

RINGKASAN

KINERJA SOLAR PANEL *MONOCRYSTALLINE* 119,88 kWp DENGAN SISTEM *ON GRID* SEBAGAI *LOAD SHARING* ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG ADMIN AREA GRISSIK BERBASIS IoT.

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 20 Juni 2026

Asri Eka Putra; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si., dan Prof. Dr. Ir. Yohandri Bow, S.T., M.S., IPM

Performance Evaluation Of 119.88 kWp IoT Based On-grid Solar System At Admin Building Grissik.

xx + 84 Halaman, 22 Tabel, 58 Gambar, dan 2 Lampiran

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya kebutuhan energi listrik pada sektor industri serta tingginya kontribusi penggunaan energi berbasis bahan bakar fosil terhadap emisi karbon dioksida (CO₂). Pada operasionalnya, PT Energi menggunakan listrik sekitar ± 6.000 kW yang menghasilkan emisi CO₂ sekitar 3,55 ton. Kondisi ini menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik pada fasilitas industri memiliki hubungan langsung dengan peningkatan emisi karbon. Oleh karena itu, diperlukan strategi efisiensi energi dan pemanfaatan energi terbarukan untuk menurunkan konsumsi listrik berbasis bahan bakar fosil, mengurangi emisi, serta memperkuat agenda keberlanjutan perusahaan.

Program Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) disiapkan sebagai salah satu upaya perusahaan dalam mendukung efisiensi energi dan transisi menuju sistem energi yang lebih bersih. Pemanfaatan PLTS menjadi alternatif yang relevan karena energi surya dapat menghasilkan listrik tanpa proses pembakaran langsung. Dengan demikian, sistem ini berpotensi mengurangi penggunaan *fuel* gas, menurunkan emisi CO₂ dan mendukung agenda efisiensi energi perusahaan secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem PLTS on-grid berbasis panel surya *monocrystalline* yang terintegrasi dengan sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) pada Gedung Administrasi Grissik. Sistem PLTS yang diteliti memiliki kapasitas terpasang sebesar 119,88 kWp. Sistem ini terhubung secara *on-grid* dan dilengkapi perangkat pemantauan digital untuk memantau produksi energi listrik, performa sistem serta kondisi operasional secara *real-time*. Integrasi IoT menjadi penting karena kinerja PLTS sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan teknis seperti iradiasi matahari, suhu lingkungan, sudut kemiringan panel, potensi bayangan, orientasi panel, dan tata letak instalasi.

Berdasarkan hasil penelitian selama periode Juli sampai Desember 2025, sistem PLTS *on-grid* pada Gedung Administrasi Grissik menunjukkan kinerja yang cukup baik dalam menghasilkan energi listrik. Total energi listrik yang dihasilkan selama enam bulan pengamatan mencapai 80.001 kWh. Rata-rata produksi energi listrik sebesar 13.333,50 kWh per bulan. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu memberikan kontribusi nyata terhadap pemenuhan sebagian kebutuhan energi listrik gedung. Selain itu, nilai performa sistem berada pada kisaran 67,10 sampai 77,07% dengan rata-rata performa sebesar 72,54%. Hasil ini menunjukkan

bahwa sistem panel surya *monocrystalline* masih dapat bekerja secara efektif dalam kondisi operasional lapangan.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa sudut kemiringan panel surya berpengaruh terhadap *output* energi listrik yang dihasilkan. Dari variasi sudut yang diamati sudut kemiringan 14° menjadi sudut paling optimum dalam menghasilkan energi listrik. Temuan ini menunjukkan bahwa aspek teknis pemasangan panel surya perlu diperhatikan dalam perencanaan dan pengembangan sistem PLTS. Sudut kemiringan yang sesuai dapat meningkatkan kemampuan panel dalam menerima radiasi matahari. Sebaliknya sudut yang kurang tepat dapat menurunkan potensi energi listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu, perencanaan sudut kemiringan panel perlu mempertimbangkan lokasi geografis, arah datang matahari, kondisi atap, dan potensi bayangan dari objek di sekitar area instalasi.

Dari aspek efisiensi energi, penerapan sistem PLTS *on-grid* terbukti mampu menurunkan konsumsi *fuel* gas pada Gedung Administrasi Grissik. Sebelum penerapan PLTS, rata-rata konsumsi *fuel* gas bulanan untuk penyediaan energi listrik mencapai 0,2821 MMSCF dengan biaya rata-rata sebesar US\$ 1.244,21 per bulan. Setelah PLTS diintegrasikan sebagai sistem *load sharing*, konsumsi *fuel* gas menurun menjadi 0,2054 MMSCF per bulan dengan biaya rata-rata sebesar US\$ 905,81 per bulan dan total penghematan volume *fuel* gas mencapai 1,2324 MMSCF. Penurunan ini menunjukkan bahwa energi listrik yang dihasilkan dari PLTS mampu menggantikan sebagian kebutuhan energi yang sebelumnya bergantung pada sumber energi berbasis bahan bakar fosil. Dengan demikian PLTS tidak hanya berperan sebagai sumber energi tambahan tetapi juga sebagai instrumen efisiensi energi pada fasilitas industri.

Dari aspek lingkungan, penerapan PLTS *on-grid* memberikan kontribusi positif terhadap penurunan emisi karbon dioksida. Total penurunan emisi CO₂ selama periode Juli sampai Desember 2025 mencapai 63,0397 tonCO₂, dengan rata-rata penurunan sebesar 10,5066 tonCO₂ per bulan. Nilai ini menunjukkan bahwa integrasi sistem PLTS mampu mendukung upaya mitigasi emisi karbon pada sektor industri minyak dan gas. Penurunan emisi tersebut juga menunjukkan bahwa penggantian sebagian konsumsi energi berbasis *fuel* gas dengan energi surya dapat memberikan dampak lingkungan yang signifikan.

Sistem pemantauan berbasis IoT menjadi salah satu faktor penting dalam menjaga efisiensi dan keandalan operasional PLTS. Melalui sistem pemantauan *real-time*, operator dapat mengetahui produksi energi, performa sistem serta potensi gangguan operasional secara lebih cepat. Data yang diperoleh dari sistem IoT juga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja, perencanaan pemeliharaan dan pengambilan keputusan operasional. Dengan adanya sistem ini, pengelolaan PLTS menjadi lebih terukur, cepat dan berbasis data.

Berdasarkan analisis kebutuhan energi listrik Gedung Administrasi Grissik, diketahui bahwa kebutuhan energi listrik harian gedung sebesar 599,40 kWh. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut secara lebih optimal, diperlukan penambahan 83 unit modul panel surya. Penambahan kapasitas ini berpotensi meningkatkan kontribusi PLTS terhadap pemenuhan kebutuhan energi listrik gedung. Namun, sebelum dilakukan penambahan panel, perlu dilakukan kajian teknis dan lingkungan secara lebih mendalam. Kajian tersebut meliputi analisis intensitas radiasi matahari, potensi bayangan, orientasi panel, sudut kemiringan, tata letak instalasi, kapasitas

struktur bangunan, sistem kelistrikan, keselamatan kerja, dan keberlanjutan operasional sistem.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem PLTS *on-grid* berbasis panel surya *monocrystalline* yang terintegrasi dengan IoT pada Gedung Administrasi Grissik mampu memberikan manfaat teknis, energi dan lingkungan. Dari sisi teknis, sistem mampu menghasilkan energi listrik dengan performa yang cukup baik. Dari sisi efisiensi energi, sistem mampu menurunkan konsumsi *fuel* gas. Dari sisi lingkungan, sistem mampu mengurangi emisi CO₂ secara signifikan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa PLTS *on-grid* berbasis IoT dapat menjadi solusi yang relevan untuk mendukung efisiensi energi, pengurangan emisi karbon, dan transisi energi bersih pada fasilitas industri di Indonesia.

Kata kunci : panel surya *monocrystalline*, sistem *on-grid*, pemantauan IoT, emisi CO₂, sistem energi terbarukan.

Kepustakaan : 34 (2018 - 2025)

SUMMARY

PERFORMANCE OF A 119.88 kWp MONOCRYSTALLINE SOLAR PANEL SYSTEM WITH AN ON-GRID SYSTEM AS ELECTRICAL ENERGY LOAD SHARING AT THE GRISSIK AREA ADMINISTRATION BUILDING BASED ON IoT.

Scientific Paper in the form of thesis, 20 Juni 2026

Asri Eka Putra, Supervised by Prof. Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si., dan Prof. Dr. Ir. Yohandri Bow, S.T., M.S., IPM

Kinerja Solar Panel Monocrystalline 119,88 kWp Sistem On-Grid Pada Gedung Admin Area Grissik Berbasis IoT.

xx + 84 Pages, 22 Tables, 58 Figures, and 2 Attachments

This research is motivated by the increasing demand for electrical energy in the industrial sector and the high contribution of fossil fuel-based energy use to carbon dioxide (CO₂) emissions. In its operations, PT Energi uses approximately $\pm 6,000$ kW of electricity, which produces around 3.55 tons of CO₂ emissions. This condition indicates that electricity consumption in industrial facilities has a direct relationship with the increase in carbon emissions. Therefore, energy efficiency strategies and the use of renewable energy are needed to reduce fossil fuel-based electricity consumption, decrease emissions, and strengthen the company's sustainability agenda.

The Solar Power Plant program was prepared as one of the company's efforts to support energy efficiency and the transition toward a cleaner energy system. The utilization of solar power is a relevant alternative because solar energy can generate electricity without a direct combustion process. Therefore, this system has the potential to reduce fuel gas consumption, decrease CO₂ emissions, and support the company's energy efficiency agenda in a sustainable manner.

This study aims to evaluate the performance of an on-grid Solar Power Plant system based on monocrystalline solar panels integrated with an Internet of Things monitoring system at the Grissik Administration Building. The investigated Solar Power Plant system has an installed capacity of 119.88 kWp. This system is connected to an on-grid system and equipped with digital monitoring devices to monitor electrical energy production, system performance, and operational conditions in real time. The integration of the Internet of Things is important because the performance of a Solar Power Plant is strongly influenced by environmental and technical conditions, such as solar irradiation, ambient temperature, panel tilt angle, shading potential, panel orientation, and installation layout.

Based on the research results during the period from July to December 2025, the on-grid Solar Power Plant system at the Grissik Administration Building showed fairly good performance in producing electrical energy. The total electrical energy

generated during the six-month observation period reached 80,001 kWh. The average electrical energy production was 13,333.50 kWh per month. This value indicates that the Solar Power Plant system was able to make a real contribution to meeting part of the building's electrical energy demand. In addition, the system performance ranged from 67.10% to 77.07%, with an average performance of 72.54%. These results indicate that the monocrystalline solar panel system can still operate effectively under actual field operating conditions.

The results also show that the tilt angle of the solar panels affects the electrical energy output produced. Among the observed angle variations, a tilt angle of 14° was found to be the most optimum angle for producing electrical energy. This finding indicates that the technical aspects of solar panel installation must be considered in the planning and development of Solar Power Plant systems. An appropriate tilt angle can improve the ability of the panels to receive solar radiation. Conversely, an unsuitable angle can reduce the potential electrical energy output. Therefore, the planning of the panel tilt angle should consider geographical location, solar direction, roof conditions, and shading potential from surrounding objects in the installation area.

From the perspective of energy efficiency, the implementation of the on-grid solar photovoltaic system has proven effective in reducing fuel gas consumption at the Grissik Administration Building. Before the installation of the solar PV system, the average monthly fuel gas consumption for electricity supply reached 0.2821 MMSCF, with an average cost of US\$ 1,244.21 per month. After the solar PV system was integrated as a load-sharing system, fuel gas consumption decreased to 0.2054 MMSCF per month, with an average cost of US\$ 905.81 per month. The total fuel gas savings during the observation period reached 1.2324 MMSCF.

This reduction indicates that the electricity generated by the solar PV system was able to substitute part of the energy demand that previously relied on fossil fuel-based sources. Therefore, the solar PV system not only functions as an additional energy source but also serves as an energy efficiency strategy that supports the reduction of fuel gas dependency in industrial facilities.

From the environmental aspect, the implementation of the on-grid Solar Power Plant system made a positive contribution to reducing carbon dioxide emissions. The total reduction in CO₂ emissions during the period from July to December 2025 reached 63.0397 tons of CO₂, with an average reduction of 10.5066 tons of CO₂ per month. This value indicates that the integration of the Solar Power Plant system can support carbon emission mitigation efforts in the oil and gas industrial sector. The emission reduction also shows that replacing part of fuel gas-based energy consumption with solar energy can provide a significant environmental impact.

The Internet of Things-based monitoring system is one of the important factors in maintaining the efficiency and operational reliability of the Solar Power Plant system. Through real-time monitoring, operators can identify energy production, system performance, and potential operational disturbances more quickly. The data obtained from the Internet of Things system can also be used as a basis for performance evaluation, maintenance planning, and operational decision-making. With this system, Solar Power Plant management becomes more measurable, faster, and data driven.

Based on the analysis of electrical energy demand at the Grissik Administration Building, the building requires 599.40 kWh of electrical energy per day. To meet

this demand more optimally, an additional 83 solar panel modules are required. This capacity addition has the potential to increase the contribution of the Solar Power Plant to meeting the building's electrical energy demand. However, before installing additional panels, a more comprehensive technical and environmental assessment is required. This assessment should include solar irradiation analysis, shading potential, panel orientation, tilt angle, installation layout, building structural capacity, electrical system readiness, occupational safety, and the operational sustainability of the system.

Overall, the results of this study indicate that the implementation of an IoT-integrated on-grid Solar Power Plant system based on monocrystalline solar panels at the Grissik Administration Building can provide technical, energy, and environmental benefits. From the technical aspect, the system was able to generate electrical energy with fairly good performance. From the energy efficiency aspect, the system was able to reduce fuel gas consumption. From the environmental aspect, the system was able to significantly reduce CO₂ emissions. Therefore, this study provides empirical evidence that an IoT-based on-grid Solar Power Plant system can be a relevant solution to support energy efficiency, carbon emission reduction, and clean energy transition in industrial facilities in Indonesia.

Keywords : monocrystalline solar panel, on-grid system, IoT Monitoring, CO₂ emissions, renewable energy systems.

Citation : 34 (2018 - 2025)