

OPTIMASI KETENAGALISTRIKAN BERBASIS ENERGI TERBARUKAN DI DESA TERISOLASI (STUDI KASUS: WAKA DAN PA'RAYE)

DEA PUSPA ALYSYA



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Optimasi Ketenagalistrikan Berbasis Energi Terbarukan di Desa Terisolasi (Studi Kasus: Waka dan Pa’Raye)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Dea Puspa Alysya
G2401211086

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

DEA PUSPA ALYSYA. Optimasi Ketenagalistrikan Berbasis Energi Terbarukan Di Desa Terisolasi (Studi Kasus: Waka Dan Pa'Raye). Dibimbing oleh MUH. TAUFIK dan JANNATA GIWANGKARA.

Desa-desa terpencil di Indonesia masih menghadapi tantangan dalam mengakses listrik yang andal dan berkelanjutan. Listrik berbasis energi terbarukan menawarkan solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan akses energi sekaligus mengurangi emisi karbon. Studi ini menilai potensi pembangkitan energi terbarukan serta mengidentifikasi konfigurasi sistem yang optimal bagi Desa Waka, terletak wilayah pesisir di Nusa Tenggara Timur dan Desa Pa'Raye yang terletak di dataran tinggi di Kalimantan Utara. Konfigurasi yang terpilih kemudian dianalisis dari perspektif teknis, ekonomi, dan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem hibrida tenaga surya-angin paling sesuai untuk Desa Waka dengan *Levelized Cost of Energy* (LCOE) sebesar \$0,466/kWh, sementara sistem tenaga surya saja cocok untuk Desa Pa'Raye dengan LCOE sebesar \$0,484/kWh. Sistem ini memberikan manfaat lingkungan yang signifikan, yaitu pengurangan emisi CO₂ sebesar 144,476 ton per tahun di Waka dan 97,434 ton di Pa'Raye. Selain itu, sistem ini membuka peluang untuk memperoleh pendapatan dari kredit karbon hingga Rp16.484.544 (Waka) dan Rp14.030.496 (Pa'Raye) per tahun melalui skema internasional. Skema nasional menawarkan hasil yang lebih rendah tetapi tetap berarti. Studi ini menunjukkan bahwa sistem energi terbarukan layak diterapkan untuk elektrifikasi pedesaan sekaligus mendukung aksi iklim dan pembangunan ekonomi.

Kata kunci: dekarbonisasi, elektrifikasi, energi terbarukan, HOMER, analisis tekno-ekonomi



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRACT

DEA PUSPA ALYSYA. Renewable-Based Electricity Optimization for Remote Villages (Case Studies of Waka and Pa'Raye). Supervised by MUH. TAUFIK and JANNATA GIWANGKARA.

Remote villages in Indonesia continue to face challenges in accessing reliable and sustainable electricity. Renewable-based electricity offers a promising solution to enhance energy access while reducing carbon emissions. This study assesses the potential of renewable energy generation and identifies the most optimal system configurations for Waka Village, located in a coastal area of East Nusa Tenggara, and Pa'Raye Village, situated in a highland region of North Kalimantan. The selected configurations were then analyzed from technical, economic, and environmental perspectives. Simulations were conducted using HOMER software to explore various renewable energy scenarios. The results indicate that a solar–wind hybrid system is most suitable for Waka Village, with a Levelized Cost of Energy (LCOE) of \$0.466/kWh, while a solar-only system is optimal for Pa'Raye Village, with an LCOE of \$0.484/kWh. These systems offer significant environmental benefits, including annual CO₂ emission reductions of 144.476 tons in Waka and 97.434 tons in Pa'Raye. Additionally, they open opportunities for carbon credit revenues of up to IDR 16,484,544 per year in Waka and IDR 14,030,496 per year in Pa'Raye through international mechanisms. While national schemes offer lower returns, they still provide meaningful contributions. This study demonstrates that renewable energy systems are technically and economically feasible for rural electrification while supporting climate action and sustainable economic development.

Keywords: decarbonization, electrification, HOMER, renewable energy, techno-economic analysis



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

OPTIMASI KETENAGALISTRIKAN BERBASIS ENERGI TERBARUKAN DI DESA TERISOLASI (STUDI KASUS: WAKA DAN PA'RAYE)

DEA PUSPA ALYSYA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada
Program Studi Meteorologi Terapan

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

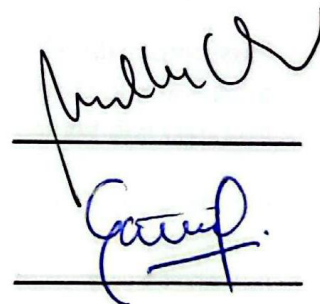
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Optimasi Ketenagalistrikan Berbasis Energi Terbarukan Di Desa
Terisolasi (Studi Kasus: Waka Dan Pa'Raye)
Nama : Dea Puspa Alysya
NIM : G2401211086

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Muh. Taufik, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2:
Jannata Giwangkara, S.Si., M. Energy.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi:
Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T.
NIP 197107071998032000



Tanggal Ujian:
8 Juli 2025

Tanggal Lulus:



- 

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu Wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Prakata ini dibuat sebagai pengantar karya ilmiah dengan judul “Optimasi Ketenagalistrikan Berbasis Energi Terbarukan: Studi Kasus Waka dan Pa'Raye”. Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Prof. Dr. Muh. Taufik, S.Si., M.Si. dan Bapak Jannata Giwangkara, S.Si., M. Energy. yang telah membimbing dan memberikan saran, masukan, dorongan serta pengarahan kepada penulis. Di samping itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, yaitu Bapak Bardi dan Ibu Siti Najiah yang terus menemani, memberikan doa, semangat, dan dukungan kepada penulis. Adik penulis, Finno Aditya, yang juga telah memberikan semangat dan motivasi diri untuk menyelesaikan karya ilmiah ini.
2. Teman baik penulis, yaitu Risti dan Rika, serta tak lupa Paguyuban dan Antek-Antek, Risa, Aul, Felda, Sur, Iki, Dapa dan tak lupa juga Rani, Windy, Kak Adis, Kak Khansa serta seseorang yang menemani penulis dari bulan Januari-Juni 2024 karena telah memberikan semangat, dan berjuang bersama penulis.
3. Teman-teman satu bimbingan, yaitu Zaki, Faris, dan Malik yang terus memberikan semangat dan motivasi satu sama lain untuk terus menyelesaikan karya ilmiah.
4. Teman-teman penulis di Holovna, yaitu Kavita, Karin, Nanda, Faza, Vania, Laura, Nissa, dan Aulia, karena telah menemani penulis selama beberapa tahun ini dan berbagi suka serta duka bersama penulis sampai saat ini.
5. Teman-teman di Laboratorium Meteorologi, yaitu Nana, Elma, Fidoh, Luthfi, Ibnu, Kandhita, Ghaly, Abin, Fadlan dan teman-teman lain yang tidak bisa penulis sebutkan, karena telah memberikan saran, semangat, dan doa untuk penulis selama penulis menyelesaikan karya ilmiah.
6. Teman-teman MARKA58ESAR karena telah berjuang bersama selama empat tahun ini.
7. Ikan mas koki peliharaan penulis, Big Mhok, karena telah menjadi alasan penulis menjalani hidup.
8. Aktor kesukaan penulis, Jimmy Jitaraphol dan Sea Tawinan, penyanyi kesukaan penulis, SEVENTEEN, PLAVE dan DAY6, karena telah menjadi motivasi dan semangat penulis selama ini.
9. Terakhir, diriku sendiri. Terima kasih karena sudah berjuang sampai sejauh ini. Terima kasih karena tetap mencari alasan untuk menjalani hidup sampai sekarang. Terima kasih banyak.

Bogor, Juli 2025

Dea Puspa Alysya



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kebijakan dan Regulasi Energi di Indonesia	5
2.2 Energi Terbarukan	6
2.3 Elektrifikasi Pedesaan	7
2.4 Model HOMER (<i>Hybrid Optimization of Multiple Energy Resource</i>)	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Cakupan, Asumsi, dan Batasan Penelitian	10
3.4 Tahapan Penelitian	11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Kondisi Iklim di Desa Waka dan Desa Pa'Raye	15
4.2 Profil Beban Energi Listrik Desa Waka dan Desa Pa'Raye	20
4.3 Optimasi Sistem Pembangkit Listrik	21
4.4 Manfaat Lingkungan dari Elektrifikasi Berbasis Energi Terbarukan di Desa Waka dan Desa Pa'Raye	24
4.5 Proyeksi Energi Terbarukan dan Potensi Dekarbonisasi di Desa Waka dan Desa Pa'Raye	27
V SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	39
RIWAYAT HIDUP	42



DAFTAR TABEL

1	Data yang digunakan dalam penelitian	9
2	Gambaran kondisi desa dan elektrifikasi	13
3	Optimasi pembangkit listrik di Desa Waka dan Pa'Raye	22
4	Jumlah bahan bakar dan emisi yang dikeluarkan setiap sistem	24
5	Harga kredit karbon di pasar internasional dan pasar nasional	26

DAFTAR GAMBAR

1	Lokasi studi kasus (a) Desa Waka (b) Desa Pa'Raye	9
2	Diagram alir penelitian	11
3	Grafik curah hujan rata-rata bulanan (a) Desa Waka dan (b) Desa Pa'Raye tahun 1994-2024	15
4	Grafik radiasi matahari dan <i>clearness index</i> rata-rata bulanan (a) Desa Waka dan (b) Desa Pa'Raye tahun 1994-2024	16
5	Grafik rata-rata kecepatan angin bulanan di (a) Desa Waka dan (b) Desa Pa'Raye tahun 1994-2024	18
6	<i>Wind rose</i> bulanan (a) Desa Waka dan (b) Desa Pa'Raye tahun 1994-2024	19
7	Profil beban energi listrik di (a) Desa Waka dan (b) Desa Pa'Raye	21
8	Perbandingan <i>Levelized Cost of Energy</i> setiap sistem di Desa Waka dan Desa Pa'Raye	23
9	Grafik historis dan proyeksi SSP 2-4.5 (a) suhu udara rata di Nusa Tenggara Timur, (b) suhu udara rata-rata di Kalimantan Utara, (c) curah hujan di Nusa Tenggara Timur, dan (d) curah hujan di Kalimantan Utara	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Variabel dan asumsi penelitian	40
2	Peralatan listrik yang digunakan pada elektrifikasi	41

