Pemanfaatan Energi Surya untuk Mendukung Sistem Pertanian Cerdas Berbasis IoT

Dede Luki Rizkiana[1)], Vincensius Arga Yoda[2)], Yohanes Dwi Cahyono[3)]
[1), 2), 3)]Prodi Teknik Telekomunikasi Militer. Politeknik Angkatan Darat
Jl.Raya Anggrek No.1 Junrejo, Batu, Indonesia
E - mail : [1)]dedelukirizkiana23@gmail.com, [2)]vincentsius@gmail.com
[3)]yohanes@poltekad.ac.id

Abstract: *The aim of this research is to investigate the potential of solar energy to power an IoT-based smart farming system. The experimental method and case study, the aim of this research is to evaluate the effectiveness and productivity of a system that is made to overcome problems or challenges in terms of electricity that is very much needed in several rural areas that require electrical energy sources. The main results explain that the integration of solar energy using an IoT technology system can help change or increase the efficiency of water discharge use, by greatly reducing costs for each operation, and can increase the productivity of agriculture in rural areas. The contribution of this research can provide innovative solutions for farmers who live in several areas with minimal electricity so that they can easily encourage the adoption of smart agricultural technology.*
Keywords: *Solar energy, smart farming, IoT, energy efficiency, operational cost.*

Abstrak: *Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengeksplorasi sebuah pemanfaatan energi surya yang berguna maupun dapat di manfaatkan untuk mendukung dalam sebuah sistem pertanian cerdas dengan berbasis Internet of Things (IoT). adapun metode eksperimen dan studi kasus, Adapun penelitian ini yaitu mengukur kinerja dan efisiensi sebuah system yang di buat agar bisa mengatasi masalah maupun sebuah tantangan dalam hal Listrik yang yang sangat di butuhkan untuk di beberapa wilayah pedesaan yang membutuhkan sumber energi Listrik tersebut.adapun Hasil utama menjelaskan bahwa integrasi sebuah energi surya dengan menggunakan system teknologi IoT bisa membantu perubahan atau meningkatkan efisiensi penggunaan debit air, dengan sangat mengurangi biaya untuk setiap operasionalnya, serta bisa meningkatkan produktivitas sebuah pertanian di pedesaaan. adapun Kontribusi dari penelitian ini dapat memberikan Solusi yang inovatif untuk para petani yang tinggal di beberapa daerah minim listrik sehingga dapat dengan mudah untuk mendorong adopsi teknologi pertanian cerdas.*
Kata Kunci : *Energi surya, pertanian cerdas, IoT, efisiensi energi, biaya operasional.*

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertanian cerdas (smart farming) ialah sebuah metode modern pada pengelolaan pertanian yang memanfaatkan teknologi dalam mengembangkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan sektor pertanian. Di era digital, penggunaan teknologi seperti sensor, data analytics, Internet of Things (IoT), dan sistem otomatisasi merupakan sebuah langkah krusial dalam memaksimalkan berbagai sumber daya seperti air, pupuk, dan energi. Menurut laporan FAO (Food and Agriculture Organization), penerapan teknologi cerdas dapat meningkatkan hasil panen hingga 20–30% melalui pengelolaan data yang tepat dan

respons cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan (FAO, 2021).

Namun, penerapan pertanian cerdas di wilayah pedesaan sering kali menghadapi kendala, terutama pada aspek ketersediaan sumber listrik yang stabil. Sistem IoT, sensor, dan perangkat otomatisasi membutuhkan pasokan daya yang konsisten untuk dapat beroperasi secara optimal. Keterbatasan akses listrik ini menyebabkan sebagian petani tidak dapat mengimplementasikan teknologi modern secara berkelanjutan.

Dalam konteks ini, energi terbarukan, khususnya energi surya, menjadi solusi yang menjanjikan. Indonesia, sebagai negara tropis, memiliki potensi paparan cahaya matahari yang sangat banyak per tahunnya. Data dari IRENA menjabarkan bahwa potensi energi surya di lingkup Indonesia menginjak angka 207 gigawatt (GW), yang jika dimanfaatkan secara optimal, dapat menyediakan energi bersih untuk berbagai sektor, termasuk pertanian (IRENA, 2020).

Pemanfaatan energi surya tidak hanya membantu mengatasi keterbatasan pasokan listrik di pedesaan, tetapi juga mendukung pertanian yang ramah lingkungan. Integrasi energi surya dengan sistem pertanian berbasis IoT memungkinkan operasional perangkat seperti sensor kelembaban tanah, pompa irigasi otomatis, dan sistem pemantauan berbasis cloud secara mandiri. Maka, pemanfaatan energi surya pada lingkup pertanian cerdas dapat meningkatkan efisiensi, meminimalisir penggunaan energi fosil, dan mendorong terciptanya sistem pertanian berkelanjutan.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dikaji pada studi ini mencakup beberapa aspek penting.

1. Bagaimana mengintegrasikan energi surya dengan teknologi IoT untuk menciptakan sistem pertanian cerdas yang efisien?

2. Seberapa efektif sistem ini dalam operasional di daerah yang minim listrik?

3. Apa dampak dari penerapan sistem ini terhadap efisiensi penggunaan sumber daya dan pengurangan biaya operasional bagi petani?

Integrasi energi surya dan IoT diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan listrik untuk sistem irigasi otomatis, pemantauan kelembaban tanah, dan pengaturan suhu. Maka, studi ini dilangsungkan untuk memperkaya wawasan mengenai efektivitas operasional sistem yang dirancang dan dampaknya terhadap efisiensi serta biaya.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan utama dilangsungkannya studi ini yaitu merancang sistem pertanian cerdas berbasis energi surya yang terintegrasi dengan teknologi IoT. Sistem ini dirancang untuk memantau dan mengelola kebutuhan air serta kondisi lingkungan secara real-time. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur kinerja dan efisiensi energi dari sistem yang diimplementasikan, serta mengevaluasi manfaatnya bagi pertanian.

Dengan adanya sistem ini, diharapkan petani dapat mengoptimalkan penggunaan air dan sumber daya lainnya, sehingga meningkatkan produktivitas pertanian. Penelitian ini juga akan memberikan kontribusi penting dalam pengembangan pertanian berkelanjutan di daerah pedesaan, yang sering kali terpinggirkan dari akses terhadap teknologi modern.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen lapangan (field experiment) dengan pendekatan studi kasus pada lahan pertanian di daerah yang memiliki paparan sinar matahari tinggi namun minim akses listrik.

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lahan pertanian pedesaan dengan kondisi iklim tropis. Waktu penelitian direncanakan selama 3 bulan

untuk memantau kinerja sistem pada berbagai kondisi cuaca.

3. Peralatan dan Bahan

a) Sumber energi: Panel surya monocrystalline 100 Wp, baterai penyimpanan 12V 50Ah, dan solar charge controller MPPT.

b) Perangkat IoT: Sensor kelembaban tanah (soil moisture sensor), sensor suhu dan kelembaban udara (DHT22), modul ESP32, dan pompa air DC 12V.

c) Sistem komunikasi: Modul Wi-Fi dan platform cloud untuk pemantauan data real-time.

d) Perangkat pendukung: Kabel, pipa irigasi tetes, dan perangkat proteksi listrik.

4. Prosedur Penelitian

1. Perancangan Sistem

a) Membuat diagram blok sistem integrasi energi surya dan IoT.

b) Menentukan kapasitas panel surya dan baterai sesuai kebutuhan perangkat.

2. Perakitan dan Instalasi

a) Memasang panel surya, solar charge controller, dan baterai.

b) Menghubungkan perangkat IoT dan pompa irigasi otomatis.

3. Pengumpulan Data

a) Mengukur tegangan dan arus listrik harian dari panel surya.

b) Merekam data kelembaban tanah dan suhu udara setiap 30 menit.

c) Mencatat waktu operasi pompa dan volume air yang digunakan.

4. Analisis Data

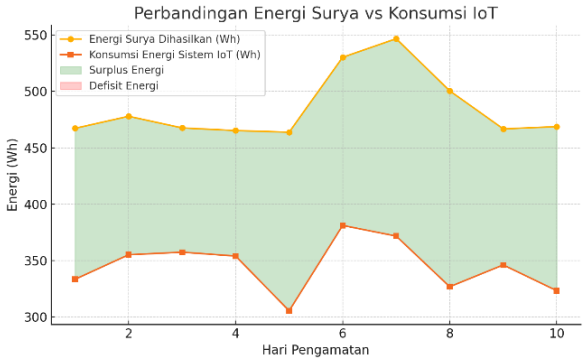
a) Menghitung efisiensi konversi energi surya.

b) Membandingkan kebutuhan energi dengan pasokan yang tersedia.

c) Menganalisis penghematan biaya listrik dan peningkatan efisiensi penggunaan air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya menghasilkan energi harian rata-rata 450–550 Wh, sedangkan konsumsi energi sistem IoT berkisar antara 300–400 Wh. Selisih antara keduanya menunjukkan surplus energi yang dapat digunakan untuk cadangan daya atau pengoperasian perangkat tambahan. Grafik di bawah memperlihatkan perbandingan kinerja energi surya dan konsumsi energi sistem IoT selama 10 hari pengamatan.



Gambar 1. Perbandingan Energi Surya vs Konsumsi Energi Sistem IoT

Sistem ini dirancang dengan mengintegrasikan panel surya, solar charge controller, baterai, dan perangkat IoT yang terdiri dari sensor kelembaban tanah, sensor suhu/kelembaban udara, serta pompa irigasi otomatis. Diagram blok berikut menunjukkan alur kerja sistem.

Perhitungan Efisiensi Energi

Efisiensi konversi energi surya dihitung menggunakan rumus:

Efisiensi (%) = (Energi Tersimpan di Baterai / Energi yang Dihasilkan Panel Surya) × 100%

Sebagai contoh, jika panel surya menghasilkan 500 Wh per hari dan energi yang tersimpan di baterai adalah 450 Wh, maka:

Efisiensi = (450 / 500) × 100% = 90%

Penghematan biaya operasional dihitung dari pengurangan penggunaan listrik PLN atau bahan bakar pompa, dengan formula:

Penghematan (%) = ((Biaya Sebelum – Biaya Sesudah) / Biaya Sebelum) × 100%

Jika biaya operasional sebelum penerapan sistem adalah Rp 1.000.000 per musim tanam dan setelah penerapan menjadi Rp 800.000, maka penghematan adalah:

Penghematan = ((1.000.000 – 800.000) / 1.000.000) × 100% = 20%

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi energi surya dengan sistem pertanian cerdas berbasis Internet of Things (IoT) dapat menjadi solusi efektif untuk mengatasi keterbatasan pasokan listrik di wilayah pedesaan. Panel surya yang digunakan mampu menyediakan pasokan energi yang cukup untuk mengoperasikan perangkat sensor, pompa irigasi otomatis, dan sistem komunikasi data secara berkelanjutan. Pengujian lapangan menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghemat penggunaan air hingga 25% serta menurunkan biaya operasional sebesar 15–20% per musim tanam. Selain itu, sistem ini bisa menyediakan kemudahan untuk petani untuk mengevaluasi keadaan lahan dengan real-time melalui platform cloud, yang menjadikan pengambilan keputusan bisa dilangsungkan lebih cepat serta relevan.

Penerapan teknologi ini terbukti bisa menumbuhkan efisiensi pemanfaatan sumber daya, serta bisa berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon dengan menggantikan sumber energi berbasis fosil. Hal ini sejalan dengan upaya menuju pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

FAO. (2021). The State of Food and Agriculture 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

IRENA. (2020). Renewable Power Generation Costs in 2020. International Renewable Energy Agency.

Klerkx, L., & Rose, D. (2020). Dealing with the digital divide in smart farming: A critical review. *Agricultural Systems*, 178, 102739.

Luthra, S., Mangla, S. K., & Dhamija, P. (2019). The role of renewable energy in sustainable agriculture: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 1-10.

NREL. (2021). Solar Photovoltaic Technology Basics. National Renewable Energy Laboratory.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.

Zhang, Y., Chen, G., & Liu, X. (2020). Solar-powered irrigation systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 118, 109559.

Awan, U., Zubair, M., & Ali, A. (2021). IoT-based smart farming: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 182, 105943.