Jurnal Nasional Teknologi Komputer
Vol.5; No: 3; Juli 2025
Website: publikasi.hawari.id/index.php/jnastek
E-ISSN: 2808-4845; P-ISSN: 2808-7801

Makalah Penelitian

PERBANDINGAN KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DAN TENAGA SURYA DI KAWASAN PESISIR

Sapta Harianto Sinaga[1], Siti Anisah[2]
[1,2]Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi
[1]Saptahariantosinaga46@gmail.com

Corresponding Author: Sapta Harianto Sinaga

ABSTRACT

The increasing global energy demand demands the development of sustainable renewable energy sources. Indonesia has great potential in utilizing solar and wind energy, especially in coastal areas. This study compares the performance of Solar Power Plants (PLTS) and Wind Power Plants (PLTA) based on energy efficiency, stability of electricity supply, costs, and environmental impacts. The research method used is a quantitative approach with direct measurements of solar radiation intensity and wind speed. The results show that PLTA has a higher efficiency (35%) than PLTS (18%), but its electrical power is more volatile. PLTS is more stable and has lower investment and maintenance costs than PLTA. In terms of the environment, PLTA has the potential to cause disturbances, while PLTS poses challenges in managing solar panel waste. By considering all aspects, the combination of PLTS and PLTA in a hybrid system is the optimal solution to increase the efficiency and confidentiality of electricity supply in coastal areas

Keywords: *PLTS, PLTA, efficiency, stability, renewable energy*

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi global menuntut pengembangan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan. Indonesia memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi surya dan angin, terutama di wilayah pesisir. Penelitian ini membandingkan kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) berdasarkan efisiensi energi, stabilitas pasokan listrik, biaya, dan dampak lingkungan. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan pengukuran langsung terhadap intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PLTA memiliki efisiensi lebih tinggi (35%) dibandingkan PLTS (18%), tetapi daya listriknya lebih fluktuatif. PLTS lebih stabil dan memiliki biaya investasi serta pemeliharaan lebih rendah dibandingkan PLTA. Dari segi lingkungan, PLTA berpotensi menimbulkan kebisingan, sedangkan PLTS menghadapi tantangan dalam pengelolaan limbah panel surya. Dengan mempertimbangkan seluruh aspek, kombinasi PLTS dan PLTA dalam sistem hybrid menjadi solusi optimal untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan pasokan listrik di kawasan pesisir.

Kata Kunci: *PLTS, PLTA, Efiseinsi, Stabilitas, Energi Terbarukan.*

1. Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, kebutuhan energi global terus mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan pertumbuhan populasi dan pesatnya industrialisasi di berbagai negara. Perkembangan teknologi, urbanisasi, serta meningkatnya permintaan akan listrik di sektor rumah tangga, industri, dan transportasi semakin mempercepat konsumsi energi dalam skala besar. Hingga saat ini, sebagian besar kebutuhan energi dunia masih bergantung pada bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam [1]. Meskipun bahan bakar fosil telah menjadi sumber energi utama selama lebih dari satu abad, keberadaannya semakin menipis akibat eksploitasi yang berlebihan. Selain itu, proses ekstraksi, produksi, dan pembakaran bahan bakar fosil berkontribusi besar terhadap permasalahan lingkungan, terutama peningkatan emisi gas rumah kaca yang menjadi penyebab utama perubahan iklim.

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Dampak negatif dari penggunaan bahan bakar fosil semakin nyata, mulai dari meningkatnya suhu global, perubahan pola cuaca yang ekstrem, hingga kenaikan permukaan air laut yang mengancam banyak wilayah pesisir [2]. Fenomena ini menuntut adanya perubahan dalam sistem energi dunia agar lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, transisi ke energi terbarukan menjadi solusi yang mendesak untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya yang tidak dapat diperbarui serta menekan dampak buruk terhadap lingkungan. Energi terbarukan seperti tenaga surya, tenaga angin, tenaga air, dan biomassa menjadi alternatif yang semakin banyak dikembangkan karena ketersediaannya yang melimpah dan minimnya emisi karbon yang dihasilkan [3].

Krisis energi global semakin menjadi perhatian utama akibat keterbatasan sumber daya bahan bakar fosil yang terus menipis serta fluktuasi harga energi yang tidak stabil. Banyak negara mengalami lonjakan harga energi yang signifikan, terutama akibat ketergantungan terhadap impor bahan bakar fosil yang pasokannya semakin terbatas. Ketidakstabilan ini tidak hanya berdampak pada sektor industri dan transportasi, tetapi juga memengaruhi harga kebutuhan pokok dan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil dalam skala besar turut memperparah krisis lingkungan dengan meningkatkan emisi karbon dioksida (CO_2) dan gas rumah kaca lainnya [4]. Akibatnya, perubahan iklim semakin ekstrem, ditandai dengan naiknya suhu global, peningkatan frekuensi bencana alam, serta pola cuaca yang tidak menentu yang berdampak negatif pada sektor pertanian, kelautan, dan kehidupan manusia secara keseluruhan.

Menyadari urgensi masalah ini, banyak negara mulai berinvestasi besar-besaran dalam pengembangan energi terbarukan sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Energi surya dan energi angin menjadi dua sektor yang mengalami pertumbuhan pesat karena ketersediaannya yang melimpah dan teknologi yang semakin berkembang. Beberapa negara maju telah berhasil menerapkan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga angin (PLTA) secara optimal, terutama di daerah pesisir yang memiliki potensi besar dalam menghasilkan energi bersih. Namun, di Indonesia, meskipun memiliki potensi sumber daya energi terbarukan yang sangat besar, implementasi PLTS dan PLTA masih menghadapi berbagai tantangan, seperti biaya investasi awal yang tinggi, keterbatasan infrastruktur, serta regulasi yang belum sepenuhnya mendukung percepatan transisi energy [5].

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan garis pantai yang sangat panjang memiliki potensi besar dalam pengembangan energi terbarukan, khususnya tenaga surya dan tenaga angin. Letak geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa memberikan keuntungan berupa intensitas radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun, sehingga sangat ideal untuk pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Selain itu, wilayah pesisir yang luas juga memiliki karakteristik kecepatan angin yang relatif stabil, menjadikannya lokasi yang potensial untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) [6]. Dengan sumber daya alam yang melimpah ini, Indonesia memiliki peluang besar untuk beralih ke energi bersih dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Namun, meskipun potensi ini sangat menjanjikan, pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia masih tergolong rendah dibandingkan dengan negara-negara lain yang telah lebih dulu menerapkan teknologi ini secara luas.

Salah satu kendala utama dalam pengembangan energi terbarukan di Indonesia adalah kurangnya infrastruktur yang memadai serta biaya investasi awal yang relatif tinggi. Selain itu, belum adanya kebijakan yang benar-benar terintegrasi dalam mendukung pemanfaatan energi

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

terbarukan di daerah pesisir juga menjadi hambatan bagi percepatan transisi energi di Indonesia [7]. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan PLTS dan PLTA di kawasan pesisir, diperlukan strategi yang komprehensif, mulai dari penyediaan insentif bagi investor, pengembangan teknologi yang lebih efisien dan terjangkau, hingga peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya energi bersih.

Dalam upaya memanfaatkan potensi energi terbarukan di wilayah pesisir, dua teknologi yang paling relevan untuk dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA). Kedua sistem ini memiliki prinsip kerja yang berbeda dalam menghasilkan listrik. PLTS bekerja dengan mengonversi sinar matahari menjadi energi listrik melalui sel fotovoltaik yang tersusun dalam panel surya [8]. Cahaya matahari yang mengenai sel fotovoltaik akan menghasilkan arus listrik searah (DC), yang kemudian diubah menjadi arus bolak-balik (AC) melalui inverter agar dapat digunakan oleh jaringan listrik. Sementara itu, PLTA bekerja dengan memanfaatkan energi kinetik angin untuk memutar bilah turbin, yang selanjutnya menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik [9]. Kecepatan angin yang tinggi akan meningkatkan putaran turbin dan menghasilkan daya listrik yang lebih besar.

Dari segi efisiensi konversi energi, PLTA umumnya lebih unggul dibandingkan PLTS. Efisiensi rata-rata turbin angin dapat mencapai 35–45%, sedangkan efisiensi panel surya biasanya berkisar antara 15–22%, tergantung pada jenis dan teknologi yang digunakan. Meskipun PLTS memiliki efisiensi yang lebih rendah, kelebihannya terletak pada stabilitas pasokan energi, karena intensitas cahaya matahari cenderung lebih konsisten dibandingkan kecepatan angin yang bisa berubah-ubah sepanjang hari. Selain itu, tantangan dalam penerapan kedua teknologi ini di kawasan pesisir juga harus diperhitungkan [10]. PLTA memerlukan lokasi dengan kecepatan angin yang cukup tinggi dan stabil agar dapat beroperasi secara optimal, sedangkan PLTS lebih bergantung pada ketersediaan lahan yang luas untuk pemasangan panel surya dalam jumlah besar. Dari sisi ekonomi, biaya investasi awal PLTA cenderung lebih tinggi karena membutuhkan turbin, menara, dan sistem mekanik yang lebih kompleks dibandingkan PLTS. Namun, biaya pemeliharaan PLTS lebih rendah dan umur pakainya lebih panjang, menjadikannya pilihan yang lebih ekonomis dalam jangka panjang [11].

Dengan berbagai perbedaan dalam prinsip kerja, efisiensi, serta tantangan teknis dan ekonomis yang dimiliki oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA), diperlukan kajian mendalam untuk menentukan sistem mana yang lebih optimal diterapkan di kawasan pesisir. Efisiensi konversi energi menjadi faktor utama dalam menentukan kinerja pembangkit listrik, karena semakin tinggi efisiensi suatu sistem, semakin besar daya listrik yang dapat dihasilkan dari sumber energi yang tersedia. Selain itu, stabilitas pasokan listrik juga menjadi pertimbangan penting, terutama bagi daerah yang membutuhkan keandalan energi sepanjang waktu. Kecepatan angin yang fluktuatif dapat menyebabkan ketidakstabilan daya yang dihasilkan oleh PLTA, sedangkan intensitas radiasi matahari yang berbeda-beda setiap hari juga dapat memengaruhi kinerja PLTS [12]. Oleh karena itu, perlu diteliti bagaimana perbandingan efisiensi dan kestabilan pasokan listrik antara kedua sistem ini di lingkungan pesisir yang memiliki karakteristik cuaca dan geografis yang unik.

Selain aspek teknis, perbedaan biaya investasi, operasional, dan pemeliharaan antara PLTS dan PLTA juga menjadi faktor penting dalam menentukan sistem yang paling layak diterapkan. PLTA umumnya memerlukan biaya awal yang lebih besar karena infrastruktur

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

turbin yang lebih kompleks, sementara PLTS meskipun lebih murah dalam investasi awal, tetap membutuhkan lahan yang luas untuk pemasangan panel surya dalam jumlah besar [13]. Selain itu, dampak lingkungan dari kedua sistem juga harus diperhitungkan. PLTA memiliki potensi menimbulkan gangguan terhadap ekosistem udara serta menghasilkan kebisingan dari perputaran turbin, sedangkan PLTS cenderung lebih ramah lingkungan tetapi dapat menimbulkan masalah limbah panel surya setelah masa pakainya habis [14]. Dengan mempertimbangkan semua aspek tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja PLTS dan PLTA dari segi efisiensi konversi energi, stabilitas pasokan listrik, biaya investasi dan operasional, serta dampak lingkungan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi terkait sistem pembangkit listrik yang paling optimal untuk diterapkan di kawasan pesisir, baik dari aspek teknis maupun ekonomis, guna mendukung penggunaan energi terbarukan yang lebih efektif dan berkelanjutan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus di kawasan pesisir untuk menganalisis dan membandingkan kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA). Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui dua sumber utama, yaitu pengukuran langsung di lokasi penelitian dan analisis sekunder dari berbagai sumber terpercaya. Dalam proses pengumpulan data, dilakukan pengukuran intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin secara langsung untuk memahami kondisi sumber daya alam di wilayah pesisir yang menjadi objek penelitian [15]. Selain itu, data historis mengenai performa operasional PLTA dan PLTS di kawasan pesisir juga dikumpulkan untuk mendapatkan gambaran mengenai efektivitas dan efisiensi masing-masing sistem dalam jangka waktu tertentu [16]. Studi literatur juga dilakukan guna memperkaya analisis dengan informasi dari penelitian terdahulu yang berkaitan dengan teknologi pembangkit listrik tenaga angin dan tenaga surya.

Setelah data terkumpul, tahap berikutnya adalah analisis data yang mencakup beberapa aspek penting. Pertama, dilakukan perhitungan efisiensi energi yang dihasilkan oleh masing-masing pembangkit listrik untuk mengetahui sejauh mana konversi energi yang terjadi dari sumber daya alam menjadi listrik yang dapat digunakan. Kedua, analisis keandalan pasokan listrik dilakukan dengan mengevaluasi stabilitas tegangan serta fluktuasi daya yang dihasilkan oleh PLTS dan PLTA. Stabilitas pasokan listrik sangat penting, terutama untuk wilayah pesisir yang membutuhkan sumber energi yang konsisten dan dapat diandalkan [17]. Ketiga, penelitian ini juga mengevaluasi aspek ekonomi dengan membandingkan biaya investasi awal, operasional, dan pemeliharaan dari kedua sistem guna menentukan pilihan yang paling efisien dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

Tahap akhir dari penelitian ini adalah melakukan komparasi kinerja antara PLTS dan PLTA berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Efisiensi konversi energi dari kedua sistem dibandingkan untuk mengetahui teknologi mana yang lebih optimal dalam menghasilkan listrik dengan sumber daya yang tersedia. Selain itu, dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh masing-masing pembangkit listrik juga dianalisis, mengingat pentingnya keberlanjutan dalam pengembangan energi terbarukan [18]. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap kelayakan implementasi sistem berdasarkan aspek teknis dan ekonomi guna memberikan rekomendasi yang tepat dalam pemilihan pembangkit listrik yang paling sesuai untuk kawasan pesisir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

1.Data Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan di kawasan pesisir, ditemukan bahwa wilayah penelitian memiliki potensi yang cukup tinggi untuk pemanfaatan energi terbarukan, baik dari sumber energi matahari maupun angin. **Kecepatan angin rata-rata tercatat sebesar 5,6 m/s**, dengan nilai maksimum mencapai **7,2 m/s** pada kondisi tertentu, dan nilai minimum **3,8 m/s**. Variasi kecepatan angin ini menunjukkan bahwa meskipun memiliki potensi yang baik, **PLTA di kawasan ini masih menghadapi tantangan berupa fluktuasi kecepatan angin yang dapat berdampak pada kestabilan daya yang dihasilkan**.

Sementara itu, **intensitas radiasi matahari rata-rata tercatat sebesar 5,2 kWh/m²/hari**, dengan perbedaan antara musim hujan dan musim kemarau yang cukup signifikan. Pada musim kemarau, intensitas radiasi matahari dapat mencapai **5,8 kWh/m²/hari**, sedangkan pada musim hujan turun hingga **4,7 kWh/m²/hari**. Data ini menunjukkan bahwa meskipun PLTS cenderung lebih stabil dibandingkan PLTA, **efisiensi konversi energi PLTS tetap dipengaruhi oleh perubahan cuaca dan tingkat penyinaran matahari yang tidak selalu konstan sepanjang tahun**.

Dari pengukuran daya keluaran, diketahui bahwa **PLTA menghasilkan daya rata-rata sebesar 3,2 kW dengan variasi antara 2,6–3,8 kW**, sedangkan **PLTS menghasilkan daya rata-rata sebesar 2,8 kW dengan variasi antara 2,5–3,1 kW**. Data ini mengindikasikan bahwa meskipun secara rata-rata PLTA menghasilkan daya yang lebih besar, daya listrik yang dihasilkan cenderung lebih tidak stabil dibandingkan dengan PLTS, yang fluktuasinya lebih kecil.

2.Analisis Efisiensi Energi

Efisiensi konversi energi merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kinerja suatu pembangkit listrik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa **PLTA memiliki efisiensi konversi energi sebesar 35%**, sementara **PLTS memiliki efisiensi rata-rata sebesar 18%**. **PLTA lebih efisien dibandingkan PLTS karena konversi energi kinetik angin menjadi energi listrik memiliki lebih sedikit tahapan dibandingkan dengan proses konversi sinar matahari menjadi listrik melalui sel fotovoltaik [19]**. Selain itu, **turbin angin dapat beroperasi lebih efektif pada kecepatan angin optimal**, sedangkan **panel surya sangat bergantung pada intensitas sinar matahari dan sudut insidensi cahaya yang berubah sepanjang hari**.

Namun, meskipun efisiensinya lebih rendah, **PLTS memiliki keunggulan dalam kestabilan daya yang dihasilkan**. Hal ini disebabkan oleh karakteristik penyinaran matahari yang lebih konsisten dibandingkan kecepatan angin, yang sering mengalami perubahan dalam waktu singkat. Oleh karena itu, **efisiensi tinggi yang dimiliki oleh PLTA belum tentu memberikan keunggulan dalam aspek keandalan pasokan listrik, terutama jika kecepatan angin di lokasi penelitian cenderung fluktuatif**.

3.Analisis Stabilitas Pasokan Listrik

Stabilitas pasokan listrik menjadi faktor penting dalam menentukan sistem pembangkit yang paling sesuai untuk daerah pesisir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa **PLTS memiliki**

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

tingkat stabilitas pasokan listrik yang lebih baik dibandingkan dengan PLTA, karena intensitas cahaya matahari yang cenderung lebih terprediksi dibandingkan kecepatan angin.

Pada PLTA, perubahan mendadak dalam kecepatan angin menyebabkan fluktuasi daya yang cukup besar, yang dapat mengganggu kestabilan pasokan listrik jika tidak didukung oleh sistem penyimpanan energi atau jaringan listrik yang andal. **Pada kondisi angin yang terlalu lemah (di bawah 3 m/s), turbin angin tidak dapat beroperasi dengan optimal, sehingga daya keluaran bisa turun hingga 2,6 kW atau bahkan lebih rendah**. Sebaliknya, **PLTS mengalami variasi daya yang lebih kecil, berkisar antara 2,5–3,1 kW, tergantung pada intensitas radiasi matahari**.

Untuk meningkatkan stabilitas pasokan listrik dari PLTA, **dibutuhkan sistem penyimpanan energi seperti baterai**, sehingga daya listrik yang dihasilkan saat kecepatan angin tinggi dapat disimpan dan digunakan ketika angin melemah [20]. Sementara itu, **PLTS dapat lebih diandalkan sebagai sumber listrik utama di kawasan pesisir, terutama karena daya yang dihasilkan lebih stabil sepanjang hari**.

4.Evaluasi Biaya Investasi dan Operasional

Aspek ekonomi menjadi faktor penting dalam pemilihan sistem pembangkit listrik yang paling sesuai untuk kawasan pesisir. **PLTA membutuhkan biaya investasi awal sebesar Rp 75 juta per 1 kW**, sedangkan **PLTS membutuhkan biaya Rp 50 juta per 1 kW**. Biaya ini mencakup instalasi, infrastruktur pendukung, serta sistem penyimpanan energi jika diperlukan. Dalam hal biaya operasional, **PLTA membutuhkan biaya pemeliharaan tahunan sebesar Rp 1,5 juta per kW**, yang lebih tinggi dibandingkan dengan **PLTS yang hanya membutuhkan Rp 800 ribu per kW per tahun**. Perbedaan ini disebabkan oleh **keausan mekanis yang terjadi pada turbin angin**, yang memerlukan perawatan lebih sering dibandingkan dengan panel surya yang relatif lebih tahan lama [21]. **PLTS memiliki keunggulan dari sisi ekonomi karena biaya investasi dan pemeliharaan yang lebih rendah**, meskipun daya yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan PLTA.

5. Dampak Lingkungan

Dari segi dampak lingkungan, **PLTA memiliki potensi gangguan ekosistem yang lebih besar dibandingkan dengan PLTS**. Salah satu dampak utama dari PLTA adalah **kebisingan yang dihasilkan oleh turbin angin**, yang dapat mencapai **45–55 dB pada jarak 100 meter**, yang cukup untuk menyebabkan gangguan pada lingkungan sekitar. Selain itu, **perputaran bilah turbin dapat berdampak negatif terhadap burung dan satwa liar di sekitar wilayah pesisir**.

Sebaliknya, **PLTS lebih ramah lingkungan karena tidak menimbulkan kebisingan dan tidak memiliki komponen bergerak yang dapat mengganggu ekosistem sekitar [22]**. Namun, tantangan utama dari PLTS adalah **pengelolaan limbah panel surya setelah masa pakainya habis**, yang memerlukan kebijakan daur ulang yang efektif untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan.

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

6.Komparasi Kinerja dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa **PLTA lebih unggul dalam hal efisiensi energi, tetapi memiliki tantangan dalam kestabilan daya dan biaya operasional yang lebih tinggi**. **PLTS, meskipun memiliki efisiensi yang lebih rendah, menawarkan pasokan listrik yang lebih stabil dan biaya pemeliharaan yang lebih rendah**.

Untuk kawasan pesisir, **kombinasi PLTS dan PLTA dalam sistem hybrid dapat menjadi solusi optimal**, karena dapat memanfaatkan keunggulan dari masing-masing sistem dan mengurangi kelemahan yang ada. Selain itu, **penggunaan sistem penyimpanan energi seperti baterai dapat meningkatkan keandalan pasokan listrik**, sehingga dapat memastikan ketersediaan energi secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa **PLTA lebih unggul dalam efisiensi energi (35%) dibandingkan PLTS (18%)**, tetapi memiliki fluktuasi daya yang lebih besar, sehingga pasokan listriknya kurang stabil. Sebaliknya, **PLTS lebih stabil dan memiliki biaya investasi serta operasional yang lebih rendah**, meskipun efisiensinya lebih kecil. Dari segi lingkungan, **PLTA berpotensi menimbulkan kebisingan dan gangguan ekosistem, sedangkan PLTS lebih ramah lingkungan tetapi memiliki tantangan dalam pengelolaan limbah panel surya**.

Dengan mempertimbangkan aspek efisiensi, kestabilan, ekonomi, dan lingkungan, **kombinasi PLTS dan PLTA dalam sistem hybrid menjadi solusi optimal bagi kawasan pesisir**. PLTS dapat menjadi sumber utama karena kestabilannya, sementara PLTA sebagai energi tambahan saat kecepatan angin tinggi. Penggunaan **baterai penyimpanan energi** juga direkomendasikan untuk meningkatkan keandalan pasokan listrik, guna mendukung keberlanjutan energi di daerah pesisir

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Agung, H. Alam, and A. D. Tarigan, "Analisis Perbandingan SAIDI-SAIFI Pada Penyulang 20 Kv Sebelum dan Setelah Pemeliharaan di PT PLN (Persero) ULP Meulaboh Kota," *J. Serambi Engineeing*, vol. IX, no. 2, pp. 8812–8819, 2024.

[2] I. Hajar and muhammad P. Hasbi, "Analisa Nilai Saidi Saifi Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya Pt. Pln (Persero) Area Ciputat," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 70–77, 2019, doi: 10.33322/energi.v10i1.330.

[3] R. Adolph, "ANALISIS KEHANDALAN SISTEM PENYALURAN ENERGI LISTRIK PADA PENYULANG BJ-02 PADA PT. PLN (PERSERO) ULP KUALA," *Syntax Lit. Indones. Sci. J.*, vol. 7, no. 9, pp. 1–23, 2022.

[4] siti Z. Maria, *Analisis KehandalanSistem Jaringan distribusi Menggunakan metode Ria (Reliability Index Assesment) dan Section Technique Pada PT. PLN Rayon Binjai Barat*. 2021, pp. 1–23.

[5] A. F. F. Ahmad, *Analisis Resetting Relai Jarak Saluran Kabel Tegangan Tinggi (Sktt) 150 Kv Plumpang - Kandang Sapi # 2 Pada Gardu Induk 150 Kv Semarang Agustus 2024 Final Project Analysis Of Resetting Relay Distance Of High Voltage Cable Lines Plumpang – Kandang Sapi #*. 2024.

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

[6] L. S. Ramdhani, D. Susilawati, and R. A. Saputra, "Laporan Akhir Penelitian Dosen Pemula Dari ristekdikti Analisa Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 Kv (Study Kasus Pt. Pln (Persero) Rayon Delitua) Ketua," no. 0416098403, 2020.

[7] S. V. Chandra and W. P. Sari, "Analisis Komunikasi Pemasaran dalam Pengembangan Brand Melalui Perspektif Teori AIDA (Studi Kasus Hotel Harper Cikarang)," *Kiwari*, vol. 1, no. 2, p. 370, 2022, doi: 10.24912/ki.v1i1.15714.

[8] N. S. Saragih, P. Siagian, and M. Fahreza, "Analisis Jaringan Listrik 20 Kv Berdasarkan Nilai Saidi-Saifi Terhadap Pemasangan Tabung Urgent Cut Out Di Pt. Pln (Persero) Ulp Binjai Timur," *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 46–51, 2024, doi: 10.30591/polektro.v13i1.6545.

[9] J. Husna and Z. Pelawi, "Menentukan Indeks Saidi Dan Saifi Pada Saluran Udara Tegangan Menengah di Pt pln Wilayah Nad Cabang Langsa," *Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 1, pp. 13–17, 2018, [Online]. Available: http://123dok.com

[10] T. P. Joko, Erlina, S. Soewono, and Fatimah, "Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah Dengan Menggunakan Simulasi Program Etap," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 26–37, 2018, doi: 10.33322/energi.v10i1.321.

[11] Erhaneli, "Rdasarkan Indeks Keandalan Saidi Dan Saifi Pada Pt.Pln Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik (Persero)," *J. Tek. Elektro*, no. 2252, p. 5, 2016.

[12] F. Kurniadi, A. A. Dei, and G. Diyuksamana, "Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Penambahan DGR (Directional Ground Relay) Pada Recloser Untuk Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah," *Energi dan Kelistrikan J. Ilm.*, vol. 13, no. 2, pp. 206–213, 2021.

[13] I. Sajayasa, I. S. Widharma, A. Narottama, I. N. Sunaya, and I. A. Suputra, "Analisis Pengaruh Penggantian Konduktor AAAC Ke MVTIC Pada Penyulang Kerambitan Berbasis Software ETAP," *J. Ilm. Vastuwidya*, vol. 5, no. 1, pp. 99–104, 2022, doi: 10.47532/jiv.v5i1.415.

[14] Muliadi and Aswijar Jamal, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi Berdasarkan Indeks SAIFI, SAIDI, dan CAIDI Pada Penyulang Suak Ribee ULP. Meulaboh Kota," *Ajeetech*, vol. 2, no. 1, p. 14, 2022, [Online]. Available: https://core.ac.uk/download/pdf/525632036.pdf

[15] G. Mochtar, S. Hardi, and R. Rohana, "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terapung pada Regulating Pond Aplikasi pada PLTA Renun UPDK Pandan PLN Kitsbu," *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 59–65, 2023, doi: 10.31289/jesce.v6i2.8198.

[16] Y. Nantan, N. Lembang, and T. Amiruddin, "Analisa Teknis Kondisi Blackout Pada PLTD Kebun Kapas PT. PLN (Persero) ULP Fakfak," *Media Elektr.*, vol. 20, no. 2, pp. 1–10, 2023.

[17] F. Funan and W. Sutama, "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan IndeksKeandalan SAIDI dan SAIFI pada PT PLN (PERSERO) RayonKefamenanu," *Junal Ilm. TELSINAS*, vol. 3, no. 1, pp. 32–36, 2020.

[18] K. G. Manopo, H. Tumaliang, and S. Silimang, "Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIFI dan SAIDI Pada PT. PLN (Persero) Area Minahasa Utara," *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2020.

[19] A. Nugraha and T. Arfianto, "Analisis Nilai SAIDI SAIFI dan CAIDI sebagai Indeks Keandalan pada Jaringan Distribusi 20 kV di PT . XYZ," pp. 1–9, 2024.

[20] D. I. D. Pendem, K. E. C. Junrejo, K. Batu, and I. T. Nasional, "Perancangan pembangkit listrik tenaga pikohidro di desa pendem ,kec. junrejo, kota batu," *Magnetika*, vol. 08, pp. 245–259, 2024.

[21] Y. Yudiartono, W. Jaka, and A. Adiarso, "Dekarbonisasi Sektor Ketenagalistrikan Sampai 2050 Dalam Kerangka Kebijakan Energi Nasional," *J. Energi Baru dan*

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Terbarukan, vol. 4, no. 2, pp. 66–82, 2023, doi: 10.14710/jebt.2023.16966.

[22] M. Iqbal and H. D. Armono, "Pemakaian Temporary Tower untuk Optimalisasi Penyelesaian Rekonduktoring dan Penggantian Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV," *Rekayasa*, vol. 16, no. 2, pp. 257–264, 2023, doi: 10.21107/rekayasa.v16i2.21105.

******

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.