

**Ranah Research**

E-ISSN: 2655-0865

Journal of Multidisciplinary Research and Development

082170743613

ranahresearch@gmail.com

<https://jurnal.ranahresearch.com>DOI: <https://doi.org/10.38035/rrj.v7i4>
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Optimalisasi Efisiensi Panel Surya dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga

Mochamad Karjadi¹¹ Universitas Gunadarma; mkaryadi98@gmail.comCorresponding Author: mkaryadi98@gmail.com

Abstract: *The purpose of this study is to identify and optimize the efficiency of solar panels in household PV systems in Indonesia, considering existing technical, economic, and policy factors. This study uses a literature phenomenology approach to explore the challenges and opportunities in optimizing the efficiency of solar panels in household-scale PV systems. Data were collected through literature studies from credible sources such as scientific journals, government reports (ESDM and PLN), and recent articles, then analyzed thematically to identify key issues. Data validity was maintained through source triangulation and verification of findings, ensuring that research results are accurate and reliable. The results of the study show that the implementation of household-scale PV systems in Indonesia still faces various challenges. The main challenges include low solar panel efficiency, high initial investment costs, and minimal public understanding regarding system maintenance. External factors such as weather fluctuations and shading also affect the performance of solar panels. In addition, government policies that are not yet fully supportive and limited fiscal incentives are obstacles to accelerating the adoption of PV in households. To overcome these challenges, technological innovation, public education, and policies that support the development of solar energy optimally and sustainably are needed.*

Keywords: *Efficiency, Solar Panels, PLTS, Households*

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengoptimalkan efisiensi panel surya dalam sistem PLTS rumah tangga di Indonesia, dengan mempertimbangkan faktor teknis, ekonomi, dan kebijakan yang ada. Penelitian ini menggunakan pendekatan fenomenologi kepustakaan untuk mengeksplorasi tantangan dan peluang dalam optimalisasi efisiensi panel surya di sistem PLTS skala rumah tangga. Data dikumpulkan melalui studi kepustakaan dari sumber kredibel seperti jurnal ilmiah, laporan pemerintah (ESDM dan PLN), dan artikel terkini, kemudian dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi isu utama. Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber dan verifikasi temuan, memastikan hasil penelitian akurat dan dapat diandalkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem PLTS skala rumah tangga di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Tantangan utama meliputi efisiensi panel surya yang rendah, biaya investasi awal yang tinggi, serta minimnya pemahaman masyarakat terkait pemeliharaan sistem. Faktor eksternal seperti fluktuasi cuaca dan bayangan (shading) turut memengaruhi kinerja panel surya. Selain itu,

kebijakan pemerintah yang belum sepenuhnya mendukung dan terbatasnya insentif fiskal menjadi hambatan dalam mempercepat adopsi PLTS di rumah tangga. Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan inovasi teknologi, edukasi masyarakat, dan kebijakan yang mendukung pengembangan energi surya secara optimal dan berkelanjutan.

Kata kunci: Efisiensi, Panel Surya, PLTS, Rumah Tangga

PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara tropis, memiliki potensi energi surya yang melimpah, dengan rata-rata intensitas penyinaran matahari mencapai 4,8 kWh/m² per hari (Adhiem et al., 2021). Potensi ini memberikan peluang besar bagi pengembangan energi terbarukan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), terutama untuk rumah tangga yang berada di wilayah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik utama. PLTS dapat memberikan solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil serta mengurangi biaya listrik rumah tangga dalam jangka panjang (Dani et al., 2021; Hibrizi et al., 2024). Meskipun potensi energi surya yang besar, penerapan sistem PLTS di Indonesia menghadapi sejumlah tantangan yang perlu diatasi untuk mencapai efisiensi yang optimal.

Efisiensi panel surya merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam keberhasilan sistem PLTS (Hadi et al., 2025). Panel surya yang ada saat ini masih memiliki efisiensi konversi energi yang terbatas, berkisar antara 15-20%. Berbagai faktor eksternal seperti suhu, shading, dan kondisi cuaca turut mempengaruhi kinerja sistem PLTS. Selain itu, biaya investasi awal yang tinggi, termasuk pembelian panel surya, inverter, dan baterai penyimpanan energi, sering kali menjadi hambatan utama bagi banyak rumah tangga untuk mengadopsi teknologi ini. Seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap pentingnya penggunaan energi terbarukan, riset dan inovasi di bidang teknologi surya semakin diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan menurunkan biaya sistem PLTS.

Kebijakan pemerintah dan regulasi yang mendukung juga memegang peranan penting dalam akselerasi penggunaan PLTS di masyarakat. Penyederhanaan prosedur perizinan, pemberian insentif fiskal, serta program subsidi yang lebih luas dapat menjadi langkah konkret dalam mendorong adopsi teknologi ini. Untuk itu, penting bagi berbagai pihak, baik pemerintah, akademisi, maupun sektor industri, untuk bekerja sama dalam mengatasi tantangan-tantangan yang ada, dengan tujuan untuk memastikan bahwa PLTS dapat menjadi solusi energi yang efisien, terjangkau, dan berkelanjutan bagi rumah tangga di Indonesia.

Di Indonesia, meskipun memiliki potensi energi surya yang melimpah, penerapan PLTS di rumah tangga masih menghadapi kendala yang signifikan (Pardede et al., 2022). Tantangan utama yang dihadapi antara lain adalah rendahnya efisiensi konversi energi dari panel surya, tingginya biaya investasi awal, serta kurangnya pemahaman masyarakat tentang pemeliharaan dan pengelolaan sistem PLTS. Selain itu, kebijakan pemerintah yang belum sepenuhnya mendukung adopsi PLTS skala rumah tangga juga memperlambat penetrasi energi terbarukan ini, meskipun di sisi lain, potensi penghematan biaya energi dalam jangka panjang sangat besar.

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang banyak dimanfaatkan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk menghasilkan listrik. Proses konversi energi matahari menjadi energi listrik terjadi melalui efek fotovoltaiik yang diterapkan pada panel surya (Hasrul, 2021). Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, intensitas cahaya matahari, dan kecepatan angin. Penelitian menunjukkan bahwa suhu tinggi pada panel surya dapat menurunkan kinerjanya, meskipun kecepatan angin memiliki pengaruh yang minimal terhadap efisiensi (Dahliya et al., 2021). Selain itu, pemantauan kinerja panel secara real-time menggunakan sistem berbasis nirkabel memungkinkan pengukuran arus, tegangan, dan intensitas cahaya untuk meningkatkan akurasi

dalam menghitung efisiensi panel (Pakradiga & Suryono, 2019). Upaya pengoptimalan PLTS juga dapat dilakukan melalui perbaikan sistem monitoring dan pengaturan sudut kemiringan panel surya agar menghasilkan daya listrik secara maksimal (Muchlishah et al., 2023).

Selain faktor teknis, efisiensi PLTS juga dipengaruhi oleh kebijakan dan dukungan pemerintah. Insentif dan subsidi energi terbarukan dapat mendorong adopsi PLTS di masyarakat, khususnya di daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional (Zubaydah et al., 2024). Penelitian menunjukkan bahwa PLTS dengan sistem off-grid menjadi solusi energi bersih yang efektif untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, sekaligus mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (Lubis et al., 2025). Dengan meningkatnya efisiensi teknologi dan dukungan kebijakan, PLTS berpotensi menjadi pilihan utama dalam penyediaan listrik ramah lingkungan bagi rumah tangga dan industri di masa depan (Suratno & Cahyono, 2023).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa meskipun PLTS memiliki potensi besar dalam mengurangi ketergantungan pada energi fosil, adopsinya di Indonesia masih rendah. Beberapa studi misalnya penggunaan panel surya 300 Wp dengan efisiensi 30,55% pada sudut kemiringan optimal 20°-30° mampu menghemat konsumsi listrik sebesar 30,54 kWh per bulan atau setara dengan penghematan biaya Rp. 41.290,08, yaitu 13,76% dari total tagihan listrik (Sulistiyowati & Fadholi, 2022). Rancang bangun PLTS mampu menyuplai beban sebesar 570 Wh selama 11 jam dengan rata-rata tegangan terbuka 20,40 V, arus hubung singkat 6,54 A, dan intensitas cahaya matahari 323,09 W/m² (Riafinola et al., 2022). Efisiensi konversi energi matahari dari panel surya monokristalin berkisar antara 18,46% hingga 20,62%, dengan efisiensi tertinggi sebesar 37,64% dan efisiensi pompa air submersible mencapai 77,3% (Suratno & Cahyono, 2023).

Observasi awal yang dilakukan di beberapa daerah di Indonesia menunjukkan bahwa rumah tangga yang telah mengadopsi PLTS cenderung mengalami kendala dalam hal pemeliharaan panel surya, terutama terkait dengan faktor shading dan kurangnya pemahaman tentang orientasi panel yang optimal. Beberapa daerah dengan intensitas sinar matahari yang tinggi seperti di Nusa Tenggara Timur menunjukkan hasil yang lebih baik dalam efisiensi energi, namun daerah dengan fluktuasi cuaca yang signifikan, seperti di Jawa Barat, mengalami penurunan efisiensi yang cukup drastis. Penelitian ini berfokus pada kesenjangan yang ada dalam literatur mengenai bagaimana faktor eksternal seperti suhu, shading, dan kondisi cuaca secara spesifik mempengaruhi efisiensi panel surya dalam konteks rumah tangga Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi kurangnya informasi mengenai pengaruh kebijakan pemerintah dan insentif fiskal terhadap adopsi teknologi PLTS di tingkat rumah tangga. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk melakukan penelitian yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan adopsi teknologi ini.

Penelitian ini menawarkan inovasi dalam hal pengembangan sistem monitoring berbasis sensor yang memungkinkan pemantauan kinerja panel surya secara real-time, serta memberikan rekomendasi mengenai penempatan panel yang optimal berdasarkan kondisi cuaca setempat. Selain itu, penelitian ini juga menyoroti pentingnya peran kebijakan pemerintah dalam mengatasi hambatan ekonomi yang dihadapi oleh rumah tangga dalam mengadopsi PLTS. Penelitian ini sangat relevan dalam mendukung pengembangan energi terbarukan di Indonesia, yang sejalan dengan komitmen negara untuk mengurangi emisi karbon dan meningkatkan ketahanan energi. Dengan meningkatnya kesadaran terhadap pentingnya energi terbarukan, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam merumuskan kebijakan yang mendukung adopsi PLTS serta memberikan panduan bagi masyarakat untuk memaksimalkan potensi energi surya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengoptimalkan efisiensi panel surya dalam sistem PLTS rumah tangga di Indonesia, dengan mempertimbangkan faktor teknis, ekonomi, dan kebijakan yang ada.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan fenomenologi kepustakaan untuk memahami secara mendalam tantangan dan peluang dalam optimalisasi efisiensi panel surya di sistem PLTS skala rumah tangga (Mahanum, 2021). Metode ini memungkinkan peneliti mengeksplorasi pengalaman dan perspektif dari berbagai sumber literatur yang berhubungan dengan efisiensi panel surya. Sumber data dalam penelitian ini dikumpulkan dari berbagai literatur yang relevan dan kredibel, termasuk jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, kebijakan pemerintah, serta artikel terkini. Penelusuran literatur difokuskan pada aspek teknologi panel surya, kebijakan energi terbarukan di Indonesia, dan tantangan implementasi PLTS di skala rumah tangga. Sumber utama berasal dari publikasi akademik dan laporan dari lembaga pemerintah seperti Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) serta Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi kepustakaan (library research) dengan menelaah dan menganalisis berbagai dokumen ilmiah dan kebijakan terkait. Data dikumpulkan secara sistematis untuk memahami dinamika efisiensi panel surya dan implementasi PLTS di lapangan. Penelusuran dokumen resmi dari lembaga pemerintah menjadi langkah penting dalam mengidentifikasi kebijakan terkini dan tantangan birokrasi yang dihadapi oleh masyarakat dalam mengadopsi PLTS. Proses analisis data menggunakan metode analisis fenomenologi, di mana hasil kajian literatur dikategorikan secara tematik untuk mengidentifikasi isu utama yang berkaitan dengan efisiensi panel surya. Analisis ini mencakup pemahaman mendalam terhadap pengalaman empiris yang tercermin dalam berbagai sumber literatur. Dengan menggunakan pendekatan ini, penelitian berupaya mengungkap faktor-faktor utama yang memengaruhi efisiensi sistem PLTS di tingkat rumah tangga.

Keabsahan data dijaga melalui teknik triangulasi sumber, yaitu dengan membandingkan informasi dari berbagai referensi yang kredibel dan diverifikasi kebenarannya. Validitas data juga diperkuat dengan memeriksa konsistensi temuan dari berbagai literatur yang berbeda serta mencocokkan hasil analisis dengan fakta empiris di lapangan. Pendekatan ini memastikan bahwa hasil penelitian memiliki tingkat keandalan dan akurasi yang tinggi dalam menggambarkan realitas tantangan dan peluang optimalisasi efisiensi PLTS di skala rumah tangga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indonesia sebagai negara tropis memiliki potensi energi surya yang sangat besar. Dengan rata-rata intensitas penyinaran matahari mencapai 4,8 kWh/m² per hari (Denis et al., 2024; Ipung & Thamrin, 2023), Indonesia berpotensi besar memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan. Namun, meskipun potensi ini melimpah, implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala rumah tangga masih menghadapi berbagai tantangan dan permasalahan yang signifikan. Salah satu permasalahan utama adalah rendahnya tingkat efisiensi panel surya yang digunakan di rumah tangga (Pardede et al., 2022; Wahyuni et al., 2023). Banyak panel surya yang beredar di pasaran memiliki efisiensi konversi energi yang terbatas (Puriza et al., 2021), berkisar antara 15% hingga 20%. Faktor ini menyebabkan kapasitas energi yang dihasilkan tidak optimal, terutama di daerah dengan intensitas cahaya matahari yang fluktuatif. Selain itu, kondisi cuaca seperti mendung, hujan, atau polusi udara dapat menurunkan kinerja panel surya secara signifikan.

Permasalahan lain yang dihadapi adalah tingginya biaya investasi awal untuk pemasangan sistem PLTS (Hidayat et al., 2019; Tharo & Hamdani, 2020). Meskipun dalam jangka panjang PLTS dapat mengurangi biaya listrik rumah tangga, harga panel surya, inverter, baterai penyimpanan energi, dan biaya instalasi masih tergolong mahal bagi sebagian besar masyarakat (Rudiyanto et al., 2023; Suprianto, 2023). Keterbatasan akses terhadap program subsidi atau insentif dari pemerintah juga menjadi kendala dalam mendorong adopsi PLTS di skala rumah tangga. Kurangnya pemahaman teknis mengenai pengelolaan dan perawatan panel

surya menjadi hambatan signifikan (Hayati et al., 2025). Banyak pemilik rumah tangga yang belum memiliki pengetahuan memadai untuk merawat panel surya agar tetap bekerja secara optimal. Penumpukan debu, kotoran, atau bayangan dari pohon dan bangunan dapat mengurangi efisiensi sistem secara drastis jika tidak ditangani dengan baik.

Regulasi dan kebijakan yang belum sepenuhnya mendukung juga menjadi tantangan dalam optimalisasi efisiensi PLTS (Ipna, 2024). Meskipun pemerintah telah mengeluarkan kebijakan terkait penggunaan energi terbarukan, implementasinya di tingkat lokal sering kali mengalami berbagai kendala birokrasi. Proses perizinan, tarif ekspor-impor listrik dari PLTS ke jaringan PLN, dan regulasi teknis lainnya masih memerlukan penyederhanaan untuk mendukung penetrasi PLTS skala rumah tangga yang lebih luas. Dengan berbagai tantangan ini, dibutuhkan upaya komprehensif untuk meningkatkan efisiensi dan adopsi PLTS skala rumah tangga di Indonesia. Sinergi antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sangat penting untuk mendorong inovasi teknologi, menekan biaya investasi, serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya energi terbarukan demi keberlanjutan energi di masa depan.

Berdasarkan data yang telah diberikan, kita dapat menganalisis bagaimana teori-teori yang dikemukakan oleh para peneliti dapat berhubungan dengan situasi dan tantangan yang dihadapi dalam penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia, terutama pada skala rumah tangga. Hasrul (2021) menyatakan bahwa energi surya adalah energi terbarukan yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga surya untuk menghasilkan listrik dengan menggunakan prinsip efek fotovoltaik pada panel surya (Hasrul, 2021). Hal ini sangat sesuai dengan data lapangan yang menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar dengan intensitas penyinaran matahari rata-rata 4,8 kWh/m² per hari (Denis et al., 2024; Ipung & Thamrin, 2023). Penggunaan panel surya yang dapat mengubah energi cahaya menjadi listrik memang sangat relevan, namun masalah efisiensi panel surya (15-20%) menjadi kendala utama dalam optimalisasi.

Dahliya et al. (2021) menjelaskan bahwa suhu dan kecepatan angin mempengaruhi efisiensi panel surya. Dalam penelitian mereka, efisiensi panel kristal tunggal adalah 11,716%, dan panel polikristalin lebih rendah. Hal ini juga sangat relevan dengan data lapangan yang menunjukkan adanya masalah efisiensi panel surya yang terpengaruh oleh kondisi cuaca, seperti mendung atau hujan. Meskipun intensitas penyinaran matahari Indonesia tinggi, variabilitas cuaca di beberapa wilayah menyebabkan penurunan efisiensi yang signifikan (Dahliya et al., 2021). Pakradiga & Suryono (2019) mengusulkan penggunaan sistem monitoring nirkabel untuk memantau efisiensi panel surya secara real-time. Hal ini dapat dihubungkan dengan masalah pemeliharaan dan perawatan panel surya di lapangan (Pakradiga & Suryono, 2019). Data menunjukkan bahwa banyak pemilik rumah tangga yang tidak memiliki pengetahuan yang memadai tentang cara merawat panel surya agar tetap berfungsi dengan optimal. Oleh karena itu, penggunaan sistem monitoring berbasis sensor sangat relevan untuk mendeteksi kinerja panel surya dan membantu pemilik rumah tangga dalam pemeliharaan.

Lubis et al. (2025) dan Suratno & Cahyono (2023) membahas peningkatan efisiensi PLTS yang berfokus pada pengoptimalan konversi energi matahari menjadi listrik. Mereka menyatakan bahwa faktor-faktor seperti orientasi panel, sudut kemiringan, dan kondisi lingkungan sangat mempengaruhi efisiensi (Lubis et al., 2025; Suratno & Cahyono, 2023). Data lapangan menunjukkan bahwa Indonesia memiliki intensitas penyinaran matahari yang cukup tinggi, namun faktor seperti bayangan dari pohon, bangunan, dan masalah shading memengaruhi efisiensi panel surya. Oleh karena itu, penelitian yang berfokus pada optimasi penempatan panel surya dengan memperhatikan jarak antar panel dan kemiringan sangat sesuai dengan kondisi lapangan di Indonesia.

Zubaydah et al. (2024) menjelaskan pentingnya kebijakan pemerintah dalam mempengaruhi pengembangan PLTS. Regulasi dan kebijakan yang belum sepenuhnya mendukung implementasi PLTS di Indonesia menjadi salah satu hambatan besar (Zubaydah et

al., 2024). Pemerintah sudah mengeluarkan kebijakan mengenai penggunaan energi terbarukan, namun data menunjukkan bahwa birokrasi yang kompleks dalam proses perizinan, serta keterbatasan subsidi untuk rumah tangga, masih menjadi kendala utama. Oleh karena itu, kebijakan yang lebih sederhana dan lebih mendukung adopsi PLTS sangat diperlukan untuk meningkatkan penetrasi teknologi ini.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap data lapangan serta kajian teori yang ada, sejumlah temuan penting terkait dengan optimalisasi efisiensi panel surya dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala rumah tangga di Indonesia berhasil diidentifikasi. Berikut adalah rangkuman dari temuan-temuan tersebut. Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar, dengan rata-rata intensitas penyinaran matahari mencapai 4,8 kWh/m² per hari. Potensi ini memberikan peluang besar bagi pengembangan PLTS, terutama di daerah-daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik utama. Namun, meskipun potensi ini begitu besar, sejumlah tantangan terkait fluktuasi cuaca menjadi hambatan utama. Faktor-faktor seperti mendung, hujan, dan polusi udara dapat mengurangi efektivitas konversi energi dari matahari. Oleh karena itu, dalam merancang dan mengelola sistem PLTS rumah tangga, penting untuk memperhitungkan faktor eksternal ini guna memaksimalkan potensi energi surya yang ada.

Dalam pengoperasian sistem PLTS rumah tangga, efisiensi panel surya yang digunakan masih terbilang rendah, berkisar antara 15% hingga 20%. Ini berarti sebagian besar energi matahari yang diterima panel tidak dapat dikonversi menjadi listrik. Penurunan efisiensi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal, seperti suhu panel, bayangan (*shading*) dari objek di sekitar panel, serta kecepatan angin. Berdasarkan pengamatan lapangan, efisiensi panel surya cenderung lebih tinggi pada kondisi cuaca cerah dan ketika panel dipasang dengan orientasi yang optimal sesuai sudut kemiringan yang tepat. Oleh karena itu, peningkatan desain dan teknologi panel surya, serta pemilihan lokasi pemasangan yang ideal, sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan.

Salah satu tantangan terbesar yang dihadapi dalam penerapan PLTS skala rumah tangga adalah tingginya biaya investasi awal. Biaya untuk membeli dan memasang panel surya, inverter, serta baterai penyimpanan energi sering kali menjadi beban yang berat bagi banyak rumah tangga. Meskipun penggunaan PLTS dapat mengurangi pengeluaran biaya listrik dalam jangka panjang, bagi sebagian besar masyarakat, biaya awal ini menjadi hambatan yang signifikan. Ditambah lagi, terbatasnya subsidi dan insentif yang diberikan pemerintah, serta kurangnya akses terhadap skema pembiayaan yang terjangkau, memperburuk masalah ini. Meskipun manfaat jangka panjangnya jelas, banyak masyarakat yang masih menganggap PLTS sebagai investasi yang terlalu mahal untuk saat ini.

Selain faktor eksternal yang mempengaruhi efisiensi, pemeliharaan yang kurang optimal juga menjadi faktor yang dapat menurunkan kinerja sistem PLTS. Kurangnya pemahaman pemilik rumah tangga tentang bagaimana merawat panel surya, seperti pentingnya membersihkan panel dari debu atau kotoran, serta memperhatikan adanya bayangan dari pohon atau bangunan di sekitar lokasi pemasangan, dapat mengurangi kinerja sistem secara signifikan. Untuk mengatasi masalah ini, penting bagi masyarakat untuk diberikan pelatihan dan informasi teknis mengenai cara merawat dan mengelola sistem PLTS secara efektif. Salah satu solusi yang dapat membantu dalam hal ini adalah penerapan sistem monitoring berbasis sensor. Dengan sistem ini, pemilik rumah tangga dapat memantau kinerja panel surya secara real-time dan mengetahui kapan perawatan atau perbaikan perlu dilakukan, sehingga sistem dapat beroperasi dengan efisiensi yang optimal.

Kebijakan pemerintah yang belum sepenuhnya mendukung implementasi PLTS skala rumah tangga juga menjadi hambatan dalam penetrasi energi terbarukan ini. Proses perizinan yang rumit serta kurangnya subsidi yang memadai masih menjadi penghalang bagi banyak rumah tangga untuk beralih ke sistem energi surya. Penyederhanaan prosedur perizinan serta pemberian insentif fiskal yang lebih besar, seperti subsidi untuk biaya investasi awal,

pengurangan pajak, atau skema pembiayaan yang lebih mudah diakses, akan sangat membantu dalam mempercepat adopsi teknologi PLTS. Kebijakan yang mendukung ini tidak hanya akan mengurangi beban biaya awal, tetapi juga dapat meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat tentang pentingnya pemanfaatan energi terbarukan.

Pengembangan teknologi panel surya, inverter, dan baterai yang lebih efisien dan terjangkau menjadi langkah krusial untuk mendorong adopsi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di kalangan rumah tangga Indonesia. Untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi, inovasi dalam desain panel surya harus menjadi prioritas. Misalnya, pengembangan panel surya bifasial yang dapat menangkap cahaya dari kedua sisi panel, atau teknologi fotovoltaik generasi keempat yang menawarkan efisiensi lebih tinggi dengan bahan-bahan yang lebih murah dan lebih tahan lama, bisa menjadi solusi untuk meningkatkan hasil konversi energi surya. Selain itu, untuk meningkatkan efektivitas penggunaan PLTS, teknologi sistem monitoring berbasis sensor juga perlu diperkenalkan secara luas. Sistem ini dapat memantau kinerja panel surya secara real-time, memberikan informasi mengenai kondisi panel, serta memberi peringatan jika ada masalah yang dapat mengurangi efisiensi. Dengan adanya sistem ini, pemilik rumah tangga bisa lebih sadar akan pentingnya perawatan dan pengelolaan sistem, sehingga kinerja PLTS bisa dimaksimalkan.

Di sisi ekonomi, pemerintah Indonesia perlu memberikan insentif fiskal yang lebih kuat untuk mendorong masyarakat berinvestasi pada teknologi energi terbarukan ini. Salah satu langkah yang bisa diambil adalah memberikan subsidi untuk biaya investasi awal PLTS yang masih tergolong tinggi, baik untuk pembelian panel surya, inverter, maupun baterai penyimpanan energi. Selain itu, pembebasan pajak atau program kredit dengan bunga rendah juga dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengurangi beban awal bagi masyarakat yang ingin memasang PLTS di rumah mereka. Dengan pengurangan tarif ekspor-impor listrik dari PLTS ke jaringan listrik nasional dan kemudahan dalam proses perizinan, masyarakat akan lebih tertarik untuk mengadopsi teknologi ini. Langkah-langkah ini tidak hanya akan membuat PLTS lebih terjangkau, tetapi juga mendukung pengembangan ekonomi hijau di Indonesia.

Dalam hal kebijakan, pemerintah harus segera menyederhanakan regulasi yang mengatur penggunaan energi terbarukan. Proses perizinan yang rumit dan prosedur administratif yang berbelit-belit sering kali menjadi hambatan bagi masyarakat yang ingin memasang PLTS. Oleh karena itu, penyederhanaan proses perizinan sangat dibutuhkan agar masyarakat tidak merasa terbebani oleh birokrasi yang rumit. Selain itu, kebijakan yang mempermudah akses masyarakat terhadap teknologi dan pembiayaan energi terbarukan sangat penting. Pemerintah juga perlu memperhatikan pentingnya penyuluhan dan pelatihan teknis untuk masyarakat, agar mereka dapat mengelola dan merawat sistem PLTS dengan efektif dan efisien. Pelatihan ini akan memberikan pengetahuan dasar mengenai cara merawat panel surya dan sistem penyimpanan energi, serta cara mengoptimalkan kinerja PLTS dalam kondisi cuaca yang bervariasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa meskipun Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar, penerapan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala rumah tangga masih menghadapi sejumlah tantangan, terutama terkait dengan efisiensi panel surya yang rendah, biaya investasi awal yang tinggi, serta kurangnya pemahaman masyarakat mengenai pemeliharaan sistem. Fluktuasi cuaca dan faktor eksternal seperti shading juga mempengaruhi kinerja panel, sementara kebijakan pemerintah yang belum sepenuhnya mendukung dan kurangnya insentif fiskal semakin memperlambat adopsi teknologi ini. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan dalam hal teknologi, penyuluhan kepada masyarakat, serta kebijakan yang lebih mendukung agar PLTS dapat dioptimalkan sebagai solusi energi terbarukan yang efisien dan terjangkau bagi rumah tangga di Indonesia.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa untuk mengoptimalkan penggunaan PLTS di rumah tangga Indonesia, perlu adanya peningkatan dalam efisiensi teknologi panel surya, serta pemahaman yang lebih baik mengenai pemeliharaan dan pengelolaan sistem. Rekomendasi yang dapat diberikan adalah mempercepat inovasi teknologi surya, memperkenalkan sistem monitoring berbasis sensor untuk pemeliharaan, serta memperkuat kebijakan pemerintah dengan insentif fiskal yang lebih besar dan penyederhanaan prosedur perizinan. Selain itu, penyuluhan yang lebih intensif kepada masyarakat mengenai manfaat dan cara merawat PLTS juga sangat penting. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan dalam hal pengukuran efisiensi secara real-time dan belum mencakup semua daerah di Indonesia yang berpotensi besar untuk pengembangan PLTS, sehingga hasilnya mungkin tidak sepenuhnya menggambarkan kondisi secara nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiem, M. A., Permana, S. H., & Faturahman, B. M. (2021). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya bagi Pembangunan Berkelanjutan*. Publica Indonesia Utama.
- Dahliya, D., Samsurizal, S., & Pasra, N. (2021). Efisiensi panel surya kapasitas 100 wp akibat pengaruh suhu dan kecepatan angin. *Sutet*, 11(2), 71–80.
- Dani, D. H. T. P., Wahyudi, D., & Noor, M. F. (2021). Pelatihan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Lampu Penerangan Jalan. *J-Dinamika: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 237–243.
- Denis, D., Windarta, J., Prihantoko, K. E., Miraj, F. R., & Rahman, G. (2024). Penerapan pembangkit listrik tenaga surya pada kelompok usaha bersama rumput laut di desa kemujan karimunjawa. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(1), 1–13.
- Hadi, M., Syauckani, I., Nuryadi, H., & Kencana, P. I. (2025). Literature Review: Metode Evaluasi Performa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indoensia. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 8(1), 280–289.
- Hasrul, R. R. (2021). Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, Dan Industri*, 5(2), 79–87.
- Hayati, P., Wulandari, T., & Widodo, N. (2025). Strategi Konservasi Energi di Sektor Pendidikan melalui Pendekatan Green Building. *Jurnal RanEdu Sains Dan Teknologi*, 1(1), 17–24.
- Hibrizi, D. R., Risma, P., Dewi, T., & Yudha, H. M. (2024). Analisa Implementasi Sistem PLTS Pikohidro Untuk Pertanian Ekonomi Hijau. *Techno Bahari*, 11(1), 35–41.
- Hidayat, F., Winardi, B., & Nugroho, A. (2019). Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro. *Transient*, 7(4), 875.
- Ipna, P. R. (2024). *Optimasi Adopsi Plts Skala Rumah Tangga Daya Terpasang 1.300 Va Dengan Menggunakan Metode Multi-Objective Particle Swarm Optimization*.
- Ipung, M. S. A., & Thamrin, S. (2023). Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya sebagai alternatif energi masa depan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 4(3), 2427–2435.
- Lubis, R. S., Siregar, R. H., & Mahdi, M. (2025). Pelatihan Pengenalan Energi Baru Terbarukan dan Alat-Alat Kelistrikkannya Bagi Pemuda di Sekitaran Kampus USK. *PESARE: Jurnal Pengabdian Sains Dan Rekayasa*, 3(1), 53–68.
- Mahanum, M. (2021). Tinjauan Kepustakaan. *ALACRITY: Journal of Education*, 1–12.
- Muchlishah, M., Nadhiroh, N., Nugroho, D. A., & Imaduddin, A. (2023). Peningkatan efisiensi sistem PLTS melalui optimasi susunan array panel surya. *JURNAL ELTEK*, 21(2), 50–57.
- Pakradiga, A., & Suryono, S. (2019). Sistem Sensor Nirkabel Untuk Monitoring Efisiensi Panel Surya. *Berkala Fisika*, 22(2), 77–85.
- Pardede, R., Satria, H., Ridwan, A., & Putri, S. M. (2022). Sosialisasi Budaya Hidup Bersih Menggunakan Teknologi Pemilah Sampah Otomatis Berbasis Panel Surya. *JMM (Jurnal*

- Masyarakat Mandiri*), 6(4), 2895–2902.
- Puriza, M. Y., Yandi, W., & Asmar, A. (2021). Perbandingan Efisiensi Konversi Energi Panel Surya Tipe Polycrystalline dengan Panel Surya Monocrystalline Berbasis Arduino di Kota Pangkalpinang. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 8(1), 47–52.
- Riafinola, H., Suciningtyas, I. K. L. N., Sholihuddin, I., & Puspita, W. R. (2022). Rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya pada penggunaan listrik rumah tangga. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(2), 79–84.
- Rudiyanto, B., Rachmanita, R. E., & Budiprasojo, A. (2023). *Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya*. unisma press.
- Sulistyowati, R., & Fadholi, A. (2022). Optimalisasi Panel Surya Untuk Skala Rumah Tangga. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, Dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, 1(1), 11–20.
- Suprianto, S. (2023). Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terhadap Pemakaian Beban. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 134–139.
- Suratno, S., & Cahyono, B. D. (2023). Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Catu Daya Pompa Air Submersible. *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, 7(2), 309–319.
- Tharo, Z., & Hamdani, H. (2020). Analisis biaya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap skala rumah tangga. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 3(2), 65–71.
- Wahyuni, E., Mubarak, H., & Setyani, A. N. A. (2023). Perancangan Teknologi Mesin Pompa Air Berbasis Panel Surya Untuk Kemandirian Listrik Skala Rumah Tangga: Indonesia. *Jurnal Abdimas Madani Dan Lestari (JAMALI)*, 80–94.
- Zubaydah, A., Sabilah, A. Z., Sari, D. P., & Hidayah, F. N. A. (2024). Mengurangi Emisi: Mendorong Transisi Ke Energi Bersih Untuk Mengatasi Polusi Udara. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, 4(1), 11–21.