

PEMODELAN KONTROLER UNTUK PENGISIAN BATERAI BERSUMBER DARI ENERGI ANGIN DAN SURYA

Annisa Dian Kusuma¹⁾, Nu Rhahida Arini²⁾, Joke Pratilastiarso³⁾

^{1,2,3}Program Studi Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
E-mail: Arini@pens.ac.id

Abstract

Wind and solar energy are renewable energies that are very abundant in nature and are promising in the future energy sector. In this research, a system is created that allows to control the output power of both renewable energy sources, namely photovoltaic and wind turbines. The control in question is if one of the energy sources gets more power due to differences in climate and weather factors than the other energy source, then the energy source that has a greater output power is utilized. With controllable output power, it is expected to get more optimal results compared to the use of a single energy source or one energy source alone. This research focuses specifically on the battery charging system, therefore a control system is needed that can regulate the output of the energy source that enters the battery. The results obtained before combining the two energy sources are, the electric power from the wind turbine is 19.39Wp and photovoltaic 44.81Wp. Then after the combination produces an electric power of 65.82Wp, this shows that combining energy sources is expected to produce more optimal power compared to using only one source.

Keywords: *Wind Turbine, PhotoVoltaic, Battery Charging System*

PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara tropis dengan potensi sumber daya alam yang melimpah, memiliki cadangan energi matahari dan angin yang sangat besar. Menurut Kementerian ESDM (2016), potensi energi surya di Indonesia mencapai 112.000 GWp. Selain itu, studi LAPAN (2018) menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata di Indonesia berkisar antara 2-6 m/s.

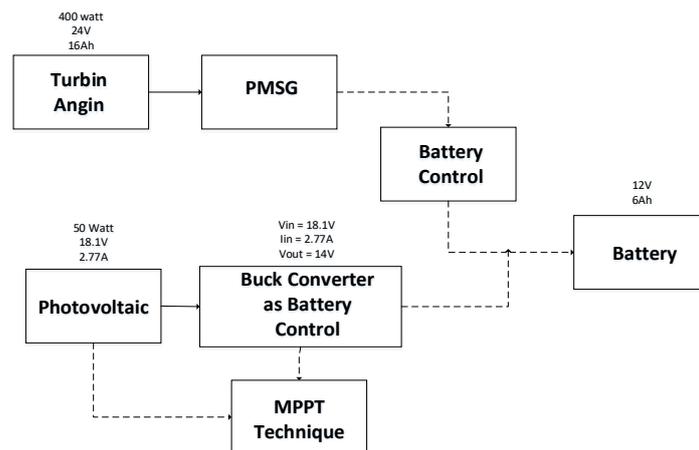
Potensi energi matahari yang tinggi di Indonesia, dengan rata-rata penyinaran 5-6 jam per hari (Prayogo, 2019), menjadikannya sumber energi yang menarik. Namun, efisiensi pemanfaatan energi surya masih terbatas akibat faktor-faktor seperti posisi panel surya yang statis dan kurangnya sistem pengelolaan energi yang optimal (Sinurat, 2022).

Sementara itu, kecepatan angin di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti ketinggian tempat, relief permukaan, letak lintang, dan waktu. Variabilitas kecepatan angin ini menjadi tantangan dalam pemanfaatan energi angin secara maksimal (Suprajitno, 2022).

Penelitian ini berfokus pada pengembangan strategi pengendalian untuk sistem hibrida photovoltaic-angin. Model simulasi akan digunakan untuk merancang sistem yang optimal, kemudian divalidasi melalui eksperimen lapangan. Melalui simulasi dan eksperimen tersebut, sistem ini diharapkan mampu beradaptasi dengan fluktuasi lingkungan untuk menghasilkan daya yang stabil dan efisien. Analisis terhadap variasi iradiasi matahari dan kecepatan angin akan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem.

METODE PENELITIAN

Blok diagram ini merupakan gambaran dasar mengenai sistem yang akan dirancang. Blok diagram ini dibuat untuk mempermudah dalam memahami desain pada sistem ini. Berikut merupakan blok diagram pada desain system:



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan Gambar 1 yang merupakan diagram blok sistem mengenai gambaran dasar sistem yang akan dirancang. Dapat dijelaskan bahwa sistem yang dibuat pada penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan daya dari dua sumber energi baru terbarukan, yaitu energi surya dan energi angin. Sistem ini juga dapat dilengkapi dengan komponen tambahan seperti inverter untuk mengubah listrik DC menjadi AC, atau sistem monitoring untuk memantau kinerja sistem.

Perancangan Turbin Angin

Sistem ini memanfaatkan turbin angin horizontal 400 Watt untuk menggerakkan generator PMSG, menghasilkan tegangan DC satu fasa. Konversi DC-AC dilakukan

untuk memenuhi beban AC. Pengontrol baterai berbasis PWM digunakan untuk mengatur arus pengisian, mencegah kerusakan baterai akibat pengisian berlebih.

Perancangan Modul *Photovoltaic*

Sel surya atau *photovoltaic* merupakan rangkaian dari sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dan/atau paralel. Konfigurasi ini memungkinkan penyesuaian karakteristik keluaran modul, seperti tegangan dan arus, sesuai dengan kebutuhan beban.

Photovoltaic yang digunakan pada pengamatan menggunakan daya sebesar 50Wp. Desain pembangkit listrik sel surya yang berdiri sendiri tidak mempertimbangkan sumber energi eksternal selain energi radiasi matahari dan generator sebagai generator darurat. Sistem yang berdiri sendiri ini dapat menyuplai beban DC dan beban AC dengan menggunakan inverter.

Penggabungan Turbin Angin dan *Photovoltaic*

Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem pembangkit listrik hibrida yang mengintegrasikan panel surya dan turbin angin. Sistem kontrol yang dikembangkan bertujuan untuk memaksimalkan pemanfaatan energi dari kedua sumber tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 2 merupakan model penelitian berupa sistem kontrolnya.



Gambar 2. Pengamatan Turbin Angin dan Photovoltaic

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggabungan Turbin Angin dan *Photovoltaic*

Sistem pemodelan yang terdiri dari pengendali tenaga surya, filter RC, dan baterai (Gambar 2) telah digunakan untuk menguji kinerja sistem. Pengukuran dilakukan pada

panel surya 50 WP dan turbin angin 300 W selama periode pukul 09.00 hingga 16.00 WIB. Data tegangan dan arus DC diperoleh menggunakan avometer, lalu dihitung untuk mendapatkan daya keluaran. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1
Hasil Pengamatan

No.	Time (Hour)	Voltage Input (Volt)	Voltage Output (Volt)	Current Input (Ampere)	Current Output (Ampere)	Power Input (Watt)	Power Output (Watt)
1	09:00	10.08885	9.535	0.73	0.695	7.36	6.63
2	10:00	10.1692	9.905	0.75	0.665	7.63	6.59
3	11:00	10.3311	9.8	0.77	0.69	7.95	6.76
4	12:00	10.4306	9.91	0.77	0.66	8.03	6.54
5	13:00	10.29205	9.89	0.76	0.665	7.82	6.58
6	14:00	8.62875	9.965	0.6	0.655	5.18	6.53
7	15:00	7.7473	9.47	0.57	0.645	4.42	6.11
8	16:00	5.80055	9.805	0.365	0.66	2.12	6.47

Selanjutnya hasil pengujian menunjukkan bahwa fluktuasi kecepatan angin secara signifikan mempengaruhi fluktuasi daya keluaran sistem, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Peningkatan kecepatan angin meningkatkan daya mekanis yang diterima oleh rotor turbin angin, sehingga meningkatkan kecepatan putarnya. Interaksi antara rotor dan generator sinkron magnet permanen (PMSG) kemudian menghasilkan peningkatan daya listrik keluaran. Kecepatan angin awal dibatasi hingga 5 m/s karena kondisi lapangan instalasi di Lapangan Futsal D4 Politeknik Elektronika Negeri Surabaya yang didominasi kecepatan angin 1-5 m/s karena bangunan tinggi di sekitarnya dan sudu turbin yang tidak stabil. Kecepatan angin lebih dari 5 m/s memungkinkan peningkatan daya keluaran.

Tabel 2
Pengamatan dengan Variasi
Kecepatan Angin

No	Kecepatan Turbin Angin (m/s)	Tegangan Turbin Angin (Volt)	Arus Turbin Angin (A)
1	1.3	7.59	0.06
2	2.1	9.02	0.84
3	1.6	7.79	0.09
4	2.5	8.61	0.63
5	3.0	9.97	1.15
6	2.07	9.15	0.91
7	3.36	9.47	1.25
8	5.24	10.71	2.78

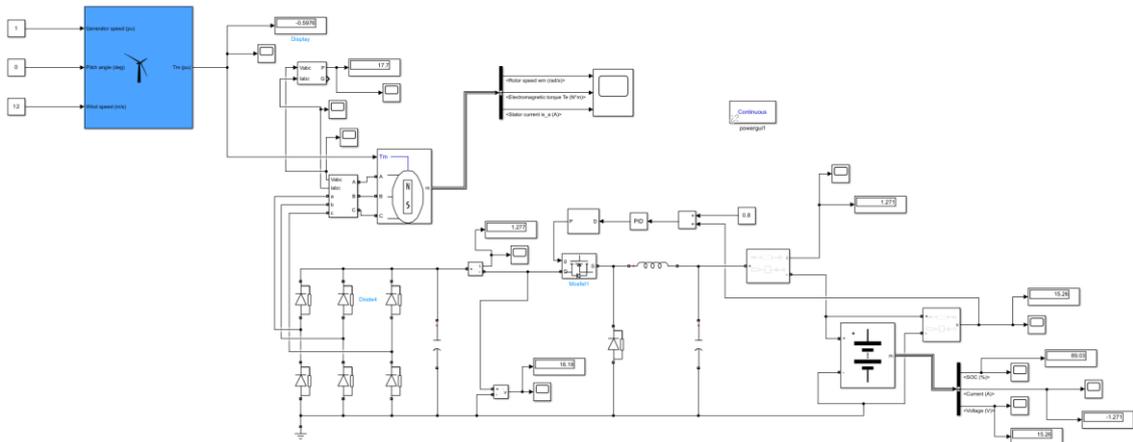
Tabel 3
Variasi Intensitas Cahaya Matahari

No	Time (Hour)	Voltage PV (Volt)	Current PV (mAh)	Intensitas Cahaya (Cd)	Power (Watt)
1	09:00	20.09	1.45	1991	29.13
2	10:00	20.25	1.49	1475	30.17
3	11:00	20.57	1.53	1832	31.47
4	12:00	20.74	1.53	2097	31.73
5	13:00	20.46	1.51	2097	30.89
6	14:00	17.15	1.19	535	20.40
7	15:00	15.4	1.13	195	17.40
8	16:00	11.51	0.72	40	8.28

Daya listrik yang dihasilkan oleh sistem fotovoltaik menunjukkan fluktuasi yang signifikan seiring dengan perubahan intensitas cahaya matahari, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Daya keluaran sistem fotovoltaik sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan kondisi cuaca. Pengujian yang dilakukan pada rentang waktu 09.00-16.00 WIB menunjukkan bahwa peningkatan intensitas cahaya secara langsung berkorelasi dengan peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya 50 Wp.

Pemodelan Rangkaian Turbin Angin

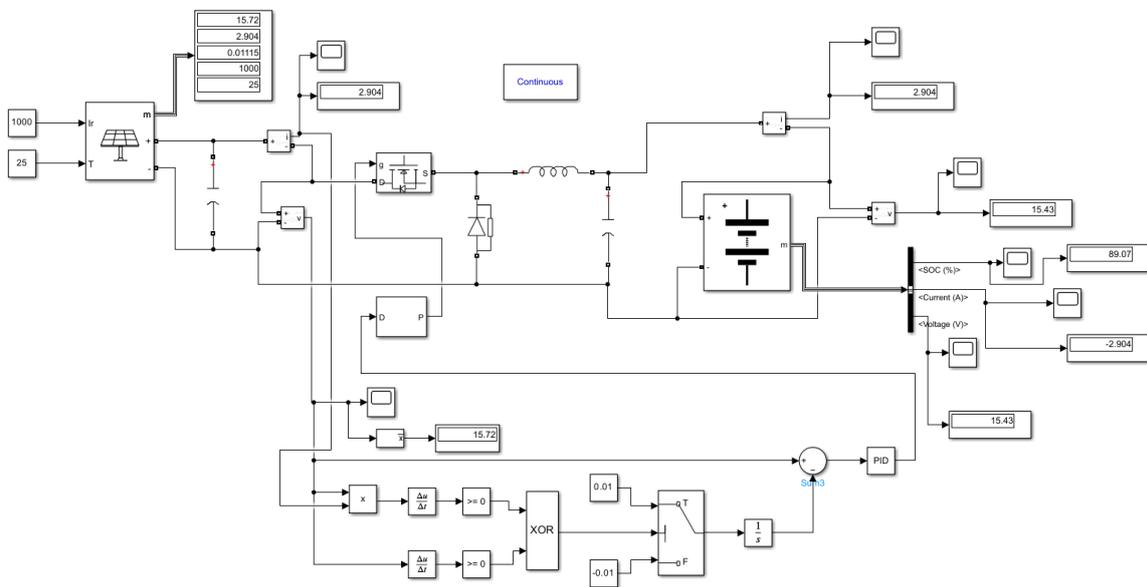
Simulasi sistem turbin angin pada Gambar 5 menampilkan konfigurasi yang terdiri dari turbin angin dengan generator AC, inverter, dan sistem kontrol baterai. Turbin angin menggunakan generator sinkron magnet permanen (PMSG) untuk menghasilkan listrik DC yang kemudian dikonversi menjadi AC. Hasil simulasi menunjukkan karakteristik keluaran sebesar 15,26 V dan 1,271 A.



Gambar 3. Pemodelan Rangkaian Turbin Angin

Pemodelan Rangkaian Photovoltaic

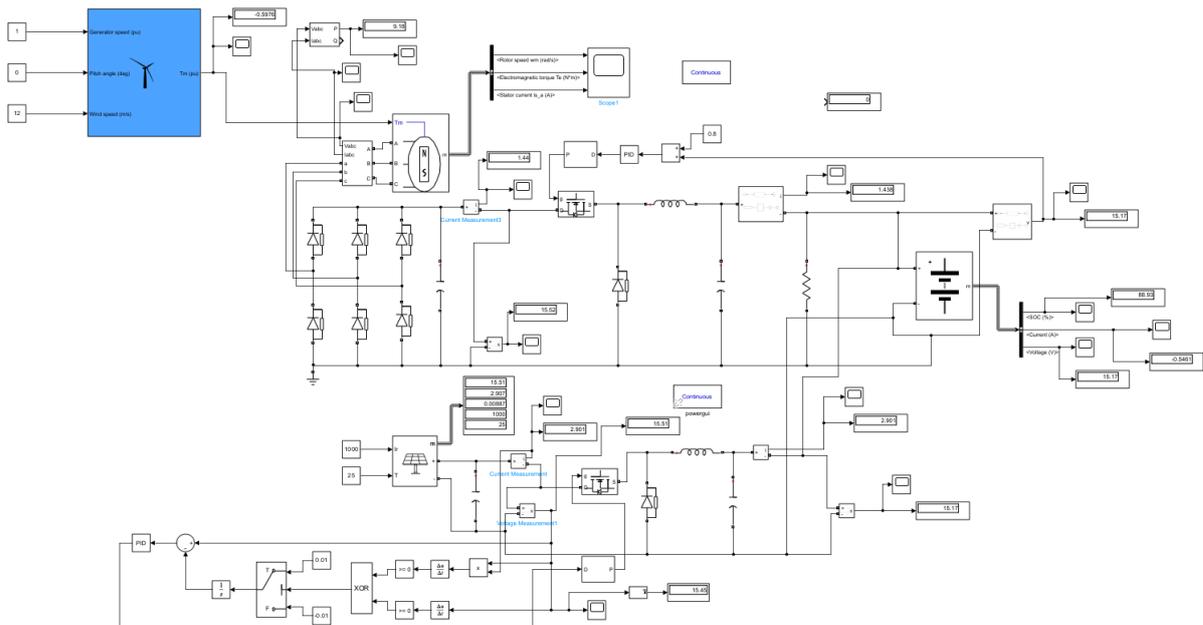
Sistem fotovoltaik yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari modul fotovoltaik yang tersusun dari sejumlah sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dan parallel berdasarkan Gambar 6. Konfigurasi ini dirancang untuk menghasilkan tegangan dan arus yang sesuai dengan kebutuhan beban. Hasil pengukuran menunjukkan tegangan keluaran sebesar 15,43 V dan arus sebesar 2,904 A.



Gambar 4. Pemodelan Rangkaian Photovoltaic

Penggabungan Pemodelan Turbin Angin dan Photovoltaic

Hasil pada Gambar 4 yang diperoleh setelah penggabungan menghasilkan daya listrik sebesar 65,82Wp, hal ini menunjukkan bahwa penggabungan sumber energi diharapkan dapat menghasilkan daya yang lebih optimal dibandingkan dengan hanya menggunakan satu sumber saja.



Gambar 5. Penggabungan Pemodelan Turbin Angin dan Photovoltaic

Selanjutnya akan ditampilkan hasil dari penggabungan sistem control pada turbin angin dan photovoltaic. Berikut merupakan hasil dari simulasi rangkaian sistem control pada Tabel 4.

Tabel 4
Variasi Intensitas Cahaya Matahari

	Voltage Input (V)	Current Input (A)	Voltage Output (V)	Current Output (A)
Turbin Angin	16.18	0.651	15.26	1.271
Photovoltaic	14.72	0.851	15.43	2.904
Hybrid	31.03	4.341	30.34	4.339

Dari hasil simulasi diatas terlihat bahwa setelah menggabungkan kedua sumber energi, output tegangan dan arus yang diperoleh menjadi lebih banyak. Peningkatan ini disebabkan oleh sistem control yang secara optimal mencocokkan impedansi keluaran turbin angin dan photovoltaic dengan beban, sehingga meminimalkan kehilangan daya.

SIMPULAN

Dalam penelitian ini dilakukan simulasi dan juga eksperimen pada penggabungan sistem kontrol antara dua sumber energi angin dan surya dengan menerapkan algoritma P&O pada pengendali MPPT. Berikut yang dapat disimpulkan dari penelitian yang telah dilakukan :

1. Panel Surya: Algoritma P&O berhasil mengoptimalkan daya keluaran panel surya dengan menjaga operasi pada titik daya maksimum.
2. Turbin Angin: Algoritma P&O memungkinkan turbin angin menghasilkan daya maksimal secara kontinu, bahkan dalam kondisi kecepatan angin yang fluktuatif.
3. Kualitas Daya: Implementasi algoritma P&O meningkatkan kualitas daya keluaran sistem secara keseluruhan melalui optimalisasi pemanfaatan energi dan stabilisasi tegangan output.
4. Validasi Simulasi: Hasil simulasi memberikan prediksi yang baik terhadap kinerja sistem, memungkinkan optimasi parameter sebelum implementasi. Eksperimen lapangan mengkonfirmasi hasil simulasi dan mengidentifikasi pengaruh faktor eksternal terhadap kinerja sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Prayogo, M. H. (2019). Implementasi Sistem Kontrol dan Proteksi Pembangkit Photovoltaic Skala Kecil (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).
- Widyanto, S. W., Wisnugroho, S., & Agus, M. (2018). Pemanfaatan Tenaga Angin Sebagai Pelapis Energi Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Wangi-Wangi. Prosiding Semnastek.
- Sinurat, E. C. (2022). RANCANG BANGUN ROTASI MATAHARI PADA PANEL SURYA DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO (STUDI KASUS ROTASI PANEL SURYA). *Jurnal Portal Data*, 2(1).
- Suprajitno, A. (2022). Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Energi Angin dan Surya Melalui Sistem Battery Charging Switching. *CYCLOTRON*, 5(1).
- M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- Saputra, A. A. (2022). Sistem Penyeimbang Baterai Dengan Single Storage Device Untuk Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) OFF GRID.
- Nugroho, H., Aditya, C., & Nungsizu, S. (2021). Penerapan Metode Genetic Alghorithm untuk Meminimalkan Biaya Perawatan Sistem Pembangkit Energi

- Hibrid Solar Panel dan Turbin Angin. *ENERGI & KELISTRIKAN*, 13(2), 172-177.
- Pitulungan, A. S., Shalahuddin, Y., & Yumono, F. (2023). Simulasi Sinkronisasi Pv Dengan Jala Jala PLN Berbasis Matlab Simulink. *JOURNAL ZETROEM*, 5(1), 36-42.
- Sistiawan, Y. A. T., & Gunoto, P. (2019). Perancangan pembangkit listrik tenaga hybride (tenaga surya dan tenaga angin) dengan kapasitas 20 W. *Sigma Teknika*, 2(1), 49-56.
- Harmini, H., & Nurhayati, T. (2018). Pemodelan sistem pembangkit hybrid energi solar dan angin. *Elektrika*, 10(2), 28-32.