

SENSITIFITAS HARGA INSTALASI PLTS RUMAH TANGGA TERHADAP KELAYAKAN EKONOMI DENGAN METODE LCOE TERHADAP TDL 2025

HOUSEHOLD ROOFTOP SOLAR PV INSTALLATION PRICES SENSITIVITY TO ECONOMIC FEASIBILITY USING THE LCOE METHOD AGAINST 2025 ELECTRICITY TARIFFS

Fajar Gumilang, ST., M.T

Universitas Muhammadiyah Tangerang, Jalan Perintis Kemerdekaan I Babakan No.33, RT.007/03,
Cikokol, Kec.Tangerang, Kota Tangerang, Banten 15118, Telp: (021)557 93251

e-mail: fajar.gumilang86@gmail.com

Receive: 12 Februari 2025

Accepted: 1 juni 2025

Abstract

The increasing household electricity demand in Indonesia encourages the use of renewable energy, particularly rooftop Solar Photovoltaic (PV) systems. This study aims to analyze the sensitivity of household PV system installation costs on economic feasibility using the Levelized Cost of Energy (LCOE) method, and compares the results to the 2025 Basic Electricity Tariff (TDL) of Rp 1,444.7/kWh. Component prices were collected from e-commerce platforms, with installation costs assumed at 10% of component costs, a system lifespan of 20 years, annual maintenance cost of 1%, and a 6% discount rate. Three investment scenarios were used: scenario 1 (Rp 30,800,000), scenario 2 with 10% lower cost (Rp 27,720,000), and scenario 3 with 10% higher cost (Rp 33,880,000). The calculated LCOEs were Rp 1,971/kWh (scenario 1), Rp 1,774/kWh (scenario 2), and Rp 2,168/kWh (scenario 3), all of which exceed the TDL, indicating that the systems are not economically viable. Sensitivity analysis found the Break Even Point (BEP) at an investment cost of Rp 22,571,805.63. Therefore, to achieve economic feasibility, the investment cost must be below this value. These findings highlight the importance of cost efficiency and potential policy support to accelerate the adoption of household-scale PV systems in Indonesia.

Keyword : Solar Photovoltaic System (PV), Sensitivity Analysis, Levelized Cost of Energy (LCOE), Basic Electricity Tariff (TDL), Economic Feasibility

Abstrak

Permintaan energi listrik rumah tangga di Indonesia yang terus meningkat mendorong pemanfaatan energi terbarukan, salah satunya melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap. Penelitian ini bertujuan menganalisis sensitivitas harga instalasi sistem PLTS rumah tangga terhadap kelayakan ekonomi menggunakan pendekatan Levelized Cost of Energy (LCOE) dan dibandingkan dengan Tarif Dasar Listrik (TDL) tahun 2025 sebesar Rp 1.444,7/kWh. Data harga komponen diperoleh dari e-commerce, dengan biaya instalasi diasumsikan sebesar 10% dari total komponen, umur sistem 20 tahun, biaya pemeliharaan tahunan sebesar 1%, dan tingkat diskonto 6%. Tiga skenario investasi digunakan: skenario 1 (Rp 30.800.000), skenario 2 yang lebih murah 10% (Rp 27.720.000), dan skenario 3 yang lebih mahal 10% (Rp 33.880.000). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa LCOE masing-masing adalah Rp 2.050/kWh (skenario 1), Rp 1.845/kWh (skenario 2), dan Rp 2.255/kWh (skenario 3). Ketiganya masih lebih tinggi dari TDL sehingga belum layak secara ekonomi. Analisis sensitivitas menunjukkan Break Even Point (BEP) tercapai pada nilai investasi Rp 22.575.289,31. Dengan demikian, agar sistem PLTS layak secara ekonomi, biaya investasi harus ditekan di bawah nilai tersebut. Hasil ini menunjukkan pentingnya efisiensi biaya dan dukungan kebijakan untuk mendorong adopsi PLTS skala rumah tangga.

Kata Kunci : PLTS, Analisis Sensitivitas, LCOE, TDL, Kelayakan Ekonomi

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk. Konsumsi listrik nasional mencapai 1.173 TWh pada tahun 2022, di mana sektor rumah tangga menyumbang sekitar 39,9% dari total konsumsi (PLN, 2022). Di sisi lain, dominasi energi fosil dalam bauran energi Indonesia masih tinggi, dengan lebih dari 80% pembangkit berasal dari batu bara, gas, dan minyak bumi (IESR, 2022).

Pemanfaatan energi surya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap menjadi solusi potensial untuk mendukung transisi energi bersih. Namun, adopsi PLTS rumah tangga masih rendah karena tingginya biaya investasi awal yang belum sebanding dengan Tarif Dasar Listrik (TDL) saat ini. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi keekonomian sistem PLTS menggunakan pendekatan Levelized Cost of Energy (LCOE) untuk menentukan kelayakan finansialnya.

Penelitian ini menganalisis sensitivitas harga instalasi PLTS rumah tangga terhadap keekonomian sistem berdasarkan metode LCOE dan membandingkannya dengan TDL 2025 sebesar Rp 1.444,7/kWh (Permen ESDM No. 28/2016, 2023). Data harga komponen diperoleh dari e-commerce, dan dihitung untuk tiga skenario harga investasi. Hasil penelitian diharapkan memberikan dasar pengambilan keputusan bagi konsumen dan pembuat kebijakan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan simulasi numerik berbasis model keuangan LCOE. Sumber data utama berasal dari harga komponen PLTS yang diperoleh dari e-commerce lokal. Adapun parameter-parameter yang digunakan sebagaimana terlihat pada table 1 berikut :

Tabel 1. Parameter Perhitungan

Komponen	Nilai	Keterangan
Profil Beban		
Kapasitas Daya Listrik	1300 VA	Kapasitas Daya Kelas Menengah
Rata-rata konsumsi	120 kWh / Bulan	
Faktor Penentuan Sistem PLTS		
PSH	4 Jam	
Efisiensi Sistem	20%	

Merujuk pada parameter tersebut, maka besar kebutuhan energi dari panel surya adalah 5 kWh, dan kapasitas modul panel surya yang direkomendasikan adalah sebesar 1.300 Wp. Bila diasumsikan ukuran panel surya yang akan digunakan memiliki spesifikasi 300 Wp/Panel maka Panel surya yang dibutuhkan adalah 5 panel. Adapun nilai tersebut didapatkan dari hasil perhitungan sebagai berikut,

$$\text{kebutuhan energi panel surya} = \frac{\text{Kebutuhan harian}}{100\% - \text{Efisiensi}} = \frac{\frac{120 \text{ kWh}}{30 \text{ hari}}}{100\% - 20\%} = \frac{4 \text{ kWh}}{80\%} = 5 \text{ kWh}$$

$$\text{Kapasitas modul} = \frac{\text{kebutuhan energi panel surya}}{\text{PSH}} = \frac{5 \text{ kWh}}{4 \text{ hour}} = 1.25 \text{ kWp}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{\text{Kapasitas Modul}}{\text{Spesifikasi Panel Surya}} = \frac{1250Wp}{300Wp} = 5 \text{ buah Panel}$$

Panel surya monocrystalline dipilih sebagai referensi dalam penelitian ini karena merupakan jenis yang paling umum di pasaran. Berdasarkan hasil observasi, panel ini memiliki efisiensi sebesar 20% dengan harga sekitar Rp2.000.000 per unit untuk kapasitas 300Wp. Sebagai komponen utama sistem PLTS, inverter dipilih berdasarkan hasil perhitungan teknis dengan mempertimbangkan kapasitas optimal panel surya dan beban puncak sistem kelistrikan rumah, dimana bila memiliki perbedaan maka nilai terbesar dari kedua acuan tersebut yang digunakan. Untuk baterai, spesifikasinya ditentukan berdasarkan durasi kebutuhan penyimpanan energi yang diperlukan. Berdasarkan hal tersebut, maka spesifikasi inverter dan baterai dapat dicari dengan langkah berikut :

$$\text{Beban puncak PLN} = pf \times \text{Daya terpasang} = 80\% \times 1300 \text{ VA} = 1040 \text{ Watt...}(1)$$

$$\text{Produksi Panel Surya} = \text{Kapasitas Modul} \times \text{Eff} = 1,25kWp \times 80\% = 1000 \text{ Watt...}(2)$$

Melihat pada hasil perhitungan, terlihat bahwa besar beban puncak maupun produksi panel surya tidak terlalu jauh berbeda, yaitu sebesar 1000 Watt. Sehingga spesifikasi inverter yang akan digunakan adalah berkisar 1,3 kW – 1,4 kW dengan mempertimbangkan safety factor 10%.

Untuk memenuhi kebutuhan penyimpanan energi selama 2 hari dengan total 8 kWh (2 hari x 4 kWh/hari) pada sistem 24V, diperoleh kebutuhan kapasitas baterai sebesar 333,33 Ah. Mengingat kapasitas baterai yang tersedia di pasaran umumnya 200 Ah per unit, maka diperlukan 2 buah baterai ukuran 200 Ah (total 400 Ah/9,6 kWh) untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Alternatif lain adalah menggunakan 1 buah baterai berkapasitas 400 Ah. Kedua opsi ini memberikan total kapasitas penyimpanan sebesar 9,6 kWh yang masih berada di atas kebutuhan harian sebesar 8 kWh, sehingga dapat memenuhi kriteria sistem dengan aman. Berikut adalah perhitungan teknis dalam penentuan kapasitas baterai :

$$\text{Baterai} = \frac{\text{Kebutuhan Daya selama penyimpanan}}{\text{Tegangan Baterai}} = \frac{2\text{hari} \times 4kWh}{x24V} = 333.33 \text{ Ah}$$

LCOE (Levelized Cost of Energy) adalah metrik finansial yang digunakan untuk menghitung biaya rata-rata produksi listrik per unit (kWh atau MWh) selama umur proyek energi. Metode ini mempertimbangkan seluruh biaya proyek, termasuk investasi awal, operasi, pemeliharaan, bahan bakar (jika ada), dan biaya lainnya, kemudian membandingkannya dengan total energi yang dihasilkan. LCOE berguna untuk membandingkan kelayakan ekonomi berbagai sumber energi (seperti PLTS, PLTA, atau PLTU) dan menentukan harga jual listrik minimal agar proyek mencapai titik impas (BEP).

Untuk menghitung LCOE, pertama-tama kumpulkan seluruh biaya proyek energi, termasuk investasi awal, biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) tahunan, serta biaya lain seperti bahan bakar atau penggantian komponen, dengan asumsi biaya operasional dan pemeliharaan 1% dari total investasi. Selanjutnya, hitung total energi yang dihasilkan selama umur proyek dengan memperhatikan kapasitas sistem dan faktor kapasitas (persentase waktu sistem beroperasi pada kapasitas penuh). Setelah itu, tentukan tingkat diskonto (discount rate) yang mencerminkan biaya modal atau tingkat pengembalian yang diharapkan.

<http://jurnal.umat.ac.id/index.php/jt/index>

Kemudian, hitung nilai sekarang (present value) dari seluruh biaya dan energi yang dihasilkan dengan mendiskontokan arus kas tahunan menggunakan rumus PV. Terakhir, bagi total nilai sekarang biaya dengan total nilai sekarang energi yang dihasilkan untuk mendapatkan LCOE, yang menunjukkan biaya rata-rata per unit energi (kWh atau MWh) selama umur proyek. Hasil LCOE ini dapat digunakan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi proyek atau membandingkannya dengan sumber energi lainnya. Adapun rumus-rumus terkait LCOE adalah sebagai berikut:

$$PV = \frac{\text{Nilai di Tahun } t}{(1 + r)^t}$$

$$LCOE = \frac{\sum PV_{\text{Investasi}+O\&M}}{\sum PV_{\text{Energi}}}$$

Jika hasil perhitungan LCOE menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan harga jual listrik di pasaran sehingga proyek dinilai tidak layak secara finansial, langkah selanjutnya adalah mencari Break Even Point (BEP) dengan menyesuaikan nilai investasi. Dalam hal ini, kita akan menghitung berapa besar investasi maksimal yang dapat dialokasikan agar LCOE sama dengan harga jual listrik target. Caranya adalah dengan mengulang perhitungan LCOE sambil secara bertahap mengurangi nilai investasi awal hingga diperoleh LCOE yang setara dengan harga pasar. Nilai investasi pada titik inilah yang menjadi batas ideal untuk menjamin proyek tetap layak. Pendekatan ini membantu menentukan skema pendanaan yang realistis, seperti mencari subsidi, insentif, atau teknologi yang lebih efisien untuk menekan biaya investasi tanpa mengorbankan kinerja sistem. Dengan demikian, proyek dapat mencapai titik impas meskipun kondisi pasar kurang menguntungkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem PLTS ini terdiri dari beberapa komponen utama dengan total biaya Rp30.800.000. Panel surya berkapasitas 300 Wp dibutuhkan sebanyak 5 unit dengan harga Rp2.000.000 per unit, sehingga total biaya untuk panel mencapai Rp10.000.000. Untuk inverter yang sudah termasuk MPPT, dibutuhkan 1 unit seharga Rp6.000.000. Sistem penyimpanan energi menggunakan 2 unit baterai berkapasitas 200 Ah 24V dengan harga Rp6.000.000 per unit, menjadikan total biaya baterai Rp12.000.000. Biaya instalasi dihitung sebesar 10% dari total biaya komponen utama, yaitu Rp2.800.000. Seluruh referensi harga diperoleh dari berbagai e-commerce dengan nilai yang telah dibulatkan untuk mempermudah perhitungan. Adapun detail dapat dilihat pada table 1 berikut :

Tabel 1. Estimasi Biaya (Besaran biaya merupakan pembulatan) pada skenario 1

Komponen	Spesifikasi	Harga Satuan	Qty	Total Biaya
1. Panel Surya	300 Wp	Rp. 2.000.000	5	Rp.10.000.000
2. Inverter	Incl. MPPT	Rp. 6.000.000	1	Rp. 6.000.000
3. Baterai	200 Ah 24 V	Rp. 6.000.000	2	Rp. 12.000.000
4. Instalasi	10% dari Biaya	Rp. 2.800.000	1	Rp. 2.800.000
TOTAL				30.800.000

Sumber : e commerce lokal

Sebelum melakukan perhitungan Levelized Cost of Energy (LCOE) secara akurat, diperlukan data lengkap yang mencerminkan kondisi riil proyek dan konteks lokasinya. Informasi kritis seperti patokan harga listrik lokal, Tarif Dasar Listrik (TDL) saat ini, total produksi energi tahunan, masa hidup sistem, biaya pemeliharaan berkala, tingkat diskonto (interest rate), serta perkiraan net benefit harus disiapkan terlebih dahulu. Data-data ini tidak hanya memengaruhi akurasi perhitungan, tetapi juga membantu menentukan kelayakan finansial proyek dibandingkan dengan alternatif sumber energi yang ada. Berikut adalah rincian parameter yang perlu dilampirkan dalam tabel sebagai dasar analisis LCOE. Dengan informasi yang komprehensif, hasil perhitungan dapat memberikan gambaran realistis tentang potensi keuntungan, titik impas (BEP), serta sensitivitas proyek terhadap perubahan biaya atau harga energi di masa depan. Tabel 2 menampilkan nilai setiap informasi yang dibutuhkan untuk Analisa LCOE.

$$\begin{aligned} \text{Energi terproduksi} &= \text{Kapasitas Modul} \times \text{PSH} \times (100\% - \text{effisiensi}) \times 365 \\ \text{Energi terproduksi} &= 1,25 \times 4 \times 80 \times 365 = 1460 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net Benefit} &= \text{Produksi Energi Listrik} \times \text{TDL} - \text{Biaya Pemeliharaan} \\ \text{Net Benefit} &= 1460 \times 144.7 - \text{Rp. 308.000} = \text{Rp. 1.801.262} \end{aligned}$$

Tabel 2. Data Pendukung Analisa LCOE

Data	Keterangan		
Lokasi	Jabodetabek		
Produksi Energi Listrik	1460 kWh/tahun		
Masa Hidup (Life Time)	20 tahun		
Biaya Pemeliharaan (1% x Investasi) Per tahun	Skenario 1	Skenario 2 (- 10%)	Skenario 3 (+10%)
	Rp. 308.000	Rp. 277.200	Rp. 338.800
Diskonto (Konservatif)	6%		
Net Benefit	Rp.1.801.262		

Sumber : Data Pribadi

Dengan merujuk pada rumus ekonomi Teknik untuk mendapatkan LCOE, maka beberapa tahapan perlu diselesaikan terlebih dahulu dengan mengenai nilai dari nilai sekarang dari total biaya (PV O&M) dan nilai sekarang dari Produksi Energi (PV Total Energy), berikut adalah proses perhitungan untuk mendapatkan LCOE dalam beberapa tahapan yang berbasis pada skenario 1.

$$LCOE = \frac{PV_{\text{Total biaya}}}{PV_{\text{total energi}}} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan nilai PV total O&M dan PV total energi sebagaimana ditampilkan pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. PV Total O&M dan Total Energi

Skenario	O&M		PV Total Energi
	Total O&M	PV Total O&M	

<http://jurnal.umat.ac.id/index.php/jt/index>

	/ Bulan	/ Tahun	
Skenario 1	Rp. 277.200	Rp. 3.532.736	16746,085 kWh
Skenario 2	Rp. 308.000	Rp. 3.179.462	
Skenario 3	Rp. 338.800	Rp. 3.886.009	

Sumber : Data Pribadi

Berdasarkan tabel 3 maka didapatkan nilai LCOE pada masing-masing skenario beserta dengan kesimpulannya adalah sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4 berikut :

Tabel 4 Hasil perhitungan LCOE

Skenario	Hasil Perhitungan	
	LCOE (Rp / kWh)	TDL (Rp / kWh)
Skenario 1	Rp. 2.050	Rp. 1.444,7
Skenario 2	Rp. 1.845	
Skenario 3	Rp. 2.255	

Sumber : Data Pribadi

Agar nilai Levelized Cost of Energy (LCOE) yang dihasilkan dapat sebanding dengan Tarif Dasar Listrik (TDL) sebesar Rp 1.444,7/kWh, diperlukan penyesuaian signifikan terhadap total biaya investasi sistem PLTS. Adapun proses perhitungannya adalah sebagaimana dijelaskan pada operasi hitung berikut

$$BEP = TDL = LCOE$$

$$LCOE = \frac{PV_{Total\ biaya}}{PV_{total\ energi}} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

$$Rp. 1.444,7 = \frac{PV_{Total\ biaya}}{16746,085}$$

$$PV_{Total\ biaya} = 1.444,7 \times 16746,085 = Rp. 24.193.068,9995$$

$$\text{Bila, } PV_{Total\ Biaya} = I_{Investasi} + (PV_{O\&M})$$

$$\text{Dan, } O\&M = 1\% \times I_{Investasi}$$

maka dengan mempertimbangkan faktor diskonto dan masa hidup PLTS, berdasarkan tabel bunga (P/A, i, n) didapatkan :

$$PV_{Total\ Biaya} = I_{Investasi} + (1\% \times I_{Investasi} \times 11,470)$$

$$PV_{Total\ Biaya} = 1,1147 I_{Investasi}$$

$$I_{\text{investasi}} = \frac{PV_{\text{Total Biaya}}}{1.1147} = \text{Rp. 22.575.289,31}$$

Berdasarkan perhitungan dengan asumsi biaya operasional tahunan sebesar 1% dari total investasi, nilai investasi maksimum yang dapat diterima untuk mencapai LCOE setara dengan TDL adalah sebesar Rp 22.575.289,31. Dengan demikian, agar instalasi PLTS rumah tangga menjadi layak secara ekonomi di bawah kondisi tarif listrik saat ini, total biaya sistem perlu ditekan hingga nilai tersebut atau lebih rendah dari nilai investasi BEP. Hal ini mengindikasikan pentingnya strategi penurunan harga komponen, efisiensi sistem, atau dukungan insentif untuk mendorong adopsi PLTS di sektor rumah tangga.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan Levelized Cost of Energy (LCOE) pada tiga skenario, seluruh skenario menunjukkan bahwa biaya listrik dari instalasi PLTS rumah tangga masih lebih tinggi dibandingkan dengan Tarif Dasar Listrik (TDL) tahun 2025 sebesar Rp 1.444,7/kWh. Pada skenario 1, LCOE tercatat sebesar Rp 2.050/kWh, atau sekitar 30% lebih mahal daripada TDL, sehingga instalasi dinilai tidak layak secara ekonomi. Skenario 2 menghasilkan LCOE sebesar Rp 1.845/kWh, yang 22% lebih mahal dibandingkan TDL, dan juga dinyatakan tidak layak secara ekonomi. Adapun pada skenario 3, LCOE meningkat menjadi Rp 2.255/kWh, yaitu 36% lebih mahal dari TDL, sehingga kembali menunjukkan ketidaklayakan secara ekonomi. Dengan demikian, pada ketiga skenario, pemasangan PLTS rumah tangga tanpa adanya insentif atau penyesuaian biaya investasi masih belum kompetitif terhadap harga listrik konvensional.

Berdasarkan perhitungan dengan asumsi biaya operasional tahunan 1% dari total investasi, nilai investasi maksimum agar LCOE setara dengan TDL adalah Rp 22.575.289,31. Agar instalasi PLTS layak secara ekonomi, biaya sistem harus ditekan hingga nilai tersebut atau lebih rendah. Kondisi ini menunjukkan perlunya strategi penurunan harga komponen, peningkatan efisiensi sistem, atau pemberian insentif untuk mendorong penggunaan PLTS di sektor rumah tangga.

DAFTAR PUSTAKA

- IEA (2021). *World Energy Outlook 2021*.
Kementerian ESDM (2022). *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*.
IESR (2023). *Indonesia Energy Transition Outlook*.
GIZ Indonesia (2021). *Market Intelligence Report: Solar PV in Indonesia*.
IRENA (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2020*.
Sahabat Energi (2022). *Analisis Harga Panel Surya di Indonesia*.
Yao, L. et al. (2020). "Sensitivity Analysis on the Cost-effectiveness of Solar PV Systems in Southeast Asia", *Renewable Energy Journal*.
Widodo, S. et al. (2021). *Studi Kelayakan Ekonomi Sistem PV untuk Rumah Tangga di Perkotaan*.
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri ESDM No. 26 Tahun 2021 tentang PLTS Atap*.