

BAB I

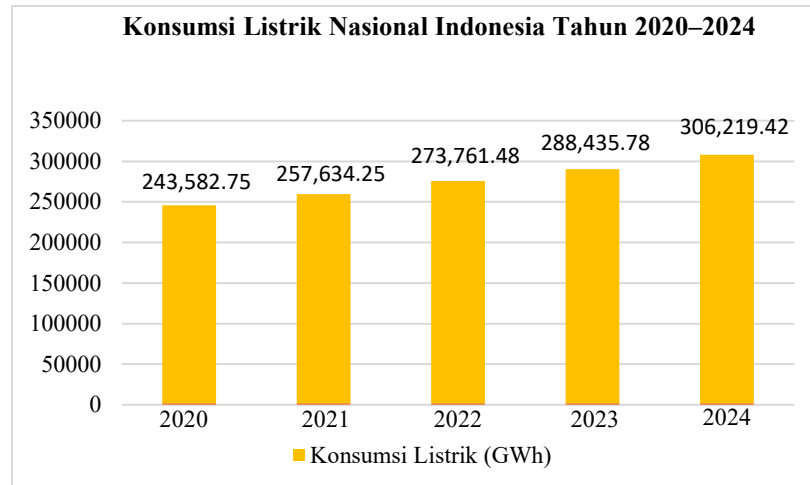
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Evaluasi terhadap proyek yang sedang berjalan (*on-going project evaluation*) berperan penting dalam menjaga keberlanjutan dan efektivitas suatu investasi. Proyek yang telah memasuki tahap operasional perlu dilakukan pemantauan dan peninjauan secara berkelanjutan untuk membandingkan kinerja aktual dengan standar yang telah ditetapkan, serta melakukan penyesuaian apabila diperlukan (1). Penilaian efisiensi proyek dilakukan untuk menilai kelayakan, potensi keuntungan, dan risiko proyek, sehingga dapat menjadi dasar bagi manajemen dan investor dalam pengambilan keputusan pendanaan serta penilaian manfaat ekonomi. Pada sektor energi, khususnya energi baru dan terbarukan, evaluasi investasi menjadi penting karena pengembangannya memerlukan investasi berskala besar, berjangka panjang, serta menghadapi berbagai tantangan struktural dan finansial (2).

Ketergantungan Indonesia terhadap energi fosil (*non-renewable energy*) telah menimbulkan berbagai tantangan, baik dari sisi keamanan pasokan maupun dampak lingkungan. Sektor energi nasional masih didominasi oleh bahan bakar fosil, dengan batu bara sebagai sumber utama pembangkit listrik serta minyak dan gas bumi sebagai penyumbang terbesar energi primer (3). Kondisi tersebut tercermin dari komposisi bauran energi nasional tahun 2023 yang masih didominasi oleh batu bara sebesar 40,46%, minyak bumi sebesar 30,18%, dan gas bumi sebesar 16,28%.

Porsi Energi Baru Terbarukan (EBT) baru mencapai 13,09%, masih berada di bawah target pemerintah sebesar 17,87% pada tahun yang sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energi bersih di Indonesia masih tertinggal dari target bauran EBT sebesar 23% pada tahun 2025 sebagaimana ditetapkan dalam Kebijakan Energi Nasional (Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014) (4)

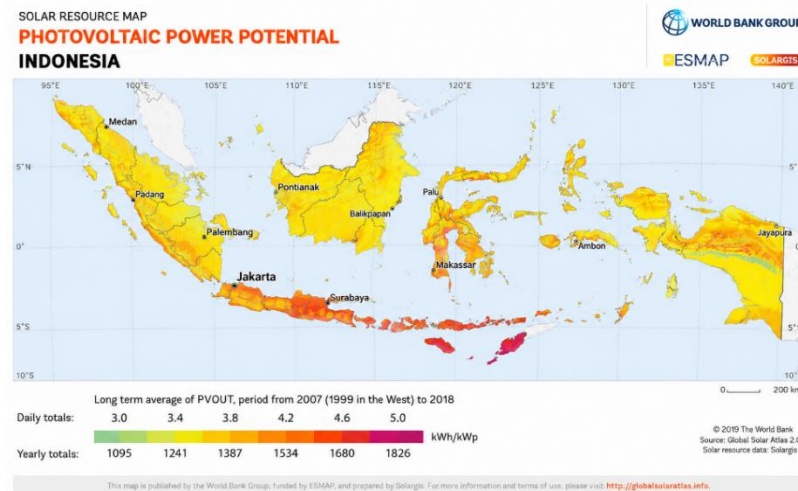


Gambar 1. 1Konsumsi Listrik Nasional Indonesia Tahun 2020-2024

Sumber: Statistik PLN (2020–2024), diolah penulis, 2026

Kebutuhan listrik nasional juga terus meningkat dari tahun ke tahun. Konsumsi listrik Indonesia naik dari 243.582,75 GWh pada 2020 menjadi 306.219,42 GWh pada 2024, atau meningkat sekitar 25,71% dalam empat tahun. Pertumbuhan ini menunjukkan peningkatan kebutuhan energi akibat ekspansi aktivitas rumah tangga, industri, dan sektor layanan. Peningkatan kebutuhan listrik tersebut masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil, terutama batu bara. Ketergantungan ini menyebabkan intensitas karbon sistem ketenagalistrikan tetap tinggi, sehingga memperlambat pencapaian target bauran energi bersih nasional.

Pemerintah telah menetapkan berbagai kebijakan transisi energi, seperti Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 yang memprioritaskan percepatan pengembangan energi terbarukan dan pembatasan pembangunan PLTU baru. Komitmen tersebut semakin diperkuat melalui percepatan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) nasional dengan target kapasitas mencapai 100 GW yang dibahas dalam rapat yang dipimpin Presiden Prabowo Subianto di Istana Merdeka pada 5 Maret 2026. Hal tersebut menunjukkan bahwa PLTS menjadi salah satu prioritas utama dalam mendukung transisi menuju sistem energi rendah karbon.



Gambar 1. 2 Potensi Tenaga Fotovoltaik di Indonesia

Sumber: SolarGIS.com, 2024.

Potensi tenaga surya di Indonesia sangat besar. *Global Solar Atlas* (versi 2.0) menunjukkan menunjukkan bahwa negara-negara di kawasan ASEAN menerima radiasi matahari tahunan pada kisaran 1.460–1.892 kWh/m². Kondisi geografis Indonesia yang berada di wilayah khatulistiwa menyebabkan sebagian besar daerahnya menerima paparan radiasi matahari yang tinggi dan relatif merata sepanjang tahun. Berdasarkan peta potensi tenaga fotovoltaik dari World Bank Group, nilai rata-rata harian keluaran fotovoltaik (PVOUT) di Indonesia berkisar antara 3,0 hingga 4,6 kWh/kWp per hari. Wilayah dengan intensitas radiasi tertinggi umumnya terletak di kawasan Indonesia bagian timur serta sebagian wilayah Pulau Jawa, termasuk Jawa Timur.

Sejalan dengan besarnya potensi tersebut, RUPTL 2025–2034 menetapkan arah pengembangan energi terbarukan yang lebih agresif dengan PLTS sebagai salah satu prioritas utama dalam mendukung peningkatan bauran energi bersih nasional serta transisi menuju sistem energi rendah emisi (5). Jawa Timur memiliki potensi energi baru dan terbarukan yang besar, dengan total potensi sekitar 25.000 megawatt, di mana energi surya menyumbang potensi sebesar 10.335 megawatt. Pemerintah Provinsi Jawa Timur mendukung pemanfaatan energi tersebut melalui penyusunan dan implementasi Rencana Umum Energi Daerah (RUED) sebagai bagian dari komitmen transisi energi (6). Selain itu, *Institute for Essential Services Reform* (IESR) menyebutkan bahwa Jawa Timur

merupakan provinsi dengan potensi pengguna PLTS atap terbesar di Indonesia, mencapai 117,2 GWp (7).

Target suatu negara untuk menurunkan emisi karbon memberikan peran penting bagi institusi pendidikan tinggi. Perguruan tinggi dapat membentuk dan memengaruhi masyarakat masa depan melalui kepemimpinan di bidang energi, riset, dan pendidikan. Lingkungan kampus umumnya memiliki ketersediaan area atap yang luas dengan hambatan radiasi matahari yang relatif rendah, sehingga berpotensi mendukung penerapan pembangkit listrik tenaga surya. Implementasi sistem tersebut berkontribusi terhadap peningkatan keberlanjutan institusi pendidikan sekaligus mendukung edukasi mahasiswa terkait transisi energi (8).

Potensi dan dukungan kebijakan tersebut membuka peluang bagi berbagai institusi, termasuk perguruan tinggi, untuk berperan aktif dalam pemanfaatan energi surya. ITN Malang merupakan perguruan tinggi yang bergerak di bidang pendidikan teknologi dan rekayasa, serta memiliki komitmen dalam pengembangan riset terapan dan inovasi teknologi. Komitmen tersebut tercermin melalui penerapan teknologi yang mendukung prinsip keberlanjutan, salah satunya melalui pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi alternatif di lingkungan kampus (9).

PLTS ITN Malang merupakan salah satu bentuk implementasi pemanfaatan EBT di sektor pendidikan tinggi. Proyek ini dibangun di Kampus II ITN Malang sebagai sistem PLTS *on-grid* dengan kapasitas terpasang 501,3 kWp atau sekitar 0,5 MWp. PLTS tersebut dimanfaatkan untuk mendukung kebutuhan listrik kampus pada siang hari serta mengurangi ketergantungan terhadap listrik dari jaringan PLN. Proyek ini merupakan hasil kolaborasi antara PT Surya Utama Nuansa (SUN Energy) sebagai pengembang sekaligus investor utama, ITN Malang sebagai penyedia lokasi dan pengguna energi listrik, serta PT Wijaya Karya (Persero) Tbk sebagai kontraktor pelaksana konstruksi atau *engineering, procurement, and construction* (10).

Proyek PLTS tersebut telah beroperasi sejak tahun 2022 dengan skema kerja sama jangka panjang selama 25 tahun. Berdasarkan rincian biaya proyek, investasi awal proyek ini sebesar Rp7.000.000.000. Dana tersebut digunakan

untuk pengadaan panel surya, inverter, struktur penopang, sistem kelistrikan DC dan AC, pekerjaan sipil, sistem monitoring, instalasi mekanikal-elektrikal, pengujian sistem, serta kebutuhan pendukung lain sampai PLTS siap beroperasi. Nilai investasi tersebut menunjukkan bahwa PLTS ITN Malang merupakan proyek energi terbarukan dengan kebutuhan pendanaan yang cukup besar dan jangka waktu pemanfaatan yang panjang.

Berdasarkan pemaparan Dr. Ir. Widodo Pudji Mujiyanto, M.T. selaku pengelola PLTS ITN Malang, pemantauan selama masa operasional proyek tahun 2022–2025 lebih banyak dilakukan pada aspek teknis dan operasional sistem. Penilaian proyek dari sisi kinerja finansial belum dilakukan secara khusus untuk melihat kemampuan investasi dalam menghasilkan manfaat ekonomi dan arus kas setelah proyek berjalan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya evaluasi kelayakan investasi untuk mengetahui sejauh mana proyek PLTS ITN Malang mampu memberikan manfaat ekonomi, mengembalikan investasi awal, dan tetap layak secara finansial selama masa kerja sama.

Proyek energi terbarukan memiliki peran strategis dalam mendukung transisi energi, namun pelaksanaannya sering menghadapi tantangan berupa kebutuhan investasi awal yang besar, risiko teknologi, ketidakpastian regulasi, dan periode pengembalian yang panjang (11). Evaluasi proyek investasi tidak hanya dilakukan sebelum proyek direalisasikan, tetapi juga setelah proyek berjalan melalui *post-completion review*. Evaluasi tersebut bertujuan menilai efisiensi dan efektivitas keputusan investasi dengan membandingkan rencana dan realisasi, baik dari sisi biaya, penggunaan sumber daya, hasil, maupun manfaat proyek (12). Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi proyek PLTS ITN Malang dari sisi kinerja investasi. Penilaian mencakup kinerja aktual proyek, kelayakan investasi selama masa kerja sama, serta sensitivitas dan risiko terhadap perubahan variabel utama yang dapat memengaruhi hasil kelayakan investasi.

Penilaian kelayakan investasi proyek dapat dilakukan melalui metode *capital budgeting*, yaitu pendekatan keuangan yang digunakan untuk menilai kemampuan proyek dalam menghasilkan manfaat ekonomi selama masa operasionalnya. Indikator yang umum digunakan meliputi *Net Present Value*

(NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Profitability Index* (PI), *Payback Period* (PBP), dan *Discounted Payback Period* (DPBP) (13).

Kelayakan investasi PLTS dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang dapat berubah sepanjang waktu. Tinjauan literatur sistematis oleh Azevêdo dkk. (14) menunjukkan adanya 29 faktor yang memengaruhi aspek finansial sistem energi fotovoltaik. Faktor tersebut terbagi ke dalam lima kategori utama, yaitu lokasi, ekonomi, politik, iklim dan lingkungan, serta teknis. Faktor yang paling dominan meliputi biaya investasi atau *capital expenditure* (CAPEX), generasi daya, biaya operasi dan pemeliharaan atau *operating expenditure* (OPEX), radiasi matahari, masa pakai sistem, tarif energi, efisiensi, konsumsi listrik, tingkat bunga, dan pajak.

Ketidakpastian pada faktor-faktor tersebut membuat analisis sensitivitas penting untuk menilai dampaknya terhadap hasil kelayakan. Analisis sensitivitas digunakan untuk memprediksi pengaruh perubahan data masukan terhadap keluaran suatu model dan sering diterapkan dalam pengambilan keputusan investasi pada kondisi yang tidak pasti. Analisis ini membantu mengidentifikasi variabel kritis dan mengevaluasi pengaruhnya terhadap validitas keseluruhan proyek (15).

Analisis sensitivitas satu variabel belum cukup untuk menangani ketidakpastian yang kompleks ketika banyak parameter berubah secara bersamaan. Simulasi Monte Carlo (*Monte Carlo Simulation*/MCS) mampu memodelkan risiko dan ketidakpastian secara lebih komprehensif. MCS melakukan iterasi simulasi dengan menghasilkan nilai acak bagi setiap variabel berdasarkan distribusi probabilitasnya, sehingga menghasilkan distribusi keluaran yang merepresentasikan berbagai kemungkinan hasil akhir sistem (16).

Penelitian terdahulu mengenai investasi PLTS umumnya berfokus pada analisis kelayakan proyek PLTS pada berbagai objek, seperti PLTS atap apartemen, perusahaan, rumah sakit, industri, PLTS terapung, dan PLTS skala utilitas (17–21). Beberapa penelitian menggunakan indikator kelayakan seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Profitability Index* (PI), *Payback Period* (PBP), *Discounted Payback Period* (DPBP), *Cost of Energy*

(COE), serta pendekatan *discounted cash flow* untuk menilai kelayakan investasi (17,19,21). Penelitian lain telah mempertimbangkan ketidakpastian melalui analisis sensitivitas dan simulasi Monte Carlo, terutama pada proyek PLTS industri, PLTS terapung, dan proyek energi alternatif (18,22,23). Temuan tersebut menunjukkan bahwa metode evaluasi finansial telah banyak digunakan dalam menilai kelayakan investasi PLTS pada berbagai skala dan sektor.

Penelitian yang secara khusus mengevaluasi proyek PLTS di lingkungan kampus setelah proyek memasuki tahap operasional masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih menitikberatkan pada studi kelayakan sebelum proyek direalisasikan, perencanaan sistem, atau analisis finansial pada sektor industri dan komersial.

Kajian yang menggabungkan kinerja aktual proyek, proyeksi arus kas jangka panjang, analisis sensitivitas, dan simulasi Monte Carlo pada PLTS kampus yang telah beroperasi juga belum banyak ditemukan. Celah tersebut menjadi dasar dilakukannya penelitian berjudul “Evaluasi Kelayakan Investasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Institut Teknologi Nasional Malang” untuk mengevaluasi proyek PLTS ITN Malang dari sisi kinerja investasi setelah proyek berjalan, menggunakan data aktual periode awal operasional dan proyeksi arus kas selama masa kerja sama.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja aktual proyek PLTS di ITN Malang selama periode 2022–2025 berdasarkan produksi energi, manfaat ekonomi listrik, dan arus kas bersih proyek?
2. Bagaimana kelayakan investasi proyek PLTS ITN Malang secara finansial selama periode 2022–2046 berdasarkan metode *capital budgeting*?
3. Bagaimana sensitivitas dan risiko kelayakan investasi proyek PLTS ITN Malang terhadap perubahan variabel utama dengan NPV sebagai indikator utama?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi kinerja aktual proyek PLTS di ITN Malang selama periode 2022–2025 berdasarkan produksi energi, manfaat ekonomi listrik, dan arus kas bersih proyek.
2. Menganalisis kelayakan investasi proyek PLTS di ITN Malang secara finansial selama periode 2022–2046 berdasarkan metode *capital budgeting* yang meliputi *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Profitability Index* (PI), *Payback Period* (PBP), *Discounted Payback Period* (DPBP).
3. Menganalisis sensitivitas dan risiko kelayakan investasi proyek PLTS di ITN Malang terhadap perubahan variabel utama dengan NPV sebagai indikator utama melalui analisis sensitivitas satu arah dan simulasi Monte Carlo.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu manajemen keuangan, khususnya pada penerapan evaluasi investasi proyek energi terbarukan. Penelitian ini menggabungkan penilaian kinerja aktual proyek, metode *capital budgeting*, analisis sensitivitas, dan simulasi Monte Carlo untuk menilai kelayakan serta risiko investasi proyek PLTS. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas evaluasi investasi proyek energi terbarukan dengan menggunakan data aktual dan proyeksi arus kas jangka panjang

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi ITN Malang, pengelola proyek PLTS, serta calon investor dalam menilai kinerja dan kelayakan investasi proyek energi terbarukan. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk:

- a. Mengetahui kinerja aktual proyek PLTS selama periode awal operasional.
- b. Menilai kelayakan investasi proyek PLTS sampai akhir umur kerja sama berdasarkan arus kas aktual dan proyeksi.
- c. Mengidentifikasi variabel utama yang paling memengaruhi kelayakan investasi proyek PLTS.
- d. Menjadi bahan pertimbangan dalam pengelolaan biaya, pemanfaatan energi, dan mitigasi risiko investasi pada proyek PLTS.
- e. Menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan proyek energi terbarukan di lingkungan kampus pada masa mendatang.

