

# Pemanfaatan Panel Surya Atap Rumah Tangga dalam Mengurangi Ketergantungan Energi Listrik Konvensional Kota Surabaya

<sup>1</sup>Angela Anita Nainggolan, <sup>2</sup>Ahmad Ralvi, <sup>3</sup>Amanda Fitria Ednaya Tanjung, <sup>4</sup>Deo Destomihi Nadeak, <sup>5</sup>Irpan Maulana

<sup>1,2,3,4,5</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

<sup>1</sup>[angelaanitanainggolan11@gmail.com](mailto:angelaanitanainggolan11@gmail.com), <sup>2</sup>[ahmad.ralvi@gmail.com](mailto:ahmad.ralvi@gmail.com), <sup>3</sup>[ednaya.amanda@gmail.com](mailto:ednaya.amanda@gmail.com),

<sup>4</sup>[deodestomohinsdeak@gmail.com](mailto:deodestomohinsdeak@gmail.com), <sup>5</sup>[irpanmaulana0526@gmail.com](mailto:irpanmaulana0526@gmail.com)

**Submit** : 11 Jun 2025 | **Diterima** : 18 Jun 2025 | **Terbit** : 19 Jun 2025

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi teknis dan kontribusi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap rumah tangga dalam mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik konvensional di Kota Surabaya. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif melalui simulasi produksi energi PLTS atap dengan data periode 2020–2023. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem PLTS atap mampu menghasilkan rata-rata energi sebesar 5.156 kWh per tahun, jauh melebihi konsumsi listrik rata-rata rumah tangga sebesar 1.204 kWh per tahun. Dalam skenario simulasi, jika 10% rumah tangga di Surabaya memasang PLTS atap, total energi yang dihasilkan mencapai 401 GWh per tahun, atau sekitar 33% dari total konsumsi rumah tangga kota. Hasil ini menunjukkan bahwa PLTS atap dapat secara signifikan mengurangi beban pasokan dari PLN, menghasilkan surplus energi, serta mendukung kebijakan transisi energi dan pengurangan emisi karbon. Penelitian ini merekomendasikan perlunya strategi implementasi PLTS atap secara luas melalui kebijakan insentif, edukasi publik, dan dukungan teknis.

**Kata kunci:** PLTS atap, Energi Terbarukan, Konsumsi Listrik, Surabaya, Energi Konvensional

## PENDAHULUAN

Indonesia menghadapi tantangan besar dalam sektor energi nasional yang masih sangat bergantung pada sumber energi fosil, khususnya batu bara, yang berdampak negatif terhadap lingkungan dan keinginan pasokan energi. Dalam konteks ini, energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), menjadi solusi strategi untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi konvensional dan menurunkan emisi karbon. Studi terkini menyatakan bahwa optimalisasi efisiensi panel surya pada sistem PLTS rumah tangga dapat memberikan kontribusi signifikan dalam memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan di Indonesia (Karjadi, 2025).

Kota Surabaya, sebagai kota metropolitan dengan tingkat konsumsi listrik rumah tangga yang tinggi, memiliki potensi radiasi matahari yang sangat besar, dengan rata-rata radiasi harian sekitar 5 kWh/m<sup>2</sup>. Potensi ini menjadikan Surabaya sangat ideal untuk penerapan PLTS atap sebagai solusi pengurangan konsumsi listrik dari sumber konvensional. Penelitian di wilayah Indonesia menunjukkan bahwa pemanfaatan PLTS atap dapat mengurangi konsumsi listrik PLN hingga 39,9%–110,5%, sekaligus menurunkan emisi karbon hingga 96,7% (Kalirungkut, 2022). Penelitian lain di Surabaya juga mengindikasikan bahwa sistem PLTS atap mampu memenuhi hingga 90% kebutuhan listrik rumah tangga, sehingga sangat potensial untuk dikembangkan lebih luas (Lukita et al., 2024).

Manfaat penggunaan panel surya atap untuk rumah tangga tidak hanya bersifat ekonomis, seperti pengurangan tagihan listrik bulanan dan peningkatan kemandirian energi, tetapi juga berdampak positif terhadap lingkungan dengan mengurangi jejak karbon. Penelitian menunjukkan bahwa investasi pada PLTS atap memberikan tingkat pengembalian yang menarik dan dapat

meningkatkan nilai properti rumah tangga (Pambayun & Iman, 2018)(Elektro & Diponegoro, 2020) . Selain itu, sistem PLTS atap yang dirancang dengan kapasitas sesuai kebutuhan rumah tangga dapat diintegrasikan dengan sistem penyimpanan energi untuk mengatasi penumpukan pasokan listrik akibat kondisi cuaca (Silaban & Sitompul, 2023) .

Namun implementasi PLTS atap rumah tangga di Surabaya masih menghadapi berbagai tantangan. Biaya instalasi awal yang relatif tinggi, kurangnya pemahaman masyarakat tentang teknologi dan manfaatnya, serta kurangnya dukungan kebijakan menjadi tantangan utama. Faktor teknis seperti efisiensi panel yang dipengaruhi oleh bayangan dan cuaca juga menjadi kendala dalam optimalisasi sistem PLTS atap (Karjadi, 2025) . Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi, edukasi masyarakat, dan kebijakan insentif yang mendukung percepatan adopsi PLTS di tingkat rumah tangga (Kalirungkut, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menyebarkan panel surya atap rumah tangga di Kota Surabaya dalam mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik konvensional. Fokus penelitian meliputi analisis potensi teknis, manfaat ekonomi dan lingkungan, serta pencegahan tantangan penerapan atap PLTS. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategi untuk pengembangan energi terbarukan di perkotaan, khususnya dalam mendukung transisi energi yang berkelanjutan di Surabaya.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Energi Terbarukan dan Panel Surya

Energi terbarukan merupakan energi yang bersumber dari alam dan dapat diperbarui, seperti energi surya, angin, dan udara. Energi surya memiliki peran penting dalam bauran energi nasional karena potensinya yang besar dan ramah lingkungan (Desember et al., 2021).

Panel surya (fotovoltaik) bekerja mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik melalui efek fotovoltaik. Jenis panel surya umum yang digunakan meliputi:

1. Monocrystalline: Efisiensi tinggi (15–22%), umur pakai panjang, harga relatif mahal.
2. Polycrystalline: Efisiensi sedang, harga lebih terjangkau, cocok untuk iklim panas.
3. Thin Film: Efisiensi rendah, biaya produksi murah, fleksibel dalam pemasangan (Nugroho et al., n.d.).

Efisiensi panel surya rata-rata 15–22% dan umur pakai mencapai 25–30 tahun, dengan penurunan efisiensi sekitar 0,5–1% per tahun (Listianto et al., 2024).

### Potensi Energi Surya di Surabaya

Surabaya memiliki potensi energi surya yang cukup besar dengan rata-rata radiasi matahari harian sekitar 5,04 kWh/m<sup>2</sup>/hari, dimana nilai ini bervariasi antara 4,82 hingga 6,81 kWh/m<sup>2</sup>/hari tergantung musim. Radiasi tertinggi biasanya terjadi pada musim kemarau, sementara musim hujan menyebabkan penurunan intensitas radiasi. Kondisi iklim tropis di Surabaya, yang ditandai dengan suhu rata-rata tahunan berkisar antara 28 hingga 30°C serta curah hujan yang tinggi, memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja panel surya (Nurhasanah & Jember, n.d.).

Suhu yang tinggi dapat menurunkan efisiensi panel surya karena meningkatnya resistansi dan berkurangnya kemampuan material semikonduktor dalam menghantarkan elektron. Meskipun demikian, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap dengan kapasitas sekitar 3 kWp di wilayah ini mampu menghasilkan listrik sekitar 4.200 kWh per tahun atau sekitar 13 kWh per hari, yang cukup untuk memenuhi hingga 90% kebutuhan listrik rumah tangga menengah. Selain itu, kajian mengenai peta atap dan kapasitas terpasang menunjukkan bahwa pemanfaatan atap rumah di Surabaya sangat potensial untuk instalasi panel surya, sehingga mendukung upaya peningkatan penggunaan energi terbarukan di tingkat rumah tangga (Performa et al., n.d.).

## Teknis Sistem PLTS Atap

Teknis sistem PLTS atap umumnya menggunakan metode perhitungan output energi berdasarkan rumus

$$E = H \times A \times \eta \times PR$$

di mana :

$H$  : radiasi matahari efektif

$A$  : luas panel

$\eta$  : efisiensi panel

$PR$  : performance ratio yang memperhitungkan kerugian sistem (Karuniawan et al., 2023).

Performance ratio menjadi indikator penting dalam menilai efisiensi aktual sistem dibandingkan kondisi ideal. Faktor teknis yang mempengaruhi output meliputi intensitas radiasi matahari, orientasi dan kemiringan panel, efisiensi inverter, suhu lingkungan, serta kondisi shading dan kebersihan panel (Energi et al., 2024). Surabaya memiliki potensi radiasi matahari harian sekitar 4,8–5,2 kWh/m<sup>2</sup>, cukup mendukung kinerja PLTS atap. Kenaikan suhu panel di atas standar dapat menurunkan efisiensi hingga 0,5% per °C, sementara debu dan kotoran dapat mengurangi output hingga 5–10%.

Metode evaluasi juga melibatkan monitoring langsung dan simulasi menggunakan perangkat lunak seperti PVsyst untuk memprediksi dan mengoptimalkan performa sistem (Sartika et al., 2023). Dengan demikian, evaluasi teknis yang komprehensif harus mempertimbangkan perhitungan output energi dan faktor-faktor teknis lingkungan serta sistem untuk memastikan kelayakan dan efisiensi PLTS atap di Surabaya (Akhmet & Serdar, 2021).

## Evaluasi Ekonomi Sistem PLTS

Dalam menilai kelayakan ekonomi sistem panel surya atap, digunakan beberapa indikator finansial utama yang umum dipakai dalam studi investasi energi terbarukan. Indikator tersebut antara lain:

- Net Present Value (NPV): NPV merupakan selisih antara nilai sekarang dari manfaat yang diperoleh dengan nilai sekarang dari biaya investasi. NPV positif menunjukkan bahwa proyek menguntungkan secara finansial.
- Internal Rate of Return (IRR): IRR adalah tingkat diskonto di mana nilai NPV sama dengan nol. IRR yang lebih tinggi dari tingkat bunga acuan (misalnya suku bunga pinjaman atau inflasi) menunjukkan bahwa proyek layak untuk dijalankan.
- Payback Period (PP): PP menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi awal dari penghematan listrik yang diperoleh. Semakin pendek PP, maka semakin cepat proyek memberikan keuntungan (Windarta et al., 2021).

Penghematan biaya listrik dari pemasangan PLTS atap sangat dipengaruhi oleh tarif listrik PLN dan kapasitas sistem yang dipasang. Di Indonesia, tarif listrik rumah tangga bervariasi tergantung pada golongan daya, dan penggunaan PLTS atap dapat mengurangi ketergantungan pada listrik PLN.

Penelitian oleh Satrio et al. (2020) melakukan perancangan dan analisis kelayakan tekno-ekonomi PLTS rooftop dengan kapasitas 1215 Wp pada rumah tangga di Semarang. Hasilnya

menunjukkan bahwa sistem tersebut dapat mengurangi tagihan listrik secara signifikan, dengan periode pengembalian investasi yang wajar (Elektro & Diponegoro, 2020)

Selain itu, studi oleh Pramudita et al. (2020) juga menunjukkan bahwa pemasangan PLTS on-grid pada rumah tangga dapat menghasilkan penghematan biaya listrik yang substansial, tergantung pada profil konsumsi energi rumah tangga tersebut (Pramudita et al., 2020).

### **Regulasi dan Dukungan Pemerintah**

Pemerintah Indonesia menetapkan target bauran energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025, sebagaimana tercantum dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Untuk mendukung pencapaian target tersebut, diterbitkan berbagai regulasi, termasuk Peraturan Menteri ESDM No. 2 Tahun 2024 yang mengatur pengembangan PLTS atap melalui penetapan kuota kapasitas terpasang dan penghapusan mekanisme ekspor-impor energi ke jaringan PLN (Dampak et al., 2025).

Selain regulasi, pemerintah juga menyediakan insentif fiskal dan non-fiskal untuk mendorong adopsi PLTS atap, seperti pembebasan Pajak Pertambahan Nilai (PPN), tax holiday, dan subsidi bunga. Program Hibah Sustainable Energy Fund (SEF) yang dikelola oleh Badan Pengelola Dana Lingkungan Hidup (BPDLH) juga memberikan dukungan finansial kepada pelanggan PLN yang memasang PLTS atap.

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus yang dikombinasikan dengan simulasi teknis. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan secara numerik potensi teknis dan kontribusi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap rumah tangga dalam mengurangi konsumsi listrik konvensional di Kota Surabaya.

### **Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian difokuskan pada wilayah Kota Surabaya karena daerah ini memiliki potensi radiasi surya yang tinggi serta konsumsi listrik rumah tangga yang besar. Analisis dilakukan dengan menggunakan data historis dan simulasi dalam rentang waktu 2020–2023.

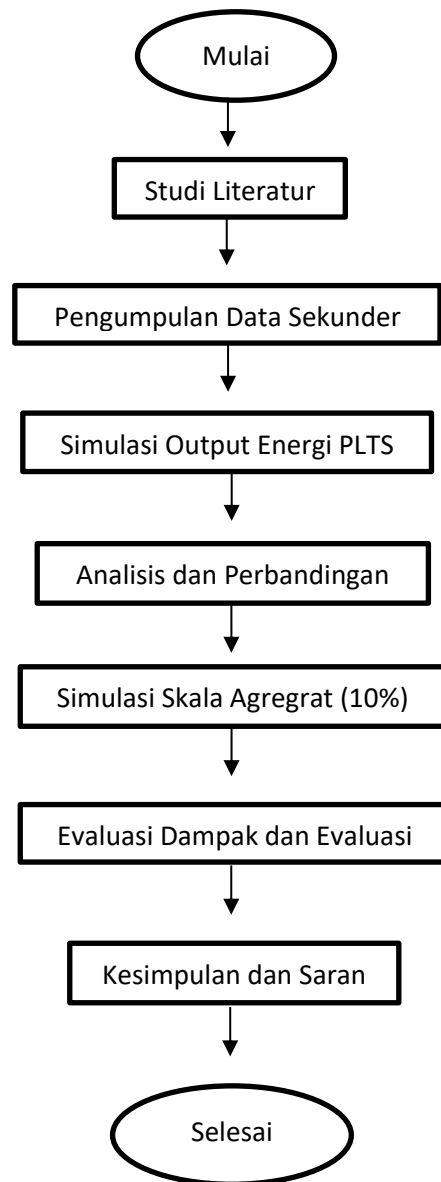
### **Sumber Data**

Untuk menunjang simulasi dan analisis, penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber terpercaya. Data yang digunakan mencakup:

1. Data konsumsi listrik rumah tangga dari BPS dan PLN,
2. Data jumlah rumah tangga di Kota Surabaya,
3. Data potensi radiasi matahari dari BMKG, serta
4. Literatur dan jurnal ilmiah terkait sistem PLTS atap.

### **Teknik Analisis Data**

Proses analisis dilakukan secara bertahap, dimulai dari perhitungan potensi energi yang dihasilkan oleh PLTS, dilanjutkan dengan perbandingan terhadap kebutuhan listrik rumah tangga, dan diakhiri dengan simulasi agregat. Setiap tahapan dirancang untuk mengukur kontribusi PLTS dalam mengurangi ketergantungan terhadap energi konvensional.



**Gambar 1. Diagram alir penelitian**

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Estimasi Energi yang Dihasilkan oleh PLTS Atap (2020–2023)

Berdasarkan simulasi output energi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap selama periode 2020 hingga 2023, diperoleh hasil sebagai berikut:

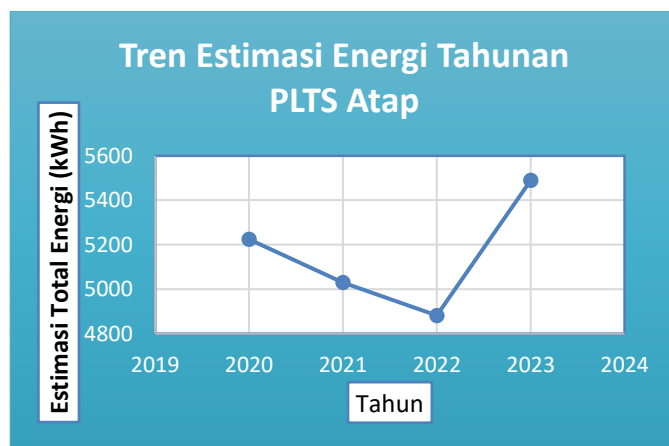
**Tabel 1. Tren Estimasi Produksi Energi PLTS Tahun 2020–2023**

Tahun	Estimasi Total Energi (kWh)
2020	5.224,46
2021	5.029,47
2022	4.881,51
2023	5.489,33

Berdasarkan tabel estimasi total energi yang dihasilkan oleh sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap selama periode 2020 hingga 2023, terdapat variasi nilai yang mencerminkan dinamika potensi energi surya dari tahun ke tahun. Pada tahun 2020, estimasi energi mencapai 5.224,46 kWh. Nilai ini kemudian menurun menjadi 5.029,47 kWh pada tahun 2021, dan kembali menurun lebih lanjut pada tahun 2022 sebesar 4.881,51 kWh. Penurunan selama dua tahun berturut-turut ini menunjukkan bahwa terdapat faktor-faktor tertentu yang memengaruhi penurunan potensi energi, seperti tingkat radiasi surya yang lebih rendah atau meningkatnya variabilitas cuaca.

Namun, pada tahun 2023, terdapat peningkatan signifikan hingga mencapai 5.489,33 kWh. Kenaikan ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi fluktuasi, potensi energi surya tetap dapat diandalkan dan mengalami pemulihan dari penurunan sebelumnya. Secara keseluruhan, perhitungan estimasi ini memberikan gambaran bahwa kapasitas produksi energi listrik melalui PLTS atap bersifat dinamis, dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan iklim tiap tahunnya.

Untuk memperjelas pola perubahan produksi energi dari PLTS atap selama empat tahun terakhir, digunakan grafik garis sebagai visualisasi data.



**Gambar 2. Visualisasi Tren Produksi Energi**

Grafik pada gambar 2 memperlihatkan tren estimasi energi tahunan yang dihasilkan oleh sistem PLTS atap dari tahun 2020 hingga 2023. Grafik ini menunjukkan pola fluktuatif dengan kecenderungan menurun selama dua tahun berturut-turut, kemudian mengalami lonjakan signifikan pada tahun terakhir. Pada tahun 2020, estimasi produksi energi berada pada angka 5.224,46 kWh. Nilai ini menurun menjadi 5.029,47 kWh pada tahun 2021 dan terus menurun hingga mencapai titik terendah sebesar 4.881,51 kWh pada tahun 2022. Penurunan tersebut diduga disebabkan oleh faktor lingkungan, seperti penurunan intensitas radiasi matahari, kondisi cuaca ekstrem, atau peningkatan variabilitas iklim yang dapat memengaruhi efisiensi sistem fotovoltaik.

Namun, pada tahun 2023, terjadi peningkatan tajam dalam produksi energi yang mencapai 5.489,33 kWh. Kenaikan ini menunjukkan adanya pemulihan potensi energi surya serta mengindikasikan bahwa sistem PLTS atap tetap memiliki performa yang adaptif terhadap kondisi lingkungan apabila dikelola dengan optimal. Secara keseluruhan, tren dalam grafik ini mengilustrasikan karakter dinamis dari sistem energi terbarukan, di mana fluktuasi produksi dapat terjadi namun tetap menunjukkan potensi jangka panjang yang positif. Visualisasi ini juga memperkuat hasil perhitungan kuantitatif sebelumnya bahwa sistem PLTS atap dapat memberikan

kontribusi signifikan terhadap penyediaan energi berkelanjutan, terutama dalam konteks pengurangan ketergantungan terhadap listrik konvensional dari PLN.

### Analisis Perbandingan Energi PLTS dan Konsumsi Rumah Tangga

Untuk mengevaluasi efektivitas sistem PLTS dalam mengurangi ketergantungan pada listrik PLN, dilakukan perbandingan antara output energi PLTS dan rata-rata konsumsi listrik rumah tangga di Kota Surabaya, yang tercatat sebesar 1.204 kWh per tahun.

**Tabel 2. Perbandingan Energi PLTS dengan Kebutuhan Listrik Rumah Tangga**

Tahun	Estimasi Total Energi PLTS (kWh)	Konsumsi Rumah Tangga (kWh)	Persentase Penggantian (%)
2020	5.224,46	1.204	433,9%
2021	5.029,47	1.204	417,7%
2022	4.881,51	1.204	405,5%
2023	5.489,33	1.204	456,0%

Berdasarkan perhitungan, sistem PLTS atap yang dianalisis menunjukkan kemampuan menghasilkan energi listrik yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan konsumsi listrik rata-rata rumah tangga per tahun, yakni sebesar 1.204 kWh. Pada tahun 2020, sistem PLTS mampu menghasilkan energi sebesar 5.224 kWh, yang berarti dapat menggantikan konsumsi listrik rumah tangga hingga sekitar 433,9%. Demikian pula untuk tahun-tahun berikutnya, dengan persentase penggantian berkisar antara 405,5% hingga 456,0%.

Angka tersebut menunjukkan bahwa kapasitas PLTS dalam simulasi ini mampu menghasilkan energi lebih dari empat kali lipat kebutuhan listrik tahunan rumah tangga rata-rata. Artinya, sistem ini tidak hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga, tetapi juga memungkinkan surplus energi yang berpotensi untuk disimpan atau disalurkan kembali ke jaringan listrik (grid).

Kondisi ini menunjukkan bahwa penerapan PLTS atap memiliki potensi besar untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi dari PLN, meningkatkan kemandirian energi rumah tangga, dan berkontribusi pada pengurangan emisi karbon jika implementasinya dilakukan secara luas.

### Simulasi Dampak Agregat Jika 10% Rumah Tangga Menggunakan PLTS

Menurut data statistik, jumlah rumah tangga di Kota Surabaya pada periode 2014–2015 berkisar antara 775.599 hingga 779.611, dengan rata-rata sekitar 777.605 rumah tangga. Jika 10% dari jumlah tersebut memasang PLTS atap, maka terdapat sekitar 77.761 rumah tangga yang memanfaatkan energi surya secara mandiri. Dengan asumsi setiap PLTS dapat menghasilkan energi sebesar 5.156 kWh per tahun, maka total energi terbarukan yang dapat dihasilkan oleh 10% rumah tangga di Surabaya mencapai:

$$77.761 \times 5.156 = 401.162.316 \text{ kWh} \approx 401 \text{ GWh per tahun}$$

Jumlah ini setara dengan sekitar 33% dari total konsumsi listrik rumah tangga di Surabaya. Simulasi ini menunjukkan bahwa adopsi PLTS pada skala rumah tangga secara agregat dapat

memberikan dampak besar dalam mengurangi beban pasokan dari PLN dan meningkatkan ketahanan energi kota.

### Implikasi Terhadap Energi dan Lingkungan

Penerapan PLTS atap rumah tangga secara luas memiliki dampak yang signifikan dalam mendukung transisi energi terbarukan. Dengan produksi energi yang melebihi kebutuhan rumah tangga, sistem ini tidak hanya menurunkan ketergantungan terhadap energi fosil, tetapi juga berkontribusi dalam pengurangan emisi karbon, peningkatan kemandirian energi, dan efisiensi biaya listrik jangka panjang. Dari hasil analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem PLTS atap merupakan solusi strategis yang layak untuk diterapkan dalam skala luas di kawasan perkotaan seperti Kota Surabaya.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap rumah tangga di Kota Surabaya terbukti memiliki potensi teknis yang signifikan dalam mendukung pengurangan ketergantungan terhadap energi listrik konvensional. Berdasarkan simulasi selama periode 2020–2023, sistem PLTS atap mampu menghasilkan energi rata-rata sebesar 5.156 kWh per tahun, atau lebih dari empat kali lipat kebutuhan listrik rumah tangga tahunan yang hanya sekitar 1.204 kWh. Analisis menunjukkan bahwa penerapan PLTS atap dapat memberikan surplus energi yang signifikan, serta potensi untuk mendukung mekanisme ekspor energi ke jaringan listrik (net metering). Dalam skala agregat, jika 10% rumah tangga di Surabaya mengadopsi PLTS atap, maka total energi terbarukan yang dihasilkan mencapai sekitar 401 GWh per tahun, setara dengan 33% dari total konsumsi listrik rumah tangga kota tersebut. Hasil ini menegaskan bahwa pemanfaatan PLTS atap bukan hanya layak secara teknis, tetapi juga strategis dalam mendukung kebijakan transisi energi bersih, meningkatkan kemandirian energi, serta mengurangi emisi karbon di wilayah perkotaan. Untuk mendukung adopsi yang lebih luas, diperlukan kebijakan insentif, edukasi publik, dan dukungan regulasi yang lebih kuat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Akhmet, P., & Serdar, N. (2021). Theoretical And Methodological Calculations Of Solar Energy Resource Potentials In The Northern. *01092*, 1–6.
- Dampak, A., Pembangkit, K., Surya, T., Pln, A., Pengembangan, T., Investasi, R., & Terbarukan, E. (2025). *Jurnal Commerce Law Police On Renewable Energy Development: CHALLENGES IN*. 4(2).
- Desember, J., Yuwono, S., & Pratama, N. W. (2021). *Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah*. 13(2), 161–171.
- Elektro, D. T., & Diponegoro, U. (2020). Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Kapasitas 1215 WP Dengan Sistem On Grid Skala Rumah Tangga Studi Kasus Perumahan Sambiroto Asri Kota Semarang Ditinjau Dari Teknis Dan Ekonomi Teknik. 9(4), 461–469.
- Energi, K., Pengurangan, D. A. N., & Operasional, B. (2024). *Performance Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Berkapasitas 1, 1 MWP Di Industri Dalam Konteks Peningkatan*. 7(1).
- Kalirungkut, J. R. (2022). *Simulasi Sistem PLTS Atap dan Harga Satuan Energi Listrik untuk Skala Rumah Tangga di Surabaya*. 18(2). <https://doi.org/10.17529/jre.v18i2.25535>

- Karjadi, M. (2025). *Optimalisasi Efisiensi Panel Surya dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya ( PLTS ) Skala Rumah Tangga*. 7(4), 3002–3010.
- Karuniawan, E. A., Ayu, F., Sugiono, F., Larasati, P. D., Elektro, J. T., Semarang, P. N., Mesin, J. T., & Semarang, P. N. (2023). *Analisis potensi daya listrik plts atap di gedung direktorat politeknik negeri semarang dengan perangkat lunak pvsyst*. 4(2), 75–80.
- Listianto, A. A., Purba, M. O., Nugrohowaty, T. F., & Srisadono, A. R. (2024). *Analisis perancangan panel surya atap pada rumah kos 36*.
- Lukita, A., Aribowo, W., Widyartono, M., & Rahmadian, R. (2024). *Analisis Potensi Daya Listrik PLTS Atap di Gedung K4 Universitas Negeri Surabaya*. 11(3).
- Nugroho, A. A., Isyanto, H., & Ibrahim, W. (n.d.). *Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Jenis Monocrystalline dan Thin Film*. 7(1), 1–8.
- Nurhasanah, A. F., & Jember, U. (n.d.). *Kajian Perumahan Iklim Terhadap Efisiensi Panel Surya*. 7(2), 366–375.
- Pambayun, A. P., & Iman, M. (2018). *Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Untuk Keperluan Pada Rumah Tinggal Studi Kasus : Rumah Tinggal Di Jalan Swadaya, DEPOK ( The Use Of A Solar Power Plant ( PLTS ) Roof For Home Needs Case Study : A House To Stay At Swadaya Street , Depok )*.
- Performa, P., Surya, P., Dan, M., Di, P., & Tropis, I. (n.d.). *Jurnal Teknik Indonesia*. x, 1–11.
- Pramudita, B. A., Aprillia, B. S., & Ramdhani, M. (2020). *Analisis Ekonomi On Grid PLTS Untuk Rumah 2200 VA*. 1(2), 23–27.
- Sartika, N., Nur, A., & Fajri, R. (2023). *Perancangan Dan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya ( PLTS ) Atap Pada Masjid JAMI ' AL-MUHAJIRIN Bekasi*. 1, 1–9.
- Silaban, S., & Sitompul, P. (2023). *: jurnal ilmiah teknik mesin*. 04(01), 41–48.
- Windarta, J., Handoko, S., Irfani, K. N., Masfuha, S. M., Energi, M., Pascasarjana, S., & Diponegoro, U. (2021). *Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-grid Menggunakan Software PVSyst untuk Usaha Mikro Kecil dan Menengah ( UMKM ) Coffeeshop Remote Area*. 42(3), 290–298. <https://doi.org/10.14710/teknik.v42i3.40242>