

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori (Teori Pendukung)

1. Teori Maksimisasi Nilai (*Value Maximization Theory*)

Teori maksimisasi nilai (*value maximization theory*) merupakan teori dalam keuangan perusahaan yang dikemukakan oleh Jensen (24) melalui artikelnya yang berjudul *Value Maximization, Stakeholder Theory, and the Corporate Objective Function*. Teori ini menekankan pentingnya tujuan utama dalam pengambilan keputusan organisasi, yaitu penciptaan nilai jangka panjang. Jensen (24) menjelaskan bahwa organisasi perlu memiliki tujuan yang jelas serta ukuran penilaian yang dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu keputusan menghasilkan kondisi yang lebih baik atau lebih buruk bagi organisasi.

Teori maksimisasi nilai digunakan untuk menjelaskan bahwa setiap keputusan organisasi perlu diarahkan pada penciptaan nilai ekonomi jangka panjang. Dalam teori ini, manajer membutuhkan satu kriteria utama untuk mengevaluasi kinerja dan memilih keputusan terbaik di antara berbagai alternatif, yaitu maksimisasi nilai pasar jangka panjang (24).

Pichet (25) menjelaskan bahwa pendekatan *enlightened shareholder theory* berangkat dari pemikiran Jensen, yaitu perusahaan tetap perlu memperhatikan kepentingan *stakeholder*, tetapi tujuan utama pengambilan keputusan tetap diarahkan pada penciptaan nilai jangka panjang perusahaan. Dengan demikian, teori ini tidak mengabaikan pemangku kepentingan, tetapi menempatkan penciptaan nilai jangka panjang sebagai dasar penilaian utama.

Dalam penelitian ini, teori maksimisasi nilai digunakan karena proyek PLTS ITN Malang merupakan investasi jangka panjang yang membutuhkan dana besar, memiliki masa kerja sama 25 tahun, dan melibatkan berbagai pihak. Proyek ini tidak cukup dinilai dari keberhasilan teknis dalam menghasilkan energi listrik, tetapi juga perlu dinilai dari kemampuannya

menciptakan nilai ekonomi selama masa operasional. Teori maksimisasi nilai menjadi dasar bahwa evaluasi proyek PLTS ITN Malang diarahkan untuk menilai kemampuan investasi dalam menciptakan nilai jangka panjang selama masa kerja sama.

2. Teori Nilai Waktu Uang (*Time Value of Money*)

Teori nilai waktu uang (*time value of money*) merupakan teori dalam manajemen keuangan yang menjelaskan bahwa nilai uang pada saat ini berbeda dengan nilai uang pada masa mendatang. Dasar pemikiran teori ini dapat dikaitkan dengan Fisher (26) melalui bukunya yang berjudul *The Theory of Interest, as Determined by Impatience to Spend Income and Opportunity to Invest It*. Fisher (26) menjelaskan bahwa keputusan ekonomi berkaitan dengan pilihan antara menggunakan pendapatan saat ini atau menundanya untuk memperoleh manfaat pada masa depan. Pilihan tersebut dipengaruhi oleh keinginan untuk menggunakan pendapatan sekarang dan peluang untuk menginvestasikan pendapatan tersebut.

Konsep waktu menjadi dasar penting dalam menilai pendapatan dan investasi. Fisher (26) menjelaskan bahwa nilai modal pada dasarnya berasal dari pendapatan masa depan yang didiskontokan ke nilai saat ini. Artinya, suatu aset atau proyek memiliki nilai karena mampu menghasilkan manfaat atau pendapatan pada masa mendatang. Arus kas masa depan perlu dihitung ke nilai sekarang agar dapat dibandingkan dengan pengeluaran atau investasi awal secara lebih tepat.

Dalam manajemen keuangan modern, teori nilai waktu uang digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan investasi. Brigham dan Houston (27) menjelaskan bahwa uang yang tersedia saat ini lebih bernilai dibandingkan uang dengan jumlah yang sama pada masa depan, karena uang saat ini dapat diinvestasikan dan menghasilkan bunga atau tingkat pengembalian. Konsep ini menjadi dasar dalam perhitungan nilai sekarang (*present value*) dan nilai masa depan (*future value*), serta digunakan untuk menganalisis waktu penerimaan dan pengeluaran arus kas dalam keputusan keuangan.

Dalam penelitian ini, teori nilai waktu uang relevan karena proyek PLTS ITN Malang merupakan investasi jangka panjang. Proyek ini menghasilkan manfaat ekonomi dan arus kas secara bertahap selama masa operasional, sehingga penilaiannya tidak cukup hanya melihat jumlah arus kas nominal. Arus kas aktual periode 2022–2025 dan proyeksi arus kas periode 2026–2046 perlu dinilai berdasarkan nilai sekarang untuk mengetahui kelayakan investasi proyek. Teori ini menjadi dasar dalam penggunaan metode *capital budgeting*.

3. *Capital Budgeting* (Penganggaran Modal)

Capital budgeting atau penganggaran modal merupakan proses penilaian proyek investasi jangka panjang untuk menentukan apakah suatu proyek layak dilaksanakan atau tidak. Brigham dan Daves (28) menjelaskan bahwa *capital budgeting* digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek potensial dan termasuk keputusan strategis yang perlu diperhatikan oleh manajer. Van Horne dan Wachowicz (29) juga menjelaskan bahwa *capital budgeting* mencakup proses mengidentifikasi, menganalisis, dan menilai proyek investasi yang memiliki umur manfaat lebih dari satu tahun.

Dalam praktiknya, keputusan *capital budgeting* didasarkan pada penilaian arus kas yang dihasilkan proyek. Ross, Westerfield, dan Jordan (30) menjelaskan bahwa keputusan investasi jangka panjang perlu memperhatikan besarnya arus kas (*size*), waktu penerimaan arus kas (*timing*), dan risiko arus kas (*risk*). Dengan demikian, *capital budgeting* tidak hanya melihat besarnya investasi awal, tetapi juga menilai kemampuan proyek dalam menghasilkan manfaat ekonomi pada masa mendatang.

Gitman dan Zutter (31) menjelaskan bahwa proses penganggaran modal umumnya meliputi pengajuan usulan, peninjauan dan analisis, pengambilan keputusan, pelaksanaan, serta tindak lanjut terhadap hasil proyek. Tahap tindak lanjut penting dilakukan untuk membandingkan biaya dan manfaat aktual dengan estimasi awal, sehingga perusahaan dapat mengetahui apakah proyek berjalan sesuai dengan tujuan investasi.

Dalam penelitian ini, *capital budgeting* digunakan untuk mengevaluasi proyek PLTS ITN Malang berdasarkan arus kas aktual periode 2022–2025 dan proyeksi arus kas selama masa kerja sama. Penilaian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan proyek dalam menghasilkan manfaat ekonomi, arus kas bersih, dan pengembalian investasi selama umur proyek.

4. Arus Kas dalam Capital Budgeting

Arus kas merupakan aliran kas masuk dan kas keluar yang digunakan sebagai dasar dalam penilaian investasi. Dalam *capital budgeting*, arus kas menjadi unsur penting karena keputusan investasi tidak hanya dinilai dari laba akuntansi, tetapi dari kas yang benar-benar diterima dan dikeluarkan. Van Horne dan Wachowicz (29) menjelaskan bahwa manfaat suatu proyek sebaiknya dinyatakan dalam bentuk arus kas, bukan laba, karena kas dapat digunakan kembali untuk kegiatan perusahaan atau dibagikan kepada pemegang saham.

Arus kas yang digunakan dalam *capital budgeting* adalah arus kas relevan (*relevant cash flow*). Ross, Westerfield, dan Jordan (30) menjelaskan bahwa arus kas relevan merupakan arus kas masa depan yang berubah sebagai akibat langsung dari keputusan investasi. Arus kas yang diperhitungkan dalam penilaian proyek adalah arus kas yang muncul apabila proyek dijalankan. Arus kas relevan ini sering disebut sebagai arus kas inkremental (*incremental cash flow*), yaitu tambahan atau perubahan arus kas yang diperoleh perusahaan apabila proyek dilaksanakan dibandingkan dengan apabila proyek tidak dilaksanakan.

Secara sederhana, arus kas bersih dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Arus Kas Bersih} = \text{Arus Kas Masuk} - \text{Arus Kas Keluar}$$

Arus kas bersih menunjukkan selisih antara kas yang diterima dan kas yang dikeluarkan dalam suatu proyek. Penyusunan arus kas perlu dilakukan

secara realistis agar hasil penilaian investasi dapat menggambarkan kemampuan proyek dalam menghasilkan kas selama umur investasinya.

Arus kas proyek dalam analisis investasi umumnya mencakup arus kas operasi, pengeluaran modal, dan perubahan modal kerja bersih. Arus kas operasi menunjukkan kas yang dihasilkan dari kegiatan utama proyek. Pengeluaran modal menunjukkan kas yang digunakan untuk memperoleh atau menambah aset tetap. Perubahan modal kerja bersih menunjukkan perubahan dana yang dibutuhkan untuk mendukung kegiatan operasional. Oleh karena itu, arus kas dalam *capital budgeting* digunakan untuk menilai kemampuan suatu proyek dalam menghasilkan kas selama umur investasinya (30).

5. Metode Analisis Kelayakan Finansial

Analisis kelayakan finansial dilakukan untuk menilai kemampuan proyek PLTS dalam memberikan manfaat ekonomi selama umur investasi. Analisis ini menggunakan metode *capital budgeting* dengan mempertimbangkan investasi awal, arus kas, nilai waktu uang, serta periode pengembalian investasi.

a. Net Present Value (NPV)

NPV atau nilai sekarang bersih merupakan metode penilaian investasi yang menghitung selisih antara nilai sekarang dari arus kas masa depan dengan investasi awal. Brigham dan Daves (28) menjelaskan bahwa NPV diperoleh dengan mendiskontokan arus kas masa depan menggunakan tingkat diskonto yang sesuai dengan risiko proyek, kemudian dikurangi dengan biaya investasi awal. Metode ini termasuk dalam pendekatan *discounted cash flow* karena memperhitungkan nilai waktu uang dalam penilaian investasi.

Secara matematis, NPV dapat dihitung dengan persamaan:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - CF_0$$

Keterangan:

CF_t = arus kas bersih pada periode ke-t,

r = biaya modal proyek yang disesuaikan dengan risiko

CF_0 = arus kas negatif yang mencerminkan investasi awal.

n = umur proyek

Metode NPV memiliki keunggulan karena secara langsung menunjukkan besarnya nilai tambah yang dihasilkan proyek. Proyek dengan NPV positif berarti proyek tersebut diharapkan menambah nilai bagi perusahaan dan layak diterima, sedangkan proyek dengan NPV negatif sebaiknya ditolak karena berpotensi merugikan.

Dalam praktiknya, penerapan NPV juga memperhatikan hubungan antar proyek:

- 1) Proyek independen: Arus kas masing-masing proyek tidak saling memengaruhi. Semua proyek dengan NPV positif sebaiknya diterima karena menambah nilai perusahaan.
- 2) Proyek saling menyingkirkan (*mutually exclusive*): Proyek hanya dapat dipilih salah satu. Dalam hal ini, proyek dengan NPV tertinggi yang positif sebaiknya dipilih untuk memberikan nilai tambah terbesar (28).

b. *Internal Rate of Return (IRR)*

IRR merupakan tingkat diskonto yang membuat nilai NPV sama dengan nol. Gitman dan Zutter (31) menjelaskan bahwa IRR menunjukkan tingkat pengembalian yang dihasilkan dari suatu peluang investasi. Dengan demikian, IRR digunakan untuk mengetahui tingkat pengembalian proyek dan membandingkannya dengan tingkat pengembalian minimum yang disyaratkan.

Secara matematis, IRR merupakan nilai r yang memenuhi persamaan berikut:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} - CF_0$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = CF_0$$

Pada perhitungan manual, nilai IRR tidak dapat ditentukan secara langsung dari persamaan tersebut, sehingga digunakan pendekatan trial and error atau interpolasi antara dua tingkat diskonto yang menghasilkan nilai NPV positif dan negatif. Pendekatan ini digunakan untuk menentukan estimasi nilai IRR yang mendekati kondisi NPV sama dengan nol (32).

Secara matematis, pendekatan interpolasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$IRR = r_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (r_2 - r_1)$$

Keterangan:

r_1 = tingkat diskonto yang menghasilkan NPV positif

r_2 = tingkat diskonto yang menghasilkan NPV negatif

NPV_1 = nilai NPV pada r_1

NPV_2 = nilai NPV pada r_2

Pada pengambilan keputusan investasi, IRR dibandingkan dengan *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR). Blank dan Tarquin (33) menjelaskan bahwa MARR merupakan tingkat pengembalian minimum yang digunakan sebagai dasar evaluasi dan pemilihan alternatif investasi. Suatu proyek dinyatakan layak secara ekonomi apabila tingkat pengembalian yang dihasilkan mencapai atau melebihi MARR. MARR juga dikenal sebagai *hurdle rate*, *cutoff rate*, *benchmark rate*, atau *minimum acceptable rate of return*. Kriteria keputusan IRR adalah sebagai berikut:

- 1) Jika $IRR > MARR$, maka proyek diterima.
- 2) Jika $IRR < MARR$, maka proyek ditolak.

Metode IRR memiliki kelebihan karena menunjukkan tingkat pengembalian investasi dalam bentuk persentase, sehingga mudah

dipahami dan dibandingkan dengan tingkat pengembalian yang disyaratkan. Selain itu, IRR umumnya memberikan keputusan yang sejalan dengan NPV pada proyek dengan arus kas konvensional. Keterbatasan metode ini muncul apabila diterapkan pada arus kas tidak konvensional atau proyek yang saling eksklusif, karena dapat menghasilkan keputusan yang kurang tepat (30).

c. *Profitability Index (PI)*

PI merupakan metode analisis kelayakan investasi yang digunakan untuk membandingkan nilai sekarang (*present value*) dari arus kas masa depan dengan investasi awal. Menurut Brigham dan Daves (28), PI menunjukkan rasio antara manfaat yang diperoleh dari proyek dan biaya investasi yang dikeluarkan. Suatu proyek dinilai layak apabila nilai PI lebih besar dari 1, karena nilai sekarang arus kas masa depan melebihi investasi awal.

Secara matematis, PI dapat dihitung dengan persamaan:

$$PI = \frac{PV \text{ arus kas masa depan}}{\text{Biaya investasi awal}} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{CF_0}$$

Metode PI memiliki keunggulan karena berkaitan erat dengan NPV dan dapat menghasilkan keputusan investasi yang konsisten. PI juga mudah dipahami karena menunjukkan perbandingan antara nilai kini manfaat dan biaya investasi. Selain itu, PI berguna ketika dana investasi terbatas, karena dapat membantu memprioritaskan proyek berdasarkan efisiensi penggunaan dana. Keterbatasan metode ini muncul ketika digunakan untuk membandingkan proyek yang saling eksklusif, karena proyek dengan PI tertinggi belum tentu menghasilkan nilai tambah terbesar secara nominal (30).

d. *Payback Period (PBP)*

Ross, Westerfield, dan Jordan (30), PBP merupakan metode penilaian investasi yang menghitung jangka waktu pengembalian investasi awal melalui arus kas masuk proyek. Perhitungan dilakukan

dengan mengakumulasi arus kas tahunan sampai investasi awal tertutup, kemudian menghitung bagian tahun yang diperlukan apabila masih terdapat sisa investasi yang belum kembali.

Secara matematis, PBP dapat dihitung dengan persamaan:

$$PBP = \text{Tahun sebelum arus kas terkumpul penuh} + \frac{\text{Sisa investasi yang belum kembali}}{\text{Arus kas tahun berikutnya}}$$

PBP sering digunakan dalam analisis investasi karena perhitungannya sederhana dan mudah dipahami. Metode ini menekankan pada kecepatan pengembalian dana investasi, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai likuiditas proyek. PBP juga membantu menunjukkan seberapa cepat investasi awal dapat tertutup melalui arus kas yang dihasilkan proyek. Keterbatasan metode ini terletak pada tidak diperhitungkannya nilai waktu uang, perlunya penetapan batas waktu pengembalian yang bersifat subjektif, serta diabaikannya arus kas setelah periode payback. Oleh karena itu, PBP kurang memadai apabila digunakan sebagai satu-satunya dasar dalam menilai proyek jangka panjang (30).

e. *Discounted Payback Period (DPBP)*

Ross, Westerfield, dan Jordan (30), DPBP merupakan pengembangan dari metode *payback period* yang mengoreksi kelemahannya dalam mengabaikan nilai waktu uang. Metode ini menghitung lamanya waktu yang dibutuhkan hingga total arus kas yang telah didiskontokan mencapai kembali investasi awal. Proyek dinilai layak apabila nilai DPBP lebih pendek daripada batas waktu pemulihan yang ditetapkan perusahaan.

Perhitungan DPBP dilakukan dengan mendiskontokan setiap arus kas menggunakan tingkat pengembalian yang disyaratkan, kemudian menjumlahkannya secara kumulatif hingga menutup nilai investasi awal. Pendekatan ini memberikan gambaran waktu pengembalian yang lebih

realistis dibandingkan PBP, karena arus kas masa depan telah disesuaikan ke nilai sekarang.

Secara matematis, DPBP dapat dihitung dengan persamaan:

$$DPBP = \text{Tahun sebelum pelunasan penuh} + \frac{\text{Biaya belum kembali pada awal tahun}}{PV \text{ arus kas tahun tersebut}}$$

DPBP memiliki keunggulan karena telah mempertimbangkan nilai waktu uang dalam penilaian periode pengembalian investasi. Metode ini juga tetap mudah dipahami dan dapat digunakan untuk melihat tingkat likuiditas proyek berdasarkan waktu pengembalian dana investasi. Keterbatasan metode ini terletak pada penentuan batas waktu pengembalian yang bersifat subjektif dan pengabaian arus kas setelah periode payback. Oleh karena itu, DPBP lebih tepat digunakan sebagai pelengkap metode kelayakan investasi lainnya, seperti NPV, IRR, dan PI (30).

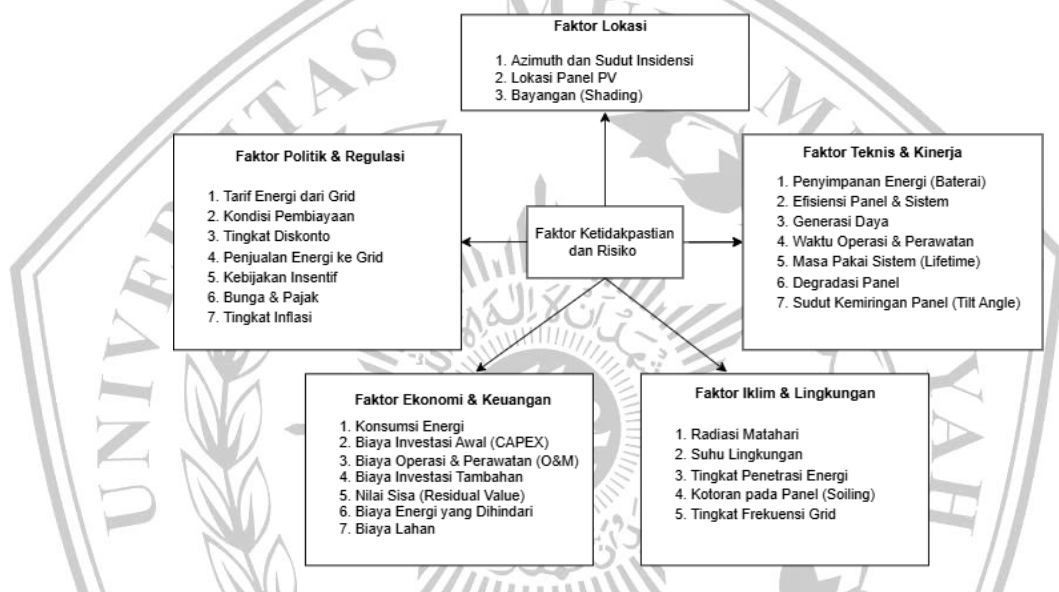
6. Analisis Ketidakpastian dan Risiko Proyek

Ketidakpastian dan risiko dapat memengaruhi hasil perhitungan kelayakan proyek. Pemahaman terhadap sumber ketidakpastian diperlukan untuk mengidentifikasi variabel yang paling sensitif terhadap perubahan, sehingga teknik analisis risiko dapat diterapkan secara tepat dalam penelitian.

a. Konsep Ketidakpastian dan Risiko Proyek

Teori ketidakpastian (*uncertainty theory*) yang dikembangkan oleh Frank Knight (34) dalam *Risk, Uncertainty and Profit* menjelaskan bahwa risiko merupakan “ketidakpastian yang dapat diukur,” sedangkan ketidakpastian adalah keadaan yang “tidak dapat diprediksi dengan probabilitas yang terukur.” Knight (34) menegaskan bahwa masa depan “tidak pernah sepenuhnya diketahui,” sehingga banyak keputusan ekonomi terjadi dalam kondisi di mana probabilitas hasil tidak dapat dihitung secara pasti.

Pada investasi PLTS, karakterisasi ketidakpastian dan risiko mengacu pada klasifikasi 29 faktor penentu yang diidentifikasi oleh Azevêdo dkk. (14). Faktor-faktor tersebut dikelompokkan ke dalam lima kategori utama, yaitu lokasi, politik dan regulasi, aspek teknis dan kinerja, kondisi iklim dan lingkungan, serta ekonomi dan keuangan. Beberapa faktor yang dominan dalam investasi PLTS meliputi biaya investasi awal atau CAPEX, produksi energi, biaya operasi dan pemeliharaan atau OPEX, radiasi matahari, umur sistem, tarif energi, efisiensi, konsumsi listrik, tingkat bunga, dan pajak.



Gambar 2. 1Faktor & Risiko Ketidakpastian Investasi

Sumber: Azevêdo dkk. (2020), diolah penulis, 2026

b. Teknik Analisis Ketidakpastian dan Risiko Proyek

Analisis kelayakan finansial yang menggunakan asumsi tetap belum mampu menggambarkan ketidakpastian dalam proyek. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan analisis risiko untuk menilai dampak perubahan asumsi terhadap hasil investasi melalui analisis sensitivitas dan simulasi Monte Carlo.

1) Analisis Sensitivitas Satu Arah (*One-Way Sensitivity Analysis*)

Analisis sensitivitas merupakan metode yang digunakan untuk menilai bagaimana perubahan pada variabel input memengaruhi

keluaran suatu model. Saltelli dkk. (35) mendefinisikan analisis sensitivitas sebagai studi mengenai bagaimana ketidakpastian dalam keluaran model dapat diatribusikan kepada berbagai sumber ketidakpastian pada variabel masukan. Analisis ini juga digunakan untuk menilai ketahanan suatu hasil dengan melihat sejauh mana perubahan asumsi, metode, model, atau nilai variabel dapat memengaruhi hasil penilaian (36)

Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah *One-Way Sensitivity Analysis*, yaitu analisis sensitivitas dengan mengubah satu variabel input pada satu waktu, sementara variabel lainnya dipertahankan tetap pada nilai dasarnya atau *ceteris paribus*. Pendekatan ini memungkinkan peneliti mengetahui pengaruh masing-masing variabel terhadap output model secara terpisah, tanpa mempertimbangkan interaksi antarvariabel (37).

Secara matematis, hubungan antara variabel input dan output dalam suatu model dapat dinyatakan sebagai fungsi $Y = f(X)$. Perubahan pada variabel input akan menghasilkan perubahan pada output, sehingga sensitivitas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta Y = f(X + \Delta X) - f(X)$$

Rumus tersebut menunjukkan bahwa perubahan pada variabel input (ΔX) akan menghasilkan perubahan pada output (ΔY). Dengan demikian, analisis sensitivitas dapat digunakan untuk mengidentifikasi variabel yang paling berpengaruh terhadap hasil model.

Pada investasi fotovoltaik, Cheng (22) menerapkan analisis sensitivitas dengan menguji beberapa variabel utama, seperti tingkat diskonto, harga listrik, biaya operasi, dan insentif kebijakan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa NPV proyek paling sensitif terhadap perubahan tingkat diskonto dan harga listrik, sedangkan biaya operasi serta insentif memberikan pengaruh yang lebih moderat. Temuan tersebut menunjukkan bahwa analisis sensitivitas dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber ketidakpastian utama dan menilai ketahanan finansial proyek terhadap perubahan asumsi.

2) Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo merupakan metode numerik yang digunakan untuk menganalisis ketidakpastian dengan memanfaatkan bilangan acak dalam menghasilkan berbagai kemungkinan hasil dari suatu model. Metode ini bekerja dengan mensimulasikan variabel input yang tidak pasti ke dalam distribusi probabilitas tertentu, sehingga menghasilkan distribusi probabilitas dari variabel output (38).

Secara konseptual, metode Monte Carlo digunakan untuk mengestimasi nilai harapan (*expected value*) dari suatu variabel keluaran melalui proses simulasi berulang. Estimasi tersebut diperoleh dari rata-rata hasil simulasi yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\hat{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

Keterangan:

$\hat{Y}$ = estimasi nilai keluaran
 Y_i = hasil simulasi ke- i
 n = jumlah iterasi simulasi

Semakin besar jumlah iterasi yang dilakukan, maka hasil estimasi akan semakin mendekati nilai sebenarnya sesuai dengan prinsip hukum bilangan besar (39).

Pada analisis keuangan, simulasi Monte Carlo digunakan untuk mengevaluasi risiko investasi dengan mempertimbangkan variasi nilai pada variabel-variabel utama, seperti biaya investasi, biaya operasional, tingkat diskonto, serta variabel lain yang bersifat tidak pasti. Melalui proses simulasi berulang, metode ini tidak hanya menghasilkan estimasi nilai tunggal, tetapi juga memberikan gambaran sebaran kemungkinan hasil serta probabilitas terjadinya suatu kondisi tertentu.

Pemilihan distribusi probabilitas menjadi aspek penting dalam simulasi Monte Carlo. Salah satu distribusi yang sering digunakan adalah distribusi triangular, yaitu distribusi probabilitas kontinu yang

ditentukan oleh tiga parameter, yaitu nilai minimum, nilai paling mungkin (*most likely*), dan nilai maksimum. Distribusi ini banyak digunakan dalam analisis risiko karena mampu merepresentasikan ketidakpastian berdasarkan estimasi sederhana, terutama ketika data historis terbatas (40).

Hasil simulasi Monte Carlo umumnya disajikan dalam bentuk distribusi probabilitas output serta indikator statistik, seperti nilai rata-rata, nilai minimum dan maksimum, serta probabilitas suatu kondisi tertentu, misalnya probabilitas nilai NPV lebih besar atau lebih kecil dari nol. Dengan demikian, metode ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif dalam menilai risiko dan ketidakpastian suatu proyek investasi.

Czipf (19) menerapkan simulasi Monte Carlo pada proyek energi terbarukan dengan memasukkan random shock pada beberapa variabel utama, seperti harga listrik, harga panas substitusi, harga woodchip, biaya investasi, dan biaya modal rata-rata tertimbang atau WACC. Simulasi dilakukan sebanyak 1.000 iterasi untuk menghasilkan distribusi probabilitas NPV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa probabilitas NPV bernilai negatif melebihi 55% pada seluruh skenario, sehingga mengindikasikan adanya risiko finansial yang relatif tinggi pada proyek yang dianalisis.

7. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS merupakan sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi radiasi matahari melalui teknologi fotovoltaik untuk menghasilkan energi listrik. Proses ini terjadi ketika modul surya menangkap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi arus listrik searah (DC), yang kemudian dikonversi menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter agar dapat digunakan pada sistem kelistrikan (41). Secara prinsip, sel surya bekerja berdasarkan efek fotovoltaik, yaitu proses ketika foton dari cahaya matahari mengenai material semikonduktor dan menyebabkan pelepasan elektron sehingga menghasilkan arus listrik (41).

Produksi energi pada sistem PLTS dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, meliputi faktor lingkungan, desain dan instalasi, serta operasional. Faktor lingkungan mencakup radiasi matahari, suhu, dan keberadaan polutan seperti debu yang dapat memengaruhi kinerja sistem. Faktor desain dan instalasi mencakup orientasi panel, sudut kemiringan, dan konfigurasi sistem listrik. Faktor operasional mencakup degradasi material dan pemeliharaan sistem yang berpengaruh terhadap kinerja PLTS dalam jangka panjang (42).

Berdasarkan sistem konektivitasnya, PLTS dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

- a. PLTS *on-grid*, yaitu sistem yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN. Energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung untuk memenuhi kebutuhan beban maupun disalurkan ke jaringan listrik.
- b. PLTS *off-grid*, yaitu sistem yang tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN dan umumnya dilengkapi dengan baterai sebagai media penyimpanan energi listrik untuk menjamin ketersediaan pasokan energi.
- c. PLTS *hybrid*, yaitu sistem yang mengombinasikan PLTS dengan sumber energi lain guna meningkatkan keandalan dan efisiensi dalam penyediaan energi listrik (43).

Sistem PLTS yang digunakan di ITN Malang termasuk dalam kategori PLTS on-grid. Pada sistem ini, energi listrik yang dihasilkan diprioritaskan untuk memenuhi kebutuhan beban internal. Kelebihan produksi energi disalurkan ke jaringan PLN atau diekspor, sedangkan kekurangan energi dipenuhi melalui suplai listrik dari jaringan PLN atau impor.

Mekanisme perhitungan ekspor energi listrik pada sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan PLN mengalami perubahan regulasi. Permen ESDM No. 49 Tahun 2018 mengatur bahwa energi listrik yang diekspor dihitung sebesar 65% dari kWh ekspor yang tercatat pada meter ekspor-impor. Ketentuan tersebut kemudian berubah melalui Permen ESDM No.

26 Tahun 2021, yang meningkatkan perhitungan ekspor energi menjadi 100% dari kWh ekspor. Dalam penelitian ini, manfaat ekonomi dari ekspor energi dihitung menggunakan pendekatan 100% terhadap kWh ekspor yang tercatat, sesuai asumsi perhitungan pada periode awal operasi proyek.



B. Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti, Tahun, Tema/ Topik	Fokus dan Tujuan Penelitian Populasi, Sampel dan Unit Analisisnya, Metode Pengumpulan dan Analisis Data			Temuan penelitian
1	Khan, F. T., Alif, K. M. O., Chowdhury, A., Huda, A. S. N., & Rabbani, A. (2024). <i>Probabilistic Financial Modeling and EFAST Sensitivity Assessment of Industrial Rooftop Solar Photovoltaic Systems</i>	Fokus: Analisis kelayakan finansial PLTS atap industri berbasis probabilistik dengan analisis sensitivitas (EFAST) Tujuan: Menganalisis kelayakan finansial PLTS dengan <i>Monte Carlo Simulation</i> (MCS), mengevaluasi NPV, PBP, dan LCOE, serta mengidentifikasi variabel paling berpengaruh melalui EFAST.	Populasi: Sistem PV atap industri di Bangladesh, khususnya di sektor garmen. Sampel: Studi kasus tunggal pada sistem PV atap 3.57 MWp yang terpasang di sebuah pabrik garmen di Manikganj, Bangladesh. Unit analisis: Parameter finansial (NPV, PBP, penghematan biaya per unit) dan parameter input kunci (EPER, PL, DR, O&M, DPER).	Pengumpulan Data: Data operasional <i>real-time</i> tahun pertama, data biaya proyek, dan data sekunder dari laporan regulator. Metode Analisis Data: Monte Carlo Simulation (± 2000 iterasi), <i>Extended Fourier Amplitude Sensitivity Test</i> (EFAST), <i>Curve-fitting</i>	1. Proyek dinyatakan layak secara finansial (NPV positif, PBP $\pm 7,16$ tahun). 2. Hasil MCS menunjukkan bahwa sebagian besar skenario menghasilkan nilai NPV yang positif. 3. Variabel <i>electricity price escalation</i> (EPER) dan umur proyek (<i>lifespan</i>) merupakan faktor yang paling berpengaruh. 4. Variabel biaya operasi dan pemeliharaan (O&M) serta degradasi panel berpengaruh terhadap hasil, namun dengan tingkat pengaruh yang relatif lebih kecil
2	Al-Hanoot et al. (2025) <i>Monte Carlo simulation for real-world energy yield analysis of car park solar PV system installations in harsh</i>	Fokus: Evaluasi kesenjangan antara simulasi dan kinerja nyata sistem PV atap parkir di lingkungan ekstrem (gurun-pantai). Tujuan: Menganalisis akurasi	Populasi: Sistem PV atap parkir kapasitas besar di Arab Saudi. Sampel: Studi kasus sistem PV 1179 kWp di Abqaiq, Arab Saudi.	Pengumpulan Data: Data operasional aktual selama 1 tahun, data lingkungan (irradiance, suhu, debu), dan data simulasi PVsyst.. Metode Analisis Data: Simulasi deterministik	1. Sistem PLTS mengalami underperformance, dengan produksi energi sekitar 24% lebih rendah dari hasil simulasi. 2. Nilai PR dan CUF aktual lebih rendah dari prediksi, menunjukkan adanya deviasi kinerja. 3. Hasil MCS menunjukkan output

No	Nama Peneliti, Tahun, Tema/ Topik	Fokus dan Tujuan Penelitian Populasi, Sampel dan Unit Analisisnya, Metode Pengumpulan dan Analisis Data			Temuan penelitian
	<i>environments</i>	peramalan energi, mengidentifikasi penyebab <i>underperformance</i> , dan mengintegrasikan model deterministik dengan analisis probabilistik.	Unit Analisis: Kinerja energi (MWh), <i>Performance Ratio</i> (PR), <i>Capacity Utilization Factor</i> (CUF), serta variabel lingkungan (debu, suhu, degradasi).	(PVsyst), <i>Monte Carlo Simulation</i> (± 10.000 iterasi), analisis statistik (<i>mean</i> , <i>confidence interval</i> , uji-Z), serta analisis sensitivitas.	aktual berada di luar rentang probabilitas (outlier). 4. Penurunan kinerja dipengaruhi oleh debu, suhu tinggi, dan degradasi sistem. 5. Pendekatan probabilistik lebih efektif dalam mengidentifikasi risiko dan deviasi kinerja dibanding metode deterministik.
3	Csongor Czipf (2025). <i>The impact of changing energy prices, interest rates, and investment costs on NPV and IRR for alternative energy projects</i>	Fokus: Dampak perubahan harga energi, suku bunga, dan biaya investasi terhadap kelayakan finansial proyek energi alternatif Tujuan: Menganalisis sensitivitas NPV dan IRR terhadap fluktuasi ekonomi dan menunjukkan rasionalitas penundaan investasi	Populasi: Proyek energi terbarukan di Hungaria Sampel: Tiga studi kasus (PV 200 kW, Woodchip 1200 kW, Heat Pump 6 kW) Unit Analisis: Parameter finansial (NPV, IRR) dan variabel ekonomi (harga energi, biaya investasi, suku bunga) tahun 2019-2024	Pengumpulan Data: Data sekunder dari bursa listrik, bank sentral, laporan harga, dan estimasi ahli. Metode Analisis Data: <i>Capital budgeting</i> (NPV, IRR, PBP), analisis sensitivitas, serta <i>Monte Carlo Simulation</i> (± 1000 iterasi).	1. Perubahan harga energi, suku bunga, dan biaya investasi berpengaruh signifikan terhadap NPV dan IRR. 2. Probabilitas $NPV < 0$ melebihi 55%, menunjukkan tingginya risiko investasi. 3. Kelayakan proyek dapat berubah signifikan dalam waktu singkat (± 4 tahun) akibat kondisi ekonomi. 4. Harga energi dan biaya investasi merupakan faktor utama yang memengaruhi hasil finansial. 5. Ketidakpastian mendorong penundaan atau pembatalan keputusan investasi.
4	Ivy Cheng (2024). <i>Using Net Present Value as a Decision Tool for Investment in</i>	Fokus: Penggunaan NPV sebagai alat pengambilan keputusan investasi di pasar fotovoltaik (PV). Tujuan: Mengevaluasi kelayakan	Populasi: Proyek-proyek fotovoltaik di AS. Sampel: Tiga studi kasus proyek PV: 1) PLTS Skala Besar, 2) Sistem PV	Pengumpulan Data: Data sekunder dari NREL, EIA, IRENA, laporan utilitas, dan publikasi pemerintah. Metode Analisis Data: Perhitungan NPV, analisis	1. Semua proyek PV memiliki NPV positif, menunjukkan kelayakan finansial. 2. Proyek skala besar memiliki NPV tertinggi (\$14,55 juta). 3. NPV paling sensitif terhadap perubahan tingkat diskonto dan

No	Nama Peneliti, Tahun, Tema/ Topik	Fokus dan Tujuan Penelitian Populasi, Sampel dan Unit Analisisnya, Metode Pengumpulan dan Analisis Data			Temuan penelitian
	<i>the Photovoltaic Market</i>	finansial proyek PLTS menggunakan NPV serta menguji sensitivitas terhadap perubahan asumsi seperti tingkat diskonto dan harga listrik.	surya perumahan, Unit Analisis: Parameter finansial (NPV, arus kas, biaya, pendapatan) dan variabel eksternal (harga listrik, tingkat diskonto).	sensitivitas, dan analisis komparatif antar proyek.	harga listrik. 6. NPV terbukti sebagai alat yang efektif untuk mengevaluasi profitabilitas investasi PV.
5	Sabrina Putri Kinanti, Armand Omar Moeis, Dimas Kaharudin (2021). <i>Feasibility Analysis of a Large Scale Floating Photovoltaic Power Plant Investment Using Financial Modeling with the Consideration of Uncertainties Factors</i>	Fokus: Analisis kelayakan tekno-ekonomi dan finansial PLTS Terapung skala besar di Indonesia. Tujuan: Menilai kelayakan investasi PLTS terapung, menganalisis pengaruh ketidakpastian, dan menilai skenario pembiayaan via 3 DER	Populasi: Proyek PLTS Terapung di waduk Indonesia. Sampel: Studi kasus PLTS Terapung 175,112 kWp (lokasi: -6.7°, 107.33°). Unit Analisis: Kelayakan finansial proyek (<i>NPV, Project IRR, Equity IRR, Discounted Payback Period</i>) serta variabel ketidakpastian (GHI/iradiasi, biaya, degradasi).	Pengumpulan Data: Data teknis dari PVsyst dan data satelit, data finansial dari perusahaan terkait, dan distribusi ketidakpastian dari studi literatur. Metode Analisis Data: <i>Discounted Cash Flow (DCF), Monte Carlo Simulation</i> (± 10.000 iterasi), <i>Value at Risk (VaR)</i> pada <i>confidence level</i> 95%, serta analisis sensitivitas (<i>Spearman rank correlation</i>).	1. Tanpa mempertimbangkan ketidakpastian, seluruh alternatif struktur modal layak secara finansial (NPV positif dan IRR memenuhi kriteria). 2. Dengan mempertimbangkan ketidakpastian (<i>confidence level</i> 95%), hanya alternatif DER 90% dan 80% yang layak, sedangkan DER 70% tidak layak. 3. Seluruh alternatif tidak memenuhi target minimum Equity IRR sebesar 12% pada tingkat keyakinan 95%. 4. Faktor yang paling berpengaruh terhadap indikator investasi adalah GHI. 5. Ketidakpastian berpengaruh signifikan terhadap hasil kelayakan dan keputusan struktur pembiayaan.
6	Romadhona & Rinaldy Dalimi (2023) <i>Economic analysis of solar photovoltaic</i>	Fokus: Analisis kelayakan ekonomi perencanaan PLTS atap <i>on-grid</i> . Tujuan:	Populasi: Sistem PLTS atap pada bangunan apartemen. Sampel: PLTS atap pada	Pengumpulan Data: Data radiasi matahari (GHI), luas atap, spesifikasi sistem (modul dan inverter), serta data biaya investasi dan	1. PLTS menghasilkan energi sebesar 116,6 MWh/tahun dengan kapasitas 90,4 kWp. 2. Nilai COE sebesar Rp735,39/kWh, lebih rendah dari tarif listrik PLN.

No	Nama Peneliti, Tahun, Tema/ Topik	Fokus dan Tujuan Penelitian Populasi, Sampel dan Unit Analisisnya, Metode Pengumpulan dan Analisis Data			Temuan penelitian
	<i>power plant planning at Taman Melati Depok Apartment</i>	Menilai kelayakan investasi PLTS menggunakan indikator ekonomi (NPV, PI, DPP, IRR) serta menghitung biaya energi (COE)	Apartemen Taman Melati Depok dengan kapasitas 90,4 kWp.. Unit Analisis: Kelayakan finansial (NPV, PI, DPP, IRR, COE) serta kinerja energi (produksi listrik tahunan).	operasional. Metode Analisis Data: Simulasi PVsyst, perhitungan teknis PLTS, serta analisis ekonomi menggunakan NPV, PI, DPP, IRR, dan COE.	3. Proyek dinyatakan layak secara finansial dengan NPV positif Rp608.793.939, PI > 1, dan DPP ±12 tahun 9 bulan. 4. Nilai IRR sebesar 11%, lebih tinggi dari tingkat suku bunga acuan. 5. Investasi PLTS memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan melalui penghematan biaya energi dan pengurangan emisi.
7	Sofyan, D. S. N., Siahaan, U. M., & Rahadi, R. A. (2024). <i>Financing Strategy for On-Grid Solar PV in Cement & Construction Industry: PT CBS Indonesia Case</i>	Fokus: Analisis strategi pembiayaan dan kelayakan investasi PLTS on-grid pada industri semen. Tujuan: Menilai kelayakan finansial proyek PLTS serta menentukan struktur pembiayaan optimal dengan mempertimbangkan risiko dan sensitivitas variabel.	Populasi: Proyek PLTS on-grid pada industri semen. Sampel: Studi kasus PLTS pada PT Cibinong Bangun Sarana (PT CBS). Unit Analisis: Kelayakan finansial (NPV, IRR, PI, PBP, DPBP), struktur pembiayaan (WACC, DER), serta variabel sensitivitas (harga listrik, efisiensi, biaya).	Pengumpulan Data: Data primer (arus kas proyek, CAPEX, OPEX) dan data sekunder (suku bunga, harga listrik, risiko pasar). Metode Analisis Data: Capital budgeting (NPV, IRR, PI, PBP, DPBP), analisis sensitivitas, US Index, serta simulasi skenario pembiayaan.	1. Proyek PLTS dinyatakan layak secara finansial dengan NPV positif ±Rp1,80 miliar, IRR 16,7%, dan PBP 5,82 tahun. 2. IRR lebih tinggi dari WACC, menunjukkan proyek memberikan tingkat pengembalian yang menguntungkan. 3. Variabel paling sensitif adalah harga listrik PLN dan efisiensi produksi energi. 4. Strategi pembiayaan optimal adalah pinjaman bank internasional (DER 40:60) karena menghasilkan NPV tertinggi dan WACC terendah. 5. Ketidakpastian variabel memengaruhi hasil kelayakan dan keputusan pembiayaan proyek.

No	Nama Peneliti, Tahun, Tema/ Topik	Fokus dan Tujuan Penelitian Populasi, Sampel dan Unit Analisisnya, Metode Pengumpulan dan Analisis Data			Temuan penelitian
8	Wisudanto, W., Qonitah, I., & Utomo, W. (2024). <i>Analisis Kelayakan Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap untuk Perusahaan Pemasok Suku Cadang</i>	Fokus: Analisis kelayakan finansial investasi PLTS atap on-grid untuk menunjang green economy. Tujuan: Mengevaluasi kelayakan finansial investasi PLTS dengan mempertimbangkan biaya investasi, operasional, serta penghematan energi.	Populasi: Proyek PLTS atap pada sektor industri/manufaktur. Sampel: PLTS atap pada perusahaan pemasok suku cadang di Karawang, Jawa Barat. Unit Analisis: Kelayakan finansial (NPV, IRR, DPP, PI) serta arus kas proyek dan penghematan biaya listrik.	Pengumpulan Data: Data teknis dan operasional (produksi energi, biaya investasi, O&M) serta simulasi sistem menggunakan Helioscope. Metode Analisis Data: Simulasi teknis (Helioscope), analisis arus kas, serta capital budgeting (NPV, IRR, DPP, PI).	1. Proyek PLTS dinyatakan layak secara finansial dengan NPV positif Rp1,43 miliar, IRR 46,31%, DPP 2,43 tahun, dan PI 1,95. 2. Nilai IRR jauh lebih tinggi dari tingkat suku bunga (5,75%), menunjukkan tingkat pengembalian yang tinggi. 3. Investasi memberikan penghematan biaya listrik signifikan selama umur proyek. 4. Periode pengembalian investasi relatif cepat dibanding umur proyek (25 tahun). 5. PLTS atap mendukung efisiensi biaya dan keberlanjutan energi perusahaan.
9	Hendry T. P., Dzikri F. H., Sudarso K. W., Iswan P., Indra A. A., Kevin M. B., Ngapuli I. S., Ayodele A. (2024). <i>Techno-Economic Feasibility Study of Solar Photovoltaic Power Plant Using RETScreen to Achieve Indonesia Energy Transition</i>	Fokus: Analisis kelayakan teknis dan finansial PLTS skala utilitas dalam mendukung transisi energi di Indonesia. Tujuan: Mengevaluasi kelayakan investasi PLTS 26 MW dengan skenario tarif energi terbaru dan perspektif IPP serta PLN.	Populasi: Proyek PLTS skala utilitas di Indonesia. Sampel: PLTS 26 MW di Pulau Nias (program de-dieselisasi PLN) Unit Analisis: Kinerja teknis (produksi energi, emisi), finansial (NPV, IRR, LCOE, Payback), serta analisis risiko dan sensitivitas.	Pengumpulan Data: Data iklim (RETScreen & Meteonorm), data teknis PLTS, biaya proyek, tarif listrik, parameter finansial, dan data emisi. Metode Analisis Data: Simulasi RETScreen, analisis skenario (5 skenario), analisis finansial (NPV, IRR, LCOE, Payback), Monte Carlo simulation untuk risiko, serta analisis sensitivitas.	1. Tanpa insentif, proyek tidak layak bagi investor (IPP) karena NPV negatif pada sebagian besar skenario. 2. Proyek menjadi layak jika terdapat insentif emisi (10 USD/tCO₂) dengan NPV positif dan IRR meningkat. 3. Dari perspektif PLN, proyek sangat menguntungkan karena penghematan biaya dari penggantian diesel (de-dieselization). 4. Faktor paling berpengaruh terhadap kelayakan adalah produksi listrik (energy output), tarif listrik, dan cost savings. 5. PLTS mampu mengurangi emisi

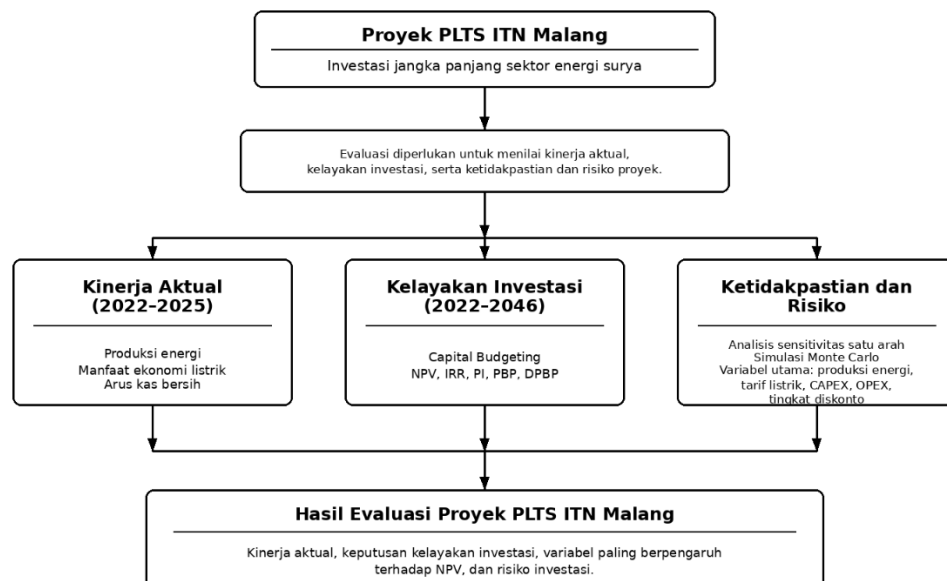
No	Nama Peneliti, Tahun, Tema/ Topik	Fokus dan Tujuan Penelitian Populasi, Sampel dan Unit Analisisnya, Metode Pengumpulan dan Analisis Data			Temuan penelitian
					signifikan (~38.230 tCO ₂ /tahun) sehingga berkontribusi pada transisi energi.
10	Ketut Mira Ardianti, Dyana Arjana, Indra Partha, Maharta Pemayun (2025) <i>Analisis Kelayakan Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap pada Gedung Rumah Sakit Universitas Udayana</i>	Fokus: Analisis kelayakan investasi PLTS atap pada bangunan rumah sakit. Tujuan: Menentukan biaya energi (COE) serta mengevaluasi kelayakan investasi menggunakan NPV, IRR, PI, dan Payback Period.	Populasi: Bangunan gedung dengan potensi pemasangan PLTS atap. Sampel: PLTS atap pada Gedung RSPTN Universitas Udayana (Gedung 1 dan area parkir). Unit Analisis: Kelayakan finansial (NPV, IRR, PI, PP, COE) serta kinerja energi (produksi listrik tahunan).	Pengumpulan Data: Data primer (survei lokasi, konsumsi listrik 2023, kondisi gedung, harga komponen, pengukuran radiasi dan suhu) dan data sekunder (literatur, jurnal, regulasi energi). Analisis Data: Analisis teknis (perancangan sistem), analisis ekonomi (perhitungan LCC, CRF, COE, NPV, IRR, PI, PBP) menggunakan software HOMER dan Microsoft Excel.	1. Proyek PLTS menghasilkan energi sekitar 498.955 kWh/tahun. 2. Nilai COE sebesar Rp803/kWh, menunjukkan biaya energi kompetitif. 3. Investasi dinyatakan layak secara finansial dengan NPV Rp3,81 miliar, PI > 1, dan PBP ±6 tahun 9 bulan. 4. Nilai IRR sebesar 10,59%, lebih tinggi dari tingkat suku bunga. 5. PLTS atap memberikan manfaat ekonomi dan mendukung penggunaan energi terbarukan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, penelitian ini memiliki perbedaan pada objek dan ruang lingkup analisis. Penelitian ini berfokus pada evaluasi proyek PLTS ITN Malang yang telah beroperasi sejak tahun 2022, dengan menilai kinerja aktual periode 2022–2025, kelayakan investasi periode 2022–2046 menggunakan metode *capital budgeting*, serta ketidakpastian dan risiko investasi melalui analisis sensitivitas satu arah dan simulasi Monte Carlo dengan NPV sebagai indikator utama. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih terukur mengenai kelayakan investasi PLTS kampus berdasarkan data aktual dan proyeksi jangka panjang.

C. Kerangka Berpikir

Penelitian ini berfokus pada evaluasi proyek PLTS ITN Malang sebagai investasi jangka panjang pada sektor energi surya. Proyek PLTS yang telah beroperasi sejak tahun 2022 perlu dikaji untuk mengetahui kinerja aktual, kelayakan investasi, serta risiko investasi selama masa kerja sama. Kerangka berpikir dalam penelitian ini dibangun berdasarkan tiga aspek utama. Aspek pertama adalah kinerja aktual proyek selama periode 2022–2025 yang dinilai melalui produksi energi, manfaat ekonomi listrik, dan arus kas bersih. Aspek kedua adalah kelayakan investasi proyek selama periode 2022–2046 yang dianalisis menggunakan metode capital budgeting, meliputi NPV, IRR, PI, PBP, dan DPBP.

Aspek ketiga adalah ketidakpastian dan risiko investasi yang dianalisis melalui analisis sensitivitas satu arah dan simulasi Monte Carlo. Variabel utama yang digunakan dalam analisis ini meliputi produksi energi, tarif listrik, CAPEX, OPEX, dan tingkat diskonto. Hasil dari ketiga aspek tersebut digunakan untuk menilai kinerja proyek, menentukan kelayakan investasi, mengetahui variabel yang paling berpengaruh terhadap NPV, serta mengidentifikasi risiko investasi proyek PLTS ITN Malang. Kerangka berpikir dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Kerangka Berpikir

Sumber: Disusun penulis, 2026