

SKRIPSI

**ANALISIS KELAYAKAN TEKNIKAL - EKONOMI PADA
SISTEM AGRIVOLTAICS PADA STUDI CASE DESA
WISATA HANJELI**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Rian Pradana Pangestu

NIM. 2415374022

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Ketersediaan energi dan efisiensi pemanfaatan lahan merupakan tantangan penting dalam pembangunan berkelanjutan di wilayah pedesaan Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan teknis dan ekonomi sistem agrivoltaics off-grid sebagai solusi energi terbarukan di Desa Wisata Hanjeli. Sistem dirancang menggunakan panel surya monocrystalline berkapasitas 6,88 kWp dengan baterai lithium LiFePO₄, dan disimulasikan menggunakan perangkat lunak PVsyst. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu memenuhi 99,55% kebutuhan energi tahunan sebesar 8.968 kWh dengan nilai *performance ratio* 70,41% dan *solar fraction* 99,55%. Namun, analisis ekonomi menunjukkan nilai Net Present Value (NPV) sebesar -Rp88.582.457, Internal Rate of Return (IRR) -1%, dan *Payback Period* yang belum tercapai selama umur proyek 25 tahun. Meski sistem layak secara teknis, hasil analisis menunjukkan bahwa secara ekonomi proyek belum layak dijalankan tanpa adanya insentif atau peningkatan efisiensi biaya. Penelitian ini merekomendasikan integrasi kebijakan subsidi energi dan optimasi desain sistem sebagai langkah strategis dalam pengembangan agrivoltaics di wilayah perdesaan.

Kata Kunci: Agrivoltaics, PLTS Off-grid, Analisis Ekonomi, PVsyst, NPV, IRR, Payback Period.

ABSTRACT

Energy availability and land-use efficiency are critical challenges in achieving sustainable development in rural areas of Indonesia. This study aims to analyze the technical and economic feasibility of an off-grid agrivoltaics system as a renewable energy solution in Desa Wisata Hanjeli. The system was designed using 6.88 kWp monocrystalline solar panels with LiFePO₄ batteries and simulated using PVsyst software. Simulation results show that the system can meet 99.55% of the annual energy demand of 8,968 kWh, with a performance ratio of 70.41% and a solar fraction of 99.55%. However, the economic analysis reveals a Net Present Value (NPV) of -Rp88,582,457, an Internal Rate of Return (IRR) of -1%, and a Payback Period that is not achieved within the 25-year project lifetime. While technically feasible, the system is not financially viable without incentives or cost-efficiency improvements. The study recommends policy support and design optimization as strategic measures to promote agrivoltaics in rural development contexts.

Keywords: Agrivoltaics, Off-grid PV System, Economic Analysis, PVsyst, , NPV, IRR, Payback Period

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Desa Wisata Hanjeli di Kabupaten Sukabumi dikenal sebagai kawasan agrowisata yang mengandalkan tanaman hanjeli *Coix lacryma-jobi* sebagai komoditas utama sekaligus identitas budaya lokal. Desa ini memiliki potensi alam yang kaya dan lahan pertanian yang cukup luas, namun sebagian wilayahnya menghadapi tantangan ketersediaan energi karena belum sepenuhnya terjangkau infrastruktur listrik konvensional. Kondisi geografisnya yang berada pada bentang alam Plato Jampang membuat tanah cenderung kering, sehingga pengelolaan lahan memerlukan strategi adaptif agar tetap produktif.

Ketersediaan energi dan pemanfaatan lahan secara optimal merupakan dua tantangan utama dalam upaya mendukung keberlanjutan energi dan ketahanan pangan serta pembangunan pedesaan di Indonesia, khususnya di wilayah yang belum sepenuhnya terjangkau oleh infrastruktur energi konvensional. Dalam konteks tersebut, pendekatan integratif antara teknologi energi terbarukan dan pertanian mulai diperkenalkan sebagai solusi alternatif. salah satunya adalah sistem agrivoltaics, yaitu pemanfaatan lahan secara simultan untuk produksi listrik tenaga surya dan kegiatan budidaya pertanian, yang dinilai potensial diterapkan pada skala desa mandiri energi [1].

Teknologi agrivoltaics *off-grid* menjadi solusi strategis karena mampu menggabungkan produksi energi surya dan kegiatan pertanian dalam satu sistem. Penerapannya di berbagai negara berkembang telah menunjukkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan efisiensi lahan serta memperkuat ketahanan energi dan pangan [2]. Pada penelitian lain tanaman cabai di daerah transmigrasi menemukan bahwa inovasi agrivoltaics meningkatkan pendapatan petani dengan rasio manfaat biaya (B/C ratio) sebesar 1,76 dan margin *benefit-cost ratio* (MBCR) 1,63, menandakan kelayakan ekonomi sistem tersebut dalam skala usaha tani [3].

Secara teknis, penggunaan panel surya jenis *monocrystalline* yang dipasang pada mounting struktur tinggi memungkinkan terjadinya pemanfaatan lahan vertikal, tanpa mengganggu produktivitas lahan. Sistem penyimpanan energi menggunakan baterai LiFePO₄ dan inverter *hybrid* dapat mendukung beban energi untuk irigasi, lampu jalan,

dan fasilitas edukasi wisata, karena baterai LiFePO₄ memiliki kepadatan energi tinggi, siklus hidup panjang, dan keamanan baik untuk sistem *off-grid* [4].

Namun, meskipun sistem ini layak secara teknis, tantangan utamanya terletak pada kelayakan ekonomi. Studi oleh [5] dalam konteks kebun anggur di Jerman menunjukkan bahwa meskipun integrasi panel surya dapat memberikan manfaat ekologis, nilai NPV (*Net Present Value*) yang negatif dan *Payback Period* (PP) di atas 20 tahun membuat sistem ini belum layak secara finansial tanpa adanya skema insentif atau peningkatan efisiensi sistem.

Pada Analisis dari Malaysia menekankan bahwa sistem *fotovoltaik* skala kecil menghadapi *payback period* yang panjang, bahkan lebih dari 30 tahun, terutama jika tidak mendapatkan subsidi. Ini disebabkan oleh tingginya biaya investasi awal (CAPEX) dan fluktuasi biaya peralatan PV. Penelitian ini menekankan pentingnya metode NPV, IRR, dan PP dalam menilai proyek, sembari tetap mewaspadaai keterbatasan dari metode PP yang tidak memperhitungkan nilai waktu uang dan hasil setelah periode pengembalian [6]

Di Indonesia sendiri, proyek PLTS *on-grid* untuk greenhouse pintar menunjukkan hasil menjanjikan IRR sebesar 12,47%, NPV sebesar Rp316 juta, dan *Payback Period* sekitar 8 tahun. Hasil ini dicapai dengan menggunakan simulasi *PVSyst* yang memperhitungkan performa teknis secara rinci [7]. Temuan tersebut memperkuat pentingnya pendekatan teknis dan ekonomi secara terpadu.

Lebih jauh, penelitian oleh [8] menyajikan pendekatan holistik melalui indikator seperti *Land Equivalent Ratio* (LER), *Levelized Cost of Energy* (LCOE), dan *Levelized Cost of Agriculture* (LCOA) untuk menilai sejauh mana sistem *agrivoltaics* dapat memberikan manfaat ekonomi dibandingkan sistem pertanian atau PV konvensional secara terpisah. Metode ini memberikan kerangka evaluasi yang relevan untuk studi kelayakan di kawasan seperti Desa Wisata Hanjeli.

Berdasarkan minimnya penelitian lokal dan hasil studi internasional yang bervariasi, dibutuhkan kajian studi kasus untuk mengevaluasi kelayakan sistem *agrivoltaics off-grid* secara menyeluruh di Desa Wisata Hanjeli. Penelitian ini dirancang menggunakan simulasi teknis berbasis *PVSyst* dan pendekatan finansial dengan metode NPV, IRR, serta *Payback Period*, menggunakan asumsi biaya yang relevan dengan kondisi pasar lokal. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Analisis

Kelayakan Teknikal-Ekonomi Dan Payback Period Sistem Agrivoltaics Pada Studi Case Desa Wisata Hanjeli".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan secara spesifik sebagai berikut:

1. Bagaimana konfigurasi teknis sistem agrivoltaic *off-grid* yang optimal di Desa Wisata Hanjeli?
2. Bagaimana kelayakan finansial sistem agrivoltaic tersebut berdasarkan analisis NPV, IRR, Payback Period, dan BCR?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga ruang lingkup kajian agar tetap fokus dan terarah dalam menjawab rumusan masalah di atas, maka penelitian ini dibatasi oleh hal-hal berikut:

1. Penelitian ini tidak mencakup proses perancangan sistem, hanya difokuskan pada analisis teknis dan evaluasi ekonomi terhadap desain sistem agrivoltaic.
2. Sistem yang dikaji menggunakan modul surya monocrystalline dengan konfigurasi tetap (fixed tilt)
3. Evaluasi teknis dilakukan secara simulatif berdasarkan parameter desain yang tersedia, tanpa pembangunan fisik atau pengujian langsung di lapangan.
4. Kajian ekonomi mengacu pada data harga komponen dari literatur dan pasar terkini, dengan asumsi rasional terhadap suku bunga dan inflasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis kinerja teknis sistem agrivoltaic off-grid berdasarkan desain yang telah tersedia.
2. Mengevaluasi kelayakan finansial sistem agrivoltaic berdasarkan perhitungan NPV, IRR, Payback Period, dan BCR.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini

1. Penelitian ini bertujuan memberikan referensi praktis dalam merancang sistem agrivoltaics *off-grid* berbasis simulasi teknis dan analisis keekonomian di desa wisata berbasis pertanian.
2. Menyediakan gambaran teknis dan ekonomis dalam perancangan sistem agrivoltaics *off-grid*, termasuk kapasitas produksi energi, sistem penyimpanan, serta proyeksi biaya dan waktu pengembalian modal..
3. Mendukung penerapan teknologi energi terbarukan yang adaptif dan terjangkau di daerah terpencil, sehingga dapat mempercepat adopsi sistem mandiri energi di desa wisata, sekaligus meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Sistem PLTS off-grid agrivoltaics dengan konfigurasi 16 modul monocrystalline memiliki kapabilitas untuk memenuhi hingga 99,55% dari kebutuhan energi harian sebesar 24,5 kWh. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *PVsyst*, diperoleh nilai *solar fraction* sebesar 99,55%, yang mencerminkan tingkat kemandirian energi yang sangat tinggi dalam skenario off-grid. Nilai *performance ratio* sebesar 70,41% menunjukkan bahwa sistem beroperasi dengan efisiensi yang baik dalam konteks teknis.
2. Secara ekonomi, hasil evaluasi menunjukkan NPV negatif sebesar -Rp 88.582.457, IRR -1%, BCR 0,87, serta *Payback Period* yang tidak tercapai dalam 25 tahun. Sistem tidak layak ini disebabkan oleh tingginya biaya investasi awal dan penggantian komponen utama seperti baterai di tahun ke-15. Oleh karena itu, diperlukan dukungan seperti subsidi pemerintah, pembiayaan melalui program Corporate Social Responsibility, atau skema insentif energi hijau untuk menurunkan beban CAPEX dan meningkatkan kelayakan finansial.

5.2 Saran

1. Berdasarkan hasil evaluasi teknis dan finansial yang telah dilakukan, terdapat sejumlah rekomendasi strategis yang dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kelayakan dan efisiensi sistem PLTS off-grid. *Unused energy* dalam hasil simulasi, diperlukan upaya optimalisasi manajemen beban agar energi yang dihasilkan panel dapat dimanfaatkan secara maksimal. Hal ini dapat dilakukan dengan penjadwalan beban prioritas dan penggunaan teknologi penyimpanan energi yang lebih efisien.
2. Dari sisi finansial, proyek belum layak secara ekonomi pada skenario dasar karena NPV negatif dan IRR di bawah tingkat diskonto. Untuk mendorong kelayakan, diperlukan strategi seperti subsidi modal, peningkatan tarif listrik, atau penurunan biaya awal. Selain itu, penerapan skema pembiayaan berkelanjutan seperti *green financing*, CSR, atau carbon credit dapat menjadi solusi relevan guna meningkatkan daya saing dan mendukung transisi energi bersih nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Bararah and R. Al Aminah, "Strategi Pengembangan Pertanian Berkelanjutan: Optimalisasi Smart Greenhouse Di Kabupaten Mojokerto Melalui Penggunaan Agri-Voltaic," *TheJournalish Soc. Gov.*, vol. 4, no. 5, pp. 353–363, 2023, [Online]. Available: <http://thejournalish.com/ojs/index.php/thejournalish/>
- [2] K. Mehta, M. J. Shah, and W. Zörner, "Agri-PV (Agrivoltaics) in Developing Countries: Advancing Sustainable Farming to Address the Water–Energy–Food Nexus," *Energies*, vol. 17, no. 17, 2024, doi: 10.3390/en17174440.
- [3] G. Darman, T. Sau, and S. Syahrullah, "Pengaruh Inovasi Agrovoltaiic Terhadap Pendapatan Petani Cabai di Daerah Transmigrasi," *Mimb. Agribisnis J. Pemikir. Masy. Ilm. Berwawasan Agribisnis*, vol. 10, no. 1, p. 1571, 2024, doi: 10.25157/ma.v10i1.13278.
- [4] G. Sobamowo, A. Ewansiha, J. Ojuro, A. Jemiseye, R. Fawumi, and O. Oyedele, "Solar power applications and integration of Lithium iron phosphate batteries in off-grid photovoltaic system," *Eng. Today*, vol. 3, no. 1, pp. 7–15, 2024, doi: 10.5937/engtoday2300019g.
- [5] L. Strub, M. Wittke, M. Trommsdorff, M. Stoll, C. Kammann, and S. Loose, "Assessing the economic performance of agrivoltaic systems in vineyards – framework development, simulated scenarios and directions for future research," *Front. Hortic.*, vol. 3, no. December, pp. 1–17, 2024, doi: 10.3389/fhort.2024.1473072.
- [6] T. S. Ong and C. H. Thum, "Net Present Value and Payback Period for Building Integrated Photovoltaic Projects in Malaysia," *Int. J. Acad. Res. Bus. Soc. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 2222–6990, 2013, [Online]. Available: <http://www.hrmar.com/admin/pics/1576.pdf>
- [7] S. D. A. Febriani and C. T. Rani, "Kajian Tekno Ekonomi Sistem On-Grid pada Smart Greenhouse," *J. Tek. Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: 10.25047/jteta.v3i1.33.
- [8] A. Garrod, S. N. Hussain, and A. Ghosh, "The technical and economic potential for crop based agrivoltaics in the United Kingdom," *Sol. Energy*, vol. 277, no. July, p. 112744, 2024, doi: 10.1016/j.solener.2024.112744.
- [9] M. N. Fauzi, H. Rahman, and B. Santoso, "Analisa Tekno-Ekonomi Proyek PLTS Atap Off-Grid pada Lobadaun Greenhouse Agriculture di Cilawu Kab . Garut," pp. 153–160, 2024.
- [10] A. Chalgynbayeva *et al.*, "The Economic Potential of Agrivoltaic Systems in Apple Cultivation—A Hungarian Case Study," *Sustain.*, vol. 16, no. 6, 2024, doi: 10.3390/su16062325.
- [11] A. Feuerbacher *et al.*, "An analytical framework to estimate the economics and adoption potential of dual land-use systems: The case of agrivoltaics," *Agric. Syst.*, vol. 192, no. May, 2021, doi: 10.1016/j.agsy.2021.103193.
- [12] A. Sugiyono, "OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2015-2035 : PROSPEK," pp. 87–96, 2016.
- [13] L. Lubna, S. Sudarti, and Y. Yushardi, "Potensi Energi Surya Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Pelita J. Penelit. dan Karya Ilm.*, vol. 21, no. 1, pp. 76–79, 2021, doi: 10.33592/pelita.v21i1.1269.
- [14] D. F. Silalahi, A. Blakers, M. Stocks, B. Lu, C. Cheng, and L. Hayes, "Indonesia's vast solar energy potential," *Energies*, vol. 14, no. 17, 2021, doi: 10.3390/en14175424.
- [15] V. Dwisari, S. Sudarti, and Y. Yushardi, "Pemanfaatan Energi Matahari: Masa

- Depan Energi Terbarukan,” *Opt. J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 2, pp. 376–384, 2023, doi: 10.37478/optika.v7i2.3322.
- [16] A. A. Solikah and B. Bramastia, “Systematic Literature Review : Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan Di Indonesia,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 27–43, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.21742.
 - [17] M. I. Al Qodri and Widyastutik, “Emisi Energi Dan Kebijakan Kendaraan Listrik: Studi Komparasi Antara China Dan Indonesia,” *Risal. Kebijak. Pertan. DAN Lingkung. Rumusan Kaji. Strateg. Bid. Pertan. dan Lingkung.*, vol. 10, no. 3, pp. 133–144, 2023, doi: 10.29244/jkebijakan.v10i3.48350.
 - [18] L. Indonesia and N. M. Rahayu, “Dampak Inovasi Industri Pada Pencapaian SDGs di Sektor Energi dan,” vol. 8, pp. 1–9, 2025.
 - [19] Hendriyan, D. Syafriani, Defwaldy, and dwi marsiska Driptufany, “Jurnal Teknik Indonesia,” *J. Tek. Indones.*, vol. 2, no. 4, pp. 14–28, 2023.
 - [20] O. A. Katsikogiannis, H. Ziar, and O. Isabella, “Integration of bifacial photovoltaics in agrivoltaic systems: A synergistic design approach,” *Appl. Energy*, vol. 309, no. January, p. 118475, 2022, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.118475.
 - [21] D. Y. Nalle, E. R. Mauboy, and W. F. Galla, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid Untuk Kebutuhan Rumah Tangga di Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua,” vol. 1, no. 1, pp. 11–19, 2024.
 - [22] D. Jung and A. Salmon, “Price for covering cropland with an agrivoltaic system: PV panels replacing shading nets in Chilean blueberry cultivation,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2635, no. December, 2022, doi: 10.1063/5.0107946.
 - [23] K. and S. Khandker, *Handbook on Impact*, vol. 1, no. 1. 2010. [Online]. Available: <http://documents.worldbank.org/curated/en.pdf>
 - [24] M. Siregar, C. H. Pardosi, K. O. Bachri, T. Nur, and L. W. Pandjaitan, “Comparison of Actual Results and PVSyst Simulation in the Design of Off-Grid Solar Power Generation System (PLTS) in Karuni Village, Southwest Sumba,” *J. Elektro*, vol. 17, no. 1, pp. 1–12, 2024, doi: 10.25170/jurnalelektro.v17i1.5419.
 - [25] R. D. J. Kartika Sari and A. Murdianto, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Industri Berbasis PVsyst,” *JEECOM J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 5, no. 2, pp. 171–179, 2023, doi: 10.33650/jeecom.v5i2.6645.
 - [26] IEC 61724-1:2021. "Photovoltaic system performance monitoring Guidelines for measurement, data exchange and analysis."