

PEMODELAN PENERANGAN JALAN UMUM DENGAN MENGUNAKAN KOMBINASI TEKNOLOGI TURBIN VERTIKAL AXIS DAN SOLAR CELL

^{1,*} Muh. Akbar, Dina Limbong Pamuttu, ²Adik Putra Andika

¹ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Musamus

² Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Musamus

Email : akabr@unmus.ac.id

Abstrak

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan infrastruktur berupa fasilitas umum yang ditujukan untuk menerangi jalan disaat malam hari agar jalan tetap dalam kondisi aman dan nyaman namun PJU konvensional yang menggunakan bohlam pijar dinilai sangat membebankan anggaran pemerintah. Pemerintah melalui (APBN/D) hanya mampu menutup 41,25 persen saja. PJU dengan menggunakan energi terbarukan menjadi salah satu upaya untuk menyelesaikan tagihan listrik PJU yang terus bertambah seiring kenaikan tarif dasar listrik. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui potensi tenaga Hybrid dalam mengatasi permasalahan PJU Konvensional dengan melakukan pemodelan pemodelan PJU *smart green energy*. Metode yang digunakan adalah fabrikasi teknologi dengan merancang PJU *smart* dengan konsumsi energi terbarukan dan ramah lingkungan menggunakan kombinasi teknologi turbin vertikal, solar cell dan sensor LDR. Hasil yang diperoleh dari pemodelan PJU ini adalah dengan menggunakan kombinasi teknologi turbin dan solar cell dapat memenuhi syarat dalam menyalakan lampu DC 10 watt selama 15,38 atau melebihi 12 jam waktu malam. Penggunaan sensor LDR membuat lampu dapat menyalakan lampu secara otomatis berkisar pada pukul 18.00 WIT dan akan mati otomatis di pagi hari berkisar pada pukul 06.00 WIT.

Kata kunci : Penerangan Jalan Umum (PJU), tenaga hybrid, energi terbarukan

PENDAHULUAN

Ketersediaan layanan infrastruktur sangat penting dalam mendukung daya saing nasional dan daerah. Hasil studi empiris Calderon dan Serven menyatakan stok infrastruktur berkorelasi positif terhadap pertumbuhan ekonomi dan negatif terhadap kesenjangan kesejahteraan [1]. Pemerintah sangat menyadari pentingnya pembangunan infrastruktur, sehingga salah satu prioritas dalam pembangunan nasional yang tertuang dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020- 2025 adalah pembangunan infrastruktur [2].

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan infrastruktur berupa fasilitas umum yang ditujukan untuk menerangi jalan

disaat malam hari. Namun karena banyaknya PJU konvensional yang menggunakan bohlam pijar sehingga dinilai sangat membebankan anggaran pemerintah [3]. PJU membutuhkan pembiayaan yang tinggi. Sementara anggaran dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara/Daerah (APBN/D) tidak sepenuhnya mampu membiayai. Menurut Wibowo (2016), pemerintah melalui (APBN/D) hanya mampu menutup 41,25 %-nya saja, sisanya diharapkan dapat dibiayai oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN) sebesar 22,23% dan badan usaha sebesar 36,52 % melalui skema Kerja sama Pemerintah [1], [4].

Studi terkait PJU pernah dilakukan dengan hasil bahwa terdapat langkah-

langkah riil yang dapat dilakukan untuk mendapat penghematan di sektor Penerangan Jalan Umum. Teknologi PJU berbasis energi terbarukan layak diaplikasikan untuk mewujudkan penghematan serta penataan meterisasi PJU juga mampu mewujudkan penghematan [5], [6]. Penghematan atau efisiensi dalam mengoperasikan lampu jalan telah dikaji, pada kajian tersebut ditekankan, penghematan bagi penerangan jalan umum harus mengalami redefinisi, yang meliputi hal-hal sebagai berikut; penerangan jalan umum digunakan hanya pada saat yang tepat; penentuan maksimal daya terang lampu jalan; dan penentuan satuan kilowatt per jam dan kilowatt per tahun [7], [8].

Penerangan jalan dengan menggunakan lampu LED menjadi alternatif selanjutnya untuk PJU yang hemat energi. Saat ini PJU dengan menggunakan LED menjadi salah satu solusi untuk menyelesaikan tagihan listrik PJU yang terus bertambah seiring kenaikan tarif dasar listrik. PJU hemat energi yang dapat digunakan saat ini menggunakan lampu LED dan sensor cahaya yang berasal dari *Light Dependent Resistor (LDR)*. Kombinasi PJU dengan LDR menjadikan PJU konvensional menjadi *smart PJU* dengan sensor cahaya yang dapat berfungsi secara otomatis berdasarkan terang atau gelapnya kondisi sekitar [9], [10].

Pada umumnya jalan di Kota Merauke masih dalam kondisi tidak padat yaitu berada pada 700 – 1200 Lalulintas Harian (LHR) dengan tingkat pelayanan jalan rata-rata A ataupun jalan dalam kondisi lenggang dan kecepatan kendaraan dapat mencapai 40-80 km/jam [11], [12]. Dengan kecepatan kendaraan seperti ini tentunya dapat menghasilkan efek angin kendaraan 10 – 40 km/jam [13]. Dengan kondisi ini dapat membuat turbin vertikal berputar dan

menghasilkan energi. Energi matahari akan dikonversikan menjadi energi listrik yang berasal dari Solar cell yang kemudian akan tersimpan kedalam baterai dan energi angin didapatkan dari efek kendaraan yang berlalu lintas dan angin lingkungan sekitar yang kemudian memutar turbin vertikal dan generator sehingga menghasilkan energi listrik yang kemudian dapat disimpan kedalam baterai [14].

Pemanfaatan energi matahari dan energi angin ini dapat menjadi jawaban dari masalah yang muncul akibat beban listrik yang besar pada PJU. Kedua energi tersebut dapat dijadikan menjadi sebuah pembangkit energi listrik *hybrid*. Pembangkit *hybrid* ini merupakan sebuah energi alternatif pembangkit yang tepat diaplikasikan karena menggunakan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan tidak membebani pemerintah dalam proses percepatan pembangunan dengan anggaran yang terbatas [15].

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode fabrikasi dimana pemodelan dibuat dan di uji berdasarkan langkah-langkah yang disusun sebagai berikut:

1. Pembuatan Lengan Sudu

Lengan sudu dengan efisiensi terbaik yang digunakan adalah 3 sudu [16]. Jari-jari turbin memiliki panjang 12 cm sedangkan lebar turbin adalah 30 cm. Bahan yang digunakan adalah besi beton diameter 8 mm sebagai rangka, dan plat galvalum sebagai penampang sudu

2. Pembuatan vertikal turbin axis (As turbin)

Axis atau as turbin dibuat menggunakan carbon steel ST41 diameter 16 mm yang merupakan baja ringan atau rendah karbon dan 2 buah bearing 6200

3. Pembuatan rangka pemodelan teknologi

Rangka pemodelan teknologi dibuat dengan 2 tingkatan yang terdiri dari bagian yaitu sebagai tempat baterai dan ruang

media putaran turbin vertikal. Rangka berbentuk persegi panjang dengan ukuran 130 x 65 cm menggunakan besi hollow

4. Pemasangan sudu ke rangka teknologi 3 unit blade ataupun sudu dipasang kedalam as turbin carbon steel ST41 menggunakan las. Sedangkan untuk pengaman pemutaran, bearing 6200 ditempatkan pada tromol sehingga putaran pada as turbin dapat berputar tanpa ada hambatan atau cacat.
5. Instalasi perangkat tenaga pembangkit Generator diletakkan di atas as turbin, energi listrik didapat dari putaran turbin vertikal. Arus dari turbin kemudian disambungkan ke PWM Hybrid Controller. Solar cell 50 WP dipasang diatas rangka teknologi dan disambungkan juga ke PWM Hybrid Controller. Kedua arus ini kemudian diteruskan ke baterai.
6. Lampu LED
Daya dari lampu LED didapatkan dari baterai hasil kombinasi energi angin dan matahari. Lampu LED akan dipasangkan sensor LDR yang kemudian akan menjadikannya sebagai saklar otomatis berdasarkan waktu terang (pagi-sore), mendung atau hujan, dan gelap (malam) [17]. Lama pemakaian lampu dapat dihitung berdasarkan rumus berikut [18]:

$$lp = is : ib \quad (1)$$

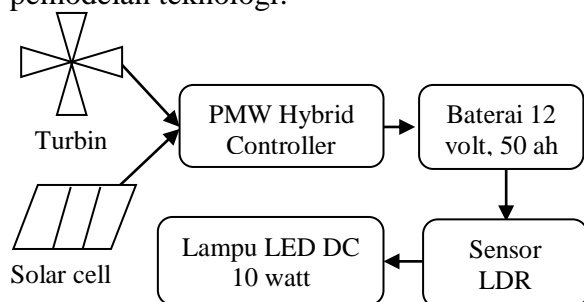
Keterangan

lp = Lama pemakaian (jam)

is = Arus sumber (ampere)

ib = Arus beban (ampere)

Berikut adalah skema daya dari pemodelan teknologi:



Gambar 1. Bagan skema pemodelan daya teknologi

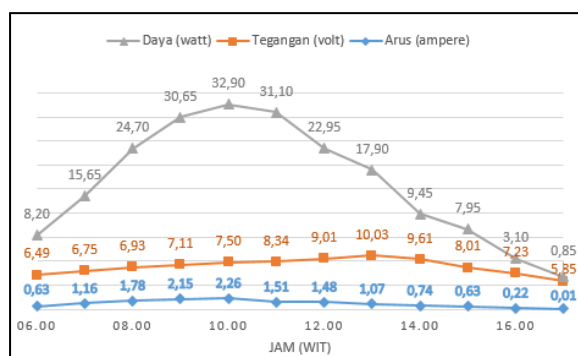
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Produksi energi

Pengukuran energi arus dan tegangan yang digunakan adalah digital watt meter. Pengukuran untuk panel dilakukan dimulai pada pukul 06.00 – 17.00 WIT. Tegangan dan arus yang didapatkan dari hasil pengukuran solar cell memiliki daya yang berbeda-beda setiap waktunya. Hal ini terjadi karena adanya perubahan intensitas cahaya matahari dari waktu ke waktu. Arus dan tegangan terkuat didapatkan pada pukul 13.00 WIT yaitu 1,07 ampere, 10,03 volt, dan 17,90 watt. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 2

Tabel 1. Data tegangan dan arus panel solar cell 50 WP

Waktu (WIT)	Arus (ampere)	Tegangan (volt)	Daya (watt)
06.00	0,63	6,49	8,20
07.00	1,16	6,75	15,65
08.00	1,78	6,93	24,70
09.00	2,15	7,11	30,65
10.00	2,26	7,50	32,90
11.00	1,51	8,34	31,10
12.00	1,48	9,01	22,95
13.00	1,07	10,03	17,90
14.00	0,74	9,61	9,45
15.00	0,63	8,01	7,95
16.00	0,22	7,23	3,10
17.00	0,01	5,85	0,85

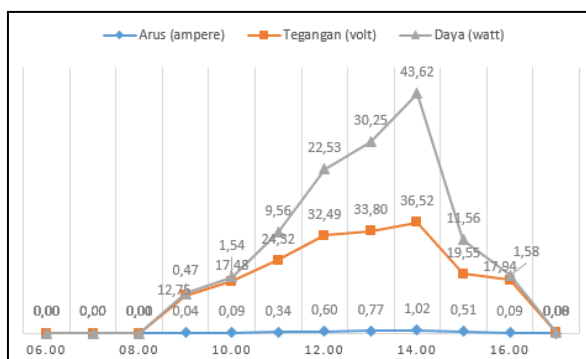


Gambar 2. Kurva tegangan dan arus panel solar cell 50 WP

Pengukuran untuk generator dilakukan pada waktu yang sama dengan Tegangan dan arus maksimum yang didapatkan yaitu pada pukul 14.00 WIT yaitu 1,02 ampere, 36,52 volt, dan 43,62 watt. Tegangan dan arus yang didapatkan dari hasil pengukuran generator memiliki daya yang berbeda-beda setiap waktunya. Hal ini terjadi karena adanya perubahan kecepatan angin dari waktu ke waktu. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 3

Tabel 2. Data tegangan dan arus generator turbin

Waktu (WIT)	Arus (ampere)	Tegangan (volt)	Daya (watt)
06.00	0,00	0,00	0,00
07.00	0,00	0,00	0,00
08.00	0,00	0,01	0,00
09.00	0,04	12,75	0,47
10.00	0,09	17,48	1,54
11.00	0,34	24,32	9,56
12.00	0,60	32,49	22,53
13.00	0,77	33,80	30,25
14.00	1,02	36,52	43,62
15.00	0,51	19,55	11,56
16.00	0,09	17,94	1,58
17.00	0,00	0,00	0,00



Gambar 3. Kurva tegangan dan arus generator turbin

2. Pengujian LDR

Pengujian LDR dilakukan pada dua kondisi yaitu kondisi cerah, mendung atau hujan, dan malam. Pada saat malam hari, intensitas cahaya menjadi rendah yaitu

< 200, dengan kondisi ini maka lampu akan menyala. Untuk kondisi siang, intensitas cahaya menjadi tinggi yaitu > 200, dengan kondisi ini maka lampu akan mati. Berikut adalah data intensitas cahaya

Tabel 3. Data intensitas cahaya (Nilai ADC)

Pagi 06.00	Siang 13.00	Malam 18.00	Kondisi	
			Berawan	Hujan
267	914	133	674	521
268	915	138	676	523
269	916	139	677	524
270	917	141	678	525
271	918	142	679	526

Sesuai dengan data pada tabel 3 berupa pengukuran intensitas cahaya, maka lampu akan mati berkisar pada pukul 06.00 WIT dan akan menyala berkisar pada pukul 18.00 WIT. Adapun total waktu yang dibutuhkan lampu untuk menyala yaitu 11 - 12 jam/ hari

3. Pengujian beban lampu

Hasil pengukuran dari beban lampu DC 10 watt adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data tegangan dan arus beban lampu DC 10 watt

Beban Lampu DC	Arus (ampere)	Tegangan (volt)	Daya (watt)
10 watt	0,65	12	7,80

Jika sumber energi yang digunakan berasal dari baterai 12 volt 10 ah yang diperoleh dari teknologi turbin dan solar cell, maka untuk mengetahui jumlah waktu pemakaian beban, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1:

$$\begin{aligned}
 I_p &= I_s : I_b \\
 &= 10 \text{ a} : 0,65 \text{ a} \\
 I_p &= 15,38 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Untuk lama pemakaian lampu menurut hasil perhitungan persamaan 1 dengan beban lampu 10 watt, maka lampu dapat menyala selama 15,38 jam. Pemodelan ini sudah dapat memenuhi syarat karena telah melebihi waktu malam yaitu 11-12 jam.

KESIMPULAN

Pemodelan Penerangan Jalan Umum (PJU) dengan menggunakan kombinasi teknologi turbin axis dan solar cell dapat memenuhi syarat dalam menyalakan lampu DC 10 watt selama 11-12 jam. Penggunaan sensor LDR membuat lampu dapat menyalakan lampu secara otomatis berkisar pada pukul 18.00 WIT dan akan mati otomatis di pagi hari berkisar pada pukul 06.00 WIT. Dengan berhasilnya pemodelan PJU ramah lingkungan ini maka perlu adanya kembali penelitian lanjutan dalam mengembangkan prototipe dari PJU *smart green energy*

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi yang telah mendanai sepenuhnya penelitian ini melalui Hibah PKM tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Wibowo, "Perkembangan Terkini Dalam Pembiayaan Infrastruktur Yang Melibatkan Partisipasi Badan Usaha," *Konf. Nas. Tek. Sipil 10*, no. Oktober, p. 10, 2016.
- [2] R. Indonesia, "Rencana pembangunan jangka menengah nasional 2020-2024." Jakarta, 2020.
- [3] M. H. Faiz, L. Mohammad, A. Q. A'yun, and E. Prasetyono, "SALJU (Smart Lampu PJU)," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan*, 2018, vol. 2, no. 1, pp. 21–24.
- [4] M. A. Pranasari and R. Ferza, "Kerja Sama Pemerintah Daerah dengan Badan Usaha Konservasi Energi untuk Efisiensi Energi di Sektor Penerangan Jalan Umum (PJU)," *Matra Pembaruan J. Inov. Kebijak.*, vol. 2, no. 3, pp. 173–183, 2018.
- [5] I. S. Mardikaningsih, W. Sutopo, and R. W. Astuti, "Studi Kasus Analisis Teknis Dan Ekonomis Penerapan Penerangan Jalan Umum Bertenaga Sel Surya," in *Proceedings of the Industrial Engineering Conference (IDEC)*, Surakarta, Indonesia, 2015, pp. 290–297.
- [6] A. Effendi and N. Razonta, "Penataan dan meterisasi lampu penerangan jalan umum (lpju) desa apar kecamatan pariaman utara," *J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [7] K. Ahadi, M. I. Al Irsyad, and T. Anggono, "Simulasi Potensi Penghematan Energi Listrik pada Penerangan Jalan Umum dengan menggunakan Teknologi Lampu LED," *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, vol. 17, no. 1, pp. 31–42, 2018.
- [8] S. Schroer, C. Kyba, R. van Grunsven, I. Celino, O. Corcho, and F. Hölker, "Citizen science to monitor light pollution—a useful tool for studying human impacts on the environment," JSTOR, 2018.
- [9] D. Somadani and A. H. Ginanjar, "Prototipe Penerangan Jalan Umum (Pju) Pintar Berbasis Arduino Menggunakan Solar Panel, Sensor Hc-Sr04 Dan Sensor LDR," *Pros. Semnastek*, 2018.
- [10] E. Ihsanto and M. Dawud, "Sistem Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Sensor LDR dengan Notifikasi SMS," *J. Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 2, p. 141495, 2016.
- [11] M. Akbar, J. Paresa, and D. L. Pamuttu, "Analysis of the Effect of Parking on Road Bodies on Road Service Levels," in *IOP Conference Series: Materials Science and*

- Engineering*, 2021, vol. 1125, no. 1, p. 12014.
- [12] M. Akbar, C. Utary, Y. Kakerissa, and S. Asmal, "Priorities of road network development to support national food flows in Merauke District with SWOT and AHP methods," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 343, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/343/1/012185.
- [13] H. F. Betaubun and D. L. Pamuttu, "Survey of Moving Car Observer and MKJI 1997 Applications Against the Traffic Flow Section in Merauke Regency," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 10, pp. 876–882, 2018.
- [14] A. Ansori, I. W. Susila, I. H. Siregar, and S. I. Haryuda, "Pembangkit Listrik Hybrid Solar Cell dan Turbin Angin di Pantai Tamban Kabupaten Malang," *Otopro*, pp. 74–81, 2017.
- [15] A. Suryadi, "Pemanfaatan Pembangkit Turbin Angin Savonius Helix dengan Solar Cell pada Daerah Terpencil," in *Seminar Nasional Teknik Elektro*, 2020, vol. 5, no. 1, pp. 13–17.
- [16] A. L. Rosyid, I. Qiram, and D. Sartika, "Pengaruh Jumlah dan Rasio Sudut Lengkung Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Heliks," vol. 5, no. 2, pp. 3–6, 2020.
- [17] F. Firmansyah, H. Santoso, and H. Sirojul, "Rancang Bangun Smart Lighting Berbasis Internet Of Things Untuk Rumah Hemat Energi," *Univ. Bumigora Mataram*, 2021, [Online]. Available: <http://repository.universitasbumigora.ac.id/id/eprint/747>.
- [18] S. D. Prasetyo and Agus Ulinuha, "Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin Dan Sel Surya Untuk Penerangan Jalan Raya," Surakarta, 2018. [Online]. Available: <http://ieeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/IEEE-Reference-Guide.pdf%0Ahttp://wwwlib.murdoch.edu.au/find/citation/ieee.html%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.022%0Ahttps://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper%0Ahttps://tore.tuhh.de/hand>.