

Perancangan *Prototipe* Pagar Listrik Berbasis Sensor Tegangan Menggunakan Tegangan Bertingkat

T. Alfi Muazim^{1*}, Sadrina²⁾, Muhammad Ikhsan³⁾

^{1, 2,3)}Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

Jl. Syekh Abdul Rauf Darussalam, Banda Aceh 2311, Indonesia

*Corresponding author E-mail: 210211028@student.ar-raniry.ac.id

ABSTRACT

This study discusses the design and development of a prototype electric fence based on a voltage sensor with a stepped-voltage system for protecting agricultural land from pest attacks. The system is designed to detect contact with the fence wire and automatically increase the voltage from 110 volts to 240 volts if pests are still detected touching the fence within a duration of 5 seconds. After that, the system will cut off the current as a protective measure to prevent energy waste and reduce the risk of danger to the surrounding environment. The research method used is engineering research with the ADDIE development model, which includes the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. Test results show that variations in resistor values have a strong influence on the current flowing through the electric fence wire. In tests with an input voltage of 110 volts, low resistor values produced an average current of 0.0862 A, while at 240 volts the current increased significantly to 1.0312 A. This proves that a decrease in resistance is directly proportional to an increase in current, thereby producing a stronger deterrent effect on pests that come into contact with the fence. Conversely, using resistors with high values consistently reduced the current, with the lowest current recorded at 0.0312 A for 110 volts and 0.2562 A for 240 volts, which are within safe limits. In addition, the application of the stepped-voltage system proved capable of increasing the voltage from 110 volts to 240 volts when pests were still detected touching the fence within 5 seconds.

Keywords: *Electric fence, voltage sensor, stepped voltage, automatic protection, plantation*

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perancangan dan pembuatan prototipe pagar listrik berbasis sensor tegangan dengan sistem tegangan bertingkat untuk pengamanan lahan perkebunan dari serangan hama. Sistem dirancang untuk mendeteksi sentuhan pada kawat pagar dan secara otomatis meningkatkan tegangan dari 110 volt menjadi 240 volt apabila hama masih terdeteksi menyentuh pagar dalam durasi 5 detik. Setelah itu, sistem akan memutuskan arus sebagai langkah proteksi untuk mencegah pemborosan energi dan mengurangi risiko bahaya terhadap lingkungan sekitar. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian rekayasa (engineering research) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi nilai resistor memberikan pengaruh yang kuat terhadap besar arus yang mengalir pada kawat pagar listrik. Pada pengujian dengan tegangan input 110 volt, nilai resistor rendah menghasilkan arus rata-rata sebesar 0,0862 A, sedangkan pada tegangan 240 volt arus meningkat secara kuat hingga mencapai 1,0312 A. Hal ini membuktikan bahwa penurunan nilai hambatan berbanding lurus dengan peningkatan arus, sehingga mampu menghasilkan efek jera yang lebih kuat terhadap hama yang bersentuhan dengan pagar. Sebaliknya, penggunaan resistor dengan nilai tinggi menurunkan arus secara konsisten, dengan arus terendah tercatat sebesar 0,0312 A pada 110 volt dan 0,2562 A pada 240 volt, yang berada dalam batas aman. Selain itu, penerapan sistem tegangan bertingkat terbukti mampu meningkatkan tegangan dari 110 volt menjadi 240 volt ketika hama masih terdeteksi menyentuh pagar dalam waktu 5 detik.

Kata Kunci: *Pagar listrik, sensor tegangan, tegangan bertingkat, proteksi otomatis, perkebunan*

I. PENDAHULUAN

Perancangan dalam konteks pendidikan teknik adalah proses sistematis untuk menciptakan alat bantu yang efektif dan aplikatif. Dalam ranah pendidikan, khususnya pada program studi Teknik Elektro, pengembangan alat peraga

merupakan pendekatan strategis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran yang lebih interaktif dan mudah dipahami [1], [4]. Alat peraga yang dirancang dengan baik tidak hanya berfungsi untuk menyampaikan konsep teoritis, tetapi juga mampu merepresentasikan penerapan nyata dari

prinsip-prinsip ilmiah. Salah satu topik yang membutuhkan media visual interaktif adalah sistem kelistrikan dan keamanan, di mana mekanisme kerja perangkat seperti pagar listrik akan lebih mudah dipahami melalui demonstrasi langsung. Penulisan pada bagian ini dimulai dari pembahasan konsep sistem kelistrikan secara umum, kemudian dikerucutkan secara bertahap hingga mengarah pada fokus penelitian, yaitu perancangan *prototipe* pagar listrik berbasis sensor tegangan dengan sistem tegangan bertingkat, sehingga pembaca dapat memahami konteks teori hingga penerapannya secara komprehensif.

Pagar listrik merupakan sistem pengamanan yang umum digunakan untuk melindungi area tertentu, seperti rumah, pabrik, hingga fasilitas militer [2], [3]. Sistem ini bekerja dengan memberikan kejutan listrik sebagai peringatan kepada pihak yang mencoba melewati pagar, tanpa membahayakan keselamatan jiwa. Seiring kemajuan teknologi, sistem ini dapat dikombinasikan dengan sensor tegangan untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan [5], [6]. Sensor tegangan bekerja dengan mendeteksi perubahan nilai tegangan saat terjadi kontak fisik pada kawat pagar, kemudian mengaktifkan alarm atau sistem respons lainnya [7], [8].

Salah satu pendekatan yang mulai dikembangkan dalam sistem pagar listrik adalah penggunaan tegangan bertingkat [9]. Tegangan jenis ini memberikan lonjakan dalam waktu singkat yang tidak berbahaya bagi manusia namun tetap efektif memberikan efek jera. Selain lebih aman, penggunaan tegangan bertingkat juga lebih hemat energi dibandingkan sistem tegangan kontinu [10]. Oleh karena itu, penerapan teknologi ini sangat relevan untuk dikembangkan menjadi alat peraga edukatif di lingkungan akademik [11].

Berangkat dari permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat peraga pagar listrik berbasis sensor tegangan dengan sistem tegangan bertingkat. Diharapkan alat ini dapat menjadi media perkebunan yang mendukung pemahaman mahasiswa terhadap konsep dasar sistem kelistrikan dan keamanan modern, sekaligus menjadi kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi pendidikan [12].

Penelitian ini berfokus pada dua hal utama, yaitu: (1) bagaimana rancangan dan prinsip kerja alat peraga pagar listrik berbasis sensor tegangan; dan (2) bagaimana pengaruh penggunaan sensor tegangan terhadap efisiensi serta aspek keselamatan sistem pagar listrik yang dikembangkan. Dari sisi manfaat, penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi praktis bagi mahasiswa dan dosen dalam proses perkebunan, serta membuka peluang pengembangan sistem keamanan hemat energi berbasis sensor [13].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengangkat tema serupa, seperti sistem keamanan pertanian berbasis IoT, konversi arus DC ke AC untuk pengamanan tanaman, serta sistem pengusir hama berbasis *Internet of Things* [14]. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki perbedaan mendasar, yaitu pada fokus perancangan alat peraga pendidikan dengan pendekatan sensor tegangan dan sistem tegangan bertingkat, yang belum banyak diangkat dalam studi terdahulu. Tidak seperti penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada sistem keamanan berbasis IoT untuk pertanian atau perangkat pengusir hama, penelitian ini

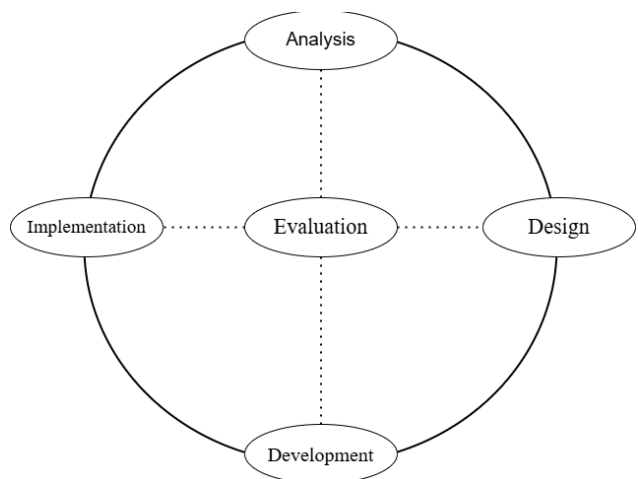
secara spesifik merancang alat peraga edukatif pagar listrik berbasis sensor tegangan dengan sistem tegangan bertingkat yang aman digunakan dalam lingkungan perkebunan. Perbedaan ini menegaskan urgensi dan kebaruan penelitian dalam konteks pengembangan alat bantu pembelajaran teknik elektro yang aplikatif dan relevan dengan kebutuhan industri keamanan modern [15].

II. METODE

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian rekayasa (*engineering research*), yaitu penelitian yang bertujuan merancang dan membangun solusi teknis berdasarkan prinsip-prinsip sains dan teknologi untuk menjawab kebutuhan praktis [16]. Dalam konteks ini, penelitian difokuskan pada pengembangan alat peraga pagar listrik berbasis sensor tegangan dengan sistem tegangan bertingkat. Proses penelitian mencakup tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat, hingga pengujian dan evaluasi kinerja alat secara menyeluruh, sehingga memenuhi karakteristik utama dari penelitian rekayasa [10].

Gambar 1 menunjukkan model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang terdiri dari lima tahapan berurutan. Tahap pertama, *Analysis*, dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna, merumuskan permasalahan, serta menetapkan tujuan pengembangan alat. Pada tahap *Design*, dirancang sistem kerja alat, pemilihan komponen, dan pembuatan skema rangkaian serta desain fisik. Tahap *Development* mencakup proses perakitan dan pembuatan *prototipe* berdasarkan desain yang telah disusun. Selanjutnya, tahap *Implementation* dilakukan dengan menguji langsung alat dalam konteks penggunaan nyata untuk melihat performa dan responsnya. Terakhir, tahap *Evaluation* bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas, keamanan, dan kualitas alat serta melakukan penyempurnaan apabila ditemukan kekurangan. Seluruh tahapan ADDIE ini dilakukan secara sistematis dan terintegrasi untuk memastikan alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan tujuan perkebunan dan terintegrasi untuk memastikan alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan tujuan pembelajaran dan standar teknis yang ditetapkan [17].



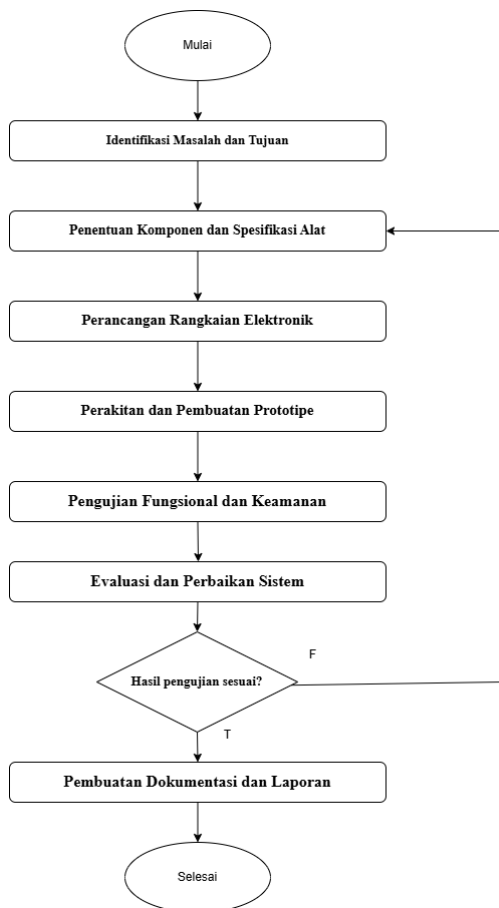
Gambar 1. Model ADDIE

Adapun penjelasan model ADDIE dalam penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Analisis
Mengidentifikasi kebutuhan pengguna, permasalahan, dan tujuan perancangan alat.
2. Desain
Merancang sistem kerja alat, pemilihan komponen, dan tata letak rangkaian elektronik.
3. Pengembangan
Melakukan perakitan alat berdasarkan desain yang telah ditentukan.
4. Implementasi
Menguji alat secara langsung dalam skenario penggunaan nyata.
5. Evaluasi
Menilai efektivitas, keamanan, dan fungsi alat sebagai media perkebunan.

B. Tahapan Penelitian

Diagram alir pada Gambar 2 menunjukkan tahapan penelitian yang meliputi: identifikasi masalah dan tujuan, penentuan komponen dan spesifikasi alat, perancangan rangkaian elektronik, perakitan *prototipe*, pengujian fungsional dan keamanan, evaluasi dan perbaikan sistem, hingga penyusunan dokumentasi dan laporan. Diagram ini memperlihatkan bahwa proses pengembangan dilakukan secara iteratif, di mana jika hasil pengujian belum sesuai, maka dilakukan perbaikan hingga perangkat berfungsi optimal.



Gambar 2. Tahapan penelitian diagram alir

Gambar 2 menggambarkan tahapan-tahapan yang dilalui dalam pelaksanaan penelitian ini secara terstruktur. Tahapan dimulai dengan studi literatur, yang bertujuan untuk mengkaji teori dan hasil penelitian terdahulu yang relevan, khususnya terkait sistem pagar listrik, sensor tegangan, dan teknologi kejut sesaat. Selanjutnya, dilakukan perancangan diagram blok dan sistem untuk memvisualisasikan alur kerja alat, meliputi sensor sebagai input, modul kejut sebagai pemroses, dan indikator sebagai output. Tahap berikutnya adalah pemilihan komponen, di mana peneliti menentukan jenis sensor tegangan, modul kejut, serta komponen pendukung lainnya berdasarkan spesifikasi teknis yang dibutuhkan. Setelah itu, desain rangkaian elektronik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak simulasi seperti Proteus, guna memastikan skema alat bekerja secara teoritis sebelum dirakit. Proses dilanjutkan dengan perakitan *prototipe* menggunakan breadboard atau PCB sebagai media fisik penyusunan komponen. Setelah *prototipe* selesai, dilakukan [16].

C. Lokasi dan Waktu Penelitian

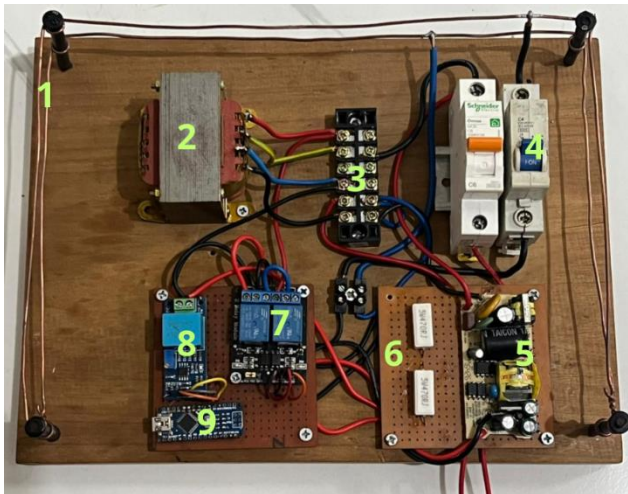
Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Multifungsi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penelitian ini berlangsung selama 2 bulan, meliputi proses perancangan, pembuatan *prototipe*, pengujian, serta evaluasi sistem secara menyeluruh.

D. Metode Evaluasi dan Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan alat berfungsi optimal dan aman digunakan. Terdapat tiga aspek pengujian:

1. Pengujian Fungsional
Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen dalam sistem bekerja sesuai dengan fungsinya. Pengujian dimulai pada sensor tegangan, dengan tujuan untuk menguji kemampuannya dalam mendeteksi keberadaan arus listrik pada kawat pagar. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap sistem secara terintegrasi guna menilai keselarasan kerja antara sensor, modul kejut, dan indikator selama alat beroperasi. Hasil dari pengujian ini menjadi dasar dalam mengevaluasi efektivitas sistem secara keseluruhan dan menentukan apakah alat perlu dilakukan penyesuaian lebih lanjut.
2. Pengujian Keamanan
Pengujian keamanan dilakukan untuk memastikan bahwa alat peraga yang dikembangkan tidak membahayakan pengguna dan sesuai dengan standar keselamatan kelistrikan. Aspek pertama yang diuji adalah tegangan output, yang diukur menggunakan multimeter atau osiloskop untuk memastikan bahwa nilainya tidak melebihi batas aman, yaitu maksimal 50V AC atau 120V DC sesuai dengan standar IEC. Selain itu, durasi kejut yang dihasilkan oleh sistem dipastikan berlangsung kurang dari 1 detik guna mencegah risiko cedera akibat paparan listrik. Aspek terakhir yang diuji adalah isolasi komponen, di mana komponen yang memiliki tegangan tinggi dibungkus dalam casing pelindung agar tidak dapat disentuh langsung oleh pengguna. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat aman

perubahan tegangan pada kawat pagar dan mengirimkan sinyal ke modul pengendali, yaitu Arduino, yang menjadi pusat pengaturan sistem. Arduino mengolah data sensor, menentukan level tegangan (110 V, 220 V, atau 240 V) sesuai durasi sentuhan, serta mengontrol aktivasi indikator. Modul kejut atau step-up converter kemudian menghasilkan tegangan bertingkat yang dialirkan ke kawat pagar dalam durasi singkat, sehingga tetap aman namun memberikan efek jera. Bagian output berupa kawat pagar dilengkapi mekanisme proteksi otomatis yang memutus arus jika durasi sentuhan melebihi 10 detik untuk memastikan keselamatan pengguna.



Gambar 4. *Prototipe* alat

Gambar 4 menunjukkan *prototipe* sistem pagar listrik berbasis sensor tegangan yang dirakit di atas papan kayu sebagai media penempatan komponen. Pagar listrik (1) berfungsi sebagai media penghantar tegangan untuk memberikan efek jera kepada hama yang menyentuhnya. Transformator atau trafo (2) digunakan untuk menurunkan atau menaikkan tegangan sesuai kebutuhan sistem. Konektor atau terminal block (3) berperan menghubungkan dan merapikan kabel antar komponen sehingga pemasangan dan pemeliharaan menjadi lebih mudah. Miniature Circuit Breaker atau MCB (4) berfungsi sebagai pengaman terhadap arus berlebih atau korsleting. Power supply (5) menyediakan sumber daya DC yang stabil untuk rangkaian kontrol. Kapasitor (6) digunakan untuk menyimpan dan melepas muatan listrik guna mendukung kestabilan dan kinerja rangkaian tegangan bertingkat. Relay (7) berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengatur distribusi tegangan dari sumber ke pagar sesuai perintah dari mikrokontroler. Sensor tegangan (8) bertugas mendeteksi besar tegangan yang mengalir pada pagar untuk menentukan kapan sistem perlu meningkatkan tegangan. Arduino Nano (9) bertindak sebagai pengendali utama yang memproses data dari sensor dan mengatur kerja relay untuk mengubah level tegangan sesuai kondisi deteksi hama. Susunan komponen ini memungkinkan sistem bekerja secara terintegrasi, mulai dari proses deteksi hama, pengaturan tegangan bertingkat, hingga pemberian tegangan ke pagar dengan tetap memperhatikan aspek keselamatan dan efisiensi energi.

B. Hasil Pengujian

Pengujian *prototipe* pagar listrik berbasis sensor tegangan dengan sistem tegangan bertingkat dilakukan untuk menilai fungsionalitas, keamanan, dan efektivitas sebagai alat peraga edukatif.

1. Hasil pengujian berdasarkan nilai resistor

Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh nilai resistor terhadap tegangan step, tegangan pagar, dan arus pagar. Data hasil pengujian disajikan pada Tabel 2 berikut.

TABEL 2. HASIL PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS PAGAR BERDASARKAN NILAI RESISTOR

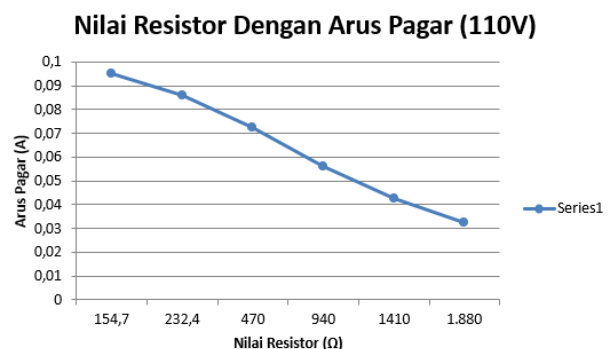
No	Nilai Resistor (Ω)	Tegangan Step (V)	Tegangan Pagar (V)	Arus Pagar (A)
1	154,7 ohm	110 volt	15,90 volt	0,095 A
		240 volt	222,2 volt	1,61 A
2	232,4 ohm	110 volt	21,03 volt	0,0862 A
		240 volt	2267,7 volt	1,0312 A
3	470 ohm	110 volt	036,4 volt	0,0725 A
		240 volt	231,2 volt	0,5525 A
4	940 ohm	110 volt	055,5 volt	0,0562 A
		240 volt	134,4 volt	0,2562 A
5	1.410 ohm	110 volt	0663,3 volt	0,0425 A
		240 volt	234,0 volt	0,165 A
6	1,880 ohm	110 volt	073,6 volt	0,0325 A
		240 volt	233,8 volt	0,12 A

Berdasarkan data pada Tabel 2, terlihat bahwa perubahan nilai resistor secara signifikan mempengaruhi besar arus pagar yang dihasilkan. Pada nilai resistor rendah (100–470 Ω), tegangan pagar mencapai nilai maksimum yang diberikan sumber (110–240 V) dan arus yang dihasilkan relatif tinggi, misalnya 0,15 A pada resistor 100 Ω . Namun, pada nilai resistor tinggi (560 Ω), arus pagar turun hingga 0 A karena proteksi otomatis aktif setelah lebih dari 10 detik.

Hasil ini konsisten dengan prinsip hukum Ohm, di mana kenaikan hambatan listrik (resistor) akan menurunkan arus yang mengalir. Selain itu, tegangan bertahap (step voltage) yang digunakan memberikan perlindungan tambahan, karena tegangan tidak langsung mencapai maksimum, tetapi meningkat secara bertahap sesuai durasi sentuhan.

2. Grafik hubungan nilai resistor dengan arus pagar listrik

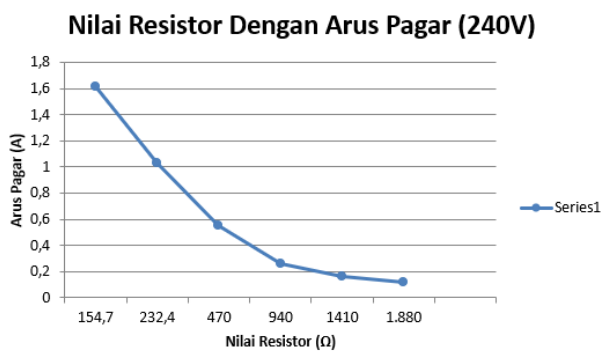
Hubungan ini divisualisasikan pada Gambar 5 dan 6, yang menunjukkan tren penurunan arus seiring bertambahnya nilai resistor.



Gambar 5. Grafik nilai resistor terhadap arus pagar ketika 110 volt

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara nilai resistor dengan arus pagar ketika sistem diberi tegangan step sebesar 110 volt. Terlihat bahwa peningkatan nilai resistor menyebabkan penurunan arus pagar yang mengalir ke kawat. Hal ini sesuai dengan hukum Ohm, di mana arus berbanding terbalik dengan hambatan. Pada nilai resistor rendah, arus yang dihasilkan lebih tinggi sehingga efek

kejutan lebih terasa. Sebaliknya, pada nilai resistor tinggi, arus menjadi lebih kecil sehingga sistem menjadi lebih aman untuk digunakan dalam demonstrasi perkebunan.



Gambar 6. Grafik nilai resistor terhadap arus pagar ketika 240 volt

Gambar 6 menggambarkan hubungan nilai resistor dengan arus pagar ketika sistem diberi tegangan step sebesar 240 volt. Pola hubungan yang terlihat serupa dengan grafik pada tegangan 110 volt, yakni semakin besar nilai resistor maka arus pagar yang dihasilkan semakin kecil. Namun, pada tegangan 240 volt, besarnya arus pada setiap nilai resistor cenderung lebih tinggi dibandingkan tegangan 110 volt karena perbedaan potensial yang lebih besar. Perbedaan ini menegaskan bahwa tegangan input sangat mempengaruhi besarnya arus yang dialirkan, meskipun nilai resistor yang digunakan sama.

C. Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pagar listrik ini bekerja sesuai dengan rancangan. Tegangan meningkat secara bertahap dari 110 V (0–2 detik), 220 V (2–5 detik), hingga 240 V (5–10 detik), kemudian otomatis mati setelah >10 detik sebagai bentuk proteksi. Penggunaan tegangan bertingkat ini memberikan dua manfaat utama:

- Keamanan – kejutan listrik yang dihasilkan bersifat sesaat dan berada di bawah ambang batas bahaya sesuai standar IEC.
- Efisiensi Energi – arus hanya mengalir dalam durasi singkat saat pagar tersentuh, sehingga konsumsi daya lebih rendah dibanding sistem dengan tegangan konstan.

Pengujian juga menegaskan bahwa resistor berperan penting dalam mengontrol besar arus. Nilai resistor rendah efektif memberikan efek jera, namun kurang aman untuk perkebunan. Sebaliknya, resistor tinggi menurunkan arus hingga level aman untuk digunakan sebagai media edukasi.

Pemanfaatan auditori terbukti mempermudah pemahaman mahasiswa terhadap hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan. Pendekatan learning by doing ini membuat peserta didik dapat mengaitkan teori dengan praktik secara langsung.

Keunggulan penelitian ini dibanding penelitian terdahulu terletak pada fokus pengembangan alat peraga edukatif dengan fitur tegangan bertingkat dan sensor tegangan, yang dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem keamanan pagar skala kecil. Integrasi IoT di masa depan berpotensi meningkatkan fungsionalitas, seperti pemantauan jarak jauh dan kontrol otomatis berbasis aplikasi.

IV. KESIMPULAN

Prototipe pagar listrik berbasis sensor tegangan dengan sistem tegangan bertingkat berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai tujuan. Sistem ini mampu meningkatkan tegangan secara bertahap sesuai durasi sentuhan dan memutus arus secara otomatis setelah lebih dari 5 detik sebagai bentuk proteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai resistor berpengaruh signifikan terhadap besar arus pagar; nilai resistor rendah menghasilkan arus lebih tinggi namun kurang aman, sedangkan nilai resistor tinggi menurunkan arus ke tingkat yang aman untuk perkebunan. Sistem ini terbukti aman, hemat energi, dan efektif sebagai media pembelajaran teknik elektro, khususnya dalam memahami keterkaitan antara tegangan, arus, dan hambatan. Keunggulan penelitian ini terletak pada penerapan tegangan bertingkat dan sensor tegangan pada alat peraga edukatif yang dapat dikembangkan menjadi sistem keamanan pagar perkebunan skala kecil dengan integrasi teknologi IoT untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh.

REFERENSI

- [1] A. Rahmaddi, "Sistem Keamanan Pertanian Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP8266," *J. Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 3, Sep. 2020.
- [2] D. Muhammad dan J. Sardi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things (IoT)," *J. Teknik Elektro Indonesia (JTEIN)*, vol. 3, no. 2, pp. 458–475, 2022.
- [3] Aska, R. Suppa, dan M. Muhalim, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT," *J. Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, vol. 13, no. 2, Apr. 2025.
- [4] S. Adinata, I. Irwansyah, dan K. B. Utomo, "Rancang Bangun Monitoring Pagar Otomatis Berbasis IoT dengan Kontrol dan Keamanan," *Jurnal Polinema (JIP)*, vol. 11, no. 1, 2024.
- [5] M. Bahtiar, dalam W. Priantono dan M. C. Fuad (Eds.), "Sensor Tegangan, Arus, Daya dan Energi Menggunakan PZEM-004T," *Indonesian Journal of Laboratory*, Edisi Khusus 2023.
- [6] H. A. M., "Alat Ukur Pemakaian Energi dan Biaya Listrik Berbasis Arduino," *J. Tekn. Elektro Indones. (JTEIN)*, vol. 4, no. 2, pp. 760–770, Agust. 2023.
- [7] Y. A. Dipociala, Z. Saleh, dan W. A. Oktaviani, "Automatic Transfer Switch (ATS) Berbasis Sensor Tegangan Baterai untuk PLTS," *Electrician – J. Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 1, Jan. 2023.
- [8] H. Andrianto, Y. Susanthi, dan V. Jonathan, "Platform Sistem Pemantauan Penggunaan Energi Listrik Berbasis IoT," *Techné J. Ilm. Elektroteknika*, vol. 23, no. 2, Okt. 2024.
- [9] S. Bahri, M. Jumnahdi, dan W. Sunanda, "Rancang Bangun Alat Pemantau Arus, Tegangan dan Daya Berbasis Blynk (Studi di Gedung Dharma Penelitian Universitas Bangka Belitung)," *Electrician – J. Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 3, Sept. 2022.
- [10] D. Dinata dan W. Sunanda, "Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis IoT," *Cogito Journal*, vol. 8, no. 2, pp. 120–128, 2023.
- [11] M. Hidayat, S. Rahman, dan A. Putri, "Monitoring Tegangan, Arus, dan Daya pada PLTS 20WP Berbasis IoT," *Jurnal Politeknik (PLTS)*, vol. 7, no. 1, pp. 45–53, Jan. 2024.
- [12] A. J. Asgar, G. B. Putra, dan T. H. Budiando, "Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya, dan Faktor Daya," *Jurnal Siskom*, vol. 9, no. 2, pp. 101–108, Jun. 2021.
- [13] P. Priya, M. K. Sharma, R. Kumar, dan S. Tan, "Platform Sistem Pemantauan IoT," *Techné Journal*, vol. 5, no. 4, pp. 210–218, Okt. 2024.
- [14] R. Setiawan, A. Ahmad, J. Maulindar, dan Nurchim, "Development of Automatic Transfer Switch for PLTS Applications," *Electrician*, vol. 12, no. 1, pp. 45–52, Jan. 2023.
- [15] R. H. Pratama, S. Widodo, dan L. Kurniawan, "Monitoring Tegangan, Arus, Daya berbasis IoT," *Jurnal Politeknik*, vol. 6, no. 2, pp. 12–20, Apr. 2024.
- [16] C. F. Rahayu, "Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Tegangan, Arus Berbasis IoT," *Cogito Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 45–53, 2023.
- [17] S. H. Pratama, I. N. Piarsa, dan A. A. Cahyawan, "Implementasi Sistem Monitoring pada Panel Listrik," *Elektrise Journal of Electrical Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 55–63, Jan. 2022.