

Studi Teknoekonomi Implementasi PLTS Atap 166,16 kWp sebagai Strategi Efisiensi Energi Gedung Setda Provinsi Jawa Tengah

Nanang Ariwibowo ¹

Rizky Adi Nugraha ²

¹ Magister Energi, Universitas Diponegoro

² Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Tengah

¹ nanangaribowos2energi@gmail.com

² rizkyadinugraha1304@asn.jatengprov.go.id

Abstrak

Peningkatan kebutuhan energi dan tingginya ketergantungan pada sumber energi fosil menjadi tantangan utama dalam mencapai target bauran energi baru terbarukan (EBT) nasional. Pemerintah Indonesia melalui Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 mendorong percepatan pengembangan energi surya sebagai sumber energi bersih yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keekonomian pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap pada Gedung Sekretariat Daerah (Setda) Provinsi Jawa Tengah sebagai salah satu langkah strategis efisiensi energi di sektor pemerintahan. Metode penelitian menggunakan pendekatan studi kasus dengan data konsumsi energi listrik gedung selama satu tahun terakhir, potensi radiasi matahari di Kota Semarang dari simulasi PVSyst, serta data biaya investasi dan pemeliharaan. Analisis keekonomian dilakukan menggunakan empat indikator utama, yaitu *Net Present Value (NPV)*, *Benefit-Cost Ratio (BCR)*, dan *Payback Period (PP)* dengan periode analisis selama 25 tahun dan tingkat diskonto mengacu pada suku bunga Bank Indonesia. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas optimal PLTS yang dapat dikembangkan sebesar 166,16 kWp menggunakan 248 modul surya Longli 670 Wp dan dua inverter Growatt berkapasitas 36 kW serta 110 kW, dengan potensi produksi energi mencapai 100 MWh per tahun. Investasi awal sebesar Rp2.319.806.200 menghasilkan periode pengembalian modal (PP) selama 8,7 tahun dan nilai *Benefit-Cost Ratio* sebesar 1,1. Dengan estimasi keuntungan bersih Rp2.336.797.519 selama umur proyek, maka proyek ini dinilai layak dan menguntungkan untuk direalisasikan. Temuan ini mendukung implementasi transisi energi di lingkungan pemerintah daerah sekaligus berkontribusi terhadap pencapaian target EBT nasional.

Keywords: PLTS atap, keekonomian energi surya, efisiensi energi, NPV, BCR, Payback Period.

Abstract

The increasing energy demand and heavy reliance on fossil fuels pose major challenges in achieving Indonesia's renewable energy target. The Government of Indonesia, through the National Energy Policy (RUEN) and Presidential Regulation No. 112 of 2022, promotes the acceleration of solar energy development as a sustainable clean energy source. This study aims to analyze the economic feasibility of developing a rooftop Solar Power Plant (PLTS) at the Secretariat Building of Central Java Province (Setda) as a strategic step for energy efficiency in the government sector. The research employs a case study approach using one-year electricity consumption data, solar irradiation potential in Semarang City obtained from PVSyst simulations, and investment and maintenance cost data. The economic analysis was carried out using four main indicators: Net Present Value (NPV), Benefit-Cost Ratio (BCR), and Payback Period (PP), with a 25-year analysis period and discount rate based on the Bank Indonesia benchmark interest rate. The results indicate that the optimal rooftop PLTS capacity is 166.16 kWp, consisting of 248 Longli 670 Wp solar modules and two Growatt inverters (36 kW and 110 kW), with an estimated annual energy production of 100 MWh. The total initial investment of IDR 2,319,806,200 yields a payback period of 8.7 years and a Benefit-Cost Ratio of 1.1. With a projected net benefit of IDR 2,336,797,519 over the system's 25-year lifetime, the project is considered financially feasible and profitable. These findings support the implementation of energy transition initiatives within regional government buildings and contribute to achieving Indonesia's national renewable energy targets.

Keywords: rooftop solar PV, economic feasibility, energy efficiency, NPV, BCR, payback period.

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan kebutuhan mendasar masyarakat modern, yang berperan penting dalam mendukung aktivitas ekonomi, sosial, dan budaya. Namun, hingga saat ini pasokan listrik nasional masih didominasi oleh sumber energi fosil, khususnya batubara, gas, dan minyak [1]. Kondisi ini menimbulkan tantangan serius, baik dari sisi keberlanjutan pasokan energi, dampak lingkungan, maupun komitmen Indonesia terhadap target penurunan emisi karbon. Oleh karena itu, pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) menjadi semakin penting dalam mendukung transisi energi nasional [2].

Sebagai pejabat fungsional Inspektur Ketenagalistrikan pada Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Provinsi Jawa Tengah, salah satu tugas pokok dan fungsi (tupoksi) adalah melakukan evaluasi terhadap pemanfaatan energi baru terbarukan di wilayah kerja [3]. Jawa Tengah sendiri memiliki potensi energi terbarukan yang besar, termasuk energi surya, bioenergi, dan hidro, yang belum sepenuhnya termanfaatkan secara optimal [4]. Menurut laporan Dinas ESDM Jawa Tengah, kapasitas terpasang PLTS di wilayah ini baru sekitar 70 MWp pada tahun 2023, padahal potensi teknisnya diperkirakan mencapai lebih dari 3 GWp [5].

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, energi baru terbarukan tidak hanya berperan dalam penyediaan listrik, tetapi juga dapat mendukung ketahanan pangan. Integrasi teknologi energi surya dengan sektor pertanian menghasilkan konsep yang dikenal sebagai Photovoltaic Agricultural Technology Systems (PATS) atau agrivoltaics [6]. Teknologi ini memungkinkan pemanfaatan lahan secara ganda untuk produksi pangan dan energi, sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya [7]. Selain itu, PATS berkontribusi dalam mengurangi risiko gagal panen akibat perubahan iklim dengan memberikan

perlindungan sebagian terhadap tanaman, sekaligus menghasilkan energi bersih yang dapat digunakan untuk sistem irigasi maupun pendinginan hasil panen [8].

Berbagai penelitian internasional menunjukkan bahwa PATS mampu meningkatkan produktivitas pertanian hingga 10–20% pada kondisi tertentu, sekaligus menghasilkan energi listrik yang signifikan [9]. Di Indonesia, konsep ini relatif baru, namun memiliki potensi besar mengingat luasnya lahan pertanian dan tingginya radiasi matahari tahunan, terutama di Jawa Tengah yang rata-rata mencapai lebih dari 4,8 kWh/m² per hari [10]. Dengan demikian, pengembangan PATS menjadi peluang strategis untuk mendukung ketahanan energi sekaligus ketahanan pangan nasional.

Seiring dengan berkembangnya teknologi, model PATS saat ini bervariasi berdasarkan jenis sumber energi, desain sistem fotovoltaiik, jenis pompa yang digunakan untuk irigasi, hingga sistem integrasi dengan jaringan listrik [11]. Kajian terhadap model-model PATS yang ada sangat penting dilakukan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai keunggulan, keterbatasan, dan prospek pengembangannya di Indonesia, khususnya di Jawa Tengah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan **literature review** dengan tujuan mengkaji perkembangan model *Photovoltaic Agricultural Technology Systems (PATS)* serta implikasinya terhadap pemanfaatan energi baru terbarukan dan ketahanan pangan. Metode penelitian ini disusun dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Identifikasi Topik

Topik penelitian difokuskan pada pengembangan PATS, yaitu integrasi sistem fotovoltaiik dengan sektor pertanian yang mendukung pemanfaatan energi surya sekaligus

peningkatan produktivitas pangan. Fokus kajian diarahkan pada model-model PATS yang berkembang secara internasional maupun potensi penerapannya di Indonesia, khususnya Jawa Tengah [1], [2].

2. Pencarian Literatur

Literatur dikumpulkan dari berbagai basis data akademik internasional seperti Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore, dan Google Scholar, serta sumber nasional termasuk laporan resmi Kementerian ESDM, Dinas ESDM Jawa Tengah, dan dokumen kebijakan pemerintah daerah. Kata kunci yang digunakan antara lain *agrivoltaics*, *PATS*, *solar irrigation*, *dual land use*, *energy and food security* [3].

3. Seleksi Literatur

Proses seleksi dilakukan dengan kriteria inklusi sebagai berikut:

- Publikasi dalam kurun waktu 10–15 tahun terakhir, kecuali untuk literatur klasik yang bersifat fundamental.
- Relevan dengan topik PATS, baik dari sisi desain sistem, dampak terhadap pertanian, maupun kontribusi terhadap energi.
- Studi kasus internasional dan nasional yang dapat memberikan perbandingan.
- Artikel terpublikasi di jurnal ilmiah bereputasi, prosiding, maupun laporan resmi pemerintah [4].

4. Klasifikasi Literatur

Literatur yang telah terseleksi dikategorikan ke dalam beberapa aspek:

- **Jenis model PATS:** fixed-tilt, tracking, floating, integrated irrigation, dan lain-lain [5].

- **Jenis pompa dan sistem irigasi:** pompa DC, AC, maupun hybrid [6].
- **Dampak terhadap hasil pertanian:** pengaruh pada produktivitas tanaman, efisiensi air, serta perubahan iklim mikro [7].
- **Kontribusi terhadap energi:** produksi listrik (kWh/kWp), efisiensi sistem, serta perbandingan dengan standar performa internasional [8].

5. Analisis Komparatif

Analisis dilakukan secara deskriptif-komparatif dengan membandingkan hasil studi internasional dan data lokal dari Jawa Tengah. Hasil analisis mencakup evaluasi keunggulan, keterbatasan, serta potensi implementasi PATS di Indonesia dalam mendukung transisi energi dan ketahanan pangan [9].

6. Sintesis dan Penyajian Hasil

Tahap akhir berupa penyusunan sintesis literatur yang disajikan dalam bentuk tabel perbandingan, grafik tren, serta narasi deskriptif. Penyajian dilakukan untuk menyoroti tren global, kondisi lokal, dan rekomendasi pengembangan PATS di Indonesia [10].

3. Hasil dan Pembahasan

Total luasan atap yang tersedia untuk pengembangan PLTS adalah 704,4 m² dan setelah dilakukan simulasi menggunakan PVsyst serta mempertimbangkan jalur akses maintenance maka diperoleh luasan efektif pemasangan modul surya sebesar 670 m². Beberapa parameter yang dimasukkan dalam simulasi diantaranya koordinat lokasi objek, sudut kemiringan modul surya sebesar 15°, orientasi mengikuti bangunan –30°, modul surya brand Longli Solar LR7-72HVH 670M dengan kapasitas 670 wattpeak/unit, inveter growatt. Hasil simulasi diperoleh bahwa total

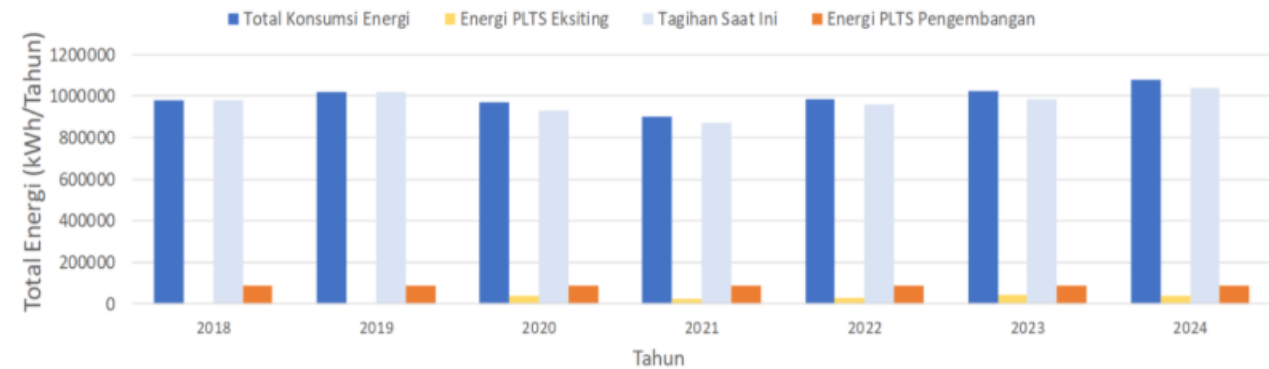
modul surya yang dapat dipasang sejumlah 248 unit yang terbagi kedalam dua kelompok dengan kapasitas inverter masing – masing 36 kW dan 110 kW. Selanjutnya adalah membuat rencana anggaran biaya (RAB) pengembangan Tabel 3. RAB Rencana Pengembangan PLTS

PLTS dengan komponen biaya mengacu pada RAB PLTS eksisting dan perbaharuan nilai harga satuan mengacu pada nilai pasar saat ini.

Tipe PV Longi Solar LR7-72HVH 670M dan inverter Growatt 36 kW MID 36KTL3-X dan 110 kW MAX 110KTL3-X LV					
No	Komponen Biaya	SATUAN	Jumlah Fisik	Harga per Satuan Rp	Jumlah Biaya Rp
Modul Surya					
1	Kabel 6 mm2 c/w konektor	m	468	22.537	10.547.200
2	panel surya c/w support	unit	248	6.859.677	1.701.200.000
Inverter					
3	Inverter 36 kWp dan 110 kWp	Set	1	300.000.000	300.000.000
Sistem distribusi					
4	Panel distribusi c/w aksesoris	unit	2	40.550.000	81.100.000
5	Kabel AC 5*10mm2	m	100	35.000	3.500.000
6	kotak kombiner DC	pcs	2	500.000	1.000.000
Sistem monitoring					
7	PC Monitor	set	2	24.000.000	48.000.000
8	Sistem Monitoring c/w data logger dan kabel	set	2	20.000.000	60.000.000
Grounding dan penangkal petir					
9	grounding rod 5/8 panjang 3 meter c/w alsespris	pcs	8	900.000	7.820.000
10	kabel BC 70 mm c/w aksesoris	m	200	125.000	25.344.000
11	kabel grounding NYAF 10 mm c/w aksesoris	m	200	35.000	11.465.000
12	Bak Grounding	pcs	2	485.000	970.000
13	grounding bar	pcs	2	62.500	125.000
14	pipa 3/4 inch panjang 1 meter	pcs	100	9.750	975.000
15	penangkal petir splitzen 3/4 inch dan kabel grounding	set	2	1.680.000	3.360.000
Instalasi					
16	Teknisi listrik bersertifikasi (Lead)	orang/hari	28	500.000	14.000.000
17	Teknisi panel surya	orang/hari	112	300.000	33.600.000
18	Tenaga pemasang struktur	orang/hari	112	150.000	16.800.000
Jumlah					2.319.806.200

Rencana pengembangan PLTS dengan kapasitas total 166,16 kWp diperkirakan membutuhkan biaya investasi awal sebesar Rp 2.319.806.200. Selanjutnya untuk kebutuhan analisis keekonomian biaya maintenance disepakati sebesar 1% dari nilai investasi awal, nilai inflasi sebesar 5% dan nilai diskonto

sebesar 5% pertahun. Sedangkan nilai biaya lain yang dikeluarkan selama masa investasi 25 tahun selain biaya *maintenance* adalah penggantian inverter saja yaitu sebesar Rp 300.000.000 dimana nilai tersebut akan terpengaruh dengan inflasi dan diskonto tiap tahunnya.



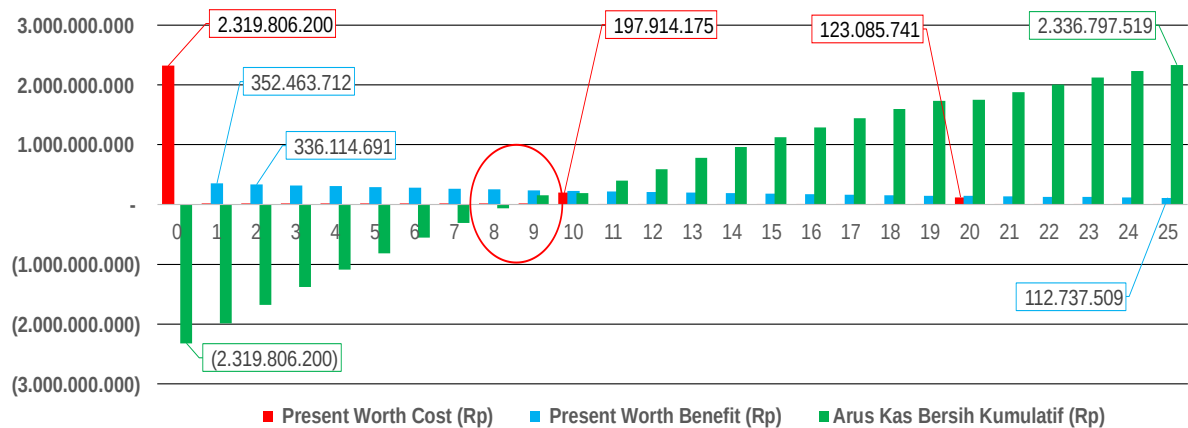
Gambar 2. Denah Ketersediaan Luasan Atap Untuk Rencana Pengembangan PLTS

Untuk perhitungan keuntungan dikonversi dari produksi energi hasil simulasi PVSyst sebesar 200 MWh/tahun dengan nilai tarif listrik PLN yang dipakai sebagai acuan

sebesar Rp 1.666 untuk bangunan instansi pemerintah. Gambar 3 menunjukkan bahwa produksi energi PLTS Pengembangan (bar orange) sangat kecil dibandingkan dengan

Beban yang masih ditagihkan saat ini. Sebagai contoh pada tahun 2024 total konsumsi energi gedung sebesar MWh dan terjadi penghematan oleh PLTS sebesar MWh. Sehingga masih ada tagihan yang sepenuhnya disupply oleh PLN sebesar MWh dan dengan pengembangan

PLTS total penghematan yang bertambah hanya MWh atau 6% saja. Artinya seluruh energi hasil pengembangan PLTS seluruhnya terserap untuk konsumsi beban dan tidak ada energi tereksport ke jaringan PLN.



Gambar 3. Hasil Analisis Keekonomian Pengembangan PLTS

Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa rencana pengembangan PLTS secara keekonomian menunjukkan nilai positif . Dengan modal awal / *Present Worth Cost* (PWC) sebesar Rp 2.319.806.200 diperkirakan setelah 25 tahun akan mendapatkan keuntungan dengan nilai NPV sebesar Rp 2.336.797.519. Total keuntungan ini diperoleh dari keuntungan perbulan / *Present Worth Benefit* (PWB) sebesar Rp 352.463.712 yang diperoleh dari nilai penghematan energi PLTS dan semakin menurun seiring dengan degradasi yang terjadi pada modul surya yang menyebabkan penurunan produksi energi. Terlihat pada tahun kedua keuntungan turun menjadi Rp 336.114.691 dan diakhir periode investasi pada tahun ke 25 menjadi Rp 112.737.509. Selain faktor degradasi modul, penyebab penurunan keuntungan adalah perubahan nilai inflasi dan diskonto serta biaya *maintenance* dan penggantian komponen inverter pada tahun ke 10 dan 20. Mengacu pada waktu garansi dari inverter yaitu selama 10 tahun maka pada perhitungan keekonomian penggantian inverter perlu dilakukan pada waktu tersebut dengan biaya penggantian inverter dan *maintenance* pada tahun ke 10 dan

ke 20 sebesar Rp 197.914.175 dan Rp 123.085.741. Meskipun demikian pengeluaran tersebut sudah tercukupi dari keuntungan bersih yang diperoleh terlihat dari grafik Alur Kas Bersih Komulatif yang mulai melandai dari nilai negatif menjadi positif pada tahun 8,5 tahun.

Tabel 4. Evaluasi Keekonomian Rencana Pengembangan PLTS

Indikator	Rumus Kriteria Kelayakan	Hasil Penelitian
Net Present Value (NPV)	$NPV > 0 \rightarrow \text{Layak}$	Rp 2.336.797.519
Benefit Cost Ratio (BCR)	$BCR > 1 \rightarrow \text{Layak}$	1,1
Payback Period (PP)	Semakin singkat semakin baik	8,7 tahun

Hasil tabulasi diatas menunjukkan bahwa seluruh aspek keekonomiqn pengembangan PLTS telah terpenuhi. Sehingga layak untuk diimplementasikan.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian rencana pengembangan PLTS pada Gedung Setda memperoleh kesimpulan berikut ini:

1. Dengan ketersediaan atap saat ini total kapasitas PLTS yang dapat dikembangkan sebesar 166,16 kWp yang terdiri dari 248 unit modulul surya Longli 670 wattpeak, dua unit inverter Growatt dengan kapasitas 36 dan 110 kW. Mampu menghasilkan produksi energi sebesar 100 MWh/tahun.
2. Total biaya investasi awal yang diperlukan sebesar Rp 2.319.806.200 diperkirakan hanya membutuhkan payback periode selama 8,7 tahun dan dengan nilai BCR sebesar 1,1 maka diperkirakan akan memperoleh nilai keuntungan setelah 25 tahun sebesar Rp 2.336.797.519. Hasil analisis keekonomian menunjukkan bahwa rencana pengembangan PLTS di Gedung Setda Provinsi Jateng menguntungkan untuk direalisasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2022*. Paris: IEA, 2022.
- [2] Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM), "Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2023," Jakarta: ESDM, 2023.
- [3] Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2017, "Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik."
- [4] Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, "Laporan Kinerja Energi Baru Terbarukan Jawa Tengah 2023," Semarang, 2023.
- [5] Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, "Statistik Energi Provinsi Jawa Tengah," Semarang, 2023.
- [6] C. Dupraz, H. Marrou, G. Talbot, et al., "Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes," *Renewable Energy*, vol. 36, no. 10, pp. 2725–2732, 2011.
- [7] A. Scognamiglio, "Agrivoltaics: Synergies and trade-offs between land, food, and clean energy," *Applied Energy*, vol. 283, 116254, 2021.
- [8] A. Amaducci, X. Yin, and M. Colauzzi, "Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production," *Applied Energy*, vol. 220, pp. 545–561, 2018.
- [9] J. Hassanpour Adeh, S. Selker, and B. Higgins, "Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency," *PLOS One*, vol. 13, no. 11, e0203256, 2018.
- [10] Global Solar Atlas, "Solar resource maps of Indonesia," World Bank Group, 2023.
- [11] Y. Sekiyama and A. Nagashima, "Solar sharing for both food and clean energy production: Performance of agrivoltaic systems for corn, tomato, and eggplant," *Renewable Energy*, vol. 141, pp. 208–216, 2019.
- [1] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, and D. Altman, "Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement," *PLoS Med.*, vol. 6, no. 7, e1000097, 2009.
- [2] A. Snyder, J. Barron-Gafford, and G. Barnett, "Agrivoltaics: Co-locating food and renewable energy production while adapting to climate change," *Nature Sustainability*, vol. 3, pp. 797–803, 2020.
- [3] J. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, et al., *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. London: Wiley-Blackwell, 2019.
- [4] R. Petticrew and H. Roberts, *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Oxford: Blackwell, 2006.
- [5] C. Dupraz, H. Marrou, G. Talbot, et al., "Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes," *Renewable Energy*, vol. 36, no. 10, pp. 2725–2732, 2011.
- [6] S. Mekhilef, R. Saidur, and A. Safari, "A review on solar energy use in industries," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 4, pp. 1777–1790, 2011.
- [7] J. Hassanpour Adeh, S. Selker, and B. Higgins, "Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency," *PLOS One*, vol. 13, no. 11, e0203256, 2018.
- [8] A. Amaducci, X. Yin, and M. Colauzzi, "Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production," *Applied Energy*, vol. 220, pp. 545–561, 2018.
- [9] Y. Sekiyama and A. Nagashima, "Solar sharing for both food and clean energy production: Performance of agrivoltaic systems for corn, tomato, and eggplant," *Renewable Energy*, vol. 141, pp. 208–216, 2019.
- [10] A. Scognamiglio, "Agrivoltaics: Synergies and trade-offs between land, food, and clean energy," *Applied Energy*, vol. 283, 116254, 2021.