

Pembangkit *Hybrid* Energi Surya dan Energi Angin Untuk Lampu Lalulintas

Nur Rahmah H. Anwar^{1*}

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*nur_rahmah@poliupg.ac.id

Abstract: Traffic lights are lights that control traffic flow located at road intersections, pedestrian crossings (*zebra crossings*), and other traffic flow areas. These lights indicate when the vehicle must run and stop alternately by various directions. These lights system still uses source from PLN (State Electricity Company) to operate on average in Indonesia, so this research aims at using a hybrid of solar energy and wind energy as a source of electrical energy that can be used for traffic lights. This research was conducted to find out the performance of the traffic light system using solar panels, wind turbines, and also a hybrid energy source between solar panels and wind turbines. Based on the result, it can be concluded that the average solar panel efficiency is 13.31%, the wind turbine is 44.33% and the average hybrid system is 14.64%. Charging hybrid battery energy, is only maximized by solar panels because the wind speed is very fluctuating.

Keywords: hybrid; wind energy; solar energy; traffic lamp

Abstrak: Lampu lalulintas merupakan lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyebrangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan tempat arus lalu lintas lainnya. Lampu ini menandakan kapan kendaraan harus berjalan dan berhenti secara bergantian dari berbagai arah. Sistem untuk lampu lalulintas yang ada di Indonesia diketahui rata-rata masih menggunakan sumber dari PLN sehingga penelitian ini mengarah pada pembangkitan *hybrid* energi surya dan energi angin sebagai sumber energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk lampu lalulintas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kinerja dari sistem lampu lalulintas dengan menggunakan panel surya, kinerja sistem lampu lalulintas dengan menggunakan turbin angin dan juga untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem lampu lalulintas dengan menggunakan sumber energi *hybrid* panel surya dan turbin angin. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa efisiensi panel surya rata-rata sebesar 13,31%, efisiensi turbin angin sebesar 44,33% dan efisiensi *hybrid* rata-rata sebesar 14,64%. Untuk energi *hybrid* pengisian aki hanya dimaksimalkan oleh panel surya dikarenakan kecepatan angin yang sangat fluktuatif.

Kata kunci : *hybrid*; energi angin; energi surya; lampu lalu lintas

I. PENDAHULUAN

Lampu lalulintas adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyebrangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan tempat arus lalu lintas lainnya. Lampu ini menandakan kapan kendaraan harus berjalan dan berhenti secara bergantian dari berbagai arah. Sistem untuk lampu lalulintas yang ada di Indonesia diketahui rata-rata masih menggunakan sumber dari PLN.

Diawal tahun 2015, topik utama tentang energi terbarukan menjadi pembahasan utama di berbagai negara. Hal tersebut berawal dari pertemuan berbagai negara anggota Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) dalam *conference of the parties* (COP) ke-21 di Paris tahun 2015 yang melahirkan *Paris Agreement*. Inti dari kesepakatan tersebut adalah bersama-sama menahan peningkatan suhu bumi. Untuk mewujudkan hal tersebut, akhirnya dilakukanlah berbagai upaya salah satunya adalah mendorong pemanfaatan energi terbarukan. [5]

Energi Terbarukan adalah sumber energi yang tersedia oleh alam dan bisa dimanfaatkan secara terus menerus. Sudah cukup banyak contoh energi terbarukan yang berhasil ditemukan hingga saat ini antara lain; energi angin, energi surya, energi panas bumi dan bio energi. [4] Energi angin adalah udara yang bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Energi ini dapat diubah menjadi energi listrik oleh kincir angin. Potensi energi angin di Indonesia telah diidentifikasi sekitar 987 MW, dengan kecepatan

angin rata-rata 3,5 – 7 m/s. Teknologi turbin angin dapat bekerja dengan baik pada kecepatan 5 – 20 m/s. [8] Energi surya yang memasuki atmosfer memiliki kerapatan daya rata-rata sebesar 2,1 kW/m², tetapi hanya sekitar 56- W/m² yang diserap bumi. Menurut angka tersebut, maka energi matahari yang dapat dibangkitkan di Indonesia dengan luas daratan ±2 juta km² sebesar 5108 MW. [2] Kedua energi terbarukan yang memungkinkan untuk dimanfaatkan secara maksimal menurut kondisi alam Indonesia adalah energi surya dan energi angin. Penggabungan suatu teknologi yang menggabungkan dua jenis pembangkit listrik tenaga *hybrid* adalah pembangkit listrik yang menggunakan lebih dari satu jenis pembangkit. Sistem *hybrid* merupakan salah satu pembangkit listrik alternatif yang tepat diaplikasikan dengan memanfaatkan energi terbarukan sebagai sumber energi. [1]

Kecepatan angin di bawah 5 m/s lebih cocok untuk pembangkit listrik tenaga angin dengan skala kecil, dimana pada kecepatan angin tersebut cocok untuk penggunaan turbin angin sumbu vertikal. [6] Turbin angin sumbu vertikal memiliki konstruksi bilah yang digunakan membentuk huruf S dengan meletakkan poros pada tengah dan rotor sejajar dengan arah angin sehingga putaran bilah akan tetap konstan meskipun menerima angin dari segala arah. Turbin angin sumbu vertikal memiliki torsi yang tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah. [7]

Permasalahan yang muncul adalah energi surya hanya tersedia pada siang hari saat cuaca cerah, sedangkan energi angin tersedia pada waktu yang tidak menentu dan sangat fluktuatif tergantung cuaca dan musim. Oleh karena itu, penelitian ini membuat alat tentang *hybrid* energi surya dan energi angin sebagai sumber energi listrik untuk pengoperasian lampu lalu lintas.

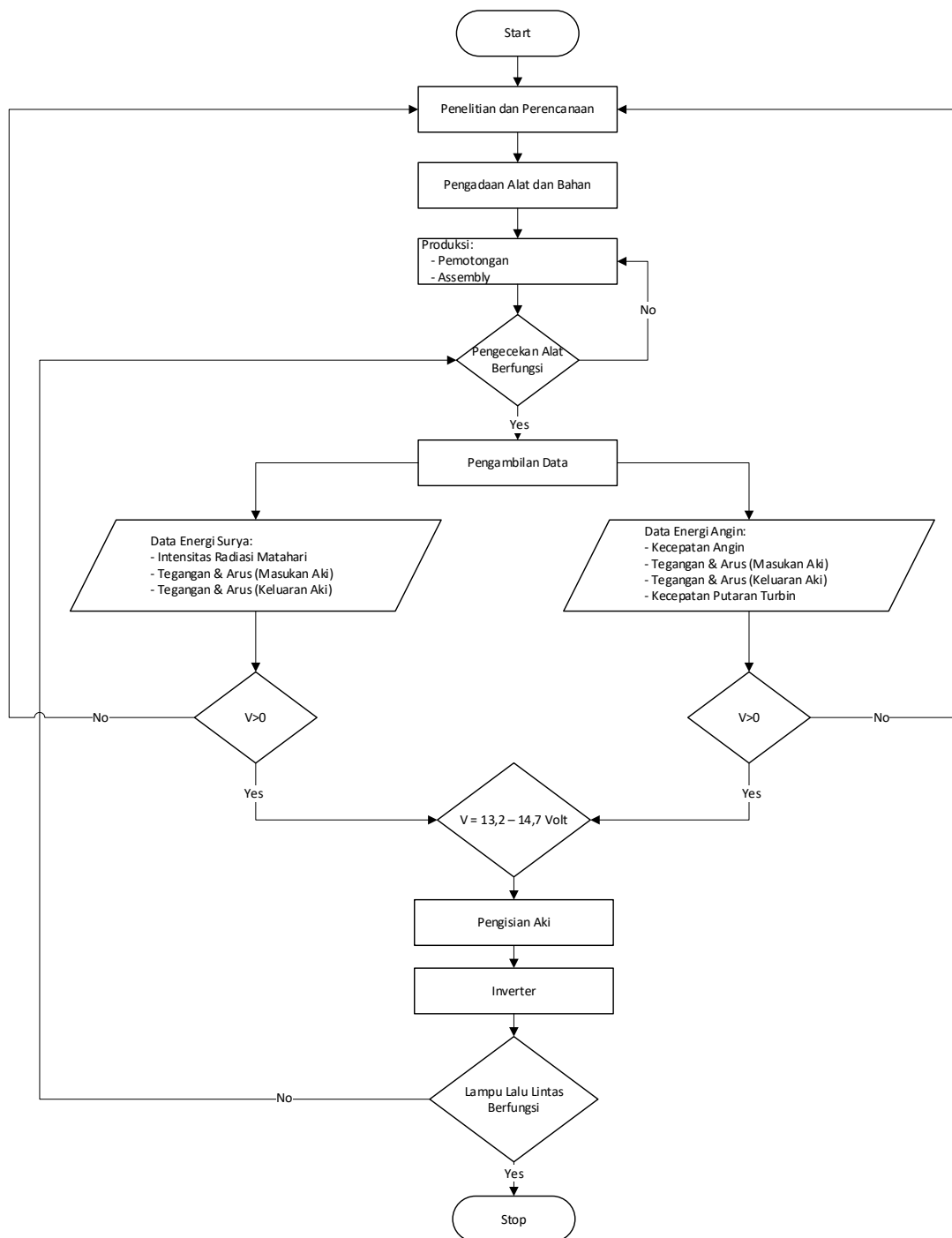
II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan alat dilaksanakan di laboratorium Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang yang dimulai pada bulan Maret 2022 sampai dengan bulan September 2022.

B. Prosedur Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode dengan tahapan yang dimulai dari studi literatur, merancang alat, membuat alat dan melakukan uji coba terhadap alat yang dibuat. Langkah terakhir adalah menganalisa alat yang telah diuji tersebut untuk mendapatkan efisiensinya. Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

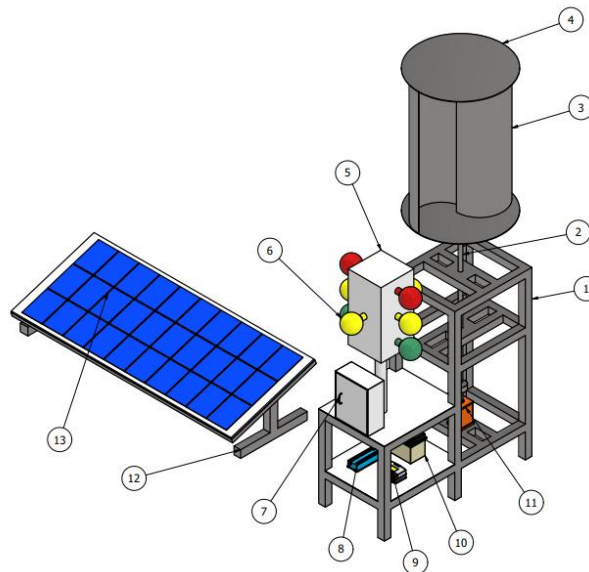


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Tahap Perancangan

Tahapan perancangan merupakan langkah awal sebelum alat pengujian dibuat. Tahapan ini dibagi dua yakni; perancangan konstruksi dan perancangan kelistrikan yang bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sistem alat uji dan mempertimbangkan beberapa rancangan agar alat uji ini dapat beroperasi dengan optimal.

Perancangan Konstruksi

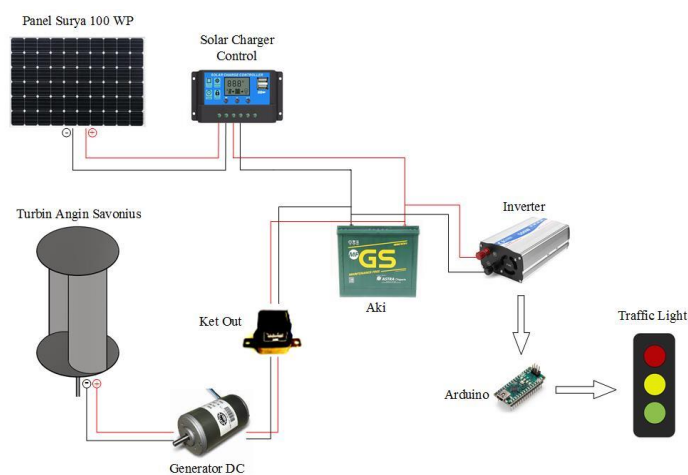


Gambar 2. Rancangan Alat Pembangkit *Hybrid* Energi Surya dan Energi Angin pada Lampu Lalu Lintas

Keterangan:

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1 : Rangka Turbin | 8 : Inverter |
| 2 : Poros Turbin | 9 : <i>Solar Charge Controller</i> |
| 3 : Sudu Savonius | 10 : <i>Accumulator</i> |
| 4 : Dudukan Savonius | 11 : Generator |
| 5 : Lampu Lalu Lintas | 12 : Rangka Panel Surya |
| 6 : Bohlam | 13 : Panel Surya |
| 7 : Panel Box | |

Perancangan Kelistrikan



Gambar 3. Skema Pembangkit *Hybrid* Energi Surya dan Energi Angin pada Lampu Lalu Lintas

2. Pengujian

Setelah rancang bangun selesai maka dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data.

Pengujian dan pengambilan data dilakukan untuk mengetahui kinerja panel surya dan turbin angin dalam menyuplai listrik ke lampu lalu lintas. [3]

3. Pengambilan Data Hasil Pengujian

Ada beberapa parameter yang perlu dicatat selama pengujian alat dan kemudian dilakukan analisa untuk mengetahui kinerja dari pembangkit *hybrid* energi surya dan energi angin ini. Berikut parameter yang perlu dicatat selama pengujian:

- Intensitas radiasi matahari
- Kecepatan angin
- Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin
- Tegangan dan arus yang keluar dari Aki karena pemakaian beban

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian



Gambar 4. Hasil Rancang Bangun Pembangkit *Hybrid* Energi Surya dan Energi Angin untuk Lampu Lalu Lintas

Hasil pengukuran dari tegangan keluaran pada panel surya dan turbin angin juga secara *hybrid* diambil satu kali dalam waktu pengujian selama 6 jam dengan skala pengambilan data setiap 15 menit.

Tabel 1. Data Hasil Pengamatan pada Panel Surya

Waktu	G (Watt/m ²)	Keluaran Panel Surya		Keluaran Aki	
		V (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)
10.00	975	13,77	6,08	12,45	5,54
10.15	1176	14,28	6,75	13,31	5,6
10.30	1124	12,81	4,75	13,32	5,77
10.45	871	12,55	4,25	12,15	5,63
11.00	795	12,51	4,45	12,13	5,61
11.15	659	12,42	2,53	11,8	5,48
11.30	645	11,74	2,41	11,42	5,45
11.45	653	12,28	3,03	11,88	5,53
12.00	775	12,34	4,76	11,99	5,57
12.15	756	12,55	4,84	12,19	5,64
12.30	898	12,74	5,28	12,23	5,72
12.45	1051	13,03	5,02	12,73	5,79

Waktu	G (Watt/m ²)	Keluaran Panel Surya		Keluaran Aki	
		V (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)
13.00	1141	13,06	5,37	12,98	5,67
13.15	1085	13,5	5,81	13,38	5,52
13.30	1010	12,63	4,83	12,34	5,39
13.45	994	12,58	4,42	12,25	5,36
14.00	985	12,55	4,4	12,18	5,32
14.15	904	12,53	4,24	12,05	5,63
14.45	961	12,47	4,09	12,15	5,42
15.00	952	12,78	5,21	12,45	5,58

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan pada Turbin Angin

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Keluaran Turbin Angin		Keluaran Aki		Kecepatan Putaran Turbin (rpm)
		V (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)	
14.00	2,7	1,61	0,6	11,17	5,52	77
14.15	4,6	4,2	2,51	10,14	5,51	96,9
14.30	6,6	7,43	2,65	11,69	6,6	121,2
14.45	6,2	7,23	2,45	11,38	5,95	119
15.00	6,4	6,21	1,45	11,38	5,86	142
15.15	5,2	6,23	1,39	10,76	5,85	109
15.30	5,4	6,21	1,35	11,63	5,02	115
15.45	6,7	7,63	2,45	11,48	5,84	125,1
16.00	5,7	6,23	1,41	11,41	5,95	107,3
16.15	7,4	8,36	2,52	11,17	5,79	168,7
16.30	8,4	12,46	4,57	11,64	5,88	228,1
16.45	9,2	12,98	5,17	11,66	6,32	255,9
17.00	9,6	13,33	5,23	11,32	5,89	224,1
17.15	9,3	13,11	5,13	11,15	5,55	215,3
17.30	9,7	13,65	5,33	11,31	6,03	250
17.45	8,4	12,83	4,78	11,32	5,9	212,3
18.00	9,5	13,42	5,21	11,22	5,98	247

Tabel 3. Data Hasil Pengamatan pada *hybrid* Energi Surya dan Energi Angin

Waktu	G (Watt/m ²)	Kecepatan Angin (m/s)	Keluaran Panel		Keluaran generator		Keluaran Aki		Kecepatan Putaran Turbin (rpm)
			V (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)	
10.00	613	-	12,67	4,42	-	-	12,29	5,6	-
10.15	750	-	12,81	5,06	-	-	12,51	5,59	-
10.30	819	-	12,91	5,29	-	-	12,64	5,37	-
10.45	904	-	12,99	5,27	-	-	12,37	5,97	-
11.00	926	-	13,22	4,68	-	-	12,8	5,9	-
11.15	973	0,9	13,31	5,42	-	-	12,92	5,31	-
11.30	921	1,5	13,47	6,15	-	-	13,18	5,43	-
11.45	905	1,8	13,7	5,6	-	-	13,32	5,52	-
12.00	1020	1,2	13,51	4,7	-	-	12,55	5,35	-

Waktu	G (Watt/m ²)	Kecepatan Angin (m/s)	Keluaran Panel		Keluaran generator		Keluaran Aki		Kecepatan Putaran Turbin (rpm)
			V (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)	
12.15	922	1,4	13,42	5,97	-	-	13,35	5,77	-
12.30	1034	0,9	13,2	5,86	-	-	13,02	5,46	-
12.45	945	1,5	13,67	5,64	-	-	13,1	5,74	-
13.00	917	1,1	13,31	5,37	-	-	12,9	5,19	-
13.15	945	1,8	13,37	3,2	-	-	12,97	5,82	-
13.30	918	3,6	13,32	5,95	2,88	1,74	12,75	5,91	56,4
13.45	884	5,7	13,33	5,12	6,23	2,37	13,29	5,71	183,1
14.00	907	4,5	13,41	5,64	4	2,77	13,33	5,54	111
14.15	905	5,4	12,93	5,67	6,07	3,11	12,72	5,82	126,7
14.30	933	5	13,26	6,88	6,11	2,43	12,7	5,74	101
14.45	905	5,5	13,2	5,93	6,19	3,87	13,22	5,64	151,4
15.00	934	4,1	13,65	5,91	4,7	1,95	13,15	5,59	102
15.15	939	7,7	13,26	6,06	8,37	2,02	13,2	5,28	184,5
15.30	922	4,2	13,37	5,84	4,04	3,54	13,26	5,63	106
15.45	937	4,4	13,34	6,01	4,09	1,99	13,39	5,75	110
16.00	990	5,6	13,83	5,95	6,66	2,27	13,41	5,67	158
16.15	1005	8,6	13,4	6,09	12,33	2,6	13,25	5,37	226,9
16.30	536	5,9	11,86	1,95	6,21	1,74	11,58	5,92	114
16.45	573	4,9	11,77	1,5	2,34	2,69	11,51	5,9	122,6
17.00	410	5,7	11,86	2,07	6,81	2,44	11,44	5,66	151

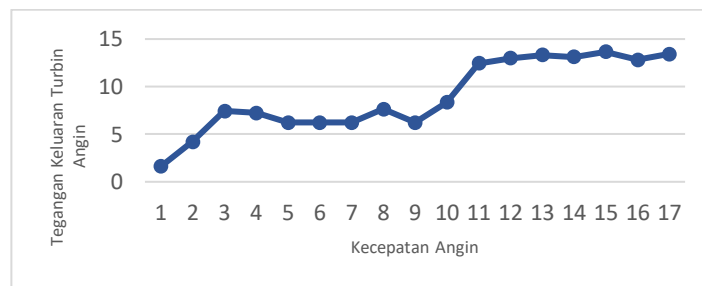
Tabel 4. Data Hasil Analisa Pada Sistem Hybrid

Waktu	G (Watt/m ²)	P _{in} Panel (Watt)	P _{out} aki (Watt)	P _{in} Turbin Angin (Watt)	P _{in hybrid} (Watt)	Efisiensi (η)	P _{out hybrid} (Watt)
10.00	613	344,26	68,82	0,00	344,26	19,99	56,00
10.15	750	421,20	69,93	0,00	421,20	16,60	64,82
10.30	819	459,95	67,88	0,00	459,95	14,76	68,29
10.45	904	507,69	73,85	0,00	507,69	14,55	68,46
11.00	926	520,04	75,52	0,00	520,04	14,52	61,87
11.15	973	546,44	68,61	0,00	546,44	12,56	72,14
11.30	921	517,23	71,57	0,00	517,23	13,84	82,84
11.45	905	508,25	73,53	0,00	508,25	14,47	76,72
12.00	1020	572,83	67,14	0,00	572,83	11,72	63,50
12.15	922	517,80	77,03	0,00	517,80	14,88	80,12
12.30	1034	580,69	71,09	0,00	580,69	12,24	77,35
12.45	945	530,71	75,19	0,00	530,71	14,17	77,10
13.00	917	514,99	66,95	0,00	514,99	13,00	71,47
13.15	945	530,71	75,49	0,00	530,71	14,22	42,78
13.30	918	515,55	75,35	9,64	525,19	14,35	84,27
13.45	884	496,45	75,89	38,28	534,74	14,19	83,01
14.00	907	509,37	73,85	18,84	528,21	13,98	86,71
14.15	905	508,25	74,03	32,55	540,80	13,69	92,19
14.30	933	523,97	72,90	25,84	549,81	13,26	106,08
14.45	905	508,25	74,56	34,39	542,64	13,74	102,23
15.00	934	524,53	73,51	14,25	538,78	13,64	89,84
15.15	939	527,34	69,70	94,37	621,72	11,21	97,26
15.30	922	517,80	74,65	15,32	533,11	14,00	92,38

15.45	937	526,22	76,99	17,61	543,83	14,16	88,31
16.00	990	555,98	76,03	36,30	592,29	12,84	97,41
16.15	1005	564,41	71,15	131,48	695,89	10,22	113,66
16.30	536	301,02	68,55	42,46	343,47	19,96	33,93
16.45	573	321,80	67,91	24,32	346,12	19,62	23,95
17.00	410	230,26	64,75	38,28	268,54	24,11	41,17

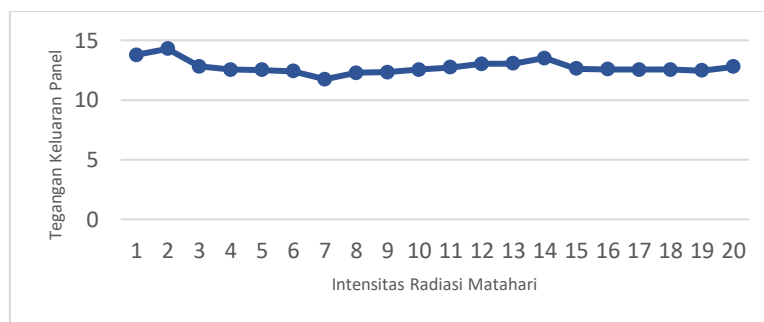
B. Pembahasan

Grafik dibuat untuk mempermudah analisa data hasil pengujian. Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian turbin angin selama 4 jam, tegangan tertinggi yang dihasilkan oleh turbin angin 13,65 Volt pada kecepatan angin 9,7 m/s dan tegangan terendah sebesar 1,61 Volt pada kecepatan angin 2,7 m/s. Selama pengujian ini turbin angin dapat menghasilkan tegangan keluaran dengan rata-rata 9 Volt pada kecepatan angin rata-rata 7,11 m/s.



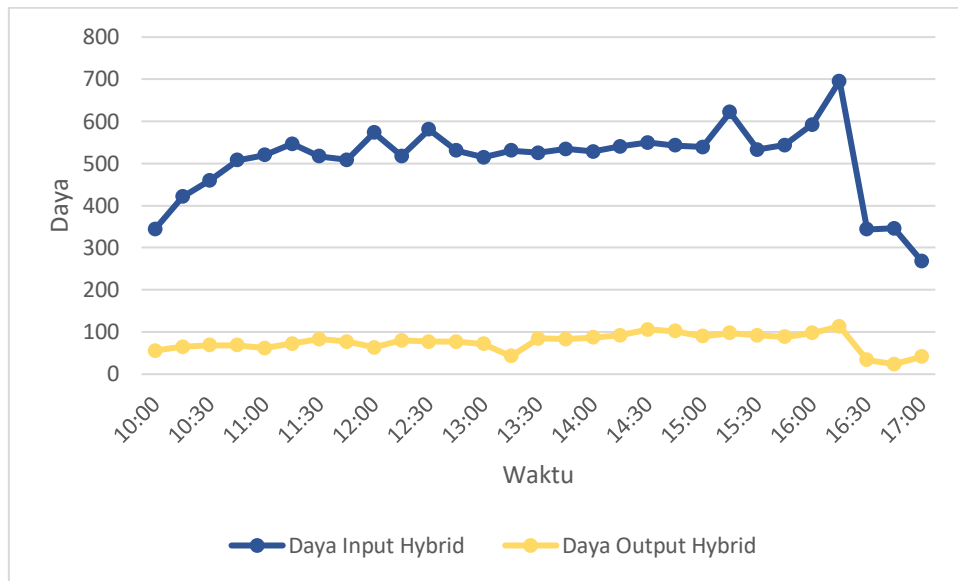
Grafik 1. Tegangan Keluaran Turbin Angin

Kemudian, tegangan tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 14,28 Volt pada radiasi matahari 1176 W/m². Sedangkan tegangan terendah 11,74 Volt pada radiasi matahari 645 W/m². Dengan data tersebut didapatkan rata-rata tegangan keluaran yang dihasilkan oleh panel surya selama 5 jam adalah 12,76 Volt dan rata-rata radiasi matahari 920,5 W/m²

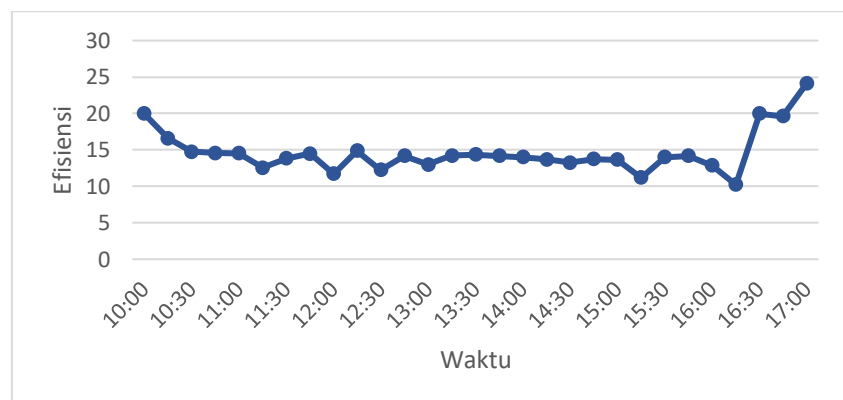


Grafik 2. Tegangan Keluaran Panel Surya

Berdasarkan hasil analisa data pada tabel 4 selama 7 jam pengoperasian panel surya dan turbin angin yang melayani beban 3 buah lampu pijar sebagai lampu lalu lintas dengan daya sebesar 15 W diperoleh daya masukan rata-rata *hybrid* energi surya dan angin sebesar 509,58 W dan daya keluaran rata-rata *hybrid* sebesar 75,72 W. Sehingga dapat dilihat bahwa efisiensi dari alat ini sebesar 14,64 %.



Grafik 3. Daya Masukan dan Keluaran Pembangkit *Hybrid* selama 7 jam



Grafik 4. Efisiensi Pembangkit *Hybrid*

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi alam berpengaruh besar terhadap hasil tegangan keluaran pada pembangkit *hybrid*. Semakin besar kecepatan angin yang memutar turbin angin maka semakin besar tegangan yang dihasilkan, begitu pula dengan radiasi sinar matahari yang semakin besar akan menghasilkan tegangan keluaran yang semakin besar pula.
2. Pembangkit *hybrid* dapat diaplikasikan sebagai sumber energi untuk mengoperasikan lampu lalu lintas

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Damis Hardiantono and Frederik Haryanto Sumbang, "Rancang Bangun Unit Pembangkit dan Modul Pengukurannya Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Angin dan Matahari)," *Jurnal Ilmiah Mustek Anim*, vol. 5, no. 3, pp. 231-245, Dec. 2016

- [2] Firdaus C R & Prasetyo S A (2020) Pemanfaatan Panel Surya Untuk Sistem Penerangan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega Dilengkapi Dengan Pengaturan Dimmer. *Eksergi: Jurnal Teknik Energi*, 15(3), 122-125.
- [3] Gunoto P Irvam M & Widiava T K (2015) Pengembangan sistem traffic lights berdasarkan kepadatan kendaraan menggunakan PLC. *Jurnal Dimensi*, 4(3).
- [4] Saiful Manan, 2011, "Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia". Semarang, Universitas Diponegoro.
- [5] Sendian S (2020) Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Berbasis Energi Surya dan Energi Angin. *Jurnal Elektronika Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*, 1(1), 23-27.
- [6] Svarif M I & Yunus M Y (2019) Rancangan Rancang Hybrid Sistem Sel Surya Dan Turbin Angin Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 10(1), 61-68.
- [7] Tjahjono Tri dan Erwan Widodo (2011) Pemanfaatan Energi Angin dan Energi Matahari sebagai Sumber Energi Listrik dengan Sistem *Hybrid*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik UNWAHAS.
- [8] Yunioe R (2015) Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota. Universitas Negeri Gorontalo.