

Rancang Bangun Sistem Keamanan Kebun Sayur Berbasis IoT Dengan Arduino Dan Panel Surya

Talif¹, Adriani², Ridwang³, St. Khadijah⁴

¹²³⁴ Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

e-mail: muhammadtalif1302@gmail.com¹, adriani@unismuh.ac.id², ridwang@unismuh.ac.id³, stkhadijah@unismuh.ac.id⁴

Abstract— *Agriculture plays a significant role in human survival. It is a crucial sector for national food security, particularly for small-scale farms such as vegetable gardens. An Internet of Things (IoT)-based security system for vegetable gardens has been successfully designed and implemented to anticipate disturbances and theft in agricultural areas. The core of the system is an Arduino Nano integrated with a PIR-based motion sensor and an ESP32-CAM camera module for continuous monitoring. If a potential threat is identified, the speaker automatically sounds, and an alert and image are simultaneously sent to the owner via the Telegram app using a Wi-Fi connection. An independent power source is provided by a 10-watt solar panel connected to a charge controller to charge a 12V battery. Tests have shown the system has a detection accuracy of 90% with an effective range of 7 meters. In terms of energy security, the solar panel demonstrates its ability to meet the system's entire power consumption, with the battery charging time from 50% to 100% taking approximately 4 hours under full sunlight. The resulting solution is a practical, efficient, and sustainable security innovation that can be applied to small-scale agricultural businesses.*

Keywords: *Security¹, Vegetable Garden², IoT³, Arduino⁴, Solar Panel⁵.*

ABSTRAK: Pertanian memiliki peranan yang sangat berarti dalam kelangsungan hidup manusia. Pertanian merupakan sektor penting dalam ketahanan pangan nasional, khususnya pertanian skala kecil seperti kebun sayur. Sistem keamanan berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk kebun sayur berhasil didesain dan diterapkan guna mengantisipasi permasalahan gangguan serta pencurian di area pertanian. Inti dari sistem ini adalah Arduino Nano yang terintegrasi dengan sebuah sensor gerak berbasis PIR dan modul kamera ESP32-CAM untuk melakukan pengawasan secara terus-menerus. Apabila teridentifikasi adanya potensi gerakan ancaman, maka secara otomatis speaker akan berbunyi dan pada saat yang bersamaan, sebuah peringatan dan gambar dikirimkan kepada pemilik melalui aplikasi Telegram dengan memanfaatkan koneksi Wi-Fi. Sumber tenaga yang independen diwujudkan dengan menggunakan panel surya berdaya 10 Watt yang dikoneksikan kepada sebuah pengontrol pengisian (*charge controller*) untuk melakukan pengisian daya pada baterai 12V. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini memiliki tingkat akurasi deteksi mencapai 90% dengan jangkauan efektif sejauh 7 meter. Di sisi ketahanan energi, panel surya tersebut menunjukkan kemampuannya untuk mencukupi seluruh konsumsi daya sistem, dimana durasi pengisian baterai dari level 50% menjadi 100% memerlukan waktu sekitar 4 jam di bawah paparan sinar matahari penuh. Solusi yang dihasilkan merupakan sebuah inovasi keamanan yang bersifat praktis, efisien, serta berkelanjutan yang dapat diaplikasikan pada usaha pertanian dengan skala kecil.

Kata Kunci: *Keamanan¹, Kebun Sayur², IoT³, Arduino⁴, Panel Surya⁵.*

I. PENDAHULUAN

Pertanian memiliki peranan yang sangat berarti dalam kelangsungan hidup manusia. Pertanian merupakan sektor penting dalam ketahanan pangan nasional, khususnya pertanian skala kecil seperti kebun sayur [1]. Di Indonesia, banyak masyarakatnya yang menggantungkan hidupnya di sektor pertanian. Selain itu keamanan kebun sayur juga merupakan aspek penting dalam pertanian modern, terutama di daerah-daerah yang berada dipegunungan, gangguan dari hewan liar atau rawan pencurian.

Seiring berkembangnya Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang berkembang pesat dan telah diterapkan di berbagai sektor kehidupan seperti industri, kesehatan, pertahanan, dan juga pertanian. Dalam konteks pertanian, pemanfaatan TIK telah memberikan banyak kemudahan, terutama dalam proses pengelolaan lahan. Penggunaan teknologi dalam sektor ini menjadi faktor penting dalam mendorong pengembangan ketahanan pangan [2]. Selain untuk memantau kondisi lahan, teknologi ini juga mampu memberikan berbagai kemudahan lainnya.

Salah satu teknologi yang dimaksud adalah *Internet Of Things* (IoT). IoT merupakan sebuah paradigma baru yang memungkinkan sistem komunikasi nirkabel secara modern dan efisien. Teknologi ini menghubungkan berbagai perangkat melalui jaringan internet untuk menjalankan fungsi-fungsi tertentu [3]. Perangkat IoT biasanya dibangun menggunakan sistem tertanam yang dirancang agar hemat energi. Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat seperti sensor, kamera, dan modul komunikasi untuk saling terhubung dan beroperasi secara otomatis. Sistem ini memungkinkan pengawasan jarak jauh melalui perangkat seluler atau komputer, serta memberikan notifikasi jika terjadi gangguan di area kebun. Dengan memanfaatkan Arduino, petani dapat membangun sistem keamanan yang hemat biaya namun fungsional. Penggunaan Arduino sebagai mikrokontroler dan panel surya sebagai sumber energi terbarukan memungkinkan sistem keamanan yang efisien dan ramah lingkungan. IoT memungkinkan perangkat seperti kamera ESP32-CAM, Sensor PIR/Sensor Gerak, dan alarm atau buzzer untuk saling terhubung dan dikendalikan melalui aplikasi Telegram boot atau *Blynk IoT*. Melalui sistem ini petani dapat menerima notifikasi secara langsung jika terdeteksi aktifitas mencurigakan, bahkan dari lokasi yang jauh.

Di daerah pedesaan, keterbatasan akses terhadap jaringan internet membuat para petani masih harus melakukan pemantauan langsung ke lahan untuk mengetahui kondisi tanaman dan lingkungan sekitar [4]. Sebagai solusi atas permasalahan ini, pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi mandiri menjadi pilihan yang tepat. Panel surya berfungsi mengonversi energi matahari menjadi listrik, dan kemudian disimpan dalam aki/baterai

dan digunakan untuk mengoperasikan sistem keamanan secara berkelanjutan, termasuk di malam hari.

Kemajuan teknologi saat ini memunculkan suatu inovasi bagi penulis untuk menciptakan suatu alat sistem keamanan kebun sayur berbasis IoT, di mana alat sistem yang diciptakan yaitu Rancang Bangun Sistem Keamanan Kebun Sayur Berbasis IoT Dengan Arduino Dan Panel Surya. Perancangan sistem ini menggunakan Modul ESP32-CAM, Arduino Nano, Sensor PIR dan Panel Surya

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Keamanan

Sistem keamanan dan monitoring kebun sayur secara umum adalah sistem yang dirancang untuk memantau dan menjaga keamanan kebun sayur, serta memastikan kondisi area kebun sayur tetap aman. Hal ini melibatkan penggunaan teknologi dan prosedur yang dirancang untuk melindungi kebun dari berbagai ancaman, baik dari ancaman hewan liar maupun manusia yang dapat merusak tanaman dan mencegah pencurian di area kebun sayur. Menurut [5], Sistem keamanan monitoring merupakan salah satu sistem yang bertugas dalam mengumpulkan data dan menganalisa data dari suatu sistem atau proses tertentu.

B. Internet Of Things

Internet of Things (IoT) adalah suatu pendekatan teknologi yang bertujuan memperluas penggunaan jaringan internet secara berkelanjutan dengan cara menghubungkan berbagai perangkat, mesin, serta objek fisik melalui jaringan sensor dan aktuator. Dengan sistem ini, informasi dapat dikumpulkan dan perangkat dapat dikendalikan secara otomatis, sehingga setiap elemen dalam jaringan mampu berkomunikasi dan beroperasi secara mandiri berdasarkan data yang diperoleh [6].

C. Arduino Nano

Arduino adalah sebuah platform physical computing yang bersifat open-source. Arduino tidak hanya berfungsi sebagai perangkat pengembangan, melainkan merupakan gabungan antara perangkat keras, bahasa pemrograman, dan Integrated Development Environment (IDE) yang mumpuni. IDE sendiri merupakan perangkat lunak yang berperan penting dalam menuliskan program, mengompilasi menjadi kode biner, serta mengunggahnya ke dalam memori mikrokontroler [7].

D. Panel Surya.

Panel surya terdiri dari sejumlah modul yang dapat disusun secara paralel maupun seri, bergantung pada kebutuhan daya dari sistem yang digunakan. Mekanisme kerjanya berlandaskan pada pertemuan antara semi konduktor tipe-N dan tipe-P. Karena mengandalkan cahaya sebagai sumber utama energinya, panel ini juga dikenal sebagai sel fotovoltaik, istilah yang berarti "listrik dari cahaya". Fungsi utama dari sel ini adalah menangkap serta menyerap energi matahari [8].

E. ESP32-CAM

ESP32-CAM adalah sebuah platform yang dapat membantu secara realtime dengan menerapkan kamera dan modul wifi yang ada didalamnya. Untuk melakukan pengaturan pada ESP32-CAM dibutuhkan FTDI USB to TTL yang kemudian dihubungkan modul kamera dan perangkat personal computer atau laptop [9].

F. Sensor PIR

Sensor PIR (Passive Infra-Red) merupakan alat elektronik yang dirancang untuk mengenali sinyal inframerah yang dipancarkan oleh makhluk hidup, seperti manusia atau hewan, saat mereka bergerak melintasi area jangkauan sensor. Saat pergerakan tersebut terdeteksi, sensor secara otomatis akan aktif dan dapat mengaktifkan sistem peringatan seperti alarm [10].

G. Speaker

Speaker atau juga dikenal sebagai pengeras suara adalah perangkat yang mengubah sinyal elektrik frekuensi audio (suara) melalui penggetaran komponen yang berbentuk membran untuk menggetarkan udara sehingga terjadilah gelombang suara yang terdengar sampai di gendang telinga dan dapat didengar sebagai suara [11]. Pada dasarnya, speaker berfungsi sebagai perangkat keluaran (output) yang mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara sehingga dapat ditangkap oleh indera pendengaran manusia. Proses ini berlangsung melalui prinsip elektromagnetik yang memanfaatkan getaran membran atau diafragma untuk menghasilkan suara. Dengan mekanisme tersebut, speaker dapat menyalurkan audio dari berbagai sumber, seperti komputer, televisi, ponsel pintar, hingga sistem tata suara berkelas profesional [12].

H. Aki 12V

Menurut [13] baterai adalah perangkat yang terdiri dari sejumlah sel listrik yang berfungsi menyimpan energi dalam bentuk kimia, yang kemudian dapat diubah menjadi energi listrik. Fungsinya adalah untuk menyediakan pasokan listrik ke berbagai sistem seperti starter mesin, sistem pengapian, pencahayaan, dan komponen kelistrikan lainnya.

I. Solar Charger Controller

Solar Charge Control adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengontrol arus (regulator saat ini) baik arus memasuki sel surya ke baterai dan beban output [14]. Meskipun arus yang mengalir dari baterai menuju beban. Fungsi utamanya adalah melindungi baterai dari risiko pengisian daya berlebihan (overcharge) dengan mengontrol tegangan dan arus yang masuk. Umumnya, panel surya berdaya 12 volt dapat menghasilkan tegangan DC yang melebihi batas aman jika tidak dikendalikan. Tanpa adanya pengaturan ini, baterai khususnya yang bertegangan 12 volt berpotensi rusak karena menerima arus pengisian melebihi ambang normal, yaitu sekitar 13 hingga 14,8 volt tergantung jenis baterainya.

J. Telegram.

Telegram merupakan sebuah aplikasi perangkat lunak pintar yang bersifat ringan, cepat, bebas iklan, serta dapat digunakan secara gratis [15]. Salah satu fitur unggulan yang dimiliki adalah Telegram Bot, yaitu layanan otomatis yang memungkinkan pengguna berinteraksi atau berkomunikasi dengan sistem lain. Fitur ini dapat dimanfaatkan untuk menghubungkan dan mengendalikan perangkat berbasis mikrokontroler, sehingga Telegram tidak hanya berfungsi sebagai media komunikasi antar pengguna, tetapi juga sebagai antarmuka kendali pada berbagai aplikasi berbasis Internet of Things (IoT).

K. Modul Auto Step UP & Step Down 8A

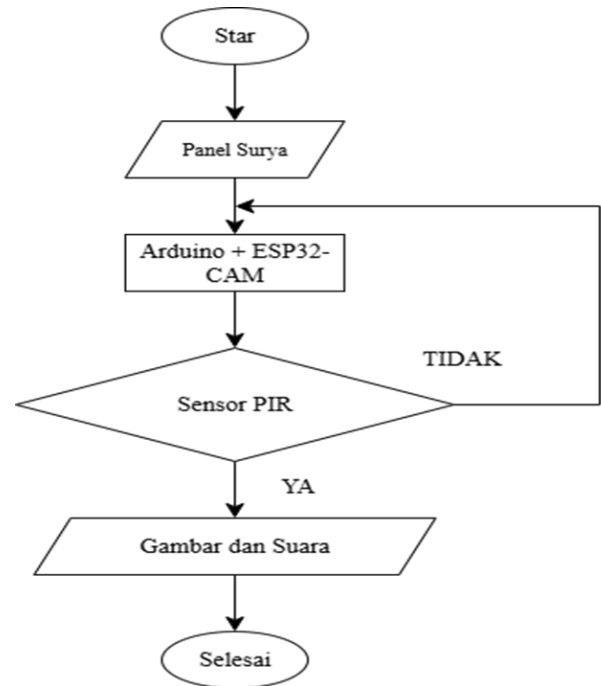
Buck Converter Step Down 8A merupakan suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk menurunkan tegangan DC input menjadi tegangan DC output yang lebih rendah dengan kapasitas arus yang besar, yaitu hingga 18 ampere. Prinsip kerja dari buck converter ini didasarkan pada sistem switching yang dikendalikan oleh PWM (Pulse Width Modulation), dimana pengaturan duty cycle menentukan besar kecilnya tegangan keluaran. Saat switch (MOSFET) dalam keadaan aktif, arus mengalir dari sumber menuju beban melalui induktor. Sementara itu, ketika switch non-aktif, induktor akan menjaga aliran arus dengan cara melepaskan energi yang tersimpan melalui dioda. Selain itu, kapasitor berperan penting dalam meredam riak (ripple) serta menstabilkan tegangan keluaran. Dengan efisiensi konversi daya yang dapat mencapai lebih dari 90%, buck converter ini mampu menghasilkan tegangan output yang stabil dan memiliki tingkat riak rendah, sehingga sangat sesuai untuk diaplikasikan pada sistem yang membutuhkan daya tinggi dengan efisiensi dan kestabilan yang baik.

L. Papan PCB

Papan PCB (Printed Circuit Board) adalah papan elektronik yang berperan sebagai wadah pemasangan komponen sekaligus jalur penghantar listrik melalui lapisan tembaga tercetak, sehingga mendukung perancangan sistem yang lebih efisien dan terintegrasi.

III. METODE PENELITIAN

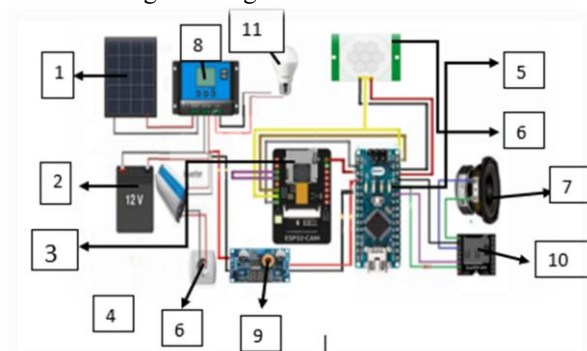
Metode pengumpulan data yang diterapkan dalam penelitian ini adalah observasi, yang dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap kinerja sistem keamanan berbasis IoT menggunakan Arduino dan panel surya. Dalam sistem ini, panel surya berfungsi sebagai sumber suplai daya. Ketika sensor PIR mendeteksi adanya gerakan atau gangguan, modul ESP32-CAM secara otomatis akan menangkap gambar. Selanjutnya, speaker akan berbunyi sebagai penanda alarm, dan sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi ke pengguna melalui aplikasi Telegram. Notifikasi tersebut berupa gambar yang berhasil ditangkap oleh sistem.



Gambar 1. Flowchart

1. Panel surya berfungsi sebagai sumber energi utama yang mengisi baterai atau aki, sehingga sistem dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada listrik PLN
2. Energi dari baterai kemudian digunakan untuk menghidupkan mikrokontroler Arduino
3. Arduino Nano berperan sebagai pusat kendali yang mengatur semua komponen sistem.
4. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi adanya gerakan di area kebun.
5. Ketika sensor mendeteksi gerakan, Arduino akan memicu speaker atau alarm sebagai peringatan suara dan mengaktifkan kamera untuk merekam atau mengambil gambar kejadian tersebut.
6. ESP32-CAM mengambil gambar ketika terdeteksi suatu pergerakan dan mengirimkan ke telegram melalui jaringan web.

Skema Wiring Rancang Alat:



Gambar 2. Skema Wiring

Keterangan Gambar

1. Panel Surya	5. Arduino Nano	9. Step Up dan Step Down	3	10:58	3	Gerakan Terdeteksi
2. Aki	6. Sensor PIR	10. Modul Memory CARD	4	10:59	4	Gerakan Terdeteksi
3. ESP32-CAM	7. Speaker	11. Lampu	5	11:00	5	Gerakan Terdeteksi
4. Inverter 220V	8. Solar Charger	12. Terminal	6	11:03	6	Gerakan Terdeteksi
			7	11:05	7	Gerakan Terdeteksi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Sistem

Rancang bangun sistem keamanan kebun sayur berbasis IoT dengan Arduino dan panel surya berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu panel surya, aki/baterai, Arduino Nano, sensor PIR, ESP32-CAM, speaker, serta modul komunikasi berbasis internet. Semua komponen dirangkai sesuai dengan blok diagram yang telah dibuat pada tahap perancangan. Panel surya berfungsi sebagai sumber energi utama yang menyuplai daya ke seluruh sistem melalui baterai penyimpanan dan dikendalikan oleh solar charge controller. Arduino Nano berfungsi sebagai pusat kendali untuk mengatur sensor PIR, ESP32-CAM, speaker, serta komunikasi data dengan aplikasi Telegram. Hasil perancangan keseluruhan sistem dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Hasil Perancangan Alat

B. Hasil Pengujian Sensor PIR

Setelah melakukan perancangan, selanjutnya melakukan tahap pengujian sistem dari alat tersebut untuk memastikan bahwa sistem kerja alat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Dilakukan dengan melakukan pengukuran pergerakan pada jarak yang berbeda-beda. Sensor PIR masih bekerja secara optimal pada jarak 1-7 meter sesuai dengan hasil pengujian. Seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor PIR

No	Jam Uji	Jarak Objek (meter)	Status Deteksi
1	10:56	1	Gerakan Terdeteksi
2	10:57	2	Gerakan Terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian yang tercantum dalam tabel 1, berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa pada jarak 1 sampai dengan 7 meter, sensor PIR masih dapat mendeteksi gerakan dengan akurat.

C. Pengujian ESP32-CAM.

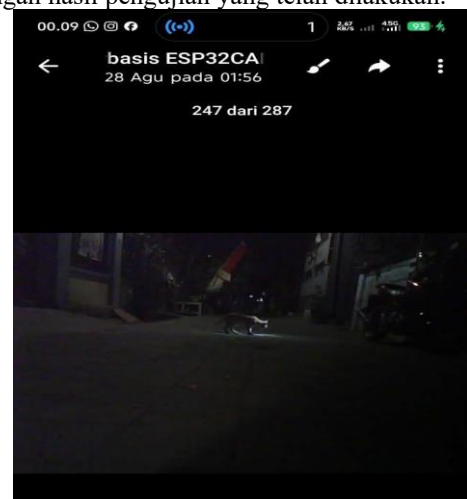
Pengujian ini difokuskan pada evaluasi kinerja modul ESP32-CAM sebagai perangkat pemantauan visual. Aspek yang diuji mencakup kecepatan proses pengambilan gambar, kualitas hasil gambar, serta berbagai faktor yang memengaruhi tingkat keberhasilannya. Pengujian kecepatan (*Delay*) gambar yang diterima.

Pengujian dilaksanakan dengan cara memicu sensor PIR kemudian mengukur waktu yang diperlukan mulai dari saat deteksi hingga gambar terkirim dan tampil pada aplikasi Telegram. Data hasil pengujian disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian ESP32-CAM

Percobaan	ESP32-CAM	Waktu pengambilan gambar (detik)	Keterangan
1	Mengambil Foto	±1-3 detik	Berhasil
2	Mengambil Foto	±1-3 detik	Berhasil
3	Mengambil Foto	±1-3 detik	Berhasil
4	Mengambil Foto	±1-3 detik	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian ESP32-CAM yang tercantum didalam tabel 2, maka dapat disimpulkan bahwa ketika ESP32-CAM mengambil foto/gambar dan dapat mengirim gambar ke pengguna di telegram dalam waktu kurang lebih 1-3 detik sesuai dengan hasil pengujian yang telah dilakukan.

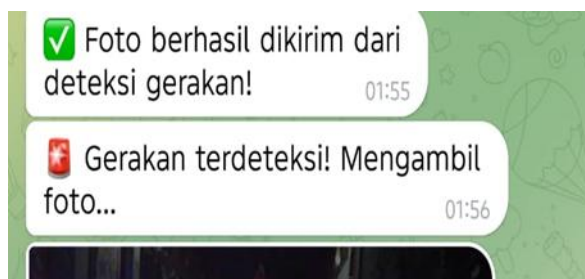




Gambar 4. Tampilan Hasil Gambar ESP32-CAM

D. Pengujian Pengiriman Notifikasi Telegram.

Pengujian dilakukan dengan memicu sensor dan mengukur waktu tunda (*Delay*) sejak terjadi deteksi hingga gambar diterima.



Gambar 5. Tampilan Notifikasi Telegram

3	Terdeteksi	Gerakan terdeteksi	±1-3 Detik	Foto Berhasil dikirim
4	Terdeteksi	Gerakan terdeteksi	±1-3 Detik	Foto Berhasil dikirim

Berdasarkan hasil pengujian pengiriman notifikasi ke telegram pada tabel 3, dapat disimpulkan bahawa, sistem ini bekerja dengan baik, dimana ketika sensor PIR mendeteksi pergerakan, maka secara otomatis notifikasi berupa pesan teks akan masuk ke telegram “Gerakan Terdeteksi” dan ESP32-CAM pu juga akan mengambil foto dan mengirimkan notifikasi pesan teks “mengambil gambar” dan mengirim gambar sesuai hasil tangkapan ESP32-CAM. Sistem ini emiliki waktu respon yang cepat, dengan notifikasi yang diterima pada aplikasi telegram kurang lebih 1 sampai dengan 3 detik setelah gerakan terdeteksi. Waktu respon yang cepat dapat meningkatkan sistem kinerja dalam memberikan informasi secara *real-time* kepada pengguna.

E. Tabel Analisis Fungsional

F. Kelebihan dan Keuntungan Alat

Kelebihan

1. Dapat mendeteksi pergerakan hewan dan manusia.
2. Dapat memberikan reaksi pada speaker
3. Dapat mengirimkan notifikasi melalui web jaringan.
4. Dapat mengambil gambar secara *real-time*.
5. Dapat beroperasi dengan menggunakan energi terbarukan (panel surya).

Kelemahan

1. Kemampuan panel surya dalam menghasilkan energi menurun saat intensitas sinar matahari rendah, sehingga kinerjanya sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca.
2. Kinerja ESP32-CAM sangat dipengaruhi oleh pencahayaan sekitar. Pada siang hari performanya optimal, namun mengalami perubahan signifikan pada saat malam hari.

Tabel 3. Pengujian Pengiriman Notifikasi Telegram.

No	Sensor PIR	Notif telegram	Waktu	Status Pengiriman
1	Terdeteksi	Gerakan terdeteksi	±1-3 Detik	Foto Berhasil dikirim
2	Terdeteksi	Gerakan terdeteksi	±1-3 Detik	Foto Berhasil dikirim

V. KESIMPULAN

Kesimpulan

No	Fungsi yang Diharapkan	Kondisi Uji	Hasil Pengujian	Status
1	Sensor PIR mendeteksi gerakan manusia dan hewan	Objek bergerak pada jarak 7 meter	Sensor PIR berhasil mendeteksi gerakan objek	Berfungsi
2	Arduino Nano menerima sinyal dari sensor PIR	Sensor aktif	Arduino Nano menerima input/masukan	Berfungsi
3	Speaker berbunyi saat ada gerakan yang terdeteksi	PIR mendeteksi Gerakan	Speaker berbunyi sesuai dengan input yang dimasukkan	Berfungsi
4	ESP32-CAM mengambil gambar pada saat ada deteksi gerakan	Apabila sensor PIR aktif, maka gerakan terdeteksi	ESP32-CAM berhasil menangkap gambar	Berfungsi
5	Gambar dikirim ke telegram	ESP32-CAM terhubung ke WiFi	Gambar dikirim ke telegram	Berfungsi
6	Sistem tetap menyala menggunakan panel surya	Siang dan malam	Panel surya mengisi baterai dan sistem tetap aktif	Berfungsi
7	Sistem masuk mode <i>stanby</i> saat tidak ada pergerakan	Tidak ada gerakan	Penggunaan daya minimum 5v sistem akan tetap <i>stanby</i>	Berfungsi

- Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian kali ini dapat disimpulkan bahwa. **“Sistem Keamanan kebun Sayur Berbasis IoT Dengan Arduino Dan Panel Surya”** berhasil dirancang untuk mendeteksi gangguan keamanan hewan liar dan pencurian. Adapun komponen-komponen yang digunakan pada perancangan alat ini yaitu, panel surya, *solar charger*, aki, inverter 220V, *modul step up & step down*, papan PCB, ESP32-CAM, arduino nano, *speaker*, dan sensor PIR.
- Sistem ini mampu bekerja secara *real-time* dengan mengirim notifikasi berupa pesan teks dan gambar kepada pengguna atau telegram. Dan hasil penelitian yang telah dilakukan sistem ini mampu mendeteksi pergerakan dengan jarak minimal 1 meter sampai dengan jarak 7 meter dan dapat mengirimkan notifikasi ke pengguna lewat aplikasi telegram berupa pesan teks dan gambar dengan waktu delay 1 sampai 3 detik.

REFERENSI

- V. V. Rumawas, H. Nayoan, and N. Kumayas, “Peran pemerintah dalam mewujudkan ketahanan pangan di Kabupaten Minahasa Selatan (Studi Dinas Ketahanan Pangan Minahasa Selatan),” *Governance*, vol. 1, no. 1, 2021.
- J. Mukaddas, P. Syarni, R. Heryanto, L. Yunus, A. P. Kamarudin, D. I. Bahari, *et al.*, *Asta Cita dalam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional*. Kamiya Jaya Aquatic, 2025.
- A. Wibowo, *Internet of Things (IoT) dalam Ekonomi dan Bisnis Digital*. Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik, pp. 1–94, 2023.
- Kemdirim Agubor, C., Njoku, U. C., Agubor, C. K., & Ezema, L. S. (2022). Eximia Journal Development of a Long-Range WAN Weather and Soil Monitoring System for Rural Farmers. June. <https://www.researchgate.net/publication/361463083>
- A. E. Eryantono, M. N. Fauzi, and M.Fathurrohman, “Sistem Monitoring TemperaturTuang Logam dan Penggunaan Energi BerbasisIoT di MIDC,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 123–131, May 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i2.106.
- R. Handayani, *Internet of Things (IoT): Konsep, Arsitektur, dan Implementasi*, Jakarta, Indonesia: Penerbit Informatika Nusantara,
- J. Siregar, “Rancang Bangun Alat IoT Menggunakan Arduino Uno Penyiraman Otomatis pada Tanaman Semangka,” *Skripsi*, Universitas Labuhanbatu, 2024.
- C. L. Aritonang, Maison, and Y. F. Hais, “Prinsip Kerja dan Aplikasi Panel Surya sebagai Sumber Energi Terbarukan,” *Jurnal Energi Terbarukan*, vol. 5, no. 2, pp. 45–53, 2020.
- A. Pratama, “Implementasi ESP32-CAM sebagai Sistem Monitoring Realtime Berbasis WiFi,” Jakarta, Indonesia: Penerbit Teknologi Digital, 2017.
- A. Wais and A. Triuli, “Pemanfaatan Sensor Passive Infra-Red (PIR) sebagai Sistem Deteksi Gerak dan Keamanan,” Bandung, Indonesia: Penerbit Teknologi Cerdas, 2015.
- A. Irwan and A. Kiswantono, “Membuat Speaker Bluetooth Helm dengan Modul Penerima Bluetooth 4.1,” *Jurnal Pengabdian Siliwangi*, vol. 9, no. 1, 2023.
- SS. Yogi, “Rancang Bangun Audio Speaker Portable Wireless dengan Pengaturan Suara Secara Digital Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535,” Tugas Akhir (Diploma/Doctoral Dissertation), Politeknik Negeri Sriwijaya, 2016.
- T. Lister, *Electrical Batteries: Principles, Applications, and Maintenance*, London, UK: McGraw-Hill, 1993.
- B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, “Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif,” *Editor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018.
- I. W. S. Yasa, “Rancang bangun sistem kendali kelistrikan rumah tangga berbasis aplikasi Telegram,” *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 10–22, 2022.