

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian yang Relevan

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu

No.	Penulis	Judul	Penerbit/Jurnal	Tahun	Metode Penelitian	Hasil/Kesimpulan Penelitian
1	Deni Herliyanso & Ojak Abdul Rozak	Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya <i>Off-grid</i> Sebagai Suplai Daya Listrik Perpustakaan Universitas Pamulang	Electricres	2023	Simulasi PLTS <i>off-grid</i> menggunakan PVsyst dilanjutkan simulasi ekonomi dengan HOMER serta analisa aliran daya dengan ETAP.	PLTS <i>off-grid</i> terbukti layak teknis dan ekonomi, Simulasi PVsyst menghasilkan energi 4,045.2 kWh/tahun, simulasi HOMER mendapatkan nilai NPC Rp5,615,443,996 dan COE Rp2,316.83/kWh
2	Ali Saleh Aziz; Mohammad Faridun Naim Tajuddin; Mohd Rafi Adzman; Makbul A. M. Ramli	<i>Feasibility Analysis of PV/Diesel/Battery Hybrid Energy System Using Multi-year Module</i>	International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)	2023	Optimasi sistem hibrid PV/diesel/baterai menggunakan HOMER	Kombinasi optimal terdiri dari PV 12 kW, diesel genset 20 kW, baterai 15 unit, <i>converter</i> 6 kW dengan NPC sebesar \$162.703
3	Ahssen Mahmoudi; Amina Manel Bouaziza; Mohamed Najib Bouaziz; Djohra Saheb-Koussa	<i>Performance analysis of hybrid PV-diesel-storage system in AGRS-Hassi R'mel Algeria</i>	International Journal of Renewable Energy Development (IJRED)	2023	Simulasi sistem hibrid PV + diesel + baterai menggunakan HOMER	Sistem yang paling optimal adalah PV/Diesel/baterai/ jaringan listrik. Sistem ini terdiri dari 1.200 KW PV, generator diesel 1.100 kW, 800 unit baterai, dan <i>converter</i> 1.100 kW. Menyuplai beban dengan 49% listrik dari PV dan 51% dari

						diesel, pengurangan emisi sebesar 60%, dan mengurangi pemakaian 708.020 liter diesel.
4	Rinaldi Maulana	Pra-studi Kelayakan Sistem Hibrida PV-Baterai-PLTD di Daerah Pedesaan Wilayah Maluku	Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan	2024	Studi kelayakan hibrid PV-baterai-PLTD (genset diesel) di lokasi terpencil menggunakan simulasi HOMER	Sistem Hibrid menunjukkan pengurangan konsumsi diesel dari 30,5 juta L/tahun menjadi 5,8 juta L/tahun; LCOE turun dari \$0,62/kWh menjadi \$0,42/kWh.
5	Mohamad, A.T.Z. & Ilhan, R.	<i>Potential Use of Stand-alone PV-Wind-Diesel Battery Hybrid Energy System in a Remote Area in Turkey Using HOMER</i>	IAR Journal of Engineering and Technology	2023	Simulasi sistem hibrid PV-Turbin Angin-Diesel-Baterai menggunakan HOMER	Konfigurasi sistem yang paling optimal adalah sistem PV 14,8 kW, generator diesel 5,2 kW, 42 baterai, dan <i>converter</i> 4,33 kW, dengan NPC \$49.032 dan COE \$0.262/kWh
6	Ibnu Hartopo & Abdu Yakan Rosyadi (2025)	Desain Sistem PLTS Hibrid dengan Pemodelan HOMER Pro dan PVsyst di Desa Semang, NTT, Indonesia	JTERA: Jurnal Teknologi Rekayasa	2025	HOMER Pro digunakan untuk mengevaluasi efisiensi teknis dan ekonomi sistem, sedangkan PVsyst digunakan untuk menganalisis performa teknis PLTS	Eksisting beban 216,67 kWh/hari. Berdasarkan hasil simulasi HOMER konfigurasi sistem PV+Baterai+Genset memberikan hasil paling optimal dengan <i>Net Present Cost</i> (NPC) sebesar 5,13 miliar dan <i>Levelized Cost of Energy</i> (LCOE) terendah sebesar Rp 3.991/kWh.
7	Mohammadi S.A.D. & Gezezin, C. (2022)	<i>Design and Simulation of Grid-Connected Solar PV System Using PVsyst, PVGIS and HOMER Software</i>	International Journal of Pioneering Technology and Engineering	2022	Digunakan PVsyst, PVGIS dan HOMER untuk simulasi PLTS 5 MW di Afghanistan, kemudian hasil simulasi dibandingkan.	Analisis hasil menggunakan HOMER sebesar 11.698 MWh/tahun, PVGIS sebesar 10.673 MWh/tahun, sedangkan hasil dari PVSYST adalah 11.938 MWh/tahun. Disimpulkan bahwa PVGIS 10,6% lebih rendah dan HOMER 2% lebih rendah dari PVSYST.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Konsep Sistem Hibrida

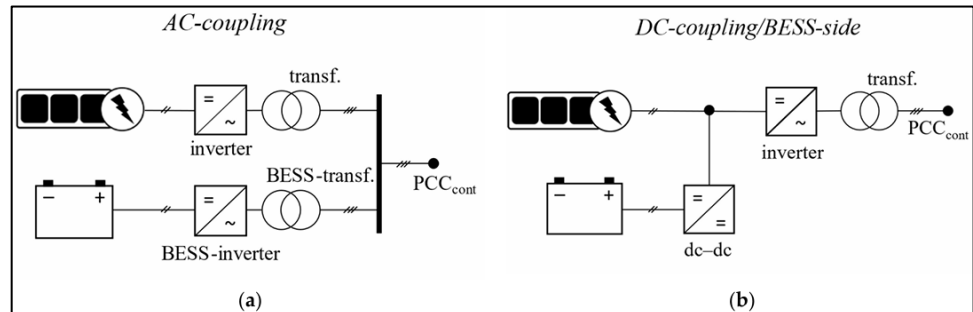
Sistem pembangkit listrik hibrida (*Hybrid Renewable Energy System - HRES*) adalah sebuah sistem pembangkitan listrik yang mengintegrasikan dua atau lebih sumber energi yang berbeda, di mana setidaknya salah satunya adalah sumber energi terbarukan (EBT). Tujuan utama dari sistem hibrida adalah untuk memanfaatkan keunggulan dari masing-masing sumber energi sambil menutupi kekurangannya, sehingga dapat menghasilkan pasokan listrik berbiaya rendah (Maulana, n.d.)

Dalam konteks elektrifikasi daerah terpencil atau kepulauan seperti studi kasus penelitian ini, konfigurasi hibrida yang paling umum adalah kombinasi antara PLTS, BESS, dan PLTD. PLTS berfungsi sebagai sumber energi bersih utama yang memanfaatkan radiasi matahari. BESS berfungsi untuk menyimpan kelebihan energi dari PLTS saat produksi tinggi (siang hari) dan melepaskannya saat produksi rendah (malam hari) atau saat beban puncak. PLTD berperan sebagai sumber daya yang dapat diandalkan untuk menjamin ketersediaan listrik 24 jam, mengisi kekurangan daya dari EBT, dan mengisi daya baterai jika diperlukan (Suryanto, 2022).

Secara arsitektur, sistem hibrida dapat diintegrasikan melalui dua konfigurasi bus utama, yaitu *AC-Coupled* (bus AC) atau *DC-Coupled* (bus DC).

- **AC-Coupled (Bus AC):** Dalam sistem ini, semua komponen pembangkit (PLTS, Baterai, PLTD) terhubung ke bus AC utama. PLTS terhubung melalui inverter (DC ke AC), Baterai terhubung melalui inverter dua arah (DC ke AC dan AC ke DC), dan PLTD secara alami menghasilkan listrik AC. Konfigurasi ini umumnya lebih mudah untuk ditambahkan (*retrofit*) ke sistem kelistrikan eksisting yang sudah berbasis AC (seperti jaringan PLN atau PLTD).
- **DC-Coupled (Bus DC):** Dalam sistem ini, PLTS dan Baterai terhubung ke bus DC utama. Energi dari PLTS dapat langsung mengisi baterai atau disalurkan ke beban DC. Sebuah inverter diperlukan untuk mengubah daya dari bus DC ke bus AC untuk melayani beban AC. PLTD biasanya tetap terhubung di sisi AC, dengan *rectifier* (AC ke DC) jika diperlukan untuk mengisi baterai. Konfigurasi

ini sering dianggap sedikit lebih efisien untuk sistem berbasis EBT baru karena mengurangi kerugian konversi ganda (DC-AC-DC) saat PLTS mengisi baterai.



Gambar 2. 1 Arsitektur AC-Coupling dan DC-Coupling

Sumber: (Lo Franco et al., 2021)

Pemilihan antara kedua konfigurasi ini bergantung pada skala sistem, komponen eksisting, dan strategi operasi. (Lo Franco et al., 2021).

Integrasi komponen EBT ke dalam sistem berbasis diesel menawarkan berbagai keunggulan, terutama penurunan konsumsi bahan bakar yang signifikan, yang berimplikasi langsung pada penurunan biaya operasional (OPEX) dan emisi gas rumah kaca (Maulana, n.d.). Selain itu, dengan LCOE dari PLTS dan Baterai yang terus menurun, sistem hibrida dapat menghasilkan biaya energi total yang lebih rendah dibandingkan sistem diesel murni.

Namun, tantangan utamanya terletak pada sifat intermitensi dari PLTS yang bergantung pada cuaca. Fluktuasi keluaran daya dari PLTS dapat menyebabkan masalah stabilitas pada jaringan microgrid yang kecil. Jaringan microgrid yang didominasi oleh inverter (PLTS dan Baterai) yang memiliki inersia sistem yang rendah, berbeda dengan PLTD yang merupakan mesin berputar (*rotating machine*) dengan inersia mekanis yang tinggi. Inersia yang rendah membuat frekuensi jaringan sangat rentan berubah secara drastis jika terjadi perubahan beban atau produksi EBT secara tiba-tiba. Di sinilah peran BESS menjadi sangat krusial, tidak hanya untuk penyimpanan energi (*energy shifting*), tetapi juga untuk perataan keluaran daya (*power smoothing*) dan menyediakan respons frekuensi cepat (*fast frequency response*) untuk menjaga stabilitas jaringan (Prakash et al., 2022).

2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Komponen dasar dari PLTS adalah sel surya, yang bekerja berdasarkan prinsip efek fotovoltaiik. Efek fotovoltaiik adalah fenomena di mana material semikonduktor (umumnya silikon) menghasilkan tegangan dan arus listrik ketika terpapar foton dari cahaya matahari. Foton ini mengeksitasi elektron pada material, menyebabkannya bergerak dan menciptakan aliran listrik DC.

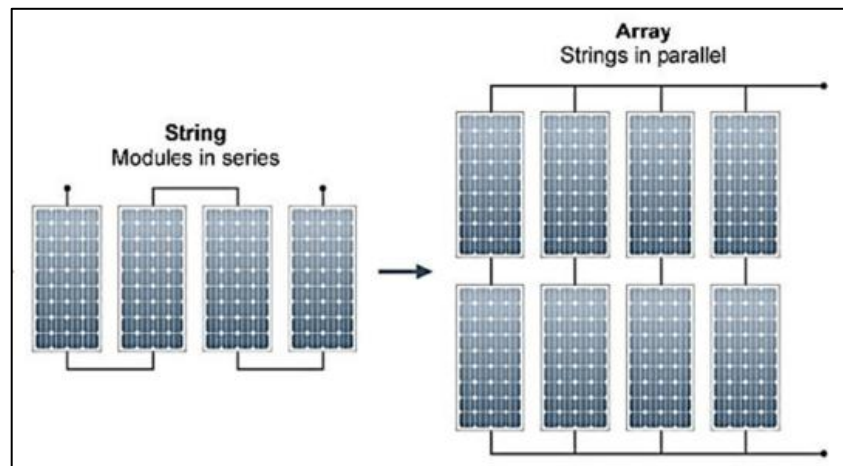
Sistem PLTS terdiri dari beberapa komponen kunci.

a. Modul PV

Merupakan kumpulan sel surya yang dirakit dalam satu bingkai pelindung. Komponen ini adalah "mesin" utama yang mengubah foton menjadi elektron, menghasilkan listrik DC.

Untuk mencapai tingkat daya yang dibutuhkan, modul-modul PV individual tidak dapat bekerja sendiri. Mereka harus dirangkai dalam konfigurasi tertentu.

- **String:** Adalah sejumlah modul PV yang dihubungkan secara seri (kutub positif satu modul ke kutub negatif modul berikutnya). Rangkaian seri ini bertujuan untuk menjumlahkan tegangan (Voltage) dari setiap modul hingga mencapai level tegangan kerja yang diinginkan oleh inverter.
- **Array:** Adalah gabungan dari beberapa *string* yang dihubungkan secara paralel (semua kutub positif *string* digabung, semua kutub negatif *string* digabung). Rangkaian paralel ini bertujuan untuk menjumlahkan arus dari setiap *string*, sehingga meningkatkan total kapasitas daya dari sistem.



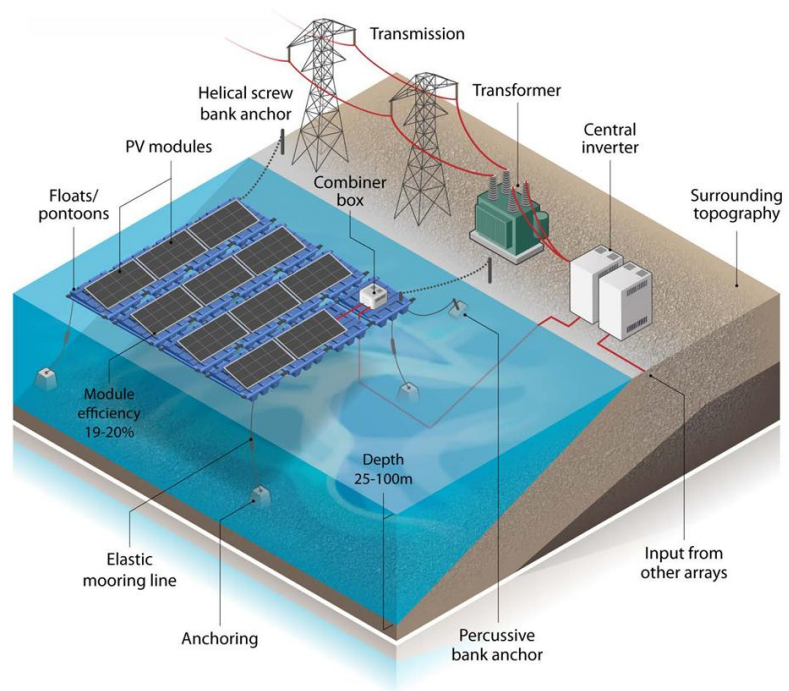
Gambar 2. 2 Ilustrasi rangkaian *String* dan *Array* pada PLTS

Sumber: (Abed et al., 2020)

Perancangan *string* dan *array* ini adalah bagian krusial dalam desain PLTS untuk memastikan kesesuaian dengan inverter dan optimalisasi produksi (Abed et al., 2020).

Tergantung pada ketersediaan lahan dan kondisi lokasi, PLTS dapat diinstalasi dalam berbagai cara sebagai berikut.

- **Ground-Mounted:** Tipe instalasi paling umum untuk PLTS skala utilitas. Modul dipasang pada struktur penyangga (tetap atau *tracker*) di atas permukaan tanah. Membutuhkan lahan yang luas namun memungkinkan pembersihan dan pemeliharaan yang mudah.
- **Rooftop (Atap):** Memanfaatkan ruang atap bangunan yang tidak terpakai, sangat populer untuk aplikasi perumahan, komersial, dan industri. Menghemat biaya lahan namun mungkin memiliki keterbatasan orientasi, kemiringan, dan area terkena bayangan (*shading*).
- **Floating Solar (PLTS Apung):** Dimana modul PV dipasang pada struktur ponton yang mengapung di atas permukaan air (misalnya waduk, danau, atau laut tenang). Keunggulan utamanya adalah tidak menggunakan lahan daratan dan adanya efek pendinginan alami dari air yang dapat meningkatkan efisiensi modul. (Aryani et al., 2019)



Gambar 2. 3 Bagan kerangka sistem PLTS terapung

Sumber : (Ramasamy & Margolis, 2021)

Produksi energi aktual dari PLTS (kWh) di lapangan tidak hanya bergantung pada kapasitas puncak (kWp) yang terpasang, tetapi sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti berikut (Abed et al., 2020).

- **Radiasi Matahari (*Insolation*):** Merupakan faktor utama, jumlah energi matahari yang diterima per unit area (diukur dalam kWh/m²/hari).
- **Suhu:** Efisiensi modul PV menurun seiring dengan meningkatnya temperatur. Semakin panas modul, semakin rendah keluaran dayanya. Hal ini dipengaruhi oleh parameter Koefisien Temperatur Daya (*Temperature Coefficient of Power*), yang biasanya bernilai negatif (misalnya, -0.35%/°C). Artinya, untuk setiap 1°C kenaikan temperatur modul di atas kondisi standar (25°C), keluaran daya akan turun sebesar 0,35%.
- **Orientasi dan Kemiringan:** Sudut kemiringan dan arah hadap (*Azimuth*) modul sangat menentukan seberapa banyak radiasi matahari yang dapat ditangkap secara optimal.

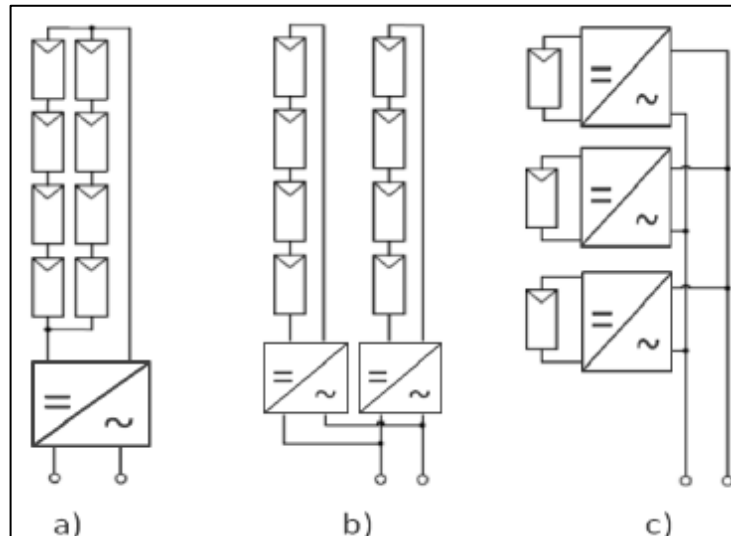
- **Shading (Bayangan):** Bayangan dari pohon, bangunan, atau bahkan awan dapat menurunkan produksi secara signifikan, terutama jika mengenai sebagian kecil dari satu *string*.
- **Soiling (Kotoran):** Debu, kotoran burung, atau polutan yang menempel di permukaan modul dapat menghalangi sinar matahari dan menurunkan efisiensi.

b. Inverter

Merupakan perangkat elektronik yang mengubah listrik DC dari modul PV menjadi listrik AC. Fungsinya tidak hanya mengubah arus, tetapi juga melakukan sinkronisasi frekuensi dan tegangan dengan jaringan (baik jaringan PLTD atau PLN) dan melakukan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk memastikan modul PV selalu beroperasi pada titik efisiensi tertingginya.

Terdapat beberapa jenis konfigurasi inverter seperti berikut (Abed et al., 2020).

- **Central Inverter:** Jenis inverter ini digunakan ketika sejumlah besar *string* modul PV surya dihubungkan secara paralel untuk membentuk *array* besar, kemudian keluaran dari *array* ini dikumpulkan di panel penggabung dan kemudian dihubungkan ke satu inverter sentral.
- **String Inverter:** Jenis inverter ini digunakan ketika rangkaian modul surya PV dihubungkan ke satu inverter. Daya AC yang diperoleh dari setiap inverter rangkaian dikumpulkan menjadi satu keluaran kemudian disalurkan ke jaringan.
- **Micro Inverter:** Jenis inverter ini digunakan ketika satu modul surya PV dihubungkan untuk mengubah daya DC menjadi AC. Daya AC yang diperoleh dari setiap *micro* inverter dikumpulkan menjadi satu keluaran lalu salurkan ke jaringan.



Gambar 2. 4 Konfigurasi Inverter: *Central* (a), *String* (b), dan *Micro* (c) Inverter

Sumber: (Gagrica et al., 2015)

2.2.3 Sistem Penyimpanan Energi Baterai (BESS)

BESS merupakan komponen krusial dalam sistem hibrida dengan penetrasi EBT tinggi. Peran utamanya meliputi (Prakash et al., 2022):

- **Energy Shifting (Pergeseran Energi):** Menyimpan kelebihan energi surya pada siang hari (saat produksi > beban) dan melepaskannya pada malam hari (saat produksi = 0).
- **Peak Shaving (Pemangkasan Beban Puncak):** Melepaskan daya selama periode beban puncak untuk mengurangi kebutuhan daya dari PLTD, sehingga menghemat bahan bakar.
- **Stabilitas Jaringan:** Menyediakan cadangan daya putar (*spinning reserve*) instan untuk merespons fluktuasi cepat dari PLTS atau perubahan beban, menjaga frekuensi dan tegangan jaringan tetap stabil.

Terdapat berbagai teknologi baterai seperti berikut (Prakash et al., 2022).

- **Lithium-ion (Li-ion):** Saat ini merupakan teknologi dominan di pasar BESS.
 - *Kelebihan:* Kepadatan energi sangat tinggi, efisiensi *round-trip* tinggi (>90%), masa pakai (siklus) sangat panjang (ribuan siklus), dan *Depth of*

Discharge (DoD) yang dalam (dapat dikuras hingga 80-100%). (Suyanto et al., 2021)

- *Kekurangan*: Biaya modal awal relatif tinggi (meskipun terus menurun) dan memerlukan Sistem Manajemen Baterai (BMS) yang canggih untuk memantau temperatur dan voltase sel demi keamanan.
- **Lead-Acid (Asam Timbal)**: Teknologi baterai tertua dan paling matang, sering digunakan dalam sistem *off-grid* skala kecil.
 - *Kelebihan*: Biaya modal awal sangat rendah dan teknologi terbukti andal.
 - *Kekurangan*: Kepadatan energi rendah (membutuhkan ruang besar), masa pakai (siklus) pendek, DoD terbatas (biasanya hanya 50% untuk menjaga umur), dan mengandung timbal yang beracun bagi lingkungan.
- **Flow Battery (Baterai Alir)**: Seperti Vanadium Redox Flow Battery (VRFB).
 - *Kelebihan*: Kapasitas energi dan daya dapat diskalakan secara independen (kapasitas energi ditentukan oleh ukuran tangki elektrolit), masa pakai sangat panjang (puluhan ribu siklus) tanpa degradasi, dan DoD 100%.
 - *Kekurangan*: Kepadatan energi lebih rendah, kompleksitas sistem (memerlukan pompa dan tangki), dan efisiensi *round-trip* sedikit lebih rendah (65-75%).
- **Sodium-Sulphur (NaS)**: Baterai bersuhu tinggi yang cocok untuk aplikasi skala utilitas.
 - *Kelebihan*: Kepadatan energi tinggi dan efisiensi tinggi.
 - *Kekurangan*: Harus beroperasi pada suhu sangat tinggi (300-350 °C), yang mengonsumsi energi tambahan untuk pemanas.

2.2.4 Analisis Tekno-Ekonomi

Analisis tekno-ekonomi adalah metodologi evaluasi yang digunakan untuk menilai kelayakan suatu proyek dengan menggabungkan analisis kinerja teknis (seperti produksi energi, efisiensi) dengan analisis kelayakan ekonomi (seperti biaya, profitabilitas). Dalam konteks sistem energi, analisis ini adalah alat esensial untuk membandingkan berbagai konfigurasi teknologi dan memilih opsi yang memberikan keseimbangan terbaik antara kinerja teknis dan keekonomian (Saleh Aziz et al., 2018).

Untuk mengevaluasi dan membandingkan berbagai skenario sistem hibrida yang direncanakan, berikut beberapa parameter ekonomi yang digunakan.

- **Net Present Cost (NPC):** Disebut juga *Life Cycle Cost* (LCC). NPC adalah total biaya siklus hidup proyek (termasuk modal awal, penggantian, pemeliharaan, dan bahan bakar) yang didiskontokan ke nilai saat ini (*present value*). Skenario dengan NPC terendah adalah skenario yang paling optimal secara ekonomi (Saleh Aziz et al., 2018).

$$NPC = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Dimana C^t adalah total biaya pada tahun t , r adalah tingkat diskonto, dan N adalah umur proyek.

- **Levelized Cost of Energy (LCOE):** Adalah biaya rata-rata per kWh energi yang dihasilkan selama umur proyek. Ini adalah metrik yang sangat baik untuk membandingkan biaya dari berbagai teknologi pembangkit.

$$LCOE = \frac{Total\ NPC}{\sum_{t=0}^N \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Dimana E_t adalah total energi yang dihasilkan pada tahun t .

- **Capital Expenditure (CAPEX):** Total biaya investasi awal yang dikeluarkan di awal proyek untuk pembelian dan instalasi semua komponen.
- **Payback Period (PP):** Waktu yang dibutuhkan (dalam tahun) bagi proyek untuk mengembalikan investasi awalnya melalui penghematan yang dihasilkannya, misalnya penghematan bahan bakar.

2.2.5 Analisis Ekonomi untuk Proyek Ekspansi

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem eksisting (proyek *brownfield*), yang memiliki implikasi metodologis khusus pada analisis ekonominya. Berbeda dengan proyek baru (*greenfield*), analisis *brownfield* harus secara cermat mendefinisikan batas-batas investasi baru dan bagaimana cara menilai aset yang sudah terpasang.

Sunk Cost (biaya hangus) merupakan biaya investasi yang telah dikeluarkan di masa lalu untuk membangun sistem eksisting dianggap sebagai

sunk cost. Biaya ini tidak relevan dan tidak diikutsertakan dalam perhitungan kelayakan investasi untuk proyek ekspansi saat ini. Jika *sunk cost* tetap dimasukkan, hasil analisis akan menjadi bias dan secara keliru membuat proyek ekspansi terlihat kurang menguntungkan. Analisis ekonomi yang tepat hanya berfokus pada perbandingan arus kas di masa depan (*incremental cash flows*) dari dua skenario, melanjutkan sistem eksisting apa adanya (*business as usual*) dibandingkan dengan melakukan investasi ekspansi/pengembangan baru (Blank & Tarquin, 2012).

Perhitungan CAPEX: CAPEX yang dihitung adalah biaya investasi untuk komponen baru yang akan ditambahkan. Aset eksisting dimasukkan ke dalam model dengan nilai CAPEX = 0. Hal ini dilakukan karena biaya investasi aset tersebut sudah terjadi di masa lalu dan tidak lagi menjadi bagian dari keputusan investasi baru yang sedang dievaluasi.

Net Present Cost dihitung untuk umur proyek yang dimulai dari tahun investasi baru. Ini adalah poin krusial: meskipun aset lama (seperti PLTD eksisting) dimasukkan dengan CAPEX = 0, biaya penggantianannya di masa depan (*future replacement cost*) jika umur teknisnya habis dalam periode analisis tetap harus diperhitungkan dalam kalkulasi NPC. Selain itu, NPC juga mencakup semua biaya O&M dan biaya bahan bakar untuk keseluruhan sistem yang telah dikembangkan (aset lama + aset baru) selama sisa umur proyek, yang didiskontokan ke nilai sekarang.

2.2.6 PVsyst

PVsyst adalah perangkat lunak simulasi yang diakui sebagai standar industri global untuk perancangan, simulasi, dan analisis kinerja sistem PLTS. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh PVsyst SA di Swiss.

Fungsi utama PVsyst adalah untuk melakukan simulasi kinerja dan estimasi produksi energi (*energy yield*) yang sangat detail dari sebuah sistem PLTS. Ini bukan alat optimasi ekonomi, melainkan alat simulasi teknis. Keunggulan utamanya adalah kemampuannya memodelkan kerugian sistem secara terperinci, termasuk kerugian akibat temperatur, *soiling*, degradasi modul, dan kerugian kabel (*mismatch*).

Pengguna memasukkan data meteorologi (radiasi, temperatur) yang dapat diperoleh dari data NASA atau masukan data lapangan, menentukan orientasi modul, memilih komponen spesifik dari tipe modul dan inverter, merancang konfigurasi PV, dan mendefinisikan berbagai faktor kerugian.

Hasil simulasi PVsyst adalah laporan simulasi komprehensif yang berisi estimasi produksi energi per jam, harian, dan bulanan (kWh), serta *Performance Ratio* (PR) sistem. *Performance Ratio* adalah metrik yang menunjukkan seberapa efisien sistem mengubah energi matahari menjadi listrik setelah memperhitungkan semua kerugian (Mishra et al., 2024). Dalam penelitian ini, hasil simulasi berupa profil energi per jam dari PVsyst dapat diekspor untuk digunakan sebagai masukan sumber daya surya yang akurat di HOMER Pro.

2.2.7 HOMER Pro

HOMER Pro adalah perangkat lunak standar global untuk optimasi tekno-ekonomi microgrid dan sistem energi hibrida, yang dikembangkan oleh National Renewable Energy Laboratory (NREL) Amerika Serikat dan kini dikelola oleh HOMER Energy (UL Solutions).

HOMER Pro mensimulasikan operasi dari ribuan kemungkinan konfigurasi sistem yang berbeda (berbagai kombinasi ukuran PLTS, Baterai, PLTD, dan strategi *dispatch*). Untuk setiap jam dalam setahun (8.760 jam), HOMER Pro akan menentukan cara paling efisien untuk memenuhi beban listrik berdasarkan batasan teknis dan strategi *dispatch* yang dipilih.

Untuk setiap konfigurasi yang disimulasikan, HOMER Pro menghitung biaya siklus hidup (NPC). Algoritma optimasi HOMER Pro pada dasarnya adalah algoritma pencarian menyeluruh dalam ruang pencarian yang telah ditentukan pengguna. Ia akan mengurutkan semua konfigurasi yang layak, yang mampu memenuhi beban tanpa pemadaman dari NPC terendah hingga tertinggi. Konfigurasi dengan NPC terendah adalah solusi "optimal" secara ekonomi.

Keunggulan HOMER Pro adalah kemampuannya untuk mengintegrasikan berbagai data meliputi data beban listrik (per jam), data sumber daya (radiasi matahari, kecepatan angin), data komponen (termasuk biaya CAPEX, OPEX,

umur teknis), dan data ekonomi (tingkat diskonto, inflasi). Penggunaan profil energi dari hasil simulasi PVsyst sebagai data sumber daya surya di HOMER Pro akan meningkatkan akurasi dan keandalan hasil optimasi secara signifikan (Hartopo & Rosyadi, 2025).