabaya

Jl. Arif Rahman Hakim No. 150, Kec. Keputih, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111

<sup>2</sup> Politeknik Negeri Madura

Jl. Raya Camplong No.Km.4, Abacateh, Taddan, Kec. Camplong, Kabupaten Sampang, Jawa Timur 69281

e-mail: bellyyandewantara@hangtuah.ac.id

Abstrak—Penggunaan kincir air dengan motor listrik 1-2 HP dalam tambak udang penting untuk menjaga kandungan oksigen, tetapi mengonsumsi energi tinggi, menyumbang 15% dari biaya operasional. Selain itu, penggunaan motor listrik berkontribusi pada emisi gas rumah kaca. Untuk mengatasi masalah ini, desain Aerator paddle wheel dengan Solar Microinverter dapat mengurangi biaya dan dampak lingkungan. Solar Microinverter memungkinkan energi surya dan listrik grid bekerja bersama untuk menyuplai motor listrik, sehingga biaya operasional dapat ditekan dan emisi gas rumah kaca dikurangi. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain Aerator paddle wheel dengan Microinverter yang menggunakan energi surya sebagai sumber utama, bersamaan dengan listrik grid. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengurangi biaya operasional dan meningkatkan profitabilitas tambak udang. Hasil penelitian menunjukkan tiga desain: 1) Aerator 2 HP dengan 4 kincir dan Solar Microinverter 2x550Wp menghemat 13,7%; 2) Aerator 1 HP dengan 2 kincir dan Solar Microinverter 1x550Wp menghemat 13,9%; 3) Aerator 0,5 HP dengan 2 kincir dan Solar Microinverter 350Wp menghemat 20,0%. Penghematan dihitung dalam kondisi operasi kontinyu 24 jam selama setahun.

Kata kunci: Panel surya, Tambak, Aerator, Microinverter, Energi.

Abstract— The use of water wheels with 1-2 HP electric motors in shrimp ponds is crucial for maintaining oxygen levels, but it consumes a lot of energy, accounting for 15% of operational costs. Additionally, using electric motors contributes to greenhouse gas emissions. To address this issue, designing a paddle wheel aerator with a Solar Microinverter can reduce costs and environmental impact. The Solar Microinverter allows solar energy and grid electricity to work together to power the electric motor, thereby reducing operational costs and greenhouse gas emissions. This study aims to design a paddle wheel aerator using a Microinverter with solar energy as the primary power source, in conjunction with grid electricity. The goal is also to lower operational costs and increase the profitability of shrimp farming. The research results show three designs: 1) A 2 HP aerator with 4 paddles and a 2x550Wp Solar Microinverter saves 13.7%; 2) A 1 HP aerator with 2 paddles and a 1x550Wp Solar Microinverter saves 13.9%; 3) A 0.5 HP aerator with 2 paddles and a 350Wp Solar Microinverter saves 20.0%. Savings are calculated under continuous 24-hour operation for one year.

Keywords: Solar Panel, Pond, Aerator, Microinverter, Energy

### I. PENDAHULUAN

Oksigen terlarut sangat penting dalam budidaya udang, mempengaruhi pertumbuhan dan keseimbangan perairan budidaya [1-2]. Aerator paddle wheel masih menjadi solusi utama untuk meningkatkan oksigen terlarut di tambak udang [3]. Kincir air berfungsi memproduksi oksigen melalui difusi akibat kontak antara udara dan permukaan air yang terkena arus vertikal dari baling-baling kincir, meningkatkan kadar oksigen di air budidaya udang [4-5].

Kincir air berdaya 2 HP dapat memproduksi oksigen terlarut dalam kisaran 0.18-1.21 mgO2/L/jam [6-8]. Efisiensi produksi oksigen dipengaruhi oleh faktor fisik, kimia, dan biologis di perairan tambak [9], dan ini berpotensi meningkatkan biaya listrik operasional tambak, yang mencapai 15% dari total biaya produksi budidaya [10-

12]. Aerator beroperasi terus-menerus, menyebabkan konsumsi listrik tinggi dan emisi karbon [13-17].

Untuk mengatasi masalah ini, desain Aerator dengan sumber listrik tenaga surya menggunakan Solar Microinverter, yang dapat beroperasi bersama listrik grid tanpa memerlukan baterai, mengurangi biaya investasi awal [18-22]. Langkah-langkah desain meliputi menentukan luas panel surya, menghitung kebutuhan energi Aerator, dan menganalisis radiasi serta suhu matahari untuk memaksimalkan energi panel surya. Sistem ini bertujuan mengurangi ketergantungan pada listrik grid dan biaya operasional.

#### II. STUDI PUSTAKA

## A. Aerator Paddle Wheel

Aerator paddle wheel adalah perangkat penting dalam budidaya udang dan ikan yang berfungsi untuk meningkatkan sirkulasi air dan oksigenasi di tambak. Prinsip kerja aerator paddle wheel melibatkan penggunaan roda dengan bilah yang berputar untuk mengaduk air dan memfasilitasi pertukaran gas antara air dan atmosfer [23].

Desain aerator paddle wheel sering dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti ukuran tambak, kedalaman air, dan kebutuhan oksigenasi. Penelitian [24] menunjukkan bahwa efisiensi aerasi dapat ditingkatkan dengan mengoptimalkan sudut bilah dan kecepatan putar roda.

Material yang digunakan dalam konstruksi aerator paddle wheel biasanya termasuk plastik tahan korosi dan logam tahan karat. Kajian [25] membahas pengaruh pemilihan material terhadap umur pakai dan efektivitas aerasi, menyarankan penggunaan material yang lebih tahan lama untuk kondisi tambak yang agresif.

## B. Energi Solar dan Microinverter

Energi solar merupakan sumber energi terbarukan yang ideal untuk aplikasi akuakultur karena dapat mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan. Menurut [26], penerapan panel surya dalam sistem akuakultur telah menunjukkan potensi pengurangan emisi karbon dan biaya listrik.

Microinverter adalah perangkat yang mengubah energi DC dari panel surya menjadi energi AC yang dapat digunakan oleh peralatan listrik. Sifat microinverter yang mampu mengoptimalkan produksi energi dari masingmasing panel solar membuatnya sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan distribusi energi yang konsisten dan efisien [27]

#### III. METODE

Metode penerapan Solar Microinverter pada panel surva untuk motor penggerak Aerator paddle wheel bertujuan memaksimalkan penggunaan energi gratis dan ramah lingkungan, serta menjadi opsi ekonomis karena tidak memerlukan baterai. Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan: 1) Survei lokasi untuk mengidentifikasi jenis Aerator yang digunakan dalam budidaya udang vaname; 2) Pengambilan data lapangan untuk mengukur suhu dan iradiasi matahari di tambak, guna menentukan potensi energi dan penghematan yang dapat dihasilkan oleh Solar Microinverter; 3) Desain Aerator dengan Microinverter untuk perencanaan implementasi pada tambak udang; 4) Uji coba laboratorium untuk menguji fungsi prototipe Solar Microinverter dengan sumber input DC dari power supply sebagai pengganti panel surya, menggunakan motor serupa dengan yang ada di tambak; 5) Uji coba lapangan dengan mesin Aerator yang sudah digunakan di tambak; 6) Analisis penghematan untuk mengevaluasi potensi penghematan dari penggunaan Solar Microinverter pada Aerator paddle wheel saat ini.

#### A. Survei Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di Tambak Instalasi Budidaya Air Payau (IBAP), Banjar Kemuning, Kab. Sidoarjo, dikelola oleh Dinas Kelautan dan Perikanan, Pemerintah Provinsi Jawa Timur, dengan koordinat 7°22'53"S 112°48'30"E. Survei lokasi bertujuan mengumpulkan informasi teknis mengenai penggunaan —



Gambar 1. Lokasi survei IBAP Banjar Kemuning

Tabel 1. Spesifikasi Aerator tambak kapasitas 0,5HP

Model	YCD-0.35	YCD-0.75	YCD-1,5	
Impeller (mm) /paddle	200x650 /	200x650 /	200x650 /	
(PC)	2	2	4	
Phase	1	1	1	
Motor power (kW/HP)	0,35/0,5	0,75/1	1,5/2	
Voltage (VAC)	220	220	220	
Working area (ACRE)	1-5	1-5	1-5	
Power Efficiecy (kg/kw.H)	>1.25	>1.25	>1.25	
Aeration cap (kg/H)	> 1.9	> 1.9	> 1.9	
Dimension (mm)	1630x1470 x340	1630x1470 x340	1630x1470 x340	

Aerator dalam budidaya udang vaname dan memahami pola penggunaannya di tambak. Data dari survei ini akan mendasari desain penelitian. Di IBAP, terdapat tiga jenis Aerator dengan kapasitas daya dan jumlah kincir berbeda, yang dioperasikan terus-menerus selama 24 jam. Penggunaan masing-masing Aerator disesuaikan dengan luas area tambak dan kebutuhan oksigen bibit udang. Hasil survei mencakup spesifikasi, jumlah, dan jenis Aerator yang digunakan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 2.

# B. Pengambilan Data

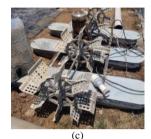
Pengumpulan data ini berfokus pada aspek kelistrikan Aerator, termasuk daya beban untuk menghitung konsumsi energi listrik saat beroperasi. Data beban melibatkan pengukuran arus dan tegangan pada setiap Aerator yang aktif. Penggunaan Aerator di setiap segmen tambak tergantung pada jumlah benih udang dan tahap pertumbuhannya, yang memengaruhi kebutuhan oksigen terlarut.

Di tambak IBAP, selama fase pertumbuhan benih udang vaname usia 1-2 bulan, digunakan dua unit Aerator 1 HP dengan 2 roda per unit. Pada fase usia 3-4 bulan, tambahan dua unit Aerator 2 HP dengan 4 roda per unit digunakan. Pengukuran dilakukan selama 5 jam dengan interval 5 menit, menghasilkan 60 data pengukuran untuk tegangan dan arus.

Mengetahui nilai rata-rata tegangan dan arus memungkinkan penentuan daya maksimum Aerator, yang penting untuk membatasi kapasitas daya panel surya yang akan diinstal. Desain panel surya harus mempertimbangkan daya puncak Aerator agar energi yang-







Gambar 2. Tipe *Aerator* di tambak sesuai kapasitas. (a) 0,5HP, (b) 1HP, (c) 2HP

dihasilkan dapat digunakan secara efisien tanpa pemborosan.

Data iradiasi matahari dan suhu di area tambak juga penting. Iradiasi matahari menentukan potensi energi panel surya, sedangkan suhu mempengaruhi efisiensi panel. Informasi ini membantu merancang sistem Solar Microinverter yang optimal, memaksimalkan pemanfaatan energi matahari sambil mempertimbangkan variabilitas suhu. Data iradiasi dan suhu sesuai titik koordinat tambak IBAP ditunjukkan pada Tabel 3-4.

Pengambilan data GHI dan temperatur menggunakan 3 sumber meteo yang berbeda untuk mendapatkan akurasi yang baik. Penelitian ini menggunakan data selama satu tahun untuk menghitung nilai rata-rata bulanan, tujuannya adalah untuk menghindari terjadinya fluktuasi cuaca yang terjadi selama musim hujan dan kemarau. Data iradiasi dan temperatur akan digunakan untuk melakukan perhitungan potensi energi dari *Solar Microinverter* dengan kapasitas panel surya yang berbeda.

# C. Aerator Dengan Solar Microinverter

## 1. Desain Aerator paddle wheel dengan panel surya

Dalam penelitian ini, kapasitas panel surya diperhitungkan berdasarkan daya beban Aerator, memastikan bahwa energi yang dihasilkan sepenuhnya digunakan oleh Aerator tanpa membuang daya ke jaringan listrik. Penataan panel surya pada Aerator juga mempertimbangkan dimensi panel untuk menjaga keseimbangan, terutama saat menambah beban. Gambar 3 menunjukkan konfigurasi panel surya pada desain Aerator.

Panel surya menyerap energi matahari yang kemudian dialirkan ke Microinverter sebelum disuplai ke Aerator. Perangkat pemantauan dan pengumpulan data digunakan untuk memonitor daya, tegangan, arus, dan energi dari Solar Microinverter dan listrik umum, mengungkapkan informasi penghematan yang dicapai.

Tabel 5 menunjukkan desain Solar Microinverter untuk berbagai Aerator di tambak IBAP, dengan tipe Aerator 0,5 HP, 1 HP, dan 2 HP. Untuk Aerator 2 HP, digunakan dua panel surya 550 Wp, total 1100 Wp, sesuai dengan kapasitas

operasi 1500 W. Aerator 1 HP menggunakan panel 550 Wp, sedangkan Aerator 0,5 HP memakai panel-

Tabel 3. Data Global Horizontal Irradiation selama setahun

Sumber data	Meteonorm	NASA- SSE	PVGIS	Rata- rata
Bulan	GHI [kWh/m²]			
January	159,2	147,9	151,2	152,8
February	146,4	135	149,9	143,8
March	154,8	153,1	154,6	154,2
April	162,7	149,4	138,1	150,1
May	160	152,5	136,1	149,5
June	155,5	141,9	163,3	153,6
July	165,2	155,9	171,8	164,3
August	175,6	171,7	206,1	184,5
September	179,9	181,5	158,3	173,2
October	194,9	184,1	224,4	201,1
November	169,8	159	206,6	178,5
December	166,5	154,7	129,6	150,3
Total	1990,5	1886,8	1990,2	1955,8

Tabel 4. Data Temperatur bulanan selama setahun

Sumber Data	Meteonorm	NASA- SSE	PVGIS	Average
Bulan	GHI [kWh/m²]			
January	27,5	25,2	27,3	26,7
February	27,3	25,2	28,2	26,9
KinserMarch	27,7	25,4	27,5	26,9
April	28	25,4	28,4	27,3
May	28,6	25,1	28,5	27,4
June	27,5	24,5	28	26,7
July	27,4	24,2	27,9	26,5
August	27,4	24,6	27,4	26,5
September	27,9	25,3	28,4	27,2
October	29,1	25,8	29,3	28,1
November	28,7	25,5	30,3	28,2
December	28,1	25,2	28,1	27,1
Total	27,9	25,1	28,3	27,1

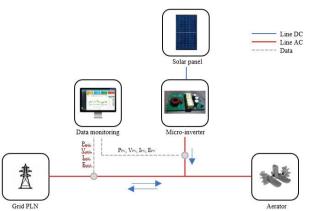
Tabel 5. Konfigurasi desain solar microinverter

No	Deskripsi	Aerator 2 HP	Aerator 1 HP	Aerator 0,5 HP
1	Kapasitas PV (Wp)	2 x 550	1 x 550	1 x 350
2	Efisiensi PV (%)	21,5	21,5	20,0
3	Dimensi (m)	2 x (2,26 x 1,13)	1 x (2,26 x 1,13)	1 x (1,54 x 1,13)
4	Luas PV area (m²)	5,12	2,55	1,74
5	Microinverter (Watt)	1200	600	500
6	Bobot (kg)	56,4	28,2	25,8
7	Bobot + Mounting (kg)	61,4	32,2	29,2

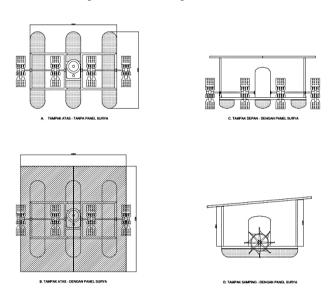
350 Wp untuk menghindari kelebihan energi. Desain Aerator paddle wheel 2 HP dengan dua panel surya 550 Wp ditunjukkan pada Gambar 4.

## 2. Desain solar microinverter

Solar Microinverter adalah perangkat pengendali yang berfungsi mengubah energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya menjadi energi listrik bolak-balik yang dapat segera digunakan oleh beban. Solar Microinverter merupakan bagian dari tipe inverter grid tie, sehingga memerlukan pasokan listrik dari grid agar dapat-



Gambar 3. Diagram alir Aerator dengan Solar Microinverter

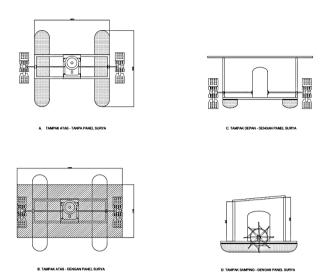


Gambar 4. Desain *Aerator paddle wheel* 2 HP dengan panel surya kapasitas 2x550Wp

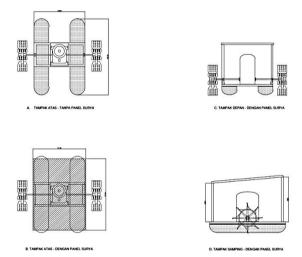
beroperasi. Daya keluaran dari *Microinverter* dapat disesuaikan dengan daya yang disediakan oleh *grid* memungkinkan *Microinverter* untuk bekerja secara bersamaan dengan *grid* dalam menyediakan listrik ke beban.

Implementasi *Microinverter* dapat ditempatkan langsung di bawah panel surya (PV), sehingga sangat cocok untuk digunakan pada aplikasi seperti *Aerator* tambak udang, di mana daya yang dihasilkan oleh panel surya tidak besar.

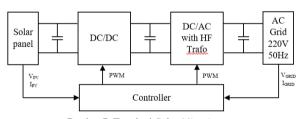
Gambar 7 menunjukkan topologi umum dari *Solar Microinverter* yang banyak digunakan saat ini, topologi ini menggunakan sistem 2 tahap (2-stage), Tahap pertama adalah konverter DC/DC yang digunakan untuk mencapai titik daya maksimum (MPP). Kemudian, tegangan keluaran dari konverter DC/DC ditingkatkan menjadi tingkat yang lebih tinggi melalui penggunaan transformator frekuensi tinggi. Tahap kedua dari inverter adalah konverter DC/AC, yang menghubungkan tegangan keluaran ke *grid* utilitas. Isolasi dihasilkan melalui transformator frekuensi tinggi dalam konverter DC/DC.



Gambar 5. Desain *Aerator paddle wheel* 1 HP dengan panel surya kapasitas 550Wp

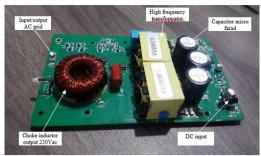


Gambar 6. Desain *Aerator paddle wheel* 0,5 HP dengan panel surya kapasitas 350Wp



Gambar 7. Topologi Solar Microinverter

Panel surya pada penelitian ini berfungsi untuk menyerap energi matahari dan menghasilkan listrik DC, kemudian diteruskan ke *Microinverter* untuk di konversi menjadi listrik AC. *Microinverter* menghasilkan output listri AC yang dapat langsung digunakan oleh beban (*Aerator*), namun karena merupakan jenis inverter *grid tie* memerlukan *grid* dari PLN untuk menyalakan *Microinverter* agar dapat melakukan konversi listrik dari panel surya. *Microinverter* bekerja secara bersamaan dengan *grid* untuk menyuplai listrik beban, *grid* memberikan kekurangan daya yang dihasilkan oleh panel surya untuk menyuplai beban, pada kondisi daya dari panel surya melebihi daya yang digunakan beban, kelebihan daya akan dikirim ke jala-jala melalui jalur *grid*.



Gambar 8. Modul Solar Microinverter



Gambar 9. Uji coba modul Solar Microinverter di laboratorium

Pada desain *Aerator* dengan *Solar Microinverter* ini, daya panel surya didesain lebih kecil dari kapasitas motor dari *Aerator* sehingga tidak terjadi kondisi arah aliran daya listrik panel surya menuju *grid*. Gambar 8 menunjukkan rancangan modul *Microinverter* untuk di implementasikan pada *Aerator paddle wheel* dengan *Solar Microinverter*.

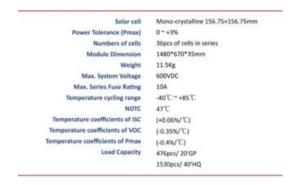
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

# A. Pengujian Solar Microinverter Di Laboratorium

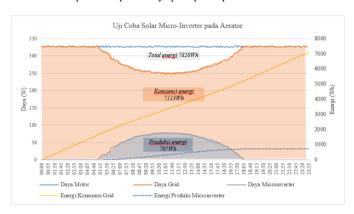
Pengujian di laboratorium untuk memastikan *Solar Microinverter* bekerja dengan baik sebelum dilakukan uji coba dengan *Aerator* tambak. Uji coba dilakukan di Laboratorium Konversi Energi, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan. Adapun konfigurasi uji dari penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Hasil uji coba *Solar* micro inverter dengan beberapa variasi percobaan adalah sebagai berikut 1) motor beroperasi tanpa adanya *Solar Microinverter*, 2) motor beroperasi dengan *Microinverter* 90W, 3) motor beroperasi dengan daya *Microinverter* naik secara bertingkat 30W, 60W, 90W.

Dari hasil uji coba yang terGambar pada Gambar 10, percobaan motor berjalan tanpa beban menunjukkan adanya daya rata-rata sebesar 210W. Penting untuk dicatat bahwa daya ini sepenuhnya disediakan oleh daya *grid*. Hal ini dapat diamati dari grafik daya *grid* yang menunjukkan nilai yang sebanding dengan daya beban motor.



Gambar 14. Spesifikasi panel surya pada prototipe Solar Microinverter



Gambar 15. Grafik pengujian Solar Microinverter dengan Aerator 0,5 HP

Kemudian, pada Gambar 11, uji coba menggunakan *Solar Microinverter* dengan daya input power supply sebesar 90W (ditampilkan dalam garis warna abu-abu). Pada grafik, terlihat bahwa daya *grid* mengalami penurunan suplai daya ke beban motor menjadi 120W. Perubahan ini disebabkan oleh adanya suplai daya dari dua sumber secara simultan, yaitu daya *grid* sebesar 120W dan daya dari *Microinverter* sebesar 90W, sehingga total daya beban mencapai 210W.

Pada tahap eksperimen berikutnya, dilakukan variasi daya input pada power supply, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 12. Percobaan ini terbagi menjadi tiga periode waktu yang berbeda. Pertama, dalam rentang waktu 1-10 menit, daya yang disuplai dari power supply diatur pada 30W. Hasil grafik menunjukkan bahwa ada penurunan pada daya *grid* dari 210W menjadi 180W. Kemudian, pada rentang waktu 11-20 menit, daya dari power supply ditingkatkan menjadi 60W. Perubahan ini mengakibatkan penurunan lebih lanjut pada daya dari *grid*, yang turun menjadi 150W. Selanjutnya, pada rentang waktu 21-30 menit, terjadi peningkatan pada sisi input DC/power supply hingga 90W.

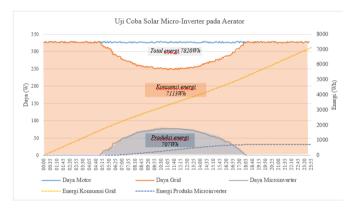
Dampak dari peningkatan ini terlihat pada grafik daya *grid* yang kembali menurun menjadi 120W. Dalam rangkaian percobaan ini, variasi daya input pada power-



Gambar 13. Konfigurasi sistem uji coba Solar Microinverter di tambak



Gambar 14. Spesifikasi panel surya pada prototipe Solar Microinverter



Gambar 15. Grafik pengujian Solar Microinverter dengan Aerator 0,5 HP

supply menyebabkan perubahan yang terlihat pada daya yang diterima oleh *grid*, memberikan pemahaman mendalam mengenai respons sistem terhadap perubahan daya yang disuplai olah *Microinverter*.

# B. Pengujian Solar Microinverter Di Tambak Ibap Banjar Kemuning

Prototipe Solar Microinverter diuji secara praktis di lingkungan tambak untuk melakukan pengukuran langsung terhadap daya yang dihasilkan oleh Solar Microinverter, sejalan dengan tingkat iradiasi matahari dan suhu di area tambak. Lokasi uji coba tambak yang digunakan adalah Tambak Instalasi Budidaya Air Payau (IBAP) Banjar Kemuning, Kabupaten Sidoarjo.

Dalam mendukung pengujian, *Aerator* yang digunakan merupakan tipe *Aerator* paddle wheel dengan kapasitas 0,5 HP. Spesifikasi yang terperinci terdapat pada Tabel 1 yang mencakup informasi tentang ukuran, daya, efisiensi, dan fitur lain dari *Aerator* ini. Sementara itu, panel surya yang menjadi subjek uji coba adalah panel surya jenis monokristaline dengan kapasitas sebesar 150Wp dan

efisiensi modul sekitar 15,1%. Rincian spesifikasi lengkap panel surya ini dapat ditemukan pada Gambar 14.

Konfigurasi yang digunakan dalam pengujian ini terperinci pada Gambar 13. Input sumber listrik dari jala-jala dilengkapi dengan pengukur daya konvensional, berperan sebagai alat validasi dalam pengukuran data oleh perangkat akuisisi data.

Dalam uji coba ini, terdapat dua perangkat akuisisi data yang digunakan. Pertama, data akuisisi dari *grid* berfungsi untuk merekam daya yang mengalir dari *grid* menuju beban. Kedua, data akuisisi dari *Microinverter* bertugas merekam daya listrik dari *Microinverter* ke arah beban. Penggunaan kedua jenis data ini ditujukan untuk mengobservasi dan mengukur respons *Solar Microinverter* terhadap kondisi lingkungan di lokasi Tambak Instalasi Budidaya Air Payau (IBAP). Hal ini memberikan Gambar an yang terinci mengenai kinerja *Solar Microinverter* dalam situasi praktis yang sesuai dengan lingkungan yang sebenarnya.

Hasil uji coba ditampilkan dalam Gambar 15. Aerator beroperasi tanpa henti selama 24 jam dengan daya konstan sebesar 325W. Pada pukul 05.15 WIB, panel surya menerima radiasi matahari yang sangat rendah, menghasilkan energi yang sangat sedikit. Pada kurva daya Microinverter, terlihat bahwa produksi daya terus meningkat hingga mencapai puncak pada pukul 11.30-12.00 WIB. Peningkatan daya ini dipengaruhi oleh peningkatan iradiasi matahari dan suhu yang diterima oleh panel surya.

Daya yang dihasilkan oleh Solar Microinverter kemudian langsung digunakan oleh beban motor Aerator, yang terlihat pada kurva daya grid mengalami penurunan seiring dengan masuknya daya dari Microinverter. Penurunan dalam penggunaan daya dari grid tentu menghasilkan penghematan dalam penggunaan Aerator paddle wheel ini. Selama periode pengujian selama 24 jam, Solar Microinverter menghasilkan energi sebesar 707 Wh yang seluruhnya langsung digunakan oleh beban motor Aerator.

Sementara total penggunaan energi *Aerator* adalah 7820 Wh, yang berarti bahwa *Solar Microinverter* telah memberikan penghematan sekitar 9% dari total penggunaan energi. Nilai penghematan ini tentu dapat meningkat jika kapasitas panel surya yang terpasang semakin besar.

### C. Analisa Penghematan Solar Microinverter

Perhitungan dan analisa penghematan dari *Solar Microinverter* ini dilakukan pada tiap tiap varian desain pada Gambar 4-6. Perhitungan penghematan dilakukan selama periode 1 tahun dengan menggunakan data GHI pada Tabel 3.

Potensi energi yang diserap panel surya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$E_{PV} = GHI x PV_{area} x \eta_{PV} x \eta_{out. \dots (1)}$$

Keterangan:

 $\begin{array}{lll} E_{PV} & : Energi \ yang \ dihasilkan \ panel \ surya \ (kWh) \\ GHI & : \ Jumlah \ radiasi \ matahari \ di \ permukaan \end{array}$ 

horizontal (kWh/m²/year) : Luas area panel surya (m²)

PV<sub>area</sub> : Luas area panel n<sub>PV</sub> : Efisiensi modul

 $\eta_{out}$  : Secara umum rugi-rugi (PV $_{out}$ ) adalah sebesar 75 –80% dari GHI

Berdasarkan desain *Aerator* yang telah dibuat terdapat 2 panel surya dengan kapasitas berbeda yang digunakan, penentukan spesifikasi panel surya menghasilkan potensi penghematan yang berbeda pula ini dikarenakan tiap panel surya mempunya efisiensi modul yang berbeda. Spesifikasi panel surya yang digunakan dalam desain ditunjukkan pada Tabel 6.

Ditunjukkan pada Gambar 16, dengan menggunakan panel surya kapasitas 550Wp sebanyak 2 unit diterapkan pada Aerator dengan motor kapasitas 2 Hp, total kapasitas panel surva sebesar 73% dari daya Aerator. Dengan Solar Microinverter konfigruasi tersebut, memberikan penghematan 11-15% dari total penggunaan energi listrik motor dari grid. Terlihat pada kurva pada Gambar bahwa Puncak daya Microinverter yakni 580W dengan demikian daya yang dihasilkan oleh panel surya tidak terekspor ke sisi grid, sehingga energi yang dihasilkan oleh Solar Microinverter sepenuhnya menjadi penghematan dari Aerator. Pengurangan penggunaan energi dari grid dapat diamati seiring dengan produksi daya yang dihasilkan oleh Microinverter. Dalam rentang waktu dari jam 05.00 hingga 17.30, terlihat adanya penurunan penggunaan daya dari grid. Secara total, produksi energi listrik dari Microinverter selama 24 jam mencapai sekitar 5200Wh.

Penurunan dan kenaikan produksi energi dari *Solar Microinverter* sepanjang tahun cenderung dipengaruhi oleh perubahan musiman yang mencakup berbagai faktor seperti variasi cuaca, durasi cahaya matahari, dan aspek lingkungan lainnya. Analisis hasil perhitungan menunjukkan bahwa produksi energi dari *Solar Microinverter* mencapai puncak tertinggi pada bulan Oktober, yang menunjukkan potensi penghematan sebesar 18%. Sebaliknya, produksi energi terendah terjadi pada bulan Februari, dengan tingkat potensi penghematan sebesar 11%.

Perbedaan ini mengGambar kan fluktuasi yang terjadi sepanjang tahun dalam hal produksi energi dari *Solar Microinverter*. Bulan-bulan dengan tingkat cahaya matahari dan kondisi cuaca yang lebih baik cenderung memberikan hasil produksi energi yang lebih tinggi, sementara bulan dengan kondisi cuaca yang kurang menguntungkan menyebabkan penurunan produksi energi. Analisis ini penting untuk memahami variabilitas dalam produksi energi dan membantu dalam perencanaan penggunaan energi yang lebih efisien sepanjang tahun.

Pada Gambar 17, terlihat adanya pola penghematan yang serupa dengan Gambar 16. Dengan menggunakan satu unit panel surya 550Wp atau sekitar 73% dari kapasitas daya Aerator, tercapai penghematan penggunaan energi listrik dari grid sebesar 11-15%. Hal ini terindikasi dari produksi listrik yang dihasilkan oleh Solar Microinverter, terlihat dari garis daya Microinverter (berwarna biru), yang beriringan dengan penurunan penggunaan daya dari grid (garis berwarna abu-abu). Total produksi energi harian oleh Microinverter mencapai 2600 Wh, yang merupakan jumlah energi yang langsung mengurangi penggunaan energi dari grid oleh Aerator.

Hasil simulasi pada Gambar 18 menampilkan penggunaan daya penggerak *Aerator* sebesar 0,5Hp atau 372W dengan konfigurasi panel surya berkapasitas 350 Wp,

setara dengan sekitar 94% dari daya Aerator. Terlihat daya yang dihasilkan oleh Microinverter lebih efektif dalam mengurangi ketergantungan pada daya grid untuk Aerator. Solar Microinverter mampu memberikan penghematan sekitar 25%, disebabkan oleh penggunaan kapasitas panel surya yang lebih besar pada motor Aerator 0,5HP. Namun, jika diamati lebih lanjut, daya yang dihasilkan oleh panel surva 350Wp hanya mencapai daya puncak sebesar 180Wp. setara dengan sekitar 52% dari daya puncak yang tercantum dalam spesifikasi. Kondisi ini disebabkan oleh fakta bahwa daya puncak panel surya hanya dapat tercapai saat terpenuhi Standar Test Condition dengan iradiasi 1000W/m2 dan suhu permukaan panel surya 25°C. Hasil simulasi ini menunjukkan produksi energi tertinggi ada pada bulan oktober dengan penghematan mencapai 25%, sedangkat produksi energi terendah terjadi pada bulan februari dan April vaitu sekitar 19%. Perbandingan data penghematan pada setiap desain Aerator berdasarkan kapasitas panel surya yang digunakan dalam periode tahunan tercantum dalam Tabel 7.

#### V. KESIMPULAN

Solar Microinverter memberikan penghematan yang efektif pada aplikasi Aerator tambak udang dengan menggunakan daya yang kontinyu untuk motor Aerator, memungkinkan energi yang dihasilkan oleh Solar Microinverter digunakan sepenuhnya oleh Aerator. Semakin besar daya yang dipasang pada panel surya, semakin besar pula penghematan penggunaan energi Aerator dari grid. Namun, penting untuk memperhatikan bahwa kapasitas panel surya harus lebih rendah daripada daya kontinyu motor Aerator untuk menghindari kelebihan daya yang dapat menyebabkan pemborosan energi yang dihasilkan oleh Microinverter.

Daya yang dihasilkan oleh panel surya hanya mencapai sekitar 52% dari kapasitas puncak panel surya karena dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti iradiasi dan suhu pada lokasi instalasi *Solar Microinverter*. Perlu dilakukan desain dengan memodifikasi penampang *Aerator* sehingga penghematan dari *Solar Microinverter* bisa lebih maksimal.

# REFERENSI

- [1] Ariadi, H., Wafi, A., Supriatna. Water Quality Relationship with FCR Value in Intensive Shrimp Culture of Vannamei (Litopenaeus vannamei). Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan. 2020; Vol. 11 No. 1, DOI:10.35316/jsapi.v11i1.653
- [2] Qin Ren, Long Zhang, Yaoguang Wei, Daoliang Li, A method for predicting dissolved oxygen in aquaculture water in an aquaponics system, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 151, 2018, Pages 384-391, ISSN 0168-1699, https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.06.013.
- [3] Ariadi, H., Wafi, A., Mahmudi, M., Fadjar, M. Tingkat Transfer Oksigen Kincir Air Selama Periode Blind Feeding Budidaya Intensif Udang Putih (Litopenaeus vannamei). Journal of Fisheries and Marine Research. 2020. 4(1), 7-15, DOI:10.21776/ub.jfmr.2020.004.01.2
- [4] Lailiyah, U.S., S. Rahardjo. M.G.E. Kristiany. dan M. Mulyono. 2018. Produktivitas budidaya udang vaname (Litopenaeus vannamei) tambak superintensif di PT. Dewi Laut aquaculture Kabupaten Garut Provinsi Jawa Barat. JKPT(01): 1-11, DOI:10.15578/jkpt.v1i1.7211
- [5] Ariadi, H., Wafi, A., Supriatna., Musa, M. Tingkat Difusi Oksigen Selama Perode Blind Feeding Budidaya Intensif Udang Vaname (Litopenaeus vannamei). Rekayasa. 2021; 14(2); 152-158. DOI:10.21107/rekayasa.v14i2.10737
- 6] Wafi, A., Ariadi, H. Estimasi Daya Listrik Untuk Produksi Oksigen Oleh Kincir Air Selama Periode "Blind Feeding" Budidaya Udang

- Vaname (Litopenaeus Vannamei). Rekayasa. 2022; 18(1). DOI: https://doi.org/10.14710/ijfst.18.1.19-35
- [7] Itano, T., Inagaki, T, Nakamura, C., Hashimoto, R., Negoro, N., Hyodo, J., Honda, S. Water circulation induced by mechanical Aerators in a rectangular vessel for shrimp aquaculture. Aquacultural Engineering. 2019; 85; 106-113, DOI: https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.03.006
- [8] Abdel rahman, H.A., and Boyd, C.E. Effects of mechanical aeration on evaporation rate and water temperature in aquaculture ponds. Aquaculture Research. 2018; 49; 2184-2192 p., https://doi.org/10.1111/are.13674
- [9] Boyd, Claude E., Eugene L. Torrans, and Craig S. Tucker. "Dissolved oxygen and aeration in ictalurid catfish aquaculture." Journal of the World Aquaculture Society. 2018; 49(1); 7-70. https://doi.org/10.1111/jwas.12469
- [10] Sarma, K., Rahman, A., & Dey, A. (2018). Impact of Solar Operated Aerator on Dissolved Oxygen and Fish Growth. 21(2), 1041–1046.
- [11] N. Amir, A. Errami and L. Seung-Woo, "Technical, Economical, Environmental feasibility of Solar PV System for Sustainable Shrimp Aquaculture: A Case Study of a Circular Shrimp Pond in Indonesia," 2022 IEEE 8th Information Technology International Seminar (ITIS), Surabaya, Indonesia, 2022, pp. 102-107, doi: 10.1109/ITIS57155.2022.10010264.
- [12] N. T. Nguyen and R. Matsuhashi, "An Optimal Design on Sustainable Energy Systems for Shrimp Farms," in IEEE Access, vol. 7, pp. 165543-165558, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2952923.
- [13] Ramadhan., Cahyo, M.D. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Kolam Budidaya di Daerah Sentono Menggunakan Software Pvsyst. JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro), 2021; 6(2); 18-30, DOI: http://doi.org/10.25273/jupiter.v6i2.10519
- [14] I. Ferdiansyah et al., "Application of Interleaved Bidirectional Converter on Pond Aerators with Electricity Sources from Solar Panels," 2019 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS), Batam, Indonesia, 2019, pp. 107-111, doi: 10.1109/ICECOS47637.2019.8984429.
- [15] N. T. Nguyen and R. Matsuhashi, "An Optimal Design on Sustainable Energy Systems for Shrimp Farms," in IEEE Access, vol. 7, pp. 165543-165558, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2952923.
- [16] Bosman, O. Soesilo, Tri Budi. Rahardjo, Sinung. Pollution index and economic value of vannamei shrimp (litopenaeus vannamei) farming in Indonesia, IAJ, 2021; 16(1). DOI: http://dx.doi.org/10.15578/iaj.16.1.2021.51-60
- [17] Dewantara, Belly Yan. Perancangan perahu nelayan ramah lingkungan menggunakan motor listrik bertenaga surya. Cyclotron. 2019; 2(1). DOI:10.30651/cl.v2i1.2530
- [18] J. Yuan, F. Blaabjerg, Y. Yang, A. Sangwongwanich and Y. Shen, "An Overview of Photovoltaic Microinverters: Topology, Efficiency, and Reliability," 2019 IEEE 13th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG), Sonderborg, Denmark, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/CPE.2019.8862334.
- [19] L. Palma and B. Tapia, "Double Boost Microinverter for On-Grid PV Applications," 2022 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), Sorrento, Italy, 2022, pp. 896-900, doi: 10.1109/SPEEDAM53979.2022.9842157.
- [20] Diah, Iradiratu., Dewantara, Belly Yan. Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik untuk Penggerak Perahu Nelayan Bertenaga Surya. Cyclotron. 2020; 3(1). DOI:10.30651/cl.v3i1.4305
- [21] I. Jawad Hashim, "A New Renewable Energy Index," 2021 6th International Conference on Renewable Energy: Generation and Applications (ICREGA), Al Ain, United Arab Emirates, 2021, pp. 229-232, doi: 10.1109/ICREGA50506.2021.9388297.
- [22] M. Mulyadi and A. M. Shiddiq Yunus, "Application of Hybrid Solar and Wind Energy Generation for Paddle Wheel Aerator", IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 619, no. 1, 2019, DOI 10.1088/1757-899X/619/1/012033.

- [23] Nugroho, P. N. A., et al. "Optimization of paddle wheel aeration, a preliminary study of integrated smart aquaculture system." *Journal* of *Physics: Conference Series*. Vol. 2117. No. 1. IOP Publishing, 2021.
- [24] Thakre, S. B., L. B. Bhuyar, and S. J. Deshmukh. "Effect of different configurations of mechanical aerators on oxygen transfer and aeration efficiency with respect to power consumption." *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering* 2.2 (2008): 100-108.
- [25] Kumar, Avinash, Sanjib Moulick, and Bimal Chandra Mal. "Selection of aerators for intensive aquacultural pond." *Aquacultural engineering* 56 (2013): 71-78.
- [26] Vo, Thi Thu Em, et al. "Overview of solar energy for aquaculture: The potential and future trends." *Energies* 14.21 (2021): 6923.
- [27] Sher, Hadeed Ahmed, and Khaled E. Addoweesh. "Microinverters—Promising solutions in solar photovoltaics." *Energy for* sustainable development 16.4 (2012): 389-400.