

SISTEM ANGIN HYBRID DENGAN SUMBER ENERGI TERBARUKAN LAINNYA SEBAGAI ENERGI YANG RAMAH LINGKUNGAN

Nuraini Zaqiyah¹, Yushardi², Sudarti³

nurainizaqiyah9@gmail.com¹, yushardi.fkip@unej.ac.id², sudarti.fkip@unej.ac.id³

Univeristas Jember

ABSTRAK

Sistem energi hibrida yang menggabungkan turbin angin dengan sumber energi terbarukan lainnya seperti panel surya, baterai penyimpanan, atau generator diesel cadangan menawarkan solusi yang menjanjikan untuk menyediakan sumber energi yang stabil dan andal dan dalam upaya untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca. Namun, sifat fluktuatif dan intermiten dari sumber energi terbarukan seperti angin dan matahari menimbulkan tantangan dalam mengatur dan mengoptimalkan aliran daya antara berbagai komponen sistem. Oleh karena itu, sistem angin Hybrid dengan sumber energi terbarukan lainnya. Tujuan utama dari sistem ini adalah mengoptimalkan kinerja sistem energi hibrida, seperti memaksimalkan produksi energi, meminimalkan biaya operasional, menjaga stabilitas sistem, dan memastikan kontinuitas pasokan energi.

Kata Kunci: Angin, Energi, Turbin, Panel surya.

ABSTRACT

Hybrid energy systems that combine wind turbines with other renewable energy sources such as solar panels, storage batteries or backup diesel generators offer a promising solution to provide a stable and reliable energy source and in an effort to reduce dependence on fossil fuels and greenhouse gas emissions. However, the fluctuating and intermittent nature of renewable energy sources such as wind and solar poses challenges in managing and optimizing the flow of power between various system components. Therefore, Hybrid wind systems with other renewable energy sources. The main objective of this system is to optimize the performance of the hybrid energy system, such as maximizing energy production, minimizing operational costs, maintaining system stability, and ensuring continuity of energy supply.

Keywords: Wind, Energy, Turbines, Solar panels.

PENDAHULUAN

Energi listrik telah menjadi masalah krusial di berbagai negara, termasuk Indonesia. Di era modern, gaya hidup manusia sangat bergantung pada ketersediaan dan kualitas energi. Menurut ESDM Indonesia, konsumsi listrik per kapita meningkat dari 1.173 kWh pada 2022 menjadi 1.285 kWh pada 2023. Menteri ESDM, Arifin Tasrif, memproyeksikan konsumsi akan mencapai 1.408 kWh/kapita pada 2024. Untuk itu, pemerintah terus mempersiapkan pasokan listrik guna mengantisipasi peningkatan permintaan (Adi, 2024). Adi (2024) menyatakan bahwa pasokan listrik di Indonesia masih belum memadai. Pada 2023, 185.662 rumah tangga di 140 desa, terutama di Papua, belum teraliri listrik. Mencapai target 100% elektrifikasi menjadi prioritas utama. Menurut Havidh dari ESDM, upaya ini membutuhkan Rp 22,08 triliun hingga 2025, dengan 75,66% untuk perluasan jaringan. Mengingat sulitnya akses di beberapa lokasi, terutama di Papua, anggaran juga dialokasikan untuk APDAL (Alat Penyaluran Daya Listrik) dan SPEL (Stasiun Pengisian

Energi Listrik) di titik-titik tertentu.

Indonesia, sebuah negara kepulauan besar, diberkahi dengan kekayaan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk mendukung kehidupan penduduknya. Namun, seiring pertumbuhan populasi, kebutuhan energi semakin meningkat. Saat ini, sumber energi yang banyak digunakan adalah yang tidak terbarukan, yang berarti persediaannya akan semakin menipis seiring waktu. Untuk mengatasi masalah ini, pengembangan sumber energi baru terbarukan sebagai alternatif sangat diperlukan. Menipisnya bahan bakar minyak mendorong pemerintah untuk mengambil kebijakan di bidang energi, terutama dalam konversi energi. Kebijakan ini mengisyaratkan perlunya pengembangan energi terbarukan guna mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang semakin langka.

Energi sangat penting untuk aktivitas manusia di berbagai bidang, seperti ekonomi, rumah tangga, industri, bisnis, dan transportasi, yang masih bergantung pada bahan bakar fosil. Namun, penggunaan bahan bakar fosil berkontribusi pada kelebihan karbon di atmosfer, memicu pemanasan global (Setyono et al., 2019). Oleh karena itu, diperlukan energi alternatif selain minyak bumi dan batu bara, yaitu energi baru dan terbarukan. Energi terbarukan menjadi solusi penyediaan energi yang menjanjikan, karena dampaknya yang rendah terhadap lingkungan dan dapat menjamin keberlanjutan energi di masa depan. Untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca, pemanfaatan energi terbarukan menjadi prioritas global. Energi ini dapat cepat pulih secara alami dan berkelanjutan. Energi angin dan surya sangat diperhatikan karena melimpah dan ramah lingkungan. Sistem energi angin hibrida, yang menggabungkan turbin angin dengan sumber terbarukan lain seperti panel surya dan baterai, menjadi konfigurasi populer. Sistem ini mengoptimalkan setiap sumber, meningkatkan keandalan pasokan, dan mengurangi ketergantungan pada satu sumber energi.

Energi hibrida menggabungkan dua atau lebih sumber energi untuk menghasilkan listrik. Harmin dan Nurhayati (2018) mendefinisikan sistem angin hibrida sebagai kombinasi dua atau lebih sumber energi yang mentransfer daya ke beban. Rozi et al. (2021) menyatakan energi angin dan matahari sangat efektif dan tidak menimbulkan polusi. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) mengkombinasikan dua sumber energi yang saling mendukung, memberikan keuntungan ekonomis dan teknis (Halasa & Asumadu, 2016). Hayu, dkk. (2018) menegaskan bahwa PLTH, yang menggabungkan dua atau lebih sumber energi terbarukan, lebih efisien daripada pembangkit yang hanya menggunakan satu sumber. Penelitian ini menggabungkan energi angin dan matahari. Hayu, dkk. (2018) menyatakan Indonesia, yang terletak di garis khatulistiwa, memiliki iklim tropis dengan energi matahari melimpah yang dapat dimanfaatkan (Rozi et al., 2021).

Kecepatan angin yang sering berubah dan tidak stabil menyebabkan daya keluaran tidak konstan dan hanya bergantung pada energi angin. Namun, ketika dipadukan dengan pembangkit lain seperti tenaga surya, daya yang dihasilkan akan lebih maksimal karena berasal dari dua jenis pembangkit. Energi angin adalah udara bergerak dari tekanan tinggi ke rendah, yang dapat diubah menjadi listrik menggunakan kincir angin. Pada 2021, potensi angin di Indonesia sekitar 978 MW, dengan kecepatan rata-rata 3,5-7 m/s. Turbin angin bekerja optimal pada 5-20 m/s. Matahari, pusat tata surya, memasuki atmosfer bumi dengan kerapatan daya rata-rata 1,2 kW/m², tetapi bumi hanya menyerap 560 W/m². Dengan luas daratan sekitar 2 juta km², Indonesia berpotensi membangkitkan 5.108 MW energi matahari (Mawardi et al., 2021). Data BMKG menunjukkan beberapa daerah di Indonesia, seperti Sulawesi Selatan, Sumatera, Jawa, Maluku, dan Nusa Tenggara,

memiliki potensi angin yang baik. Kecepatannya bervariasi: 10-20 km/jam (normal), 20-30 km/jam (sedang), dan 30-40 km/jam (kuat). Kecepatan ini signifikan dalam menghasilkan energi listrik. Di Indonesia, potensi tenaga surya diperkirakan sekitar 4,8 kWh/hari. Energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterima sistem.

Pembangkit listrik tenaga surya mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik. Fenomena ini terjadi pada sel surya saat menerima cahaya matahari. Energi foton cahaya membebaskan elektron-elektron untuk mengalir dalam rangkaian semikonduktor tipe n dan p, sehingga menimbulkan arus listrik (Nurjaman & Puranama, 2022). Tujuan utama adalah untuk mengoptimalkan kinerja sistem, memaksimalkan produksi energi, meminimalkan biaya operasional, dan menjaga stabilitas sistem dalam berbagai kondisi operasi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya mewujudkan sistem energi yang berkelanjutan, efisien, dan ramah lingkungan

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu studi literatur. Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data sebagai rujukan dari jurnal-jurnal teknik elektro khususnya yang berhubungan dengan energi baru terbarukan dan sistem angin hybrid di Indonesia. Data-data tersebut kemudian dirangkai dalam sebuah deskripsi. Analisa merupakan metode khusus untuk menganalisis suatu permasalahan. Pada tahap Analisa proses data, menjelaskan bahwa bagaimana pengaruh dari beberapa variabel terkait dengan pengaruh terhadap pengendalian sistem angin hybrid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelusuran jurnal maupun artikel yang telah dilakukan ditemukan beberapa hasil mengenai energi terbarukan. Perlu diketahui bahwa energi terbarukan adalah energi yang jumlahnya sangat banyak atau dapat dikatakan tidak terbatas. Sumber energi terbarukan dapat berasal dari matahari, angin, air, dan biogas. Pada penelitian ini yang menjadi topik penelitian adalah energi angin hybrid. Energi angin hybrid merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan dua atau lebih sumber energi, seperti halnya energi surya dengan energi angin (Mawardi et al., 2021). Sistem angin hybrid ini dapat dikatakan sebagai pembangkit listrik yang alternatif memanfaatkan energi terbarukan yang dimana energi terbarukan memiliki jumlah yang tidak terbatas serta ramah lingkungan.

Penelitian Firman dan Irfansyah (2021) menunjukkan turbin angin menghasilkan 10,43 watt pada kecepatan angin 3,1-4,1. Menggunakan baterai 12 Volt 10 A, kebutuhan listrik harian di Kalimantan Selatan sekitar 120 Wh. Modul surya 20 Watt Peak (WP) dengan 10 jam penyinaran dapat mensuplai 200 Wh. Turbin angin 10,43 Watt selama 14 jam mensuplai 146,02 Wh. Sistem hybrid ini mampu membackup beban selama 9,64 jam. Pengisian baterai membutuhkan 20,41 jam dengan turbin angin dan 6,02 jam dengan PLTS. Penelitian Mawardi et al. (2021) menggunakan alat kontrol pembangkit pada panel box, mengukur tegangan keluaran kedua pembangkit dan sistem hybridnya selama 4 jam, dengan data diambil setiap 15 menit. Turbin angin menghasilkan tegangan tertinggi 1,5V pada 6,5 m/s dan terendah 0,6V pada 1,4 m/s, dengan rata-rata 1,3V pada 3,9 m/s. Solar cell mencapai 21,19V pada radiasi 1056 W/m² dan terendah 18,16V pada 62 W/m², dengan rata-rata 19,08V dan radiasi 424 W/m².

Menurut penelitian yang dilakukan Diana dkk. (2019), kecepatan 2,5 m/s pada penggunaan 15Watt menunjukkan bahwa penggunaan PLTH memberikan efisiensi yang

lebih baik jika dibandingkan dengan penggunaan PLTB atau PLTS yang penggunaannya kurang tepat. Hasil uji karakteristik setiap beban menunjukkan tingkat efisiensi yang tinggi yaitu 2,5 l/l. Efisiensi pada 15Watt sebesar 20,968%; pada 19Watt sebesar 39,48%; pada 23Watt sebesar 49,57%; dan pada 33Watt sebesar 78,39%. Sebaliknya, efisiensi tanah ditemukan sebesar 5 m/s. Efisiensi pada daya 15watt sebesar 11,27%, pada daya 19watt sebesar 21,64 %, pada daya 23watt sebesar 27,96 %, dan pada daya 33watt sebesar 44,29%. Namun bila PLTH dalam hal ini semakin besar maka besaran efeknya juga akan semakin besar, dan jika waktu reaksi bertambah maka besaran efeknya juga akan semakin besar.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Novrita et al ., 2021) Posisi 1 pada 7.20 WIB pengukuran angin memperoleh kecepatan angin maksimumnya 8,8m/s dan kecepatan minimumnya 11,5m/s . posisi 2 pada pukul 8.30WIB diperoleh kecepatan maksimumnya 6,1m/s dan kecepatan minimumnya sebesar 10, 7m/s.posisi 1 pada pukul 17.10WIB diperoleh kecepatan maksimumnya 9,2m/s dan kecepatan minimumnya sebesar 10,8m/s. posisi 2 pada pukul 17.30 kecepatan maksimum angin sebesar 9,5m/s dan kecepatan minimumnya sebesar 11,0m/s. dari data tersebut dapat diartikan bahwa kecepatan angin pada sore hari menjelang malam hari memiliki potensi energi angin yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan angin yang dihasilkan pada pagi hari. Kecepatan angin maksimum pada pagi hari terletak pada pukul 07.20 WIB dengan menghasilkan daya sebesar 13.738,5watt dan kecepatan angin minimum pada pagi hari terletak pada pukul 08.30 WIB dengan menghasilkan daya sebesar 7.217,4 watt. Sedangkan pada sore hari, kecepatan angin maksimum terletak pada pukul 17.40 WIB dengan menghasilkan daya sebesar 13.464,8watt dan kecepatan angin minimum terletak pada pukul 17.10 WIB dengan menghasilkan daya sebesar 11.264,3 watt. Hal tersebut menunjukkan jika pada sore menjelang malam hari kecepatan angin berpotensi menghasilkan energi Listrik.

Pada penelitian yang dilakukan (Elisa et al., 2021) Jika diketahui bahwa rata rata setiap rumah menggunakan sekitar 30 lampu bohlam dengan kapasitas sebesar 5 watt dan rata rata digunakan pada puku 17.00 –05.00 pagi (12jam) maka dapat diketahui tagihan yang dibutuhkan sebesar Rp 78.000/bulan jika digunakan dalam 12 jam/harinya . jika sama-sama menggunakan 30 bohlam yang besarnya 5 watt, maka jika menggunakan panel surya hanya. Sehingga 30 lampu bohlam yang setiap harinya digunakan 12 jam akan membutuhkan baterai 3 buah 65 Ah 12 V dan 5buah panel surya 100 wp.Dengan biaya seluruh perangkat antaraRp. 2.000.000 –Rp. 2.500.000 per 100wp dengan demikian, dana yang dibutuhkan 5 buah panel surya 100 wp yaitu sekitar Rp10Jt –13Jt. Akan tetapi dana panel surya tersebut dapat digunakan sekitar 20 tahun,sehingga dalam 20 tahun (480 bulan) akan membutuhkan dana sekitarRp 41.000 –Rp. 55.000 perbulannya .

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Rohmaniyah & Anisah , 2024) Kecepatan angin saat kondisi cuaca cerah diukur pada 2,4 m/s saat pada kondisi mendung kecepatan angin bisa mencapai 3,5 m/s. Sehingga pada saat cuaca mendung maka daya yang dihasilkan turbin angin akan meningkat sementara daya sel surya akan meningkat berkurang karena intensitas matahari berkurang. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh tenaga sel surya 40 W dan turbin angina sebesar 1.169 W (kapasitas terbesar). untuk charge controller 2,32 A, kapasitas inverter 50 W dan total energi baterai 3,33 Ah. Pengisian baterai dalam skenario 1 melalui tenaga surya sel dan turbin angin membutuhkan waktu 6,6 jam saat cuaca cerah dan 8,3 jam saat cuaca berawan. Setelah direalisasikan terhadap pengeluaran rumah tangga sebesar 160 Wh per hari .

Berdasarkan 6 hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh beberap peneliti merujuk pada pembangkit Listrik tenaga surya(PLTS) dan pembangkit Listrik tenaga bayu (PLTB)

. Ketika dua pembangkit Listrik ini disatukan dalam satu sistem maka akan menjadi pembangkit Listrik tenaga hybrid yang mana dalam sistemnya menggabungkan penggabungan antara panel surya dan turbin angin . Dengan menerapkan konsep dari hukum Termodinamika I dimana merubah energi angin menjadi energi listrik maka dapat diterapkan dengan baik. Dimana ketika kecepatan energi angin yang besar akan membuat energi mekanis dari kecepatan angin menjadi energi putar pada turbin angin atau kincir angin yang nantinya akan menjadi energi listrik. Dengan kecepatan angin yang cukup tinggi maka akan menghasilkan energi listrik yang cukup baik, sehingga akan dapat digunakan dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan . dalam penggabungannya dengan panel surya yang menggunakan sistem tanpa tracking atau panel surya dalam kondisi tanpa mengikuti pergerakan matahari. Kelebihan sistem ini adalah lebih sederhana dan mudah perawatannya. Jika sistem pelacakan, maka diperlukan alat tambahan seperti sensor dan alat kendali untuk mengaturnya pergerakan panel surya sehingga tegak lurus dengan matahari. Keuntungan dari sistem pelacakan adalah bahwa hal itu dapat meningkatkan isolasi matahari sebesar 25% energi listrik dihasilkan oleh panel lebih lama. Kekurangan sistem ini adalah pemeliharannya lebih rumit dan memerlukan biaya selain itu untuk menyediakan alat kontrol panel

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan pada penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Tenaga yang dihasilkan oleh generator hybrid yang paling potensial untuk dikembangkan lebih lanjut adalah sel surya. Ini karena sel surya lebih mampu menyuplai banyak energi dibandingkan dengan turbin angin yang hanya bisa melepaskan energi ketika ada angin Cukup . Kondisi alam berpengaruh terhadap hasil pengeluaran pada pembangkit . semakin besar kecepatan angin akan memutar turbin angin semakin cepat begitupun dengan radiasi sinar matahari yang semakin besar akan menghasilkan tegangan yang semakin besar . dengan penggabungan dua sumber energi yang akan menjadi pembangkit Listrik tenaga Hybrid (PLTH) ini dapat dikatakan lebih efisien dan lebih hemat . dikatakan lebih efisien karena keluaran energi tidak hanya dalam satu sumber melainkan dari sumber yang lain , sehingga dari kedua sumber dapat saling mendukung.

DAFTAR PUSTAKA

- Rozi, A. F., Agung, A. I., Widyartono, M., & Hermawan, A. C. (2021). Penerapan pembangkit hybrid sebagai penggerak kincir air pada tambak udang. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 91-98.
- Halasa, G., & Asumadu, J. A. (2016). Wind-solar hybrid electrical power production to support national grid: Case study-Jordan. In 2009 IEEE 6th International Power Electronics and Motion Control Conference (pp. 903-909). IEEE.
- Hayu, T. S., Suriadi, S., & Siregar, R. H. (2018). Studi potensi pembangkit listrik tenaga hybrid (surya-bayu) di Banda Aceh menggunakan metode jaringan syaraf tiruan. *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 3(1), 9-16.
- Nurajaman, H. B., & Purnama, T. (2022). Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai solusi energi terbarukan rumah tangga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(2), 136-142.
- Adi, A. C. (2024, January 15). Konsumsi listrik masyarakat meningkat, tahun 2023 capai 1.285 kWh/kapita. *Databoks*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/konsumsi-listrik-masyarakat-meningkat-tahun-2023-capai-1285-kwh-kapita>
- Adi, A. C. (2024, February 20). Tren penjualan listrik di Indonesia terus naik, hal ini strategi pemerintah penuhi demand. *Databoks*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/tren-penjualan-listrik-di-indonesia-terus-naik-ini-strategi-pemerintah-penuhi-demand>
- Firman, M., & Irfansyah, M. (2021). Perancangan sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya

- dengan turbin anfin terapung. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 6(2).
- Diana, H., Dewangga, G., Yoreniko, P. Y., Sarita, I., Sumarno, F. G., & Purwati, W. (2019). Rancangan bangun pembangkit hybrid tenaga angin dan surya dengan penggerak otomatis pada panel surya. *Jurnal Teknik Energi*, 15(3), 93-101.
- Novrita, R. R., Sudarti, & Yushardi. (2021). Analisis potensi energi angin di tambak untuk menghasilkan energi listrik. *Journal of Research and Education Chemistry (JREC)*, 3(2).
- Elisa, E. (2021). Analisis efisiensi sinergi listrik pada bohlam lampu menggunakan sistem panel surya. *Jurnal Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan Hidup*, 6(2).
- Rohmaniyyah, & Anisah, S. (2024). Analisis sistem pembangkit listrik tenaga hybrid (solar cells & wind turbine) untuk kelistrikan rumah tinggal. *Jurnal Orang Elektro*, 13(2).
- Lamb, C. W., Hair, J. F., & McDaniel, C. (2018). *Marketing*. Cengage Learning.
- Lovelock, C., & Wirtz, J. (2016). *Services Marketing: People, Technology, Strategy*. Pearson.
- Schiffman, L. G., & Kanuk, L. L. (2014). *Consumer Behavior*. Pearson.
- Solomon, M. R. (2017). *Consumer Behavior: Buying, Having, and Being*. Pearson.
- Stanton, W. J., Etzel, M. J., & Walker, B. J. (2011). *Fundamentals of Marketing*. McGraw-Hill.
- West, D. C., Ford, J., & Ibrahim, E. (2015). *Strategic Marketing: Creating Competitive Advantage*. Oxford University Press.
- Zeithaml, V. A., & Bitner, M. J. (2013). *Services Marketing: Integrating Customer Focus Across the Firm*. McGraw-Hill Education.
- Nur, R. A. P., Truvadi, L. A., Agustina, R. T., & Salam, I. F. B. (2023). Peran pendidikan Pancasila dalam membentuk karakter bangsa Indonesia: Tinjauan dan implikasi. *ADVANCES in Social Humanities Research*, 1(4), 501-510.
- Nurgiansah, T. H., & Al Muchtar, S. (2018). Development of student awareness through student learning model jurisprudential in citizenship education. *ATLANTIS PRESS*, 251(Acec), 670-674. <https://doi.org/10.2991/acec-18.2018.150>
- Indratmoko, J. A. (2017). Pengaruh globalisasi terhadap kenakalan remaja di Desa Sidomukti Kecamatan Mayang Kabupaten Jember. *Citizenship Jurnal Pancasila dan Kewarganegaraan*, 5(2), 121-133.
- Ramdhani, M. A. (2017). Lingkungan pendidikan dalam implementasi pendidikan karakter. *Jurnal Pendidikan UNIGA*, 8(1), 28-37.
- Setijo, P. (2011). *Pendidikan Pancasila Perspektif Sejarah Perjuangan Bangsa*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana.
- Juliani, A. J., & Bastian, A. (2021). Pendidikan karakter sebagai upaya wujudkan pelajar Pancasila. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Program Pascasarjana Universitas PGRI, Palembang*, 15-16 Januari 2021 (hlm. 257-265).