

Rancang Bangun dan Uji Kinerja *Light Trap* Berbasis PLTB untuk Pengendalian Hama Tanaman Padi

Muhammad Atok Sholakhudin^{a*}, Yanu Shalahuddin^b, Bagus Mitra Sujatmiko^c

Teknik Elektro, Universitas Islam Kadiri Kediri, Indonesia

^a muhatoksholakhudin@gmail.com

^b yanu@uniska-kediri.ac.id

^c bagusmitrasujatmiko@gmail.com

Kata Kunci :

PLTB, light trap, Savonius, energi terbarukan, pengendalian hama.

Wind power plant, light trap, Savonius, renewable energy, pest control.

ABSTRAK

Penelitian ini difokuskan pada perancangan serta pengujian prototipe perangkat cahaya (*light trap*) yang memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sebagai sumber energi, dengan tujuan mendukung metode pengendalian hama yang ramah lingkungan pada budidaya padi. Perangkat yang dikembangkan memadukan turbin angin tipe Savonius, generator arus searah (DC), serta lampu UV yang dioperasikan secara otomatis menggunakan digital timer. Uji lapangan dilaksanakan di area persawahan dengan pengukuran parameter kelistrikan dan pencatatan jumlah hama yang tertangkap. Berdasarkan hasil pengamatan, sistem mampu menghasilkan tegangan puncak 12,3 V dengan efisiensi konversi energi sebesar 27,14%. Lampu UV terbukti efektif memikat berbagai hama, termasuk wereng, kepik, dan ngengat, tanpa penggunaan pestisida kimia. Rancangan ini dinilai hemat energi, efisien, dan berpotensi diterapkan dalam konsep pertanian berkelanjutan.

This study focuses on the design and experimental testing of a light trap prototype powered by a Wind Power Plant (PLTB) as an environmentally friendly approach to pest control in rice cultivation. The developed device combines a Savonius-type wind turbine, a direct current (DC) generator, and UV lamps operated automatically through a digital timer. Field trials were conducted in paddy fields by measuring electrical parameters and recording the number of pests captured. The results indicated that the system was capable of generating a peak voltage of 12.3 V with an energy conversion efficiency of 27.14%. The UV lamps effectively attracted various types of pests, including planthoppers, stink bugs, and moths, without the use of chemical pesticides. This design is considered energy-efficient, cost-effective, and suitable for application in sustainable agriculture.

1. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraris yang perannya sangat penting dalam memenuhi kebutuhan pangan nasional, terutama melalui produksi padi sebagai komoditas utama. Sektor pertanian, khususnya subsektor tanaman pangan, tidak hanya menjadi penyokong utama ketahanan pangan, tetapi juga berkontribusi besar terhadap perekonomian masyarakat pedesaan. Berdasarkan laporan Dinas Pertanian Kabupaten Kediri (2023), luas areal tanam dan produktivitas padi tergolong tinggi, namun hasil panen seringkali tidak stabil akibat serangan hama tanaman.

Beberapa jenis hama, seperti *Nilaparvata lugens* (wereng batang cokelat), *Leptocorisa oratorius* (walang sangit), dan *Lepidoptera* (ngengat), menjadi faktor penghambat yang serius dalam proses produksi. Serangan hama-hama tersebut dapat menurunkan produktivitas tanaman secara signifikan, bahkan menyebabkan gagal panen bila tidak dikendalikan dengan baik. Praktik pengendalian hama yang banyak digunakan petani masih bergantung pada pestisida kimia. Meskipun memberikan hasil cepat dalam jangka pendek, penggunaan pestisida secara terus-menerus dapat menimbulkan berbagai persoalan jangka panjang, seperti pencemaran lingkungan, munculnya resistensi hama, terganggunya ekosistem alami, serta risiko kesehatan bagi manusia (Santosa et al., 2020). Kondisi ini menunjukkan perlunya alternatif teknologi pengendalian hama yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah penggunaan *light trap*, yaitu alat penangkap serangga yang bekerja dengan memanfaatkan pancaran cahaya ultraviolet (UV) untuk menarik serangga target (Setiawan, 2018). Metode ini dinilai lebih ramah lingkungan karena tidak melibatkan bahan kimia berbahaya dan mampu mengurangi populasi hama tertentu secara selektif. Namun, penerapan *light trap* di area pertanian terbuka menghadapi tantangan berupa kebutuhan sumber energi yang konstan dan dapat diandalkan, terutama untuk mendukung operasi pada malam hari.

Berbagai penelitian terdahulu telah merancang *light trap* berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk memenuhi kebutuhan energi secara mandiri (Fitriani & Hidayat, 2021). Akan tetapi, sistem ini masih menghadapi kendala teknis, seperti fluktuasi intensitas matahari dan kondisi cuaca mendung yang mengurangi kinerja panel surya, sehingga pasokan energi sering tidak stabil pada saat dibutuhkan (Kumar et al., 2020). Hal tersebut menjadi hambatan dalam menjamin keberlangsungan operasional alat secara optimal di lapangan.

Sebagai solusi, penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) menjadi alternatif yang potensial. Turbin angin tipe *Savonius* memiliki kelebihan dapat bekerja pada kecepatan angin rendah, tidak memerlukan arah angin yang tetap, serta strukturnya sederhana dan mudah diaplikasikan di lahan pertanian (Hossain et al., 2016; Putra, 2022). Karakteristik tersebut sesuai dengan kondisi lingkungan persawahan di Indonesia, yang umumnya memiliki arah angin tidak menentu dan kecepatan angin yang relatif rendah.

Dengan dasar pertimbangan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menguji sistem *light trap* berbasis PLTB yang mampu bekerja secara otomatis, efisien dalam penggunaan energi, dan ramah lingkungan. Sistem ini diharapkan dapat menjadi teknologi pengendalian hama yang inovatif dan berkelanjutan, sehingga dapat menunjang peningkatan produktivitas padi nasional tanpa ketergantungan terhadap pestisida kimia.

2. METODE

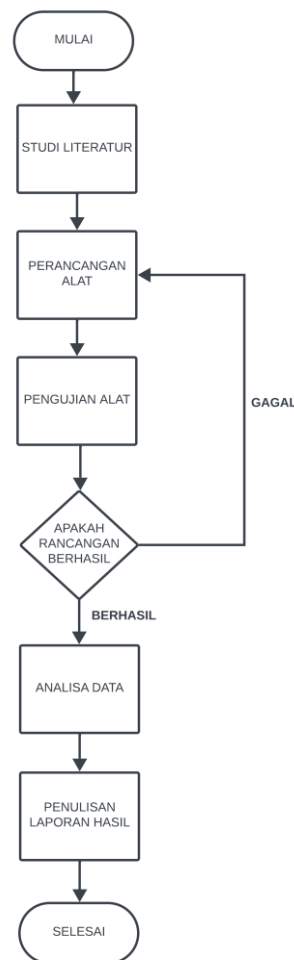
Jenis penelitian ini tergolong *engineering experimental research*, yaitu pendekatan penelitian berbasis rekayasa yang menekankan pada proses perancangan, pembuatan, serta pengujian suatu sistem atau prototipe secara langsung di lapangan (Creswell, 2014). Metode ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, yakni menghasilkan suatu alat pembasmi hama berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) yang tidak hanya berfungsi secara teoritis, tetapi juga dapat diuji kinerjanya secara nyata pada kondisi lingkungan pertanian. Dalam penelitian rekayasa, setiap tahapan dilakukan secara sistematis mulai dari perancangan sistem secara konseptual, perakitan komponen secara teknis, hingga pengujian fungsional prototipe.

Tahap perancangan diawali dengan pembuatan diagram blok sistem, penentuan spesifikasi komponen turbin Savonius, generator DC, rangkaian elektronik, dan lampu UV sebagai komponen utama *light trap*. Setiap komponen dipilih berdasarkan efisiensi energi, ketersediaan di lapangan, serta kemudahan integrasi. Tahap perakitan dilakukan dengan menyusun seluruh komponen menjadi satu sistem kerja terpadu, mencakup pemasangan turbin angin pada tiang setinggi 3 meter, penyambungan generator ke sistem pengisian baterai melalui *solar charge controller*, serta pengaturan waktu nyala lampu UV menggunakan *digital timer*.

Tahap pengujian dilaksanakan di area persawahan terbuka untuk mengevaluasi performa kelistrikan dan efektivitas alat dalam menarik serta menangkap hama. Pengujian dilakukan dalam kondisi lingkungan sebenarnya, dengan pengambilan data kecepatan angin, tegangan dan arus keluaran, serta jumlah hama yang terperangkap setiap malam. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menilai sejauh mana sistem PLTB mampu menyuplai daya listrik secara stabil dan mendukung operasi *light trap* dalam jangka waktu penggunaan yang ditentukan. Dengan metode ini, hasil penelitian tidak hanya memberikan rancangan teoretis, tetapi juga bukti empiris terkait kinerja alat di lapangan.

2.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1, yang memuat urutan kegiatan mulai dari studi awal hingga pelaporan hasil.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilaksanakan meliputi:

1. Studi Literatur: Mengumpulkan dan mempelajari sumber-sumber ilmiah yang membahas turbin angin tipe *Savonius* untuk PLTB, karakteristik generator DC, serta penerapan lampu *UV* dalam sistem *light trap* untuk pengendalian hama.
2. Perancangan Alat: Membuat rancangan turbin *Savonius* berukuran 50×34 cm yang dihubungkan dengan generator DC dan dipasang pada tiang setinggi 3 meter. Energi listrik yang dihasilkan disimpan pada baterai berkapasitas 12 V 10 Ah, kemudian digunakan sebagai sumber daya bagi lampu *UV* untuk menarik hama.
3. Pengujian Alat: Pelaksanaan pengujian dilakukan di area persawahan seluas 6×10 meter, mulai pukul 09.00 hingga 20.00 WIB dengan pencatatan data setiap 1 jam, guna memantau kestabilan kinerja sistem dan efektivitas penangkapan hama.
4. Analisis Data: Data yang diperoleh dari pengujian dianalisis untuk menilai performa *light trap* berbasis PLTB.

5. Pelaporan Hasil: Menyusun hasil penelitian secara komprehensif beserta kesimpulan dari seluruh rangkaian tahapan yang telah dilaksanakan.

2.2 Alat dan Bahan

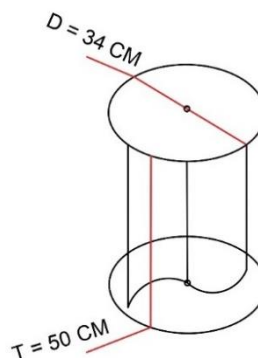
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

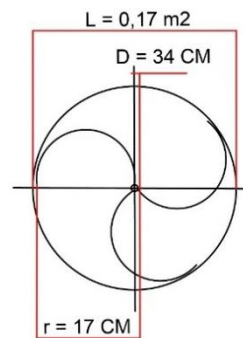
No	Nama
1	Turbin Angin <i>Savonius</i>
2	Generator <i>PMDC</i>
3	Baterai <i>Litium</i> 10Ah
4	<i>Elco</i> 4700uf
5	<i>Step Up</i> XL6009
6	Dioda <i>Schottky</i>
7	<i>Anemometer</i>
8	<i>Multimeter</i>
9	<i>Tachometer</i>
10	<i>Solar Charge Controller</i> 10A
11	Obeng +/-
12	Kunci Pas

2.3 Perancangan Turbin Angin

Rancangan turbin angin tipe *Savonius* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2 (tampak samping) dan Gambar 3 (tampak atas). Turbin ini memiliki tinggi 50 cm, diameter 34 cm, dan terbuat dari pipa *PVC*. Desainnya terdiri dari tiga bilah dengan susunan berlawanan yang membentuk profil menyerupai huruf “S”, khas model *Savonius* (Hossain et al., 2016). Pemilihan pipa *PVC* didasarkan pada sifatnya yang ringan, tahan korosi, mudah dibentuk, serta ekonomis namun tetap memiliki ketahanan yang baik terhadap kondisi cuaca. Hasil penelitian Siagian et al. (2022) juga menunjukkan bahwa turbin *Savonius* dengan dimensi kecil mampu menghasilkan daya hingga 2,43 W pada kecepatan angin rendah, sehingga mendukung relevansi pemilihan desain ini untuk aplikasi di area persawahan terbuka.



Gambar 2. Desain savonius tampak samping



Gambar 3. Desain savonius tampak atas

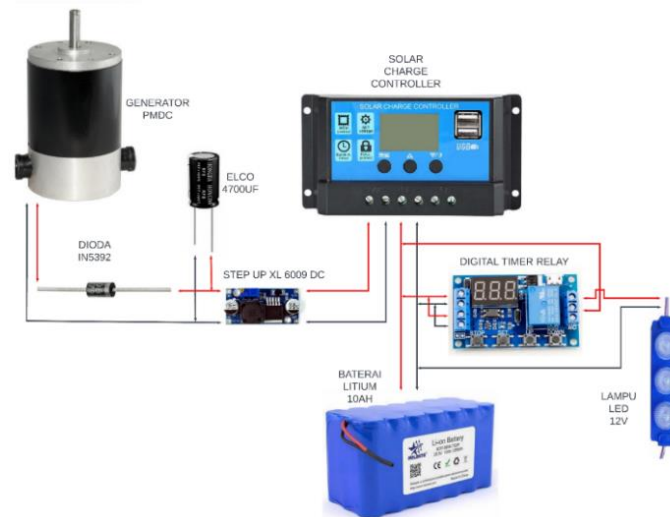
Spesifikasi teknis turbin angin tipe *Savonius* yang digunakan dalam penelitian ini dirangkum secara lengkap pada Tabel 2, yang memuat detail dimensi fisik, bahan penyusun, serta parameter desain yang berperan penting terhadap kinerja konversi energi angin menjadi energi listrik.

Tabel 2. Spesifikasi turbin angin savonius

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Diameter Turbin	0,34 m / 34 cm
2	Tinggi Turbin	0,5 m / 50 cm
3	Jari jari Turbin	0,17 m / 17 cm
4	Jumlah Sudu	3
5	Diameter Sudut Turbin	6,8 cm
6	Bahan Turbin	Pipa PVC 4 inch
7	Diameter AS Turbin	12 mm
8	Luas Penampang	0,17 m ²

2.4 Rangkaian Alat Sistem Elektronik *Light Trap*

Skema rangkaian sistem elektronik *light trap* berbasis PLTB dapat dilihat pada Gambar 4. Turbin angin *Savonius* dihubungkan ke generator arus searah (*PMDC 100V*) sebagai penghasil energi listrik. Arus keluaran melewati dioda IN5392 untuk mencegah arus balik, lalu distabilkan dengan kapasitor elektrolit 4700 μF 35 V. Tegangan kemudian dinaikkan menggunakan modul *step-up XL6009* sebelum diarahkan ke *solar charge controller* (SCC) 10 A, yang bertugas mengisi baterai 12 V 10 Ah sekaligus memberikan proteksi terhadap kondisi *overcharge* maupun *overdischarge*. Lampu UV dikendalikan dengan *digital timer* agar hanya aktif pada malam hari. Seluruh rangkaian disusun dengan memperhatikan polaritas dan menggunakan konektor standar untuk menjaga stabilitas serta keamanan sistem (Ali, 2010).



Gambar 4. Rangkaian Sistem Elektronik *Light Trap*

2.5 Pengujian Efektivitas Sistem *Light Trap* Berbasis PLTB

Pengujian efektivitas sistem dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem *light trap* berbasis PLTB dapat beroperasi secara mandiri dan stabil dalam menarik serta menangkap hama pada malam hari. Pengujian difokuskan pada tiga aspek utama, yaitu: Kestabilan suplai daya dari turbin angin terhadap kebutuhan beban lampu UV, keandalan sistem kontrol dalam mengatur waktu operasi lampu, dan efektivitas alat dalam menarik serta menangkap hama di area persawahan.

Pengujian dilaksanakan pada malam hari dengan durasi pengoperasian lampu UV selama 3 jam setiap malam, dimulai pukul 19.00 hingga 22.00 WIB. Selama periode tersebut, dilakukan pencatatan beberapa parameter penting, meliputi tegangan baterai sebelum dan sesudah penggunaan, arus keluaran sistem, lama waktu nyala lampu aktual, serta jumlah hama yang tertangkap pada masing-masing malam pengujian. Data diperoleh menggunakan alat ukur digital serta pengamatan langsung di lapangan.

Kriteria efektivitas sistem ditentukan berdasarkan kemampuan alat untuk menyuplai daya secara stabil selama durasi operasi malam tanpa gangguan, serta peningkatan atau konsistensi jumlah hama yang tertangkap dari hari ke hari. Sistem dianggap efektif apabila baterai yang diisi oleh PLTB mampu menopang operasi lampu UV selama tiga jam penuh setiap malam dan alat menunjukkan daya tarik yang baik terhadap populasi hama di sekitarnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Pengisian Baterai

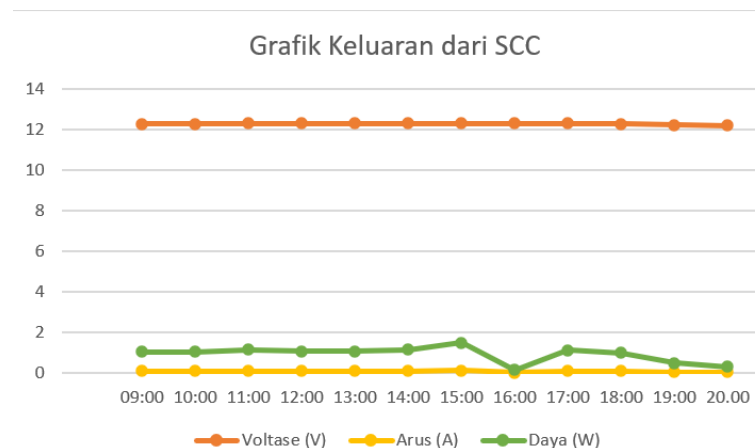
Pada tahap pengujian alat pembasmi hama padi berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu, dilakukan pengukuran kondisi tanpa beban pada keluaran generator melalui *solar charge controller* (SCC). Uji coba lapangan berlangsung di area persawahan Dusun Petuk, Desa Puhubuh, Kecamatan Semen, Kabupaten Kediri. Baterai berkapasitas 10 Ah digunakan sebagai media penyimpanan daya, dengan proses pengukuran dimulai pukul 09.00 hingga 20.00 WIB.

Tabel 3 menyajikan data hasil pengujian, yang meliputi kecepatan putaran turbin (RPM), kecepatan angin (m/s), tegangan (V), arus (A), serta daya listrik (W) yang dihasilkan pada setiap waktu pengukuran. Informasi ini menjadi acuan penting untuk mengevaluasi performa sistem PLTB dalam mengisi baterai pada kondisi lapangan sebenarnya.

Tabel 3. Hasil Pengisian Baterai

Waktu	Kecepatan Putaran (RPM)	Kecepatan Angin (m/s)	Voltase (V)	Arus (A)	Daya (W)
09:00	239	3,5	12,29	0,084	1,03236
10:00	248	3,6	12,29	0,085	1,04465
11:00	267	3,9	12,3	0,093	1,1439
12:00	256	3,7	12,3	0,086	1,0578
13:00	259	3,8	12,3	0,087	1,0701
14:00	266	3,9	12,3	0,092	1,1316
15:00	308	4,5	12,3	0,12	1,476
16:00	293	4,3	12,3	0,011	0,1353
17:00	264	3,9	12,3	0,09	1,107
18:00	232	3,4	12,28	0,08	0,9824
19:00	210	3	12,24	0,04	0,4896
20:00	170	2,5	12,2	0,024	0,2928

Berdasarkan Tabel 3, pada pukul 09.00 sistem mencatat tegangan 12,29 V dengan arus 0,084 A, menghasilkan daya sebesar 1,032 W. Nilai daya maksimum terjadi pada pukul 15.00, yakni 1,476 W, dengan tegangan konstan 12,3 V dan arus 0,12 A. Setelah pukul 18.00, daya mulai mengalami penurunan seiring dengan menurunnya kecepatan angin. Pengukuran terakhir pada pukul 20.00 menunjukkan daya terendah sebesar 0,293 W dengan tegangan 12,2 V dan arus 0,024 A.



Gambar 5. Hasil grafik pengisian baterai

Visualisasi tren pengisian baterai dapat dilihat pada Gambar 5, yang menunjukkan tegangan relatif stabil pada kisaran 12,2–12,3 V selama pengujian. Arus dan daya berfluktuasi mengikuti perubahan kecepatan angin, dengan puncak arus 0,12 A pada pukul 15.00. Pola ini sesuai dengan karakteristik turbin angin tipe *Savonius*, yang mampu menghasilkan daya optimal pada kecepatan angin rendah hingga menengah (Setiawan et al., 2019).

3.2 Hasil Pengujian Menggunakan Beban

Pengujian berikutnya dilakukan pada kondisi berbeban untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menyuplai energi secara langsung dari baterai hasil pengisian PLTB. Pada tahap ini digunakan lampu *LED ultraviolet (UV)* berdaya 3 W sebagai beban. Pengujian dimulai pada pukul 19.00, saat baterai telah terisi dari proses pengisian siang hari, dan dilanjutkan hingga lampu padam secara otomatis. Tabel 4 menampilkan hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya keluaran selama pengoperasian lampu, disertai catatan status nyala beban pada setiap jam pengamatan. Penyajian data ini bertujuan untuk mengevaluasi durasi operasi beban serta kestabilan suplai daya dari baterai.

Tabel 4. Hasil Pengujian Menggunakan Beban

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (P)	Keterangan
19.00	11.70	0,244	2.854	Awal Menyala
20.00	11.65	0,243	2.833	Menyala
21.00	11.60	0,242	2.807	Menyala
22.00	11.50	0	0	Mati

Berdasarkan Tabel 4, lampu *LED UV* mulai menyala pada pukul 19.00 dengan daya awal 2,854 W pada tegangan 11,70 V dan arus 0,244 A. Selama dua jam pertama, tegangan turun 0,05 V dan arus berkurang 0,002 A, namun lampu tetap menyala stabil. Pada pukul 22.00, sistem diputus otomatis oleh *timer digital relay* sesuai pengaturan, sehingga lampu padam. Hasil ini menunjukkan bahwa baterai 12 V 10 Ah yang diisi oleh PLTB mampu menyuplai lampu *LED UV* 3 W selama tiga jam, sejalan dengan kapasitas energi yang dihasilkan pada siang hari (Rahman & Putra, 2020).

3.3 Pengujian Perangkap Hama

Berdasarkan Tabel 5, hasil pengamatan selama tiga hari menunjukkan variasi jumlah hama yang terperangkap oleh sistem light trap berbasis PLTB. Rata-rata hama besar yang tertangkap berkisar 16–22 ekor per malam, sedangkan hama kecil berada pada kisaran 120–200 ekor.

Tabel 5. Hasil Pengujian Perangkap Hama

Hari	Jumlah Hama Besar Terperangkap (Ekor)	Jumlah Hama Kecil Terperangkap (Ekor)	Jenis Hama
1	20	-+ 200	Hama Kecil (Lalat kecil dan Nyamuk), Hama Besar (Ngengat, Wereng, Kepik, dan Belalang kecil)
2	16	-+ 150	Hama Kecil (Lalat kecil dan Nyamuk), Hama Besar (Ngengat, Wereng, Kepik, dan Belalang kecil)
3	22	-+ 120	Hama Kecil (Lalat kecil dan Nyamuk), Hama Besar (Ngengat, Wereng, Kepik, dan Belalang kecil)

Variasi jumlah tangkapan setiap harinya dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, seperti kecepatan angin, kelembapan udara, dan kondisi cuaca malam hari. Cuaca yang lembap dan tenang umumnya meningkatkan aktivitas terbang serangga, sehingga jumlah tangkapan cenderung lebih tinggi.

Temuan ini konsisten dengan penelitian Hidayat et al. (2019) yang menyatakan bahwa cahaya ultraviolet (UV) efektif dalam menarik berbagai jenis serangga malam, khususnya serangga yang aktif terbang setelah matahari terbenam. Dengan demikian, sistem *light trap* berbasis PLTB ini berpotensi menjadi alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan, karena dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pestisida kimia di lahan pertanian padi (Nugroho & Sari, 2021).

3.3.1 Analisis Efektivitas Sistem

Pengujian efektivitas sistem dilakukan dengan menghubungkan hasil pengisian daya dari Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), proses penyimpanan energi dalam baterai, dan penggunaan daya untuk mengoperasikan lampu ultraviolet (UV) serta perangkap hama. Rata-rata daya keluaran sistem PLTB selama tiga hari sebesar 0,95 W dengan efisiensi konversi 27,14 %. Nilai tersebut tergolong cukup tinggi untuk jenis turbin angin Savonius berkecepatan rendah, sehingga mampu menghasilkan energi harian sebesar 11,39 Wh. Energi ini kemudian disimpan dalam baterai 12 V 10 Ah untuk digunakan pada malam hari.

Uji beban menunjukkan bahwa lampu UV 3 W dapat beroperasi stabil selama tiga jam (pukul 19.00–22.00) setiap malam dengan tegangan rata-rata 11,65 V. Durasi nyala ini sesuai dengan energi yang dihasilkan siang hari, sehingga sistem tidak mengalami kekurangan daya. Hasil pengujian perangkap hama selama tiga malam memperlihatkan jumlah tangkapan rata-rata 16–22 ekor hama besar dan 120–200 ekor hama kecil per malam. Temuan ini membuktikan bahwa daya hasil PLTB cukup untuk mengoperasikan lampu UV sebagai sumber daya *light trap*, yang efektif menarik berbagai jenis serangga malam.

Berdasarkan hasil tersebut, sistem PLTB berperan efektif dalam menyediakan energi terbarukan untuk pengendalian hama secara berkelanjutan tanpa ketergantungan pada sumber listrik eksternal atau pestisida kimia.

3.4 Analisa Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius

Pengujian alat selama tiga hari berturut-turut menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan angin diikuti oleh kenaikan RPM, arus, dan daya keluaran. Fenomena ini disebabkan oleh bertambahnya energi kinetik angin yang memutar turbin, sehingga energi mekanik yang dihasilkan dan dikonversi oleh generator menjadi energi listrik juga meningkat. Dengan kata lain, kecepatan angin yang lebih tinggi menghasilkan daya listrik yang lebih besar pada sistem PLTB.

3.4.1 Daya Input Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Daya input dari turbin angin dihitung menggunakan persamaan energi kinetik angin sebagai berikut:

$$P_{\text{input}} = \frac{2}{1} \times \rho \times A \times V^3 \quad (1)$$

Dengan:

$$\rho = \text{massa jenis udara} = 1,225 \text{ kg/m}^3$$

$$A = \text{luas sapuan turbin} = \pi \times D \times H / 4 = 3,14 \times 0,34 \times 0,5 / 4 = 0,1335 \text{ m}^2$$

$$V = \text{kecepatan angin rata-rata} = 3,5 \text{ m/s}$$

Substitusi nilai ke dalam Persamaan (1):

$$P_{\text{input}} = 1 / 2 \times 1,225 \times 0,1335 \times (3,5)^3$$

$$P_{\text{input}} = 0,6125 \times 0,1335 \times 42,875 = 3,50 \text{ W}$$

3.4.2 Daya Output Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Rata-rata daya output diperoleh dari pengukuran selama tiga hari, di mana energi total yang dihasilkan adalah 34,18 Wh dengan waktu operasional total 36 jam:

$$\begin{aligned} P_{\text{output}} &= \text{Total Waktu Operasional} / \text{Total Energi} \\ &= 34,18 / 36 \\ &= 0,95 \text{ W (2)} \end{aligned}$$

3.4.3 Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Efisiensi PLTB dihitung dengan membandingkan nilai daya output terhadap daya input menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \eta &= (P_{\text{output}} / P_{\text{input}}) \times 100\% \text{ (3)} \\ \eta &= (0,95 / 3,50) \times 100\% \\ \eta &= 27,14\% \end{aligned}$$

Nilai ini tergolong tinggi untuk turbin *Savonius*, mengingat efisiensi tipikalnya $\leq 21\%$ (Widodo et al., 2018; Zainuddin et al., 2021; Rahman et al., 2022).

3.4.4 Perhitungan Daya Baterai

Baterai *lithium-ion* 12 V 10 Ah memiliki kapasitas energi teoritis sebesar:

$$E_{\text{baterai}} = V \times Ah = 12 \times 10 = 120 \text{ Wh (4)}$$

Dengan energi rata-rata harian dari PLTB sebesar 11,39 Wh, maka waktu yang dibutuhkan untuk pengisian penuh dari kondisi kosong adalah:

$$t = E_{\text{baterai}} / E_{\text{harian}} = 120 / 11,39 = 10,5 \text{ hari (5)}$$

Perhitungan ini menggambarkan bahwa sistem mampu mengisi baterai secara bertahap untuk mendukung pengoperasian lampu *UV* setiap malam pada kapasitas yang dirancang.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang sekaligus menguji sistem *light trap* berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) yang bekerja secara efisien, otomatis, dan ramah lingkungan sebagai solusi pengendalian hama pada tanaman padi. Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan daya rata-rata sebesar 0,95 W dari daya input 3,5 W, dengan tingkat efisiensi mencapai 27,14%. Penggunaan lampu *UV* terbukti efektif dalam menarik berbagai jenis hama tanpa perlu menggunakan pestisida kimia. Temuan ini menunjukkan bahwa rancangan PLTB–*light trap* memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai teknologi tepat guna dalam mendukung praktik pertanian yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Pertanian Kabupaten Kediri. (2023). Laporan Tahunan Produksi dan Pengendalian Hama Padi. Kediri: Dinas Pertanian.
- Santosa A, Hidayat R, Prasetyo B. (2020). Dampak penggunaan pestisida kimia terhadap kesehatan dan lingkungan. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 8(2), 55–64.
- Setiawan T. (2018). Efektivitas cahaya ultraviolet dalam pengendalian serangga hama pada tanaman pangan. *Jurnal Proteksi Tanaman*, 6(1), 12–20.
- Fitriani S, Hidayat A. (2021). Rancang bangun perangkat serangga berbasis energi surya. *Jurnal Agroteknologi*, 12(3), 45–52.
- Kumar R, Singh A, Yadav P. (2020). Solar-powered insect trap performance in variable sunlight conditions. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(4), 987–995.
- Hossain MS, Ahmed MR, Islam M, Rahman A. (2016). Design and performance study of Savonius wind turbine with various overlap ratios. *Renewable Energy*, 85, 896–902.
- Putra A. (2022). Analisis potensi turbin Savonius untuk lahan pertanian berangin rendah. *Jurnal Energi Terbarukan*, 10(2), 67–75.
- Creswell JW. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 4th ed. California: SAGE Publications.
- Siagian AM, Sihombing RA, Manurung S. (2022). Implementasi turbin angin Savonius skala kecil untuk konversi energi angin berkecepatan rendah. *Jurnal Teknik Elektro dan Energi Terbarukan*, 3(1), 15–21.
- Ali M. (2010). Perancangan sistem elektronika tenaga angin untuk penerangan. *Jurnal Teknologi Elektro*, 7(2), 88–94.
- Setiawan B, Nugraha D, Rahmat H. (2019). Uji kinerja turbin Savonius dengan variasi jumlah sudu. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(1), 23–30.
- Rahman T, Putra D. (2020). Pemanfaatan baterai dalam sistem energi terbarukan untuk mendukung perangkat pertanian. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 14(2), 77–85.
- Hidayat F, Sari L, Gunawan R. (2019). Pengaruh cahaya UV terhadap perilaku serangga hama pada tanaman pangan. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 19(1), 45–53.
- Nugroho S, Sari D. (2021). Penerapan teknologi light trap sebagai pengendali hama ramah lingkungan pada padi sawah. *Jurnal Pertanian Modern*, 5(2), 33–41.
- Widodo H, Suryana A, Kurniawan R. (2018). Analisis efisiensi turbin Savonius pada kecepatan angin rendah. *Jurnal Konversi Energi dan Mesin*, 7(2), 101–108.
- Zainuddin A, Rahmawati L, Fahmi M. (2021). Eksperimen kinerja turbin Savonius dengan variasi bilah. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(1), 56–64.
- Rahman MA, Sutrisno D, Wahyudi T. (2022). Kajian performa turbin Savonius pada kondisi angin fluktuatif. *Renewable Energy Research Journal*, 12(3), 215–223..