

ANALISIS PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA FASILITAS PENUNJANG TOWER BANDARA

ANALYSIS OF SOLAR POWER GENERATING SYSTEM DESIGN IN AIRPORT TOWER SUPPORT FACILITIES

Arif Zulfahri Siregar¹, Zuraidah Tharo², Dino Erivianto³

Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi^{1,2,3}

arifzulfahrisiregar@gmail.com¹, zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id², derivianto@gmail.com³

ABSTRACT

The objective of designing a solar power generation system (SPGS) for airport tower supporting facilities is to provide an environmentally friendly and efficient energy source. This study analyzes energy needs and the potential for utilizing solar energy as the primary resource to support the operation of supporting facilities. The methods used include power requirement analysis, selection of system components such as solar panels, inverters, batteries, and support structures, as well as simulations to measure the system's efficiency and reliability. The study results indicate that the SPGS can provide sufficient energy for facility operations, achieving conventional energy savings and reducing carbon emissions. The implementation of this system is expected to enhance energy efficiency at the airport and support sustainability initiatives in the management of airport infrastructure facilities.

Keywords: *Solar Power Generation, Renewable Energy System, Energy Efficiency, Airport Tower*

ABSTRAK

Perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada fasilitas penunjang tower bandara bertujuan untuk menyediakan sumber energi yang ramah lingkungan dan efisien. Penelitian ini menganalisis kebutuhan energi dan potensi pemanfaatan energi surya sebagai sumber daya utama dalam mendukung operasional fasilitas penunjang. Metode yang digunakan mencakup analisis kebutuhan daya, pemilihan komponen sistem seperti panel surya, inverter, baterai, dan struktur pendukung, serta simulasi untuk mengukur efisiensi dan keandalan sistem. Hasil studi menunjukkan bahwa PLTS mampu menyediakan energi yang cukup untuk operasional fasilitas dengan penghematan energi konvensional dan pengurangan emisi karbon. Implementasi sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi di bandara dan mendukung inisiatif keberlanjutan dalam pengelolaan fasilitas infrastruktur bandara.

Kata Kunci : Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Sistem Energi Terbarukan, Efisiensi Energi, Tower Bandara

PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi di berbagai sektor, bandara sebagai infrastruktur vital memerlukan pasokan listrik yang handal dan berkelanjutan untuk mendukung operasionalnya. Salah satu fasilitas penting di bandara adalah tower pengawas lalu lintas udara (ATC), yang memerlukan pasokan listrik tanpa gangguan untuk menjalankan fungsi utamanya. Ketergantungan pada sumber energi konvensional, seperti listrik dari jaringan publik, menimbulkan berbagai tantangan, termasuk biaya operasional yang tinggi, potensi gangguan pasokan,

serta dampak lingkungan akibat emisi karbon dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil.

Dalam upaya mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mendukung agenda keberlanjutan global, pemanfaatan energi terbarukan seperti tenaga surya menjadi solusi yang semakin diminati. Tenaga surya menawarkan sumber energi yang bersih, berkelanjutan, dan berpotensi besar untuk diimplementasikan pada fasilitas penunjang bandara, termasuk pada tower pengawas. Selain itu, perkembangan teknologi panel surya dan sistem penyimpanan energi memungkinkan penerapan sistem

pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) secara lebih efisien dan andal.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang sistem PLTS yang dapat mendukung operasional fasilitas penunjang tower bandara. Fokus penelitian meliputi analisis kebutuhan energi tower bandara, pemilihan komponen utama sistem PLTS, serta evaluasi potensi penghematan energi dan pengurangan emisi karbon. Dengan adanya penerapan sistem PLTS yang tepat, diharapkan operasional tower bandara dapat lebih efisien dan ramah lingkungan.

Energi terbarukan telah menjadi solusi strategis untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi permasalahan lingkungan global. Salah satu bentuk energi terbarukan yang paling potensial adalah tenaga surya. Menurut Pernyataan dari IRENA (International Renewable Energy Agency), energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling cepat berkembang di dunia, dengan teknologi panel surya yang semakin efisien dan biaya instalasi yang terus menurun. Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) bekerja dengan mengonversi sinar matahari menjadi energi listrik menggunakan panel fotovoltaik (PV). Panel PV ini dapat dipasang di atap, tanah, atau lokasi lainnya untuk memaksimalkan penangkapan sinar matahari.

Perancangan sistem PLTS memerlukan pemahaman mendalam tentang komponen utama seperti panel surya, inverter, baterai penyimpanan, dan perangkat pendukung lainnya. Menurut Duffie & Beckman (2013) dalam bukunya *Solar Engineering of Thermal Processes*, komponen-komponen ini harus dipilih dan dioptimalkan berdasarkan kondisi lokasi, kebutuhan energi, dan ketersediaan sinar matahari. Efisiensi

sistem sangat dipengaruhi oleh desain dan pemilihan material pada panel surya serta efisiensi inverter yang mengonversi energi DC dari panel menjadi AC yang dapat digunakan.

Tower bandara berperan penting dalam pengawasan lalu lintas udara dan sangat bergantung pada sumber energi yang stabil dan handal. Menurut Aminuddin (2020), fasilitas ini membutuhkan daya yang konsisten untuk operasional komunikasi, navigasi, dan sistem pencahayaan, yang jika terganggu, dapat mempengaruhi keselamatan penerbangan. Penggunaan energi terbarukan, khususnya tenaga surya, dapat menjadi alternatif yang efisien untuk mendukung kebutuhan energi ini tanpa mengorbankan keandalan sistem.

Menurut Global Green Growth Institute (GGGI, 2021), penerapan PLTS di fasilitas publik dapat mengurangi emisi karbon secara signifikan. Selain itu, PLTS juga mampu menurunkan biaya operasional jangka panjang melalui penghematan penggunaan energi dari jaringan listrik konvensional. Studi oleh Ahmad & Salim (2018) menunjukkan bahwa penggunaan tenaga surya di sektor transportasi dan infrastruktur dapat mengurangi emisi karbon hingga 30%, tergantung pada skala dan jenis aplikasi.

Penerapan konsep keberlanjutan di bandara merupakan bagian dari inisiatif global dalam menurunkan jejak karbon infrastruktur transportasi udara. Bandara dapat berperan sebagai pelopor dalam penggunaan energi terbarukan. ICAO (International Civil Aviation Organization) menekankan pentingnya pengurangan emisi gas rumah kaca dari kegiatan operasional bandara, termasuk melalui inisiatif penggunaan sumber energi bersih seperti PLTS.

METODE

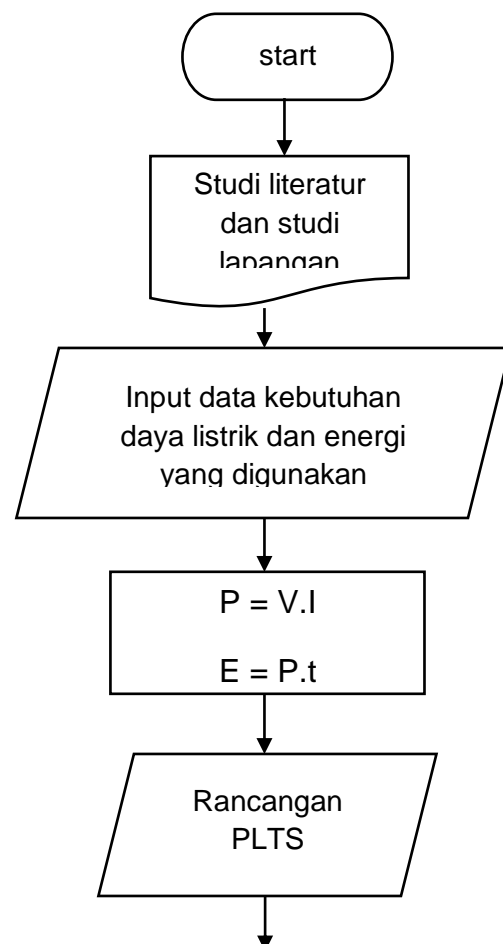
Penelitian ini menggunakan

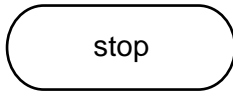
pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk menganalisis serta merancang sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang diaplikasikan pada fasilitas penunjang tower bandara. Langkah-langkah metode penelitian meliputi:

1. Studi Literatur
Dilakukan kajian pustaka terkait konsep dasar pembangkit listrik tenaga surya, komponen sistem PLTS, dan kebutuhan energi tower bandara. Sumber yang digunakan mencakup buku, jurnal ilmiah, laporan penelitian, dan dokumen teknis terkait implementasi PLTS pada infrastruktur bandara.
2. Pengumpulan Data Kebutuhan Energi
Data primer dan sekunder dikumpulkan untuk menentukan kebutuhan daya fasilitas penunjang tower bandara. Data primer meliputi pengukuran langsung konsumsi daya listrik peralatan di tower seperti sistem komunikasi, pencahayaan, dan alat navigasi. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari laporan operasional bandara dan standar kebutuhan daya untuk fasilitas kontrol lalu lintas udara.
3. Analisis Potensi Energi Surya
Analisis potensi energi surya di lokasi bandara dilakukan menggunakan data radiasi matahari tahunan yang diperoleh dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika). Data ini mencakup intensitas cahaya matahari, lama penyinaran per hari, serta variasi musim. Simulasi menggunakan software PVsyst dilakukan untuk memprediksi produksi energi harian dan bulanan dari panel surya yang akan dipasang.
4. Perancangan Sistem PLTS
Tahap ini melibatkan perancangan sistem PLTS berdasarkan kebutuhan energi dan potensi tenaga surya yang tersedia. Desain sistem mencakup pemilihan komponen utama, yaitu: Panel Surya, Inverter, Baterai dan Pengendali Pengisian (Charge Controller).

5. Analisis Biaya dan Keberlanjutan
Analisis biaya dilakukan untuk menghitung total investasi sistem PLTS, termasuk biaya pembelian komponen, instalasi, dan pemeliharaan. Perhitungan payback period dan potensi penghematan jangka panjang juga dilakukan untuk menentukan kelayakan ekonomi dari sistem ini. Selain itu, dampak lingkungan seperti pengurangan emisi karbon dihitung berdasarkan data konsumsi energi konvensional yang digantikan oleh PLTS.
6. Kesimpulan dan Rekomendasi
Berdasarkan hasil analisis dan simulasi, kesimpulan tentang kelayakan teknis dan ekonomi dari sistem PLTS pada fasilitas penunjang tower bandara disusun. Rekomendasi diberikan terkait optimalisasi desain sistem dan peluang implementasi di bandara lain.

Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada flowchart di bawah ini:





Gambar 1. Flowchart Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur tentang pembangkit listrik tenaga surya dan pemanfaatannya, selanjutnya melakukan observasi lapangan untuk lebih merincikan kebutuhan daya listrik di lokasi, selanjutnya melakukan analisis dan perhitungan komponen yang yang dibutuhkan pada tower bandara, lalu mendesain PLTS yang direncanakan. Dan ilustrasi perancangan PLTS pada tower bandara dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Desain PLTS Tower Bandara

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil observasi lapangan yang diperoleh pada penelitian tertera pada tabel berikut:

Tabel 1. Kebutuhan Daya Pada Tower Bandara

Peralatan (Beban)	Jumlah	Day a (W)	Waktu (h)	Total Energi perhari (Wh/kWh)
Lampu R. Utama LED	40	520	24	499.200
Downlight				
Lampu seluruh Kamar Tidur LED	30	390	12	140.400
Downlight				
Lampu Toilet Umum LED	20	260	24	124.800
Downlight				
Lampu Kamar mandi seluruh Kamar Tidur LED	35	13	3	1.365
Downlight				
Lampu depan (parkir) LED Essential	15	5	12	900
Lampu Koridor LT1-5 LED	25	13	12	3.900

Downlight				
AC 2 pk Peralatan Navigasi	23	180	24	993.600
AC 1 pk(kamar tidur & operasional)	30	750	24	540.000
Peralatan Radio Recorder	5	300	24	36.000
Tv lobby 55inc	3	300	24	21.600
Peralatan Radiolink Navigasi	15	150	24	540.000
Monitor komputer	30	480	24	345.600
Pc komputer	3	750	24	54.000
Monitor cctv	4	64	24	6.144
Monitor Pelatan Navigasi	7	700	24	278.784
Cctv ruangan	16	20	24	7.680
Wifi Lt 1,2,3 & 8	8	600	24	115.200
Kulkas softcase Polytron	10	190	24	456.000
Kulkas softcase GEA	1	220	24	5.280
Microwave	1	1.00	1	1.000
Kompur listrik	4	2.10	1	8.400
Dispenser royal	11	209	24	551.760
Lift	1	985	24	23.640
Total				4.755.253
38.767 watt				Wh/
				4.755 kWh

Berdasarkan data beban di atas maka diperoleh perhitungan untuk komponen yang dibutuhkan pada Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Fasilitas Penunjang Tower Bandara sebagai berikut:

Total beban energi per hari 4.755 kWh, maka

a. Panel Surya yang dibutuhkan dengan irradiansi rata-rata 4,5 jam per hari menggunakan panel surya 450 Wp.

Energi yang dihasilkan per panel per hari = 450 Wp x 4,5 jam = 2.025 Wh.

Jumlah panel surya yang dibutuhkan = Total kebutuhan energi harian / Energi per panel.

$$= \frac{4.755.253 \text{ Wh}}{2.025 \text{ Wh}} \approx 2.348 \text{ panel}$$

b. Dengan Total daya puncak yang dibutuhkan: 38.767 W (atau sekitar 39 kW), maka inverter yang dipilih harus dapat menangani daya ini dengan

- efisiensi tinggi, misalnya inverter dengan kapasitas 50 kW untuk memastikan kecukupan daya tersedia.
- c. Jika diinginkan cadangan energi untuk 24 jam tanpa sinar matahari, baterai perlu menyimpan 4.755 kWh. Dengan menggunakan baterai lithium-ion dengan kapasitas per unit sekitar 5 kWh, membutuhkan baterai sebanyak: Jumlah baterai yang dibutuhkan = $\frac{4.755}{5}$ = 951 baterai.
- Untuk komponen pendukung dapat disesuaikan dengan lingkungannya. Dengan kondisi di atas maka biaya yang dibutuhkan pada perancangannya sekitar:
1. Panel Surya
 - Kapasitas per panel: 450 Wp
 - Jumlah panel yang dibutuhkan: 2.348
 - Harga per panel (perkiraan): Rp 3.500.000
 - Total biaya panel surya = 2.348 x Rp 3.500.000 = Rp 8.218.000.000
 2. Inverter
 - Kapasitas inverter yang dibutuhkan: 50 kW
 - Harga inverter per unit 50 kW: Rp 150.000.000
 - Total biaya inverter = 1 x Rp 150.000.000 = Rp 150.000.000
 3. Baterai
 - Kapasitas per unit baterai: 5 kWh
 - Jumlah baterai yang dibutuhkan: 951
 - Harga per unit baterai 5 kWh: Rp 15.000.000
 - Total biaya baterai = 951 x Rp 15.000.000 = Rp 14.265.000.000
 4. Struktur Pendukung Panel Surya
 - Perkiraan biaya struktur per panel: Rp 500.000
 - Total biaya struktur = 2.348 x Rp 500.000 = Rp 1.174.000.000
 5. Sistem Proteksi dan Monitoring
 - Sistem proteksi dan monitoring (perkiraan biaya total): Rp 200.000.000
 6. Biaya Instalasi dan Pemasangan
 - Perkiraan biaya instalasi per watt: Rp 1.000

- Total daya sistem: 2.348 x 450 Wp = 1.056.600 W (sekitar 1,05 MW)
- Total biaya instalasi = 1.056.600 x Rp 1.000 = Rp 1.056.600.000

Total Biaya Keseluruhan

Dengan menjumlahkan seluruh komponen di atas:

- Total Biaya = Rp 8.218.000.000 + Rp 150.000.000 + Rp 14.265.000.000 + Rp 1.174.000.000 + Rp 200.000.000 + Rp 1.056.600.000
- Total Biaya Keseluruhan = Rp 25.063.600.000

Perkiraan total biaya untuk merancang dan mengimplementasikan PLTS dengan kapasitas yang mencukupi kebutuhan tower bandara adalah sekitar **Rp 25,06 miliar**.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengukuran yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas Sistem yang Dibutuhkan: Berdasarkan total kebutuhan energi harian sebesar 4.755 kWh, sistem PLTS harus mampu menyediakan daya yang mencukupi untuk mendukung seluruh peralatan operasional tower bandara.
2. Komponen Utama PLTS:
 - a. Panel Surya: Diperlukan sekitar 2.348 panel dengan kapasitas 450 Wp untuk menghasilkan energi yang mencukupi, dengan asumsi rata-rata iradiasi matahari sebesar 4,5 jam per hari.
 - b. Inverter: Untuk mengonversi daya searah (DC) dari panel ke daya bolak-balik (AC) yang dapat digunakan, dibutuhkan inverter berkapasitas sekitar 50 kW untuk memastikan daya output yang memadai.
 - c. Baterai: Untuk penyimpanan daya agar sistem tetap berfungsi selama 24 jam tanpa sinar matahari, diperlukan sekitar 951 baterai dengan kapasitas 5 kWh per unit.

3. Efisiensi Energi dan Keberlanjutan: Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi di tower bandara, mengurangi ketergantungan pada energi konvensional, dan mendukung pengurangan emisi karbon. Implementasi PLTS ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap inisiatif keberlanjutan dan pengelolaan energi ramah lingkungan.
4. Saran Pengembangan: Agar sistem dapat berfungsi optimal, perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai kondisi lokasi, iklim, serta pengaturan kapasitas komponen pendukung seperti struktur penopang panel, sistem proteksi, dan monitoring

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S., & Salim, A. (2018). *Renewable Energy in Transport Infrastructure: Potential and Challenges*. *Energy Policy Journal*, 45(3), 112-125.
- Aminuddin, R. (2020). *Studi Kebutuhan Energi pada Fasilitas Navigasi Penerbangan di Indonesia*. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(1), 67-76.
- BMKG. (2022). *Data Radiasi Matahari Tahunan Wilayah Indonesia*. Diakses dari <https://www.bmkg.go.id>
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Global Green Growth Institute (GGGI). (2021). *Green Growth and Renewable Energy Solutions for Sustainable Cities*. Diakses dari <https://www.gggi.org>
- ICAO (International Civil Aviation Organization). (2019). *Environmental Protection - Reducing Aviation's Climate Impact*. *ICAO Journal*, 74(2), 8-15.
- IRENA (International Renewable Energy Agency). (2021). *Renewable Energy Statistics 2021*. Diakses dari <https://www.irena.org>
- PVsys. (2022). *Software for the Design and Simulation of PV Systems*. Diakses dari <https://www.pvsys.com>
- Dewan, S. J., Nasional, E., & Siswanto, D. (n.d.). *Bauran Energi Nasional 2020*. Penanggung Jawab Peer Reviewer.
- Sepdian, S. (2020). *Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Berbasis Energi Surya dan Energi Angin*. *Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan*, 1(1), 23. <https://doi.org/10.37338/e.v1i1.95>.
- Tharo, Z., & Andriana, M. (2022). *Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya Dan Angin Sebagai Sumber Alternatif Menghadapi Krisis Energi Fosil Di Sumatera*.
- Pasaribu, R. M., & Tharo, Z. (2023). *Mekanisme Perencanaan Plts Off-Grid Untuk Daya 1300va Pada Rumah Tinggal*. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, 18(2), 52-58.
- 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.
- Tharo, Z., Syahputra, E., & Mulyadi, R. (2022). *Analysis of Saving Electrical Load Costs With a Hybrid Source of PLN-PLTS 500 Wp*. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 4(1), 235-243.
- Husni, F. H., Syukri, S., Muliadi, M., & Asyadi, T. M. (2022). *Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Gedung Pasca Sarjana Universitas Iskandar Muda*. *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology*, 2(1), 19-24.
- Pawenary, P., Khairunnisyah, P., & Pradana, A. E. (2022). *Analisa Studi Kelayakan Pembangunan PLTS 10 kWp di Graha YPK PLN*. *Jurnal Teknologi Elektro*, 13(3), 160-165.

Suprihartini, Y., Taryana, T., & Soebiantoro, R. (2023). Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid di Hangar Politeknik Penerbangan Indonesia Curug. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 20776-20783.