

Analisis Energi Surya-Angin Hibrida untuk Mendukung Sistem Pengeringan Ikan Berbasis Energi Terbarukan

Fakhruddin Ahmad Nasution^{1*}, Teuku Multazam², Ilham Sahputra³,
Dandi Syahyoti⁴, Beni Maidika⁵

^{1,2,4,5}Departemen Teknik Elektro, Universitas Malikussaleh, North Aceh, Indonesia

³Departemen Sistem Informasi, Universitas Malikussaleh, North Aceh, Indonesia

*Koresponden email: fakhruddinahmadnst@unimal.ac.id

Diterima: 10 September 2025

Disetujui: 26 September 2025

Abstract

This study analyzes the potential and optimization of a solar-wind hybrid power generation system to support sustainable anchovy drying for small-scale fishermen in Ujong Blang Village, Lhokseumawe, Aceh. Field data on wind speed and air temperature were collected on September 20–21, 2025. The measurements indicate that solar energy has a more dominant contribution with an estimated production of 3.7 kWh/kWp·day, while wind energy provides only around 0.37 kWh/m²·day at an average speed of 2.93–5.29 m/s. To meet the energy demand of a 50 kg/hour fish dryer (3.8 kW), a PV capacity of 4.1 kWp is required for 4 hours of operation or 8.3 kWp for 8 hours. Meanwhile, wind energy requires relatively large turbine swept areas, making it more suitable as a complementary source. The optimal hybrid configuration positions solar PV as the primary source (70–80%), wind turbines as a secondary source (20–30%), and batteries for energy storage. The results demonstrate that a solar-wind hybrid system can enhance the reliability of renewable energy supply efficiently and sustainably to support fish drying operations.

Keywords: *renewable energy, hybrid power plant, solar PV, wind turbine, fish dryer*

Abstrak

Penelitian ini menganalisis potensi dan optimalisasi model pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) surya-angin untuk mendukung keberlanjutan proses pengeringan ikan teri bagi nelayan skala kecil di Desa Ujong Blang, Lhokseumawe, Aceh. Data lapangan berupa kecepatan angin dan suhu udara dikumpulkan pada 20–21 September 2025. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa potensi energi surya lebih dominan dengan estimasi produksi sebesar 3,7 kWh/kWp·hari, sedangkan energi angin hanya sekitar 0,37 kWh/m²·hari pada kecepatan rata-rata 2,93–5,29 m/s. Untuk memenuhi kebutuhan energi mesin pengering ikan berkapasitas 50 kg/jam (3,8 kW), dibutuhkan kapasitas PV sebesar 4,1 kWp untuk 4 jam operasi atau 8,3 kWp untuk 8 jam operasi. Sementara itu, pemenuhan melalui angin membutuhkan swept area turbin yang relatif besar, sehingga lebih tepat dijadikan sumber pelengkap. Model sistem hibrid optimal menempatkan panel surya sebagai sumber energi utama (70–80%), turbin angin sebagai penunjang (20–30%), serta baterai sebagai penyimpanan energi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konfigurasi hibrid surya-angin dapat meningkatkan keandalan pasokan listrik secara efisien dan berkelanjutan untuk mendukung pengeringan ikan berbasis energi terbarukan.

Kata kunci: *energi terbarukan, pembangkit listrik tenaga hibrid, panel surya, turbin angin, pengering ikan*

1. Pendahuluan

Teri, yang termasuk dalam famili Engraulidae, merupakan ikan pelagis kecil yang banyak ditemukan di perairan pesisir kawasan Indo-Pasifik, termasuk Indonesia (Kari, N. et al., 2022). Ikan ini umumnya diolah dan diawetkan melalui proses pengeringan untuk memperpanjang masa simpannya. Metode tradisional yang lazim digunakan adalah penjemuran di bawah sinar matahari, yang membutuhkan waktu pengeringan cukup lama serta sangat bergantung pada kondisi cuaca cerah (Abdjul, S., Djamilu, Y., & Antu, E. S., 2016). Ketergantungan ini menjadi kendala serius, terutama pada musim hujan atau cuaca mendung (Sosiawati, E., 2019).

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, telah dikembangkan alat pengering ikan listrik sebagai alternatif yang lebih efisien. Teknologi ini memungkinkan pengendalian suhu, kelembapan, dan kecepatan angin, serta meningkatkan sanitasi produk. Namun demikian, penggunaan pengering listrik konvensional membutuhkan pasokan daya yang cukup besar. Sebagai contoh, alat pengering berkapasitas 50 kg/jam memerlukan daya sekitar 5,8065 kW (Windarta et al., 2024). Konsumsi daya yang tinggi ini berdampak

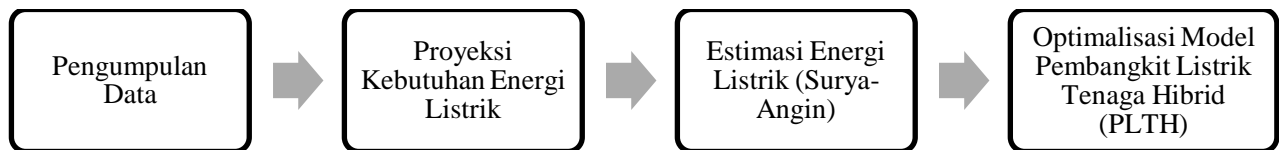
pada peningkatan biaya produksi, sehingga menjadi beban finansial yang signifikan bagi nelayan skala kecil di berbagai daerah di Indonesia, termasuk di Desa Ujong Blang, Kota Lhokseumawe, Aceh.

Berdasarkan tantangan tersebut, pemanfaatan sumber energi terbarukan menjadi solusi yang sangat relevan. Provinsi Aceh dengan iklim tropisnya memiliki potensi besar untuk memanfaatkan energi surya dan angin dalam rangka menekan biaya produksi serta mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang terbatas. Penggunaan energi alternatif ini tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga menjadi solusi jangka panjang yang berkelanjutan (Prasetyo, S., 2018; Kamelia, L., 2017). Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji potensi pembangkit listrik tenaga hibrid (surya–angin). Septian Dhimas Prasetyo (2018) menekankan pentingnya pengembangan pembangkit ramah lingkungan untuk masa depan. Imran Amin et al. (2018) menyatakan bahwa PLTH surya–angin memiliki keunggulan dalam kemudahan instalasi, menjangkau daerah terpencil, serta mampu menekan emisi. Eric Farid Miharja (2015) juga menambahkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan dari matahari dan angin dapat menghemat konsumsi bahan bakar dan mengurangi emisi CO₂. Secara ekonomis, Lia Kamelia et al. (2017) menemukan bahwa PLTH mampu menghasilkan listrik dengan biaya per kWh yang lebih rendah dibandingkan listrik dari PLN.

Berdasarkan permasalahan dan potensi solusi yang telah diidentifikasi, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model optimal pembangkit listrik tenaga hibrid (surya–angin) guna mendukung keberlanjutan proses pengeringan ikan teri bagi nelayan skala kecil di Lhokseumawe, Aceh. Analisis ini mencakup penentuan lokasi optimal, jenis, serta jumlah turbin angin, panel surya, dan baterai yang dibutuhkan. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan model PLTH yang efisien dan berkelanjutan, membantu mengurangi biaya operasional, serta mendukung perekonomian lokal.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang direncanakan terdiri dari beberapa tahapan, meliputi pengumpulan data, simulasi variasi jumlah suhu turbin, pengujian material, serta pengembangan desain, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data kecepatan angin, suhu, dan intensitas cahaya matahari melalui pengukuran secara langsung ke lokasi Desa Ujong Blang, Kec. Banda Sakti, Lhokseumawe. Data ini selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk menghitung potensi energi listrik yang bisa dibangkitkan.

2.2 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik

Proyeksi kebutuhan beban listrik ditentukan berdasarkan kebutuhan energi listrik untuk mengoperasikan alat pengering ikan dengan menggunakan sumber listrik dari PLN. Pengoperasian mesin pengering batch 50 kg per jam dengan heater listrik dan gas, yang membutuhkan pasokan listrik sebesar 3,8 kW.

2.3 Estimasi Potensi Energi Listrik Surya – Angin

Estimasi ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah potensi energi listrik bersumber dari matahari dan angin yang bisa dibangkitkan. Potensi ini nanti akan dijadikan sebagai acuan untuk melakukan analisa model PLTH yang optimal sebagai penyuplai daya untuk operasi alat pengering ikan teri. Potensi ini dihasilkan dari hasil perhitungan setelah diperoleh nilai kecepatan angin dan intensitas cahaya matahari pada lokasi object penelitian.

2.4 Optimalisasi Model Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid

Analisa model pembangkit listrik tenaga hibrid bertujuan untuk mendapatkan suatu Lokasi pembangkit listrik yang optimal sehingga mampu menyuplai daya ke mesin pengering ikan teri secara kontinyu serta menjadi acuan untuk pembangunan listrik tenaga hibrid sebagai pemasok energi listrik. Model yang dihasilkan dari penelitian ini nantinya diharapkan mampu mendapatkan jumlah kebutuhan perangkat dari pembangkit listrik tenaga hibrid, seperti jenis dan jumlah turbin angin, panel surya, dan baterai yang diperlukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data lapangan dilakukan di Desa Ujong Blang, Kecamatan Banda Sakti, Kota Lhokseumawe. Data yang dikumpulkan meliputi kecepatan angin dan suhu udara sebagai parameter utama untuk perhitungan potensi energi pada model pembangkit listrik tenaga hibrid (surya–angin). Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 20–21 September 2025, dengan pengukuran pada tiga rentang waktu, yaitu pagi, siang, dan sore. Rangkuman data kecepatan angin dan suhu ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Rangkuman data Angin dan Suhu

Tanggal	Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Rerata Kecepatan Angin (m/s)	Suhu Udara (°C)	Rerata Suhu (°C)
20 Sept 2025	Pagi	0.61 – 5.88	3.17	29.3 – 32.2	29.85
	Siang	0.61 – 8.14	4.24	29.3 – 32.3	29.74
	Sore	0.61 – 8.14	4.24	29.3 – 32.3	29.74
21 Sept 2025	Pagi	0.61 – 8.14	4.22	29.3 – 32.3	29.75
	Siang	1.53 – 4.74	2.93	29.2 – 29.5	29.32
	Sore	0.00 – 6.57	5.29	29.2 – 29.3	29.37

Potensi Energi Angin

Dari data yang ada, kecepatan angin menunjukkan fluktuasi yang signifikan namun tetap berada dalam rentang yang berpotensi untuk pemanfaatan energi.

- Pola Harian: Kecepatan angin rata-rata tertinggi tercatat pada tanggal 20 September saat siang dan sore, mencapai 4.24 m/s. Hal ini mengindikasikan bahwa pada hari tersebut, potensi energi angin sangat tinggi untuk dimanfaatkan selama jam-jam operasional utama.
- Perbandingan Hari: Walaupun pada tanggal 21 September kecepatan angin rata-rata siang hari menurun drastis menjadi 2.93 m/s, sore harinya justru menunjukkan peningkatan yang mencolok, mencapai rata-rata 5.29 m/s. Ini menegaskan pentingnya sistem penyimpanan energi atau kombinasi dengan sumber lain untuk memastikan pasokan daya yang stabil.

Keberagaman pola angin ini sangat relevan untuk desain turbin angin. Rata-rata kecepatan angin di atas 4 m/s secara umum sudah cukup ideal untuk memulai produksi listrik dari turbin angin skala kecil.

Potensi Energi Surya (Berdasarkan Suhu Udara)

Suhu udara merupakan indikator langsung dari intensitas radiasi matahari, yang vital untuk performa panel surya.

- Pola Harian: Rata-rata suhu udara selama dua hari pengamatan relatif stabil, dengan rentang terendah 29.32°C pada siang hari tanggal 21 September dan tertinggi 29.85°C pada pagi hari tanggal 20 September.
- Implikasi pada Sistem: Kondisi suhu yang konsisten dan tinggi ini sangat mendukung kinerja panel surya. Suhu di atas 25°C menunjukkan bahwa radiasi matahari yang diterima cukup intens, yang berarti potensi produksi listrik dari panel surya juga optimal.

3.2 Estimasi Energi Listrik (Surya dan Angin)

Berdasarkan hasil pengukuran data angin dan suhu pada tanggal 20–21 September 2025 di Desa Ujong Blang, Kecamatan Banda Sakti, Lhokseumawe, serta data radiasi surya harian rata-rata untuk wilayah Aceh, dilakukan estimasi potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari tenaga surya dan angin.

Untuk energi surya, diasumsikan nilai *Global Horizontal Irradiance* (GHI) sebesar 4,9 kWh/m²·hari dengan performance ratio (PR) sistem PV 0,75. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa setiap 1 kWp sistem fotovoltaik mampu menghasilkan energi sekitar 3,7 kWh per hari. Dengan kebutuhan daya mesin pengering ikan sebesar 3,8 kW, maka dibutuhkan kapasitas PV sekitar 1,0 kWp untuk 1 jam operasi, 4,1 kWp untuk 4 jam operasi, dan 8,3 kWp untuk 8 jam operasi.

Sementara itu, estimasi potensi energi angin dihitung menggunakan rumus daya kinetik angin dengan asumsi densitas udara 1,225 kg/m³ dan koefisien daya turbin (C_p) 0,35. Berdasarkan kecepatan angin rata-rata hasil pengukuran (2,93–5,29 m/s), diperoleh potensi energi rata-rata sekitar 0,37 kWh/m²·hari. Hal ini berarti, untuk menghasilkan energi 15,2 kWh/hari (setara 4 jam operasi pengering)

dibutuhkan swept area turbin sekitar 41 m² (diameter rotor ≈ 7,2 m), sedangkan untuk 30,4 kWh/hari (8 jam operasi) diperlukan swept area sekitar 82 m² (diameter rotor ≈ 10,2 m).

Hasil estimasi ini menunjukkan bahwa energi surya memberikan kontribusi yang lebih signifikan dan stabil dibandingkan energi angin untuk lokasi penelitian. Oleh karena itu, konfigurasi sistem hibrid dengan PV sebagai sumber utama dan angin sebagai sumber pelengkap menjadi pilihan yang paling rasional untuk mendukung operasional mesin pengering ikan berbasis energi terbarukan.

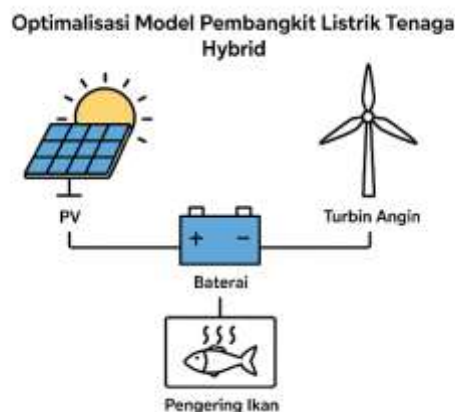
Tabel 2. Tabel Ringkas Estimasi Potensi Energi

Kebutuhan Operasi Mesin Pengering	Energi Harian yang Diperlukan (kWh)	Kapasitas PV yang Diperlukan (kWp)	Luas Rotor Turbin Angin (m ²)	Diameter Rotor (m)
1 jam	3,8	1,0	10,2	3,6
4 jam	15,2	4,1	41,0	7,2
8 jam	30,4	8,3	82,0	10,2

3.3 Optimalisasi Model Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Optimalisasi model pembangkit listrik tenaga hybrid (PLTH) pada penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik potensi energi surya dan angin yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan. Berdasarkan data yang dikumpulkan, terlihat bahwa sumber energi surya memiliki kontribusi yang lebih stabil dan signifikan dibandingkan dengan energi angin. Hal ini ditunjukkan dari rata-rata potensi produksi listrik sebesar 3,7 kWh/kWp-hari untuk PV, sedangkan energi angin hanya berkisar 0,37 kWh/m²-hari pada kecepatan rata-rata 2,93–5,29 m/s.

Berdasarkan perbandingan tersebut, maka strategi optimalisasi difokuskan pada desain sistem hybrid dengan panel surya sebagai sumber energi utama, sementara turbin angin berfungsi sebagai sumber pelengkap untuk menambah suplai energi ketika kondisi angin memadai, terutama pada sore hingga malam hari ketika produksi PV menurun.



Gambar 2. Skema sistem

Proses optimalisasi dilakukan dengan pendekatan berikut:

1. Penentuan Kebutuhan Energi Harian
Mesin pengering ikan kapasitas 50 kg/jam membutuhkan daya operasi 3,8 kW. Untuk memenuhi waktu operasional 4 jam per hari dibutuhkan energi sebesar 15,2 kWh, sedangkan untuk 8 jam diperlukan 30,4 kWh per hari.
2. Penentuan Kapasitas Panel Surya
Dengan asumsi produksi 3,7 kWh/kWp-hari, maka kapasitas PV yang dibutuhkan berkisar antara 4,1 kWp untuk 4 jam operasi hingga 8,3 kWp untuk 8 jam operasi. PV ditempatkan sebagai sumber energi utama karena ketersediaan radiasi surya relatif tinggi dan stabil di wilayah Lhokseumawe.
3. Penentuan Kontribusi Energi Angin
Energi angin rata-rata memberikan kontribusi yang lebih kecil. Namun, keberadaan turbin angin tetap penting untuk mengoptimalkan suplai energi, terutama pada saat terjadi penurunan intensitas radiasi surya akibat cuaca berawan. Dengan kecepatan angin rata-rata, dibutuhkan swept area turbin sekitar 41 m² (diameter 7,2 m) untuk memenuhi kebutuhan 15,2 kWh/hari, atau 82 m² (diameter 10,2

m) untuk 30,4 kWh/hari. Dalam desain optimal, turbin angin diposisikan sebagai komponen tambahan untuk mengurangi beban PV dan memperpanjang umur baterai.

4. Integrasi dengan Sistem Penyimpanan Energi

Agar mesin pengering dapat beroperasi secara kontinu, diperlukan sistem penyimpanan energi berbasis baterai. Kapasitas baterai ditentukan sesuai dengan kebutuhan harian dan faktor keamanan (safety factor), misalnya untuk menyimpan energi minimal 1–2 hari operasi (day of autonomy).

5. Skenario Hybrid Optimal

- PV sebagai penyumbang energi utama (sekitar 70–80% kebutuhan).
- Turbin angin sebagai pelengkap (20–30% kebutuhan, tergantung kondisi angin).
- Baterai sebagai penyeimbang suplai untuk menjamin ketersediaan energi pada saat malam atau ketika radiasi surya rendah.

Dengan pendekatan tersebut, sistem hybrid yang dihasilkan lebih efisien, ramah lingkungan, dan sesuai dengan kondisi sumber daya energi terbarukan di lokasi penelitian. Optimalisasi model ini juga bertujuan untuk meminimalkan kapasitas baterai yang diperlukan, sehingga biaya investasi dapat ditekan tanpa mengurangi keandalan suplai energi.

4. Kesimpulan

Potensi energi surya lebih dominan dibandingkan energi angin untuk lokasi penelitian di Desa Ujong Blang, Lhokseumawe. Estimasi produksi listrik dari panel surya mencapai 3,7 kWh/kWp·hari, sedangkan potensi energi angin hanya sekitar 0,37 kWh/m²·hari pada kecepatan rata-rata 2,93–5,29 m/s.

Untuk memenuhi kebutuhan energi mesin pengering ikan berkapasitas 50 kg/jam (3,8 kW), diperlukan kapasitas PV sebesar 4,1 kWp untuk 4 jam operasi atau 8,3 kWp untuk 8 jam operasi. Sementara itu, pemenuhan kebutuhan energi melalui angin memerlukan turbin dengan swept area besar (41–82 m²), sehingga lebih sesuai dijadikan sebagai sumber energi pelengkap.

Desain sistem hybrid yang optimal menempatkan panel surya sebagai sumber energi utama (70–80%), turbin angin sebagai penunjang (20–30%), serta baterai sebagai penyimpanan energi untuk menjamin kontinuitas pasokan, khususnya pada malam hari atau saat radiasi surya rendah.

Model hybrid yang diusulkan terbukti mampu meningkatkan keandalan pasokan energi untuk mendukung sistem pengering ikan berbasis energi terbarukan, dengan tetap menjaga efisiensi serta menekan biaya investasi melalui pengaturan kapasitas PV, turbin angin, dan baterai yang proporsional.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Malikussaleh atas dukungan pendanaan yang diberikan dalam penelitian ini. Dukungan tersebut telah memungkinkan penelitian ini terlaksana dengan baik dari tahap perencanaan hingga penyusunan artikel.

6. Referensi

- Abdjul, S., Djamalu, Y., & Antu, E. S. (2016). Pengaruh Lama Pengeringan Alami Terhadap Mutu Ikan Teri Kering (Studi Kasus di Desa Botubarani Kecamatan Kabila Bone). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 4(1), 1-6.
- Amin, I., Djamalu, Y., & Antu, E. S. (2018). The Study of Renewable Energy Potential In Eastern Of Indonesia Based On Retscreen International Analysis. *International Journal of Power Electronics and Drives Systems*, 9(3), 125-132.
- Kamelia, L., Djamalu, Y., & Antu, E. S. (2017). Analisis Perencanaan Secara Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Terbarukan. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 16(2), 1-8.
- Kari, N. et al. (2022). Identification of Anchovy (Engraulidae) from the Indonesian Coast. *Journal of Fish Biology*, 101(4), 1010-1015.
- Miharja, E. F. (2015). Penggunaan Sumber Listrik dari Energi Terbarukan. *Jurnal Energi Terbarukan*, 5(1), 45-52.
- Prasetyo, S. D. (2018). Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Pembangkit Listrik Masa Depan. *Jurnal Inovasi Energi*, 8(3), 112-119.
- Putri, R., Djamalu, Y., & Antu, E. S. (2023). Design and Implementation of a Solar Power System on Grid SDN 023905 BINJAI using PVSYSY Software. *Journal of Electrical Engineering*, 12(1), 30-38.

8. Sosiawati, E. (2019). Teknologi Pengeringan Ikan Teri Menggunakan Alat Pengering. *Jurnal Teknologi Pangan* , 9(2), 56-62.
9. Usman, D., Djamalu, Y., & Antu, E. S. (2015). Planing of Hybrid Power Plant in Maginti Island Using Homer Software. *Jurnal Rekayasa Energi* , 15(1), 25-34.
10. Windarta, D., Djamalu, Y., & Antu, E. S. (2024). Analisis Konsumsi Daya Listrik pada Alat Pengering Ikan Kapasitas 50 kg/jam. *Jurnal Fisika Terapan* , 14(1), 7-14.