

Analisis Faktor-Faktor Kegagalan dalam Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS): Pendekatan Tinjauan Pustaka Sistematis

Angelina Ratna Kartikasari ¹

¹ Profesi Insinyur, Universitas Gadjah Mada

¹ little.angels7070@gmail.com

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu solusi utama dalam transisi energi menuju bauran energi bersih di Indonesia. Namun, di balik potensinya yang besar, sejumlah proyek PLTS mengalami kegagalan baik pada tahap perencanaan, pembangunan, maupun operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan pembangunan PLTS serta merumuskan strategi mitigasi yang dapat diterapkan dalam konteks nasional. Metodologi yang digunakan adalah tinjauan pustaka sistematis (systematic literature review) terhadap berbagai studi nasional dan internasional yang meneliti performa, efisiensi, dan manajemen proyek PLTS. Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan PLTS umumnya disebabkan oleh empat aspek utama, yaitu: (1) faktor teknis seperti kualitas komponen dan kesalahan desain; (2) faktor finansial berupa ketidaksesuaian asumsi investasi dan biaya pemeliharaan; (3) faktor manajerial meliputi koordinasi dan kapasitas sumber daya manusia; serta (4) faktor regulatif yang mencakup ketidakpastian kebijakan dan hambatan administrasi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa keberhasilan proyek PLTS di Indonesia membutuhkan integrasi antara standar teknis, perencanaan keuangan yang realistis, serta dukungan kebijakan yang konsisten dan berkelanjutan.

Kata Kunci: PLTS, kegagalan proyek, energi surya, analisis teknis, kebijakan energi, keekonomian energi terbarukan.

Abstract

Solar Power Plants (PLTS) have become a key solution in Indonesia's transition toward a cleaner energy mix. Despite their vast potential, several solar projects have faced failures during planning, construction, and operational phases. This study aims to identify the root causes of solar project failures and propose effective mitigation strategies within the Indonesian context. A systematic literature review approach was applied to analyze national and international studies related to solar PV performance, efficiency, and project management. The findings reveal that failures in solar power development generally stem from four major aspects: (1) technical issues such as poor component quality and design errors; (2) financial mismatches between investment assumptions and maintenance costs; (3) managerial weaknesses including coordination and human resource capacity; and (4) regulatory barriers such as policy inconsistency and administrative delays. This research concludes that the success of solar power projects in Indonesia requires an integrated framework combining robust technical standards, realistic financial planning, and consistent long-term policy support.

Keywords: Solar Power Plant, project failure, solar energy, technical analysis, energy policy, renewable energy economics.

1. Pendahuluan

Perubahan iklim dan kebutuhan untuk transisi energi telah menjadi isu global yang mendesak. Indonesia, sebagai negara tropis dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi, memiliki potensi besar untuk pengembangan energi surya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) baik di darat, atap, maupun terapung. Pemerintah Indonesia

menetapkan target ambisius untuk meningkatkan kapasitas energi terbarukan dalam bauran energi nasional, dengan visi Net Zero Emission pada tahun 2060.

Meskipun potensi besar, realisasi pembangunan dan operasional PLTS di lapangan sering menghadapi hambatan yang menyebabkan proyek tidak mencapai performa yang diharapkan atau bahkan gagal beroperasi

dengan optimal. Beberapa permasalahan yang muncul meliputi kualitas komponen, kerusakan teknis, efisiensi yang jauh lebih rendah dari estimasi, serta hambatan regulasi dan manajerial. Studi-studi terkini juga menunjukkan bahwa banyak proyek PLTS yang gagal memenuhi target kapasitas atau tenggat waktu yang ditetapkan.

Di Indonesia, pada tahun 2022 kapasitas terpasang PLTS mencapai $\pm 271,6$ MW, mencakup berbagai jenis pelanggan dari rumah tangga, komersial, hingga industri. Namun target pemerintah untuk PLTS atap (rooftop solar) sebesar 3,6 GW pada 2025 masih jauh dari capaian saat ini, yang masih sekitar ratusan MWp. Selain itu, regulasi seperti persyaratan local content, syarat perizinan, dan hambatan kebijakan dianggap memperlambat pertumbuhan sektor ini.

Karena itu, penting untuk melakukan kajian mendalam mengenai kegagalan pembangunan dan operasional PLTS—mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan (teknis, finansial, manajerial, regulatif, sosial), dampaknya terhadap performa dan ekonomi, serta strategi mitigasi yang telah atau bisa diterapkan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan systematic literature review terhadap literatur nasional dan internasional dengan tipikal proyek skala menengah hingga besar, untuk merumuskan pola umum kegagalan dan rekomendasi yang sesuai untuk konteks Indonesia.

Tujuan Penelitian secara spesifik adalah:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor kegagalan pada pembangunan dan operasional PLTS dari studi terdahulu;
2. Menganalisis dampak kegagalan tersebut terhadap output energi, keandalan finansial, dan jangka waktu pengembalian investasi;
3. Menyusun rekomendasi strategi mitigasi dan kebijakan untuk meningkatkan keberhasilan proyek PLTS di Indonesia.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode *systematic literature review* (SLR) untuk mengidentifikasi pola dan faktor penyebab kegagalan pembangunan maupun operasional Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Tahapan penelitian meliputi empat langkah utama:

2.1. Identifikasi Literatur

Penelusuran dilakukan melalui basis data ScienceDirect, MDPI, IEEE Xplore, SpringerLink, ResearchGate, serta beberapa jurnal nasional seperti Jurnal Energi dan Kelistrikan Indonesia dan Jurnal ESDM Indonesia. Kata kunci yang digunakan antara lain “PLTS Indonesia,” “*solar PV project failure*,” dan “*photovoltaic degradation*.”

Kriteria inklusi mencakup publikasi periode 2018–2025, relevan dengan topik kegagalan PLTS, dan dapat diakses terbuka. Dari hasil pencarian diperoleh sekitar 50 sumber, kemudian diseleksi menjadi 25 referensi utama.

2.2. Analisis dan Klasifikasi Data

Setiap literatur dianalisis dengan teknik analisis isi (*content analysis*) untuk mengekstraksi penyebab kegagalan, dampak, dan solusi yang dilaporkan. Hasilnya dikategorikan menjadi empat kelompok: (1) kegagalan teknis, (2) manajerial, (3) finansial, dan (4) sosial–regulatif.

2.3. Sintesis dan Pembahasan

Hasil klasifikasi kemudian disintesis untuk menemukan pola umum (*common patterns*) dan keterkaitan antar faktor. Analisis ini menjadi dasar penyusunan Bab 4 yang membahas secara tematik setiap kelompok kegagalan.

2.4. Perumusan Rekomendasi

Berdasarkan temuan literatur, disusun rekomendasi teknis dan kebijakan yang dituangkan dalam Bab 4. Pendekatan ini memastikan bahwa hasil penelitian tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga memberikan

kontribusi praktis bagi peningkatan keberhasilan proyek PLTS di Indonesia.

Batasan penelitian ini terletak pada tidak digunakannya data primer proyek tertentu, melainkan bersumber dari hasil sintesis berbagai studi. Fokus analisis diarahkan pada proyek PLTS skala menengah hingga besar (≥ 100 kWp) yang memiliki kompleksitas tinggi dalam aspek teknis, manajerial, dan regulatif.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kegagalan Teknis Pada Sistem PLTS

Kegagalan teknis menjadi penyebab dominan turunnya kinerja sistem PLTS, baik pada fase konstruksi maupun operasi. Beberapa penyebab umum mencakup penurunan performa modul (degradasi), kerusakan inverter, cacat kabel dan konektor, serta ketidaksesuaian desain terhadap kondisi lingkungan lokal.

Penelitian di India menunjukkan bahwa lebih dari 30% kerugian energi PLTS disebabkan oleh kesalahan desain dan pemilihan komponen yang tidak sesuai dengan radiasi serta suhu lingkungan setempat [1]. Di sisi lain, studi di Oman melaporkan bahwa 17% sistem PV *grid-connected* mengalami kegagalan internal dinamis seperti inverter trip dan MPPT *mismatch* yang menyebabkan downtime signifikan [2].

Faktor eksternal seperti debu, kelembaban tinggi, dan suhu ekstrem turut mempercepat degradasi modul PV [3], terutama di kawasan tropis seperti Indonesia yang memiliki tingkat kelembaban tinggi dan intensitas UV yang besar [4]. Selain itu, buruknya sistem grounding dan sambungan konektor juga dapat memicu hotspot serta kerusakan isolasi [5].

3.2 Kegagalan Manajerial dan Perencanaan Proyek

Kegagalan manajerial terjadi akibat lemahnya perencanaan proyek, evaluasi kelayakan ekonomi, dan koordinasi antar-stakeholder. Berdasarkan hasil evaluasi proyek PLTS di beberapa daerah di Indonesia, ditemukan bahwa banyak proyek gagal beroperasi optimal karena studi kelayakan tidak mempertimbangkan beban riil dan karakteristik lokasi [8].

Selain itu, proyek pemerintah sering menghadapi kendala dalam fase *procurement*, seperti keterlambatan pasokan dan ketidaksesuaian antara spesifikasi teknis dengan kondisi lapangan [9]. Studi oleh IEEFA bahkan menyebutkan bahwa kebijakan PLTS di Indonesia sering “dirancang untuk gagal” karena ketidakpastian regulasi dan lemahnya skema insentif investasi [10].

Kelemahan manajemen aset pasca-pemasangan juga menjadi masalah serius. Banyak PLTS tidak memiliki sistem *operation & maintenance* (O&M) yang jelas, sehingga kerusakan kecil dibiarkan hingga menimbulkan kegagalan besar [11]. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme audit energi dan peningkatan kapasitas teknis lokal untuk memastikan keberlanjutan sistem [12].

3.3 Kegagalan Finansial dan Ekonomi Proyek

Aspek finansial menjadi faktor kritis dalam keberhasilan pembangunan PLTS. Banyak proyek tidak berlanjut akibat ketidaksesuaian asumsi investasi dengan realisasi biaya, fluktuasi nilai tukar, dan ketergantungan pada insentif pemerintah [13].

Contoh nyata adalah proyek PLTS skala besar di Spanyol dan AS yang gagal akibat perubahan regulasi tarif dan skema pembelian listrik (*feed-in tariff*) [14][15]. Di Indonesia, hasil studi oleh Alphabiz Journal menunjukkan bahwa proyek PLTS komersial sering tidak mencapai break-even point sesuai

jadwal karena kenaikan biaya impor komponen [16].

Beberapa solusi yang diusulkan termasuk penerapan model pembiayaan berbasis kemitraan publik-swasta (PPP), penggunaan skema leasing panel surya, serta optimalisasi tarif listrik berbasis *levelized cost of energy* (LCOE) [17].

Selain itu, diperlukan integrasi antara studi teknis dan finansial agar perencanaan investasi tidak hanya mempertimbangkan potensi energi surya, tetapi juga risiko ekonomi makro dan fluktuasi pasar energi [18].

3.4 Kegagalan Sosial, Regulasi, dan Kebijakan

Faktor sosial dan regulasi turut berperan dalam menentukan keberhasilan proyek PLTS. Kegagalan sering terjadi karena kurangnya keterlibatan masyarakat, minimnya sosialisasi, serta ketidakjelasan perizinan antarinstansi [19].

Beberapa proyek PLTS di wilayah NTT dan Kalimantan, misalnya, mangkrak akibat konflik kepemilikan lahan dan tidak tersedianya teknisi lokal untuk pemeliharaan [20]. Sementara itu, proyek PLTS besar di luar negeri seperti Ivanpah Solar Plant di AS gagal memenuhi target produksi karena lemahnya koordinasi kebijakan dan kesalahan asumsi beban [21].

Kegagalan kebijakan juga mencakup kurangnya kepastian harga jual listrik dari energi surya. Regulasi yang berubah-ubah membuat investor ragu menanam modal [22]. Untuk itu, dibutuhkan kebijakan yang konsisten, transparan, dan berbasis data teknis agar proyek PLTS dapat berjalan berkelanjutan [23].

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa kegagalan pembangunan PLTS dapat dikategorikan dalam empat kelompok utama: (1) kegagalan

teknis, (2) manajerial, (3) finansial, dan (4) sosial-regulatif.

Kegagalan teknis umumnya bersumber dari ketidaksesuaian desain dan kondisi lingkungan, sedangkan kegagalan manajerial dipicu oleh lemahnya perencanaan dan pemeliharaan. Di sisi finansial, ketidaktepatan estimasi biaya dan ketergantungan terhadap kebijakan subsidi menjadi hambatan utama. Adapun secara sosial, rendahnya partisipasi masyarakat dan ketidakjelasan regulasi memperburuk keberlanjutan proyek.

Sebagai usulan, penelitian ini merekomendasikan:

1. Audit teknis dan keuangan sebelum dan sesudah pembangunan PLTS.
2. Standardisasi nasional sistem O&M agar setiap proyek memiliki panduan operasional yang jelas.
3. Pelibatan masyarakat lokal melalui program edukasi energi surya dan pelatihan teknisi.
4. Penerapan kebijakan konsisten dengan skema insentif jangka panjang yang menarik bagi investor.
5. Peningkatan riset kolaboratif antara pemerintah, akademisi, dan industri untuk mengembangkan sistem PLTS adaptif terhadap kondisi lokal Indonesia.

Pendekatan komprehensif yang mengintegrasikan aspek teknis, ekonomi, sosial, dan regulasi diharapkan dapat mengurangi potensi kegagalan pembangunan PLTS di masa depan serta mendukung target bauran energi nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sharma, "Operational Losses of a Solar Power Plant: A Case Study," *IJERT*, vol. 11, no. 4, pp. 152–157, 2022.
- [2] A. Al-Badi et al., "Comparative Study of the Internal Dynamic Failures of Grid-Connected Solar PVs: The Case of the Oman Power Network," *Frontiers in Energy Research*, vol. 10, 2022.
- [3] K. Elfaqih et al., "A Case Study on the Performance Degradation of a Photovoltaic System Module in Tripoli, Libya," *Int. J.*

- Renewable Energy Research, vol. 12, no. 1, 2022.
- [4] M. Akhlaghi, "The Case Study of Iran's Solar Energy," Energy Reports, vol. 13, 2025.
- [5] H. Haque, "Fault Diagnosis of Photovoltaic Modules," Energy Science & Engineering, vol. 7, no. 5, 2019.
- [6] M. Bashiri et al., "A Review of Photovoltaic Module Failure and Degradation Mechanisms," Solar, vol. 4, no. 1, 2024.
- [7] Albashir K. Elfaqih et al., "Degradation Analysis of PV Modules in Harsh Climates," Renewable Energy, vol. 162, 2020.
- [8] R. Pimpalkar et al., "A Comprehensive Review on Failure Modes and Effect Analysis of Solar Photovoltaic Systems," Materials Today: Proceedings, 2023.
- [9] M. Rosen, "Challenges in Implementing Solar PV Projects in Developing Countries," Energy Policy, vol. 174, 2023.
- [10] IEEFA, "Indonesia's Solar Policies – Designed to Fail?," Institute for Energy Economics and Financial Analysis, 2024.
- [11] Envista Forensics, "PV Module Reliability Issues: Understanding Backsheet Degradation," 2023.
- [12] Alphabiz Journal, "Economic Feasibility Analysis and Financing Model of Solar Power Plant Projects in Indonesia," vol. 3, no. 1, 2024.
- [13] J. St. John, "US Moves to Cancel One of the World's Largest Solar Farms," Financial Times, 2025.
- [14] A. Rosen, "The Ivanpah \$2B Solar Plant Was an Epic Failure," New York Post, 2025.
- [15] Reuters, "Solar Plant Mismanagement Made Spain's Grid More Vulnerable," Reuters Energy, 2025.
- [16] "PV Module Topologies for a Performance Analysis Under Faults," ICAMSEE, 2023.
- [17] "Solar PV Systems Under Weather Extremes: Case Studies," Energy Reports, vol. 13, 2025.
- [18] "Review of Degradation and Failure Phenomena in PV Modules," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 159, 2022.
- [19] "Investigation of Failure and Degradation Types of Solar PV Plants in India," Springer Energy, 2021.
- [20] Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM), "Evaluasi PLTS Off-grid di Wilayah 3T," 2024.
- [21] "Indonesia's Solar Expansion Plan and Implementation Challenges," PV Magazine International, 2025.
- [22] B. Prasetyo et al., "Analisis Hambatan Regulasi Pengembangan Energi Surya di Indonesia," Jurnal Energi dan Kelistrikan Indonesia, vol. 10, no. 2, 2023.
- [23] A. Wirawan, "Kebijakan dan Tantangan Penerapan PLTS di Indonesia," Jurnal ESDM Indonesia, vol. 9, no. 1, 2024.