Terbit *online* pada laman: http://jurnal.utu.ac.id/JTI

**Jurnal Teknologi Informasi**

| ISSN (Online): 2829-8934 |

# Sistem Proteksi Kelistrikan Real-Time Menggunakan Sensor Petir dan Anemometer Berbasis Arduino

**M. Arief Maulana[1*], Mursyidin[2], Arusman[3]**

[1,2] Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

[3] Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

Email: [1] 220211015@student.ar-raniry.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima: 4 Agustus 2026
Revisi:2 September 2026
Diterbitkan: 24 Oktober 2026

Kata Kunci:
Arduino
Sensor Petir
Sensor Anemometer
Proteksi Kelistrikan
Cuaca Ekstrem

ABSTRAK

Cuaca ekstrem seperti petir dan angin kencang dapat menyebabkan gangguan pada sistem kelistrikan yang berpotensi menimbulkan kerusakan peralatan elektronik, kebakaran, serta membahayakan keselamatan pengguna. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem proteksi kelistrikan real-time berbasis Arduino yang mampu mendeteksi kondisi cuaca ekstrem menggunakan sensor petir AS3935 dan sensor anemometer, kemudian memutus aliran listrik secara otomatis melalui relay ketika kondisi berbahaya terdeteksi. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan pendekatan eksperimen yang meliputi tahap perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, integrasi sensor, serta pengujian kinerja sistem. Pengujian sensor petir dilakukan menggunakan miniTesla coil sebagai sumber simulasi gangguan elektromagnetik, sedangkan sensor anemometer diuji menggunakan putaran tangan dan kipas angin untuk menghasilkan variasi kecepatan angin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi sinyal elektromagnetik dari simulasi miniTesla coil dan perubahan kecepatan angin serta merespons kondisi tersebut melalui pengaktifan relay untuk memutus arus listrik secara otomatis berdasarkan nilai ambang yang telah ditentukan. Sistem memiliki waktu respons sekitar 0,5–1,0 detik. Integrasi kedua sensor menghasilkan sistem proteksi yang bekerja secara real-time dengan tingkat keandalan yang baik sehingga mampu meningkatkan keamanan instalasi listrik terhadap potensi gangguan akibat cuaca ekstrem pada lingkungan rumah tangga maupun fasilitas umum.

*Copyright © 2026 Jurnal Teknologi Informasi UTU*
*All rights reserved*

## 1. Pendahuluan

Listrik merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan modern saat ini, namun juga memiliki potensi bahaya yang tinggi apabila tidak dikelola dengan baik. Gangguan pada instalasi listrik seperti korsleting, kelebihan beban, serta pengaruh cuaca ekstrem seperti petir dan angin kencang dapat menyebabkan kerusakan peralatan elektronik, kebakaran, bahkan membahayakan keselamatan manusia [1], [2]. Sistem pengaman listrik konvensional seperti Miniature Circuit Breaker (MCB) dan sekring masih bersifat pasif karena hanya bekerja setelah terjadi gangguan pada jaringan listrik [3]. Selain itu, Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat aktivitas petir yang cukup tinggi karena berada di wilayah tropis dengan curah hujan yang besar sehingga risiko gangguan listrik akibat petir dan cuaca ekstrem menjadi lebih tinggi [4]. Oleh sebab itu, diperlukan suatu sistem proteksi listrik yang mampu bekerja secara otomatis dan responsif terhadap kondisi berbahaya secara real-time [5].

Kondisi tersebut memungkinkan terciptanya sistem pengaman listrik yang lebih cerdas dan efisien [6]. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan adalah Arduino karena memiliki kemudahan dalam pemrograman, biaya yang relatif murah, serta kompatibel dengan berbagai sensor elektronik [7]. Arduino dapat diprogram untuk mengendalikan berbagai perangkat elektronik secara otomatis dan real-time sehingga banyak diterapkan pada sistem otomasi dan monitoring [8]. Pada penelitian ini, Arduino diintegrasikan dengan sensor petir dan sensor anemometer untuk mendeteksi kondisi cuaca ekstrem berupa petir dan angin kencang. Sensor petir merupakan sensor pendeteksi aktivitas elektromagnetik yang berkaitan dengan petir dan mampu mendeteksi gangguan elektromagnetik dalam radius tertentu dengan sensitivitas yang cukup baik [9], sedangkan sensor anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin berdasarkan putaran baling-baling sensor yang dikonversi menjadi data digital [10].

Ketika sensor mendeteksi adanya kondisi berbahaya, maka sistem akan memberikan perintah kepada relay untuk memutus arus listrik secara otomatis sehingga dapat meminimalkan risiko kerusakan maupun bahaya kebakaran [11], [12]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem proteksi listrik otomatis berbasis mikrokontroler dan sensor cuaca. Penelitian Putra dan Santoso merancang sistem pemutus arus otomatis berbasis sensor cuaca untuk meningkatkan keamanan instalasi listrik [13]. Selain itu, penelitian Mahar dkk. menunjukkan bahwa sensor anemometer digital berbasis mikrokontroler mampu memberikan pembacaan kecepatan angin secara cukup akurat pada sistem peringatan dini [10]. Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa penggunaan Arduino pada sistem proteksi listrik mampu meningkatkan respons sistem terhadap gangguan listrik secara otomatis dan efisien [14].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pemutus arus listrik otomatis berbasis Arduino yang mampu merespons kondisi cuaca ekstrem seperti petir dan angin kencang secara real-time. Sistem ini memanfaatkan sensor petir dan sensor anemometer sebagai pendeteksi kondisi berbahaya, sedangkan relay digunakan sebagai komponen pemutus arus listrik otomatis [15]. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menguji tingkat akurasi, kecepatan respons, dan keandalan alat dalam kondisi simulasi. Pengujian sensor petir dilakukan menggunakan mini Tesla coil sebagai sumber simulasi gangguan elektromagnetik, sedangkan pengujian sensor anemometer dilakukan menggunakan variasi kecepatan angin. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi solusi proteksi listrik yang lebih cepat, aman, dan efektif terhadap potensi gangguan akibat cuaca ekstrem [16], [17], [18].

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan eksperimen. Metode R&D digunakan untuk merancang dan mengembangkan sistem proteksi kelistrikan real-time berbasis Arduino Uno R3 dengan memanfaatkan sensor petir, sensor anemometer, dan relay sebagai pemutus arus listrik otomatis.

Tahapan penelitian meliputi perancangan sistem, pembuatan prototype, pemrograman mikrokontroler, dan pengujian kinerja alat. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi kondisi cuaca ekstrem berupa aktivitas petir dan peningkatan kecepatan angin, serta memberikan respons berupa pemutusan arus listrik secara otomatis berdasarkan kondisi yang terdeteksi.

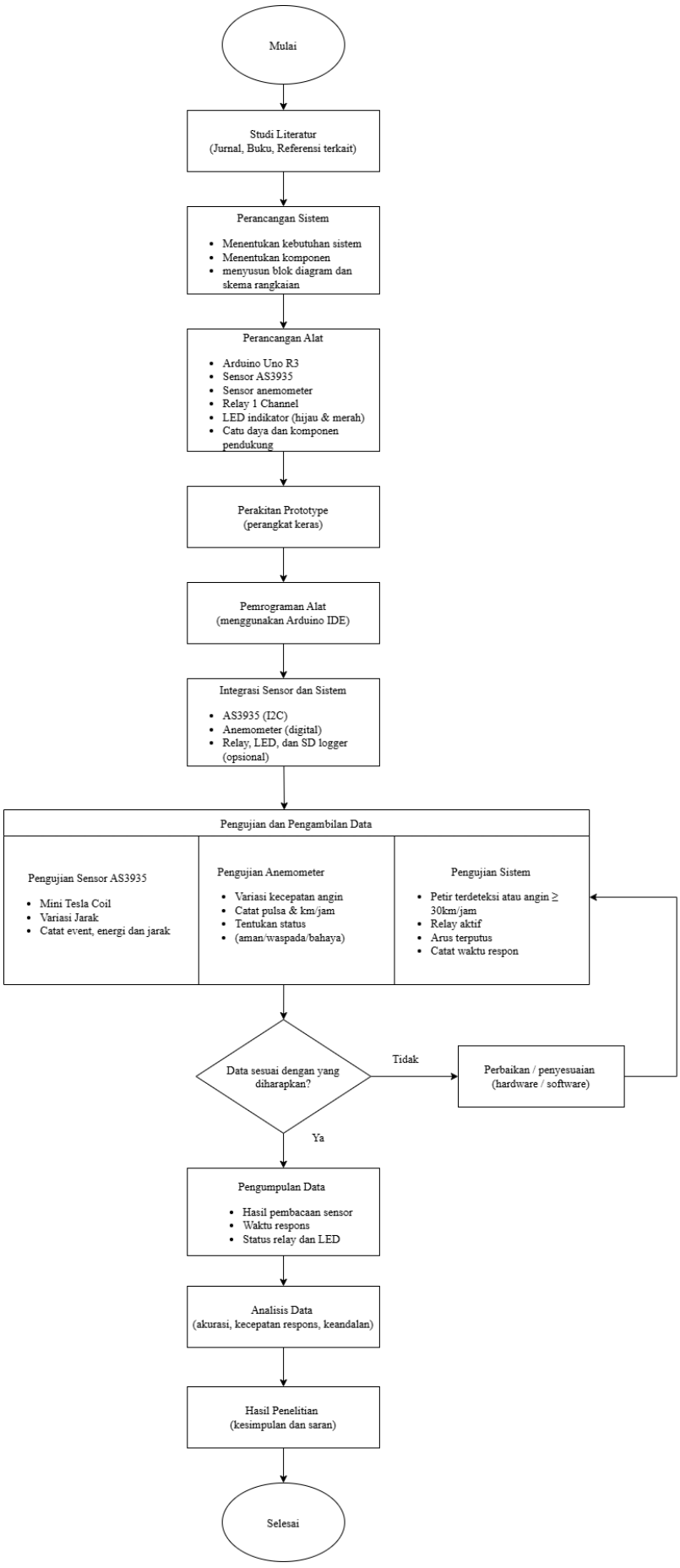
### 2.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Pendekatan eksperimen dilakukan dengan menguji prototype secara langsung melalui simulasi kondisi cuaca ekstrem. Pengujian sensor petir AS3935 dilakukan menggunakan mini Tesla coil sebagai sumber simulasi gangguan elektromagnetik, sedangkan sensor anemometer diuji menggunakan putaran tangan dan kipas angin untuk menghasilkan variasi kecepatan angin. Pengujian dilakukan untuk mengamati respons sensor dan sistem terhadap kondisi yang diberikan. Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif berdasarkan hasil deteksi sensor, kecepatan respons relay, dan keandalan sistem dalam melakukan pemutusan arus listrik.Adapun tahapan Alur penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini seperti yang ditunjukan pada Gambar 1, adalah sebagai berikut:

- Mulai
  Tahap awal penelitian dilakukan dengan menentukan topik, mengidentifikasi permasalahan, merumuskan masalah, serta menetapkan tujuan penelitian mengenai pengembangan sistem proteksi kelistrikan real-time berbasis Arduino Uno R3 untuk merespons kondisi cuaca ekstrem berupa aktivitas elektromagnetik yang disimulasikan dan peningkatan kecepatan angin.
- Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi yang berkaitan dengan penelitian, meliputi buku, jurnal ilmiah, artikel, dan sumber akademik lainnya. Literatur yang dikaji mencakup Arduino Uno R3, sensor petir AS3935, sensor anemometer, relay, serta konsep sistem proteksi kelistrikan otomatis.

- Perancangan Sistem
  Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem secara keseluruhan, meliputi mekanisme kerja alat, diagram blok, skematik rangkaian, serta hubungan antar komponen. Sistem dirancang agar Arduino Uno R3 menerima masukan dari sensor petir AS3935 dan sensor anemometer, kemudian mengolah data tersebut untuk menentukan kondisi sistem dan memberikan perintah kepada relay sebagai pemutus arus listrik ketika kondisi bahaya terdeteksi.
- Perancangan Alat
  Tahap ini dilakukan dengan merancang dan merakit komponen perangkat keras menjadi satu prototype sistem yang terintegrasi. Komponen yang digunakan meliputi Arduino Uno R3, sensor petir AS3935, sensor anemometer, relay satu channel, LED hijau, LED merah, dan catu daya. Sensor petir dan anemometer ditempatkan pada bagian yang memungkinkan sensor menerima kondisi pengujian, sedangkan Arduino, relay, dan komponen pendukung ditempatkan pada bagian sistem yang terlindungi.
- Pemrograman Alat
  Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE. Program dirancang untuk membaca masukan dari sensor petir AS3935 dan sensor anemometer, mengolah hasil pembacaan berdasarkan kondisi yang telah ditentukan, menampilkan data pada Serial Monitor, serta mengendalikan relay dan LED sebagai indikator kondisi sistem. Relay akan memberikan tindakan pemutusan arus ketika sistem mendeteksi kondisi bahaya berdasarkan event deteksi petir atau nilai kecepatan angin yang mencapai batas yang telah ditentukan.

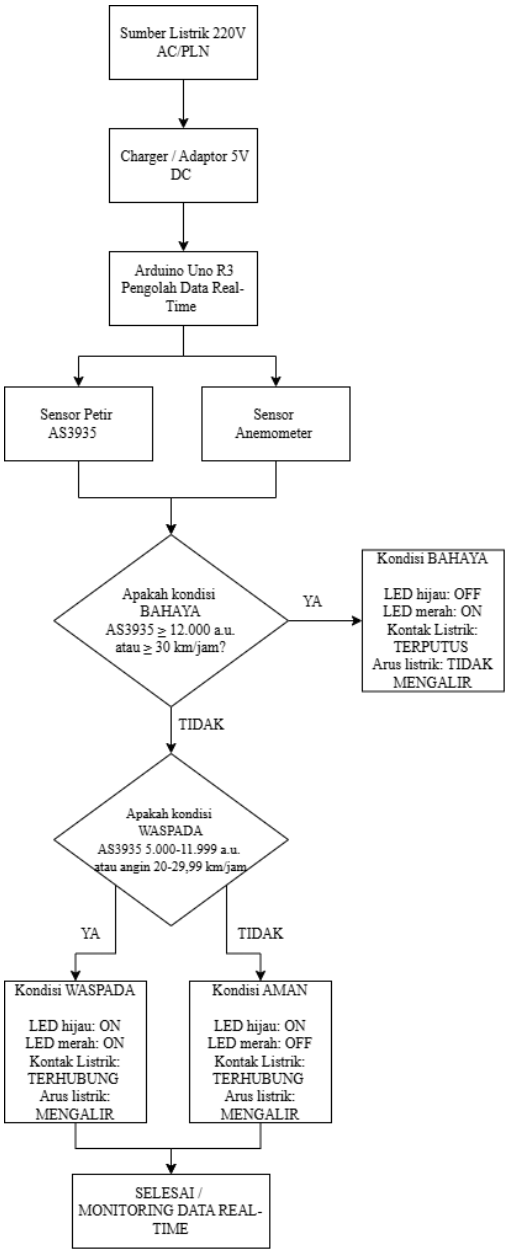



Gambar 1. Diagram Alur Rancangan Penelitian

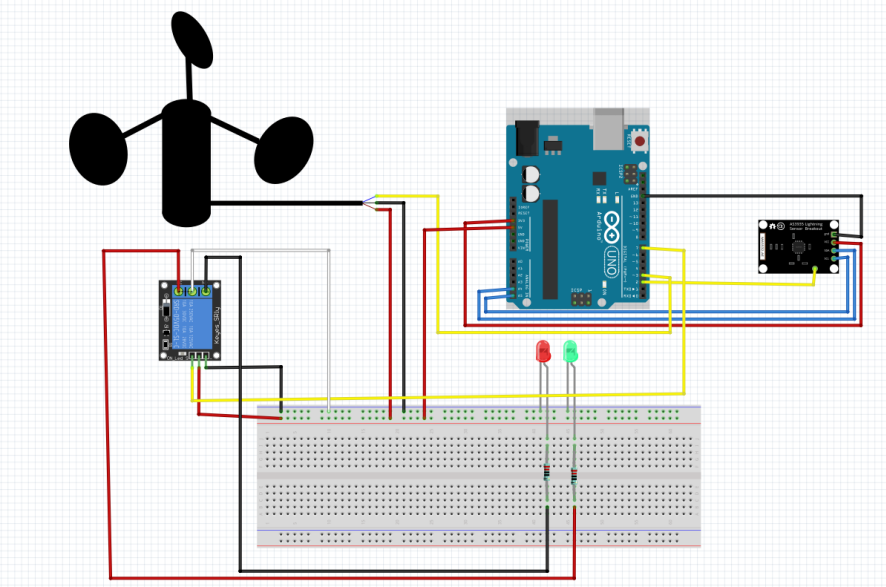
- Pengujian Alat
  Prototype yang telah dirancang dan diprogram selanjutnya diuji untuk mengetahui kinerja masing-masing sensor dan respons sistem. Sensor AS3935 diuji menggunakan mini Tesla coil sebagai sumber simulasi gangguan elektromagnetik, sedangkan sensor anemometer diuji menggunakan variasi putaran dan hembusan angin. Pengujian juga dilakukan terhadap relay untuk mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan pemutusan arus ketika kondisi bahaya terdeteksi. Untuk melihat akurasi alat maka jumlah error yang terjadi pada peralatan akan di hitung rata-ratanya seperti pada persamaan1, berikut:

$$Error\ Rata-rata = \frac{Jumlah\ Keseluruhan\ Error}{Jumlah\ Pengujian} \quad (1)$$

- Pengumpulan Data
  Pada tahap ini dilakukan pencatatan data hasil pengujian alat, seperti respons sensor terhadap petir dan kecepatan angin, waktu respons sistem, serta kondisi relay saat alat bekerja.
- Hasil Penelitian
  Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi cuaca ekstrem berupa petir dan angin kencang secara otomatis. Sensor petir dan sensor anemometer dapat bekerja dengan baik dalam memberikan input kepada Arduino sehingga relay mampu memutus arus



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Proteksi Kelistrikan



Gambar 3. Skematik Rangkaian

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan metode yang digunakan peneliti untuk memperoleh data penelitian. Pada penelitian ini, teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengujian sensor, dokumentasi, dan pencatatan data pengujian sebagai berikut:

- Pengujian Sensor
  Pengujian sensor dilakukan dengan mengamati secara langsung kinerja sensor petir AS3935 dan sensor anemometer pada prototype. Sensor petir AS3935 diuji menggunakan mini Tesla coil sebagai sumber simulasi gangguan elektromagnetik, sedangkan sensor anemometer diuji menggunakan putaran tangan dan kipas angin untuk menghasilkan variasi kecepatan angin. Pengujian dilakukan untuk mengetahui respons sensor terhadap kondisi yang diberikan serta kemampuan sistem dalam memberikan tindakan sesuai dengan kondisi yang terdeteksi.
- Dokumentasi
  Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan foto dan catatan selama proses perancangan, perakitan, serta pengujian prototype. Dokumentasi digunakan sebagai bukti pelaksanaan penelitian dan pendukung terhadap hasil pengujian sistem.
- Pencacatan Data Pengujian
  Pencatatan data dilakukan dengan mencatat hasil pembacaan sensor selama proses pengujian. Data yang dicatat meliputi hasil deteksi sensor petir AS3935, nilai energi estimasi dan jarak deteksi, kecepatan angin yang terbaca oleh sensor anemometer, status sistem, kondisi relay, serta waktu respons sistem. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk melakukan analisis terhadap kinerja sistem proteksi kelistrikan.

2.3. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data kuantitatif deskriptif untuk menganalisis hasil pengujian sensor petir AS3935, sensor anemometer, dan respons sistem proteksi kelistrikan. Data diperoleh dari hasil pengujian prototype dan pencatatan parameter yang diamati selama proses pengujian.

Parameter yang dianalisis meliputi:

- Respons sensor petir AS3935 terhadap sumber simulasi gangguan elektromagnetik menggunakan mini Tesla coil.
- Nilai energi estimasi dan jarak deteksi yang ditampilkan oleh sensor AS3935.
- Kecepatan angin yang terbaca oleh sensor anemometer dalam satuan km/jam.
- Waktu respons sistem dari saat kondisi bahaya terdeteksi hingga relay memberikan tindakan pemutusan arus.
- Kondisi relay sebagai indikator keberhasilan sistem dalam melakukan pemutusan arus listrik secara otomatis.

Data hasil pengujian sensor anemometer dianalisis berdasarkan perubahan nilai kecepatan angin terhadap batas kondisi yang telah ditentukan, yaitu kondisi aman, waspada, dan bahaya. Kondisi bahaya ditetapkan ketika kecepatan angin mencapai ≥30 km/jam, sedangkan pada kondisi terdeteksi petir, sistem memberikan perintah pemutusan arus berdasarkan event deteksi dari sensor AS3935.

Nilai energi yang diperoleh dari sensor AS3935 digunakan sebagai nilai energi estimasi dalam arbitrary unit (a.u.) dan diperlakukan sebagai data relatif hasil pembacaan sensor, bukan sebagai nilai energi fisik dalam satuan Joule. Data tersebut digunakan untuk mengamati perubahan respons sensor terhadap variasi jarak sumber simulasi elektromagnetik.

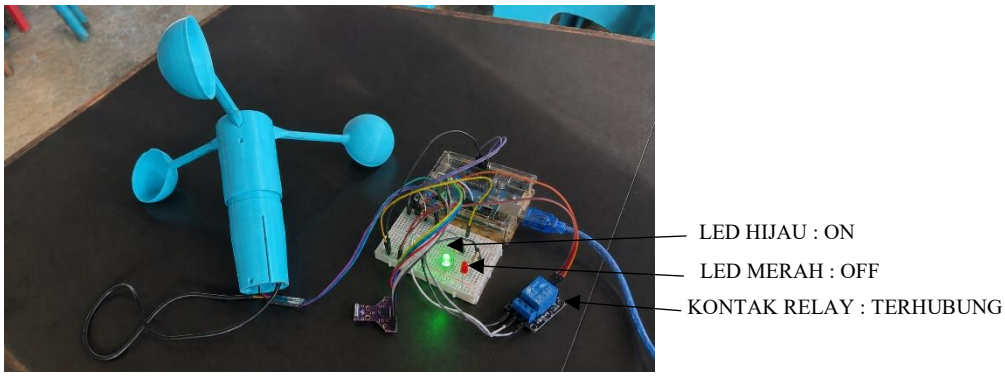
Waktu respons sistem dianalisis dengan membandingkan waktu saat kondisi bahaya terdeteksi dengan waktu saat relay memberikan respons pemutusan arus. Selanjutnya, tingkat keberhasilan sistem dihitung berdasarkan jumlah pengujian yang berhasil mendeteksi kondisi yang diberikan dan memberikan respons sesuai dengan program yang telah dirancang.

## 2.4. Rancangan Penelitian

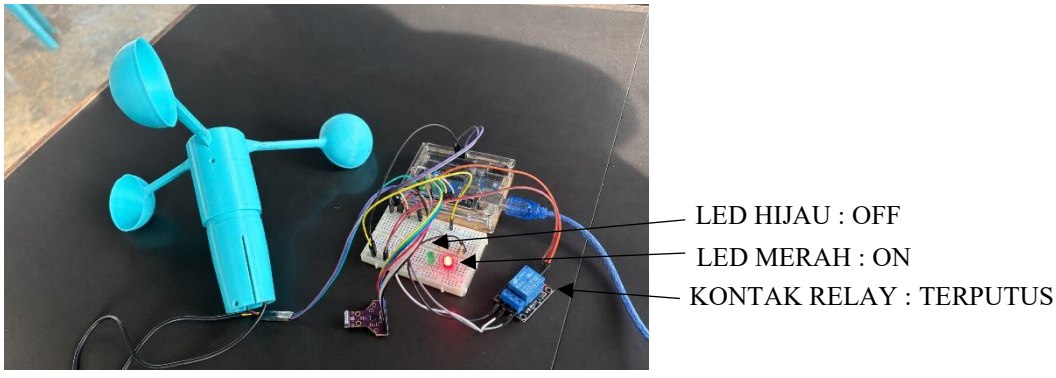
1. Perangkat Keras

   Pada alat pemutus arus listrik otomatis terdapat beberapa komponen utama, yaitu Arduino sebagai pengendali sistem, sensor petir sebagai pendeteksi petir, sensor anemometer sebagai pendeteksi kecepatan angin, relay 1 channel sebagai pemutus arus listrik otomatis, serta lampu LED hijau dan LED merah sebagai indikator kondisi sistem. LED hijau digunakan sebagai indikator arus listrik dalam kondisi normal, sedangkan LED merah digunakan sebagai indikator ketika arus listrik diputus secara otomatis. Selain itu, terdapat adaptor sebagai sumber daya dan kabel penghubung antar komponen.

   Pada rancangan alat juga terdapat box sterofoam sebagai tempat peletakan seluruh komponen elektronik agar sistem tersusun rapi dan terlindungi. Sensor petir dan sensor anemometer dipasang pada bagian luar box agar dapat mendeteksi kondisi lingkungan secara langsung, sedangkan Arduino, relay, dan komponen lainnya ditempatkan pada bagian dalam box.




Gambar 4. Kondisi Sistem Saat Arus Listrik Terhubung




Gambar 5. Kondisi Sistem Saat Arus Listrik Diputus Otomatis pada Kondisi Bahaya

2. Perangkat Lunak

Alur Program (*Flowchart Tekstual*)

- Mulai
- Inisialisasi perangkat
  1) Serial Monitor
  2) Sensor petir
  3) Sensor anemometer
  4) Relay (OFF pada awal sistem)
  5) LED hijau
  6) LED merah
- *Loop* utama
  1) Membaca data sensor petir
  2) Membaca data kecepatan angin dari anemometer
  3) Menampilkan data sensor pada Serial Monitor
  4) Apakah petir terdeteksi atau kecepatan angin melebihi batas?
     - Aman
       → Energi sensor petir < 5.000 a.u. dan kecepatan angin < 20 km/jam
       → Relay nonaktif
       → Arus listrik normal
       → LED hijau menyala
     - Waspada
       → Energi sensor petir 5.000–11.999 a.u. atau kecepatan angin 20–29,99 km/jam
       → Relay nonaktif
       → Arus listrik tetap normal
       → LED hijau dan LED merah menyala
     - Bahaya
       → Energi sensor petir ≥ 12.000 a.u. atau kecepatan angin ≥ 30 km/jam
       → Relay aktif
       → Arus listrik diputus
       → LED merah menyala
  5) Tunggu 10 detik
     - Kembali ke *loop* utama (*monitoring* berulang)

## 3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor

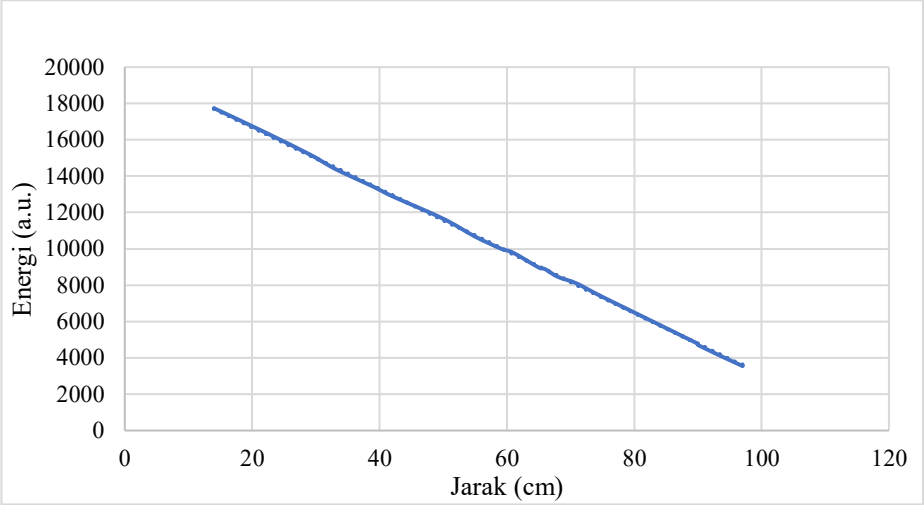
Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor petir AS3935 dan sensor anemometer dalam membaca kondisi yang diberikan pada prototype. Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui respons sistem proteksi kelistrikan berbasis Arduino Uno R3 terhadap perubahan kondisi yang terdeteksi oleh kedua sensor.

Sensor petir AS3935 digunakan untuk mendeteksi aktivitas elektromagnetik yang disimulasikan menggunakan mini Tesla coil, sedangkan sensor anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Data hasil pembacaan kedua sensor diamati melalui Serial Monitor dan dicatat selama proses pengujian untuk mengetahui respons sensor dan sistem pada kondisi yang berbeda.

Pada pengujian sensor petir, mini Tesla coil digunakan sebagai sumber simulasi gangguan elektromagnetik untuk memberikan masukan kepada sensor AS3935. Mini Tesla coil dalam penelitian ini tidak digunakan sebagai pengganti petir alami, melainkan sebagai sumber elektromagnetik buatan untuk menguji respons sensor AS3935 terhadap gangguan elektromagnetik. Oleh karena itu, hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi respons sensor terhadap sumber elektromagnetik buatan dan tidak dimaksudkan untuk merepresentasikan karakteristik energi petir alami secara langsung. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi jarak antara sumber simulasi dan sensor. Parameter yang diamati meliputi status deteksi, nilai energi estimasi, dan jarak deteksi yang ditampilkan oleh sensor AS3935. Nilai energi yang diperoleh merupakan nilai estimasi keluaran sensor dalam *arbitrary unit* (a.u.), sehingga digunakan sebagai nilai relatif untuk mengamati respons sensor terhadap perubahan jarak sumber simulasi.

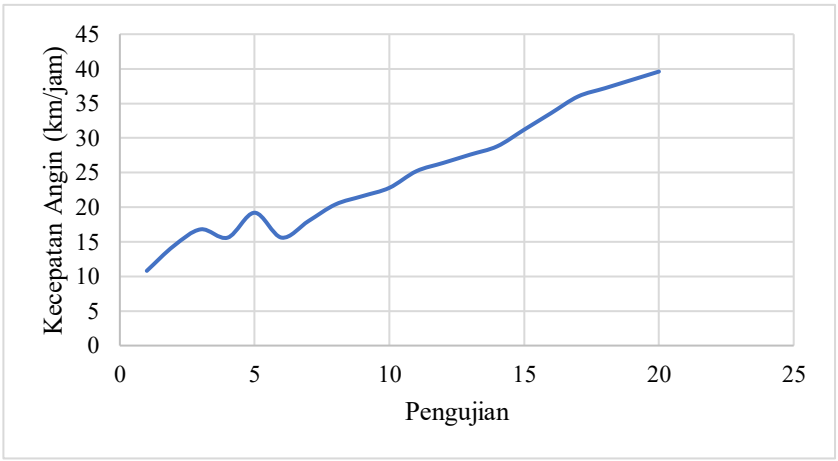
Pengujian sensor anemometer dilakukan dengan memberikan variasi putaran menggunakan tangan dan kipas angin. Kecepatan angin yang terbaca sensor dicatat dalam satuan km/jam dan digunakan untuk mengetahui respons sistem terhadap perubahan kecepatan angin. Hasil pembacaan kemudian dikelompokkan berdasarkan kondisi yang telah ditentukan, yaitu aman, waspada, dan bahaya, dengan kondisi bahaya ditetapkan pada kecepatan angin ≥30 km/jam.

Selain pengujian masing-masing sensor, dilakukan pengamatan terhadap respons relay untuk mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan pemutusan arus ketika kondisi bahaya terdeteksi. Pada kondisi terdeteksi aktivitas elektromagnetik berdasarkan event sensor AS3935 atau ketika kecepatan angin mencapai batas bahaya, sistem memberikan perintah kepada relay untuk memutus arus listrik. Waktu yang diperlukan sejak kondisi bahaya terdeteksi hingga relay memberikan respons juga dicatat sebagai parameter kinerja sistem.




Gambar 6. Grafik Respons Sensor AS3935 terhadap Sumber Simulasi Elektromagnetik

Grafik pada Gambar 6. menunjukkan hubungan antara jarak sumber simulasi elektromagnetik menggunakan mini Tesla coil dengan nilai energi estimasi yang terbaca oleh sensor AS3935. Berdasarkan hasil pengujian, nilai energi estimasi cenderung menurun ketika jarak sumber simulasi terhadap sensor semakin bertambah. Pada jarak sekitar 10 cm, sensor menghasilkan nilai keluaran/estimasi energi sensor sebesar 17.500 a.u. pada sumber simulasi elektromagnetik, sedangkan pada jarak sekitar 95 cm nilainya menurun hingga sekitar ±3.500 a.u. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi pengujian yang dilakukan, respons keluaran sensor terhadap sumber simulasi elektromagnetik cenderung menurun seiring bertambahnya jarak.




Gambar 7. Grafik Data Anemometer

Grafik pada Gambar 7. menunjukkan hasil pengujian sensor anemometer terhadap kecepatan angin yang dilakukan sebanyak 20 kali pengujian. Setiap pengujian dilakukan dengan memberikan variasi hembusan angin pada sensor anemometer, kemudian nilai kecepatan angin yang terbaca oleh sensor

dicatat dan ditampilkan melalui Serial Monitor. Nilai kecepatan angin pada grafik diperoleh dari hasil pembacaan sensor anemometer yang telah dikonversi ke dalam satuan kilometer per jam (km/jam). Dengan demikian, setiap nomor pengujian menunjukkan satu kali proses pengambilan data, sedangkan perbedaan nilai kecepatan pada setiap pengujian menunjukkan adanya perubahan kondisi atau intensitas hembusan angin yang diterima oleh sensor.

Berdasarkan grafik tersebut, nilai kecepatan angin pada pengujian pertama berada pada sekitar 10,8 km/jam dan secara umum mengalami peningkatan hingga mencapai sekitar 39,5 km/jam pada pengujian ke-20. Meskipun terdapat sedikit fluktuasi pada beberapa hasil pengujian, seperti penurunan atau kenaikan nilai pada pengujian tertentu, secara keseluruhan data menunjukkan bahwa sensor anemometer mampu memberikan pembacaan terhadap perubahan kecepatan angin. Fluktuasi tersebut dapat terjadi karena perubahan intensitas hembusan angin dan kondisi saat proses pengujian. Hasil pengujian ini digunakan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca kecepatan angin serta sebagai dasar dalam menentukan kondisi sistem berdasarkan batas kecepatan angin yang telah ditetapkan.

Data kecepatan angin yang diperoleh selanjutnya diproses oleh Arduino untuk menentukan kondisi sistem, yaitu aman, waspada, atau bahaya. Pada kondisi aman, kecepatan angin masih berada di bawah batas yang ditentukan sehingga relay tetap nonaktif dan aliran listrik tetap normal. Pada kondisi waspada, kecepatan angin mulai mendekati batas yang ditentukan sehingga sistem memberikan indikasi peringatan. Sedangkan pada kondisi bahaya, ketika kecepatan angin telah melebihi ambang batas yang ditentukan atau terdapat kondisi cuaca ekstrem lainnya, Arduino mengaktifkan relay sehingga aliran listrik dapat diputus secara otomatis. Dengan demikian, hasil pembacaan sensor anemometer tidak hanya digunakan untuk mengetahui nilai kecepatan angin, tetapi juga menjadi salah satu parameter dalam menentukan tindakan sistem proteksi kelistrikan secara otomatis.

### 3.2. Analisis Error

Analisis error dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian sistem dalam mendeteksi kondisi cuaca ekstrem menggunakan sensor petir dan sensor anemometer. Persentase error dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Error\ (\%) = \left|\frac{Nilai\ Acuan - Nilai\ Sensor}{Nilai\ Acuan}\right| x\ 100\% \quad (2)$$

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sensor petir dan sensor anemometer mampu memberikan respons sesuai dengan kondisi pengujian yang diberikan. Error yang muncul umumnya disebabkan oleh gangguan elektromagnetik pada sensor petir serta ketidakstabilan putaran anemometer saat proses pengujian. Meskipun demikian, sistem tetap mampu mendeteksi kondisi bahaya dan mengaktifkan relay secara otomatis dengan waktu respons yang cepat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan respons sesuai dengan kondisi yang diberikan pada saat pengujian dan hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan respons sesuai dengan kondisi yang diberikan pada saat pengujian sebagai prototype sistem proteksi kelistrikan real-time.

### 3.3. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian Mahar dkk. yang menggunakan sensor anemometer untuk mendeteksi kecepatan angin pada sistem peringatan dini. Namun, penelitian ini tidak hanya memanfaatkan sensor anemometer, tetapi juga mengintegrasikan sensor petir sebagai pendeteksi aktivitas petir. Dengan kombinasi kedua sensor tersebut, sistem mampu memberikan perlindungan yang lebih lengkap terhadap kondisi cuaca ekstrem.

Selain itu, penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada fungsi pemantauan atau peringatan dini, sedangkan pada penelitian ini sistem dirancang untuk melakukan tindakan proteksi secara otomatis melalui relay sebagai pemutus arus listrik. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu merespons kondisi bahaya dengan waktu respons sekitar 0,5–1,0 detik sehingga dapat bekerja secara real-time dalam memberikan respons proteksi terhadap peningkatan kecepatan angin dan aktivitas elektromagnetik yang disimulasikan.

### 3.4. Kelebihan dan Kekurangan Sistem

1. Kelebihan Sistem

- Sistem mampu mendeteksi dua parameter kondisi cuaca ekstrem, yaitu aktivitas elektromagnetik yang berkaitan dengan petir menggunakan sensor AS3935 dan kecepatan angin menggunakan sensor anemometer.
- Sistem dapat melakukan pemutusan arus listrik secara otomatis melalui relay ketika kondisi bahaya terdeteksi berdasarkan parameter yang telah ditentukan.
- Sistem memiliki waktu respons relatif cepat, yaitu sekitar 0,5–1,0 detik berdasarkan hasil pengujian prototype.
- Arduino Uno R3 sebagai pusat pengendali memiliki pemrograman yang relatif sederhana dan mendukung pengembangan sistem dengan biaya implementasi yang relatif rendah.
- Sistem bekerja secara real-time, sehingga proses pembacaan sensor dan pengendalian relay dapat dilakukan secara langsung tanpa pengoperasian manual.

2. Kekurangan Sistem
   - Pengujian sensor petir AS3935 menggunakan mini Tesla coil sebagai sumber simulasi gangguan elektromagnetik, sehingga hasil pengujian belum dapat sepenuhnya merepresentasikan karakteristik petir yang terjadi secara alami.
   - Sensor AS3935 dapat merespons gangguan elektromagnetik dari lingkungan sekitar, sehingga diperlukan penempatan dan pengaturan sensor yang tepat untuk mengurangi kemungkinan gangguan pada proses deteksi.
   - Pengujian sensor anemometer masih menggunakan putaran tangan dan kipas angin sebagai sumber variasi kecepatan angin, sehingga kondisi pengujian masih terbatas pada lingkungan laboratorium dan belum mewakili variasi angin di kondisi lapangan.
   - Sistem yang dikembangkan masih berupa prototype dengan pengujian pada skala terbatas, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut pada kondisi lingkungan nyata untuk mengetahui kinerja sistem dalam jangka waktu yang lebih panjang.
   - Sistem belum dilengkapi dengan fitur pemantauan berbasis Internet of Things (IoT), sehingga data hasil pengujian dan kondisi sistem belum dapat dipantau dari jarak jauh.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem proteksi kelistrikan real-time berbasis Arduino Uno R3 menggunakan sensor anemometer dan sensor petir AS3935, dapat disimpulkan bahwa sistem berhasil dikembangkan sebagai prototype pemutus arus listrik otomatis pada kondisi cuaca ekstrem. Perangkat keras sistem terdiri dari Arduino Uno R3 sebagai pengendali utama, sensor anemometer untuk mengukur kecepatan angin, sensor petir AS3935 untuk mendeteksi aktivitas elektromagnetik yang berkaitan dengan petir, relay satu channel sebagai pemutus arus listrik, serta LED merah dan hijau sebagai indikator kondisi sistem. Seluruh komponen diintegrasikan dalam prototype dan diprogram menggunakan Arduino IDE.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor anemometer mampu memberikan pembacaan terhadap perubahan kecepatan angin dan digunakan sebagai salah satu parameter dalam menentukan kondisi sistem. Pada kecepatan angin yang mencapai batas bahaya, yaitu 30 km/jam, sistem memberikan perintah kepada relay untuk melakukan pemutusan arus listrik. Sensor petir AS3935 juga mampu memberikan respons terhadap sumber simulasi gangguan elektromagnetik menggunakan mini Tesla coil, yang ditunjukkan melalui event deteksi pada sistem. Ketika kondisi bahaya terdeteksi, relay memberikan respons untuk memutus arus listrik sebagai tindakan proteksi.

Berdasarkan pengujian waktu respons, sistem mampu memberikan respons dalam rentang 0,5–1,0 detik setelah kondisi bahaya terdeteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototype mampu menjalankan fungsi deteksi dan pemutusan arus sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat digunakan sebagai prototype sistem proteksi kelistrikan yang bekerja secara real-time terhadap kondisi peningkatan kecepatan angin dan aktivitas elektromagnetik yang disimulasikan.

## Daftar Pustaka

[1] Daryanto dan Karim, *Pengantar Teknologi Informasi dan Elektronika*. Bandung: Alfabeta, 2017.

[2] Nandang, A., *Dasar Instalasi Listrik dan Pengamanannya*. Bandung: Pustaka Mandiri, 2019.

[3] Nugraha, H., "Studi Perbandingan MCB, NFB, dan ELCB pada Proteksi Kelistrikan Rumah Tangga," *Jurnal Keteknikan Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 55–62, 2020.

[4] Supriyono, *Perancangan Sistem Otomasi Berbasis Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2020.

[5] Putra, A., dan Santoso, B., "Perancangan Sistem Pemutus Arus Otomatis Berbasis Sensor Cuaca," *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, vol. 13, no. 1, pp. 21–28, 2021.

[6] Rahma Farah Ningrum dkk., "Alat Pembatas dan Pemutus Arus Listrik Berbasis Arduino Uno," 2018.

[7] Teddy Mulyadi Hidayat dkk., "Sistem Pemutus Daya Listrik Otomatis Menggunakan Arduino MEGA2560," 2018.

[8] Ade Sumaedi, "Perancangan Sistem Keamanan Pendeteksi Gas dalam Ruangan Menggunakan Sensor Gas MQ-2 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3," *Jurnal Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan*, vol. VII, no. 3, p. 199, 2024.

[9] Wijaya, H., "Metodologi Rancang Bangun Sistem Elektronika," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 2, pp. 45–53, 2022.

[10] Mahar, M. L., Al Tahtawi, A. R., dan Sudrajat, S., "Perancangan dan Realisasi Anemometer Digital untuk Aplikasi Sistem Peringatan Dini," *Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 5, no. 2, pp. 101–108, 2020.

[11] Putra, A., dan Santoso, B., "Perancangan Sistem Pemutus Arus Otomatis Berbasis Sensor Cuaca," *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, vol. 13, no. 1, pp. 21–28, 2021.

[12] Santoso, D., "Analisis Sistem Pemutus Arus Listrik Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Teknologi Elektro Indonesia*, vol. 7, no. 1, pp. 25–33, 2020.

[13] Teddy Mulyadi Hidayat dkk., "Sistem Pemutus Daya Listrik Otomatis Menggunakan Arduino MEGA2560," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 44–50, 2020.

[14] Rahma Farah Ningrum dkk., "Alat Pembatas dan Pemutus Arus Listrik Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 10–17, 2020.

[15] Priambudi, R. W., "Analisa Akurasi Sensor Suhu Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 88–95, 2020.

[16] Maharani, D., dan Setiawan, A., "Implementasi Sensor Cuaca pada Sistem Monitoring Lingkungan Berbasis Arduino," *Jurnal Elektronika dan Instrumentasi*, vol. 11, no. 1, pp. 30–37, 2021.

[17] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.

[18] Wijayanto, E., "Sistem Monitoring dan Proteksi Listrik Otomatis Berbasis IoT," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 72–79, 2022.