

# IMPLEMENTASI MIKROKONTROLER SEBAGAI SISTEM PROTEKSI PADA AMPLIFIER

Riffa Noviani<sup>1</sup>, Gaguk Firasanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang; Jl. Witana Harja No.18b, Pamulang Bar., Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15417

## Keywords:

Amplifier, Protection System, ESP32, LM35, INA219

## Correspondent Email:

[riffanovianii@gmail.com](mailto:riffanovianii@gmail.com)

**Abstrak.** Perkembangan teknologi elektronika, khususnya sistem audio seperti amplifier, menuntut adanya proteksi terhadap kerusakan akibat overcurrent dan overheating. Penelitian ini mengusulkan sistem proteksi amplifier berbasis mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi sensor suhu LM35 dan sensor arus-tegangan INA219. Sistem dirancang untuk mendeteksi kondisi abnormal suhu maupun arus, kemudian memutus aliran listrik menggunakan relay sebagai langkah proteksi. Hasil kalibrasi menunjukkan sensor LM35 memiliki selisih pengukuran 0,54°C dibanding termometer digital, sedangkan INA219 menunjukkan selisih 0,44 V untuk tegangan dan 0,6 A untuk arus dibanding alat ukur standar. Pengujian pada volume setengah menunjukkan suhu heatsink 63,84°C dengan arus TIP2955 dan TIP3055 berada dalam batas aman. Pada volume penuh, suhu meningkat hingga 76,41°C dan sistem mendeteksi kenaikan arus signifikan. Dalam kondisi transistor rusak, suhu mencapai 77,07°C dan sistem berhasil merespons dengan akurat, membuktikan sistem proteksi amplifier yang efektif dan andal.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

**Abstract.** The development of electronic technology, especially audio systems such as amplifiers, requires protection against damage due to overcurrent and overheating. This study proposes an amplifier protection system based on the ESP32 microcontroller equipped with an LM35 temperature sensor and an INA219 current-voltage sensor. The system is designed to detect abnormal conditions of temperature and current, then cut off the power supply using a relay as a protective measure. Calibration results show that the LM35 sensor has a measurement difference of 0.54°C compared to a digital thermometer, while the INA219 shows a difference of 0.44 V for voltage and 0.6 A for current compared to a standard measuring instrument. Testing at half volume shows a heatsink temperature of 63.84°C with the TIP2955 and TIP3055 currents within safe limits. At full volume, the temperature increases to 76.41°C and the system detects a significant increase in current. In a damaged transistor condition, the temperature reaches 77.07°C and the system successfully responds accurately, proving an effective and reliable amplifier protection system.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang elektronika berkembang pesat dan memberikan dampak besar bagi kehidupan masyarakat sehari-hari. Kemajuan ini memberi berbagai

teknologi yang lebih canggih di bidang audio, video, dan komunikasi [1].

Banyak konsep elektronika digital yang muncul saat ini didasarkan pada teknologi mikrokontroler, yang berkontribusi terhadap

kemajuan teknologi dan ilmiah. Salah satunya adalah mikrokontroler ESP32 [2]. Beberapa fitur mikrokontroler ESP32 meliputi konverter analog-ke-digital (ADC), konverter digital-ke-analog (DAC), dan konektivitas jaringan nirkabel. Selain itu, mikrokontroler ESP32 dapat berkomunikasi melalui Wi-Fi, menyederhanakan proses pemantauan pengujian [3].

Pada penelitian ini dirancang implementasi mikrokontroler sebagai sistem proteksi pada amplifier, sistem proteksi menjadi sangat penting. Sistem ini berfungsi untuk melindungi amplifier dan speaker dari kondisi yang bisa berpotensi merusak. Tanpa adanya sistem proteksi yang memadai, amplifier dapat mengalami kerusakan yang disebabkan oleh overcurrent, di mana arus yang mengalir melebihi kapasitas yang dapat ditangani oleh amplifier. Selain itu, overheating yang disebabkan oleh penggunaan berlebihan atau ventilasi yang tidak memadai juga dapat merusak komponen amplifier. Fluktuasi tegangan, baik itu lonjakan atau penurunan, juga dapat menyebabkan kerusakan pada sirkuit elektronik yang sensitif. serta pada speaker jika terjadi overcurrent, overheating dan lonjakan tegangan akan berpotensi merusak speaker. Untuk mencegah adanya kerusakan dengan menggunakan serial monitor pada Arduino IDE untuk mengetahui kenaikan atau penurunan suhu, tegangan, dan arus.

Sebuah relay proteksi berbasis mikrokontroler ESP32 ialah relay yang dapat di mengatur arus, tegangan dan suhu kerjanya. Dengan menggunakan peralatan ini, relay akan memutuskan hubungan listrik ke beban jika terjadi hubung singkat atau arus beban lebih dan suhu yang melebihi batas. Jika gangguan telah diatasi maka relay proteksi dapat direset untuk digunakan kembali

Terdapat beberapa referensi yang digunakan pada proses penelitian implementasi Mikrokontroler sebagai sistem proteksi pada amplifier [4].

Dari penelitian yang dilakukan oleh Aria Kharisma, Galang Nazharullah dengan judul “Relay Proteksi Arus Lebih Berbasis Mikrokontroler Arduino” dari penelitian ini disimpulkan bahwa sistem Relay proteksi arus lebih berbasis Arduino yang akurat dan efektif. menggunakan sensor arus dengan Op-Amp memberikan akurasi yang lebih baik. Tampilan

LCD dan fitur pengaturan membuat alat lebih fleksibel [4].

Dari penelitian yang dilakukan oleh Trias Prima Satya, Fitri Puspasari, Hristina Prisyanti dan Elisabeth Ruthma Meilani Saragih dengan judul “Perancangan Dan Analisis Sistem Alat Ukur Arus Listrik Menggunakan Sensor ACS712 Berbasis Arduino Uno Dengan Standar Clampmeter” alat pengukur arus menggunakan sensor ACS712 berbasis arduino uno, Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode perbandingan langsung dengan clamp meter standar[5].

Dari penelitian yang dilakukan oleh Adinda Ummur Rasyidah, dan teman-teman dengan judul “Implementasi Mikrokontroler ESP32 Untuk Memonitor Tegangan Dengan Voltage Sensor” Usaha untuk melakukan pembacaan tegangan tidak terbatas pada penggunaan multimeter atau alat ukur lainnya. Mikrokontroler juga dapat digunakan sebagai alat untuk memantau nilai tegangan yang terdapat pada suatu objek. Meskipun terdapat perbedaan dalam hasil pembacaan rata-rata tegangan dari power supply antara multimeter dan rangkaian sistem, kedua metode ini menunjukkan hubungan yang sebanding terhadap kenaikan tegangan dari sumber daya [6].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Trafo

Transformator yang juga disebut dengan nama Trafo, adalah alat listrik yang berfungsi untuk mengubah besarnya tegangan arus searah menjadi tegangan yang berbeda [7].

Current Transformer (CT) adalah alat listrik yang bisa mengurangi arus yang besar menjadi arus yang lebih kecil, digunakan dalam rangkaian arus searah dan bolak-balik. CT digunakan untuk mengukur arus yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi [8].



Gambar 1. Trafo

## 2.2. Amplifier

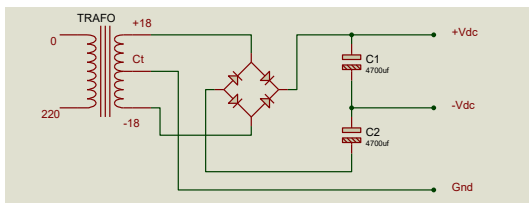
Amplifier akan menguatkan sinyal suara yaitu sinyal arus (I) dan tegangan (V) dari masukannya. Sedangkan keluarannya akan menjadi arus dengan tegangan yang lebih besar [9].



Gambar 2. Amplifier

## 2.3. Power Supply

Catu daya (power supply) menjadi bagian yang penting dalam dunia elektronika yang berfungsi sebagai sumber tenaga listrik. Catu daya juga dapat digunakan sebagai perangkat yang memasok energi listrik untuk satu atau lebih beban listrik [10].



Gambar 3. Catu daya (power supply)

## 2.4. Transistor

Transistor digunakan dalam rangkaian untuk memperkuat isyarat, artinya isyarat lemah pada masukan diubah menjadi syarat yang kuat pada keluaran [11].

## 2.5. Speaker

Speaker adalah transduser yang mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara dengan menggetarkan komponen mirip membran.

## 2.6. Arduino ESP32

Modul ESP-32 bertindak sebagai otak utama dari sistem, dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth yang memungkinkan pengiriman data secara nirkabel ke server atau aplikasi Android. Selain itu, modul ini juga mengatur proses mengambil data dari sensor dan mengirimkan data tersebut secara langsung untuk dianalisis dan ditampilkan di serial monitor [12]



Gambar 4. Arduino ESP32

## 2.7. Relay

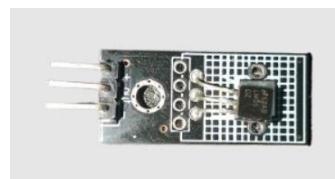
Relay adalah komponen saklar yang dioperasikan secara elektrik dan termasuk dalam kategori komponen elektromekanik. Komponen ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu kumparan magnet (coil) dan bagian mekanik (kontak saklar)[4].



Gambar 5. Relay

## 2.8. Sensor LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Salah satu keunggulan LM35 adalah akurasi tinggi dan kemudahan dalam perancangannya, jika dibandingkan dengan sensor suhu lainnya [13].



Gambar 6. Sensor Suhu LM35

## 2.9. Sensor INA219

Sensor INA219 adalah modul pengukur arus dan tegangan yang dirancang untuk aplikasi pengukuran daya dalam sistem elektronik. Sensor ini dapat digunakan untuk memantau konsumsi daya dari berbagai perangkat, memberikan data yang akurat mengenai arus, tegangan, dan daya.



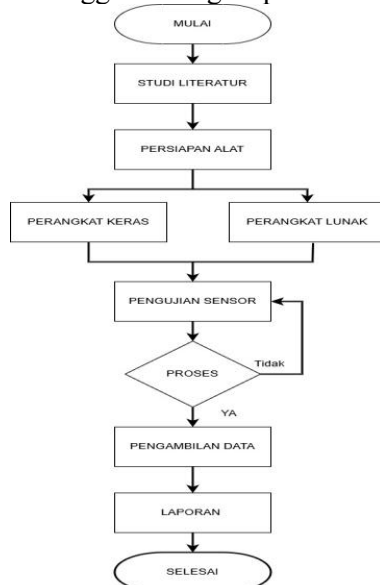
Gambar 7. Sensor INA219

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tahapan Penelitian

Pada proses pembuatan Implementasi Mikrokontroler Sebagai Sistem Proteksi Pada Amplifier, Terdapat beberapa tahapan yang harus dilaksanakan agar sistem yang dihasilkan dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan.

Proses pembuatan dimulai dengan tahapan awal yaitu blok mulai, di mana alat direncanakan. Selanjutnya, dilakukan pencarian referensi yang relevan dengan judul penelitian. Kemudian, persiapan alat mencakup persiapan perangkat keras dan lunak yang dibutuhkan alat-alat yang diperlukan dan disiapkan secara spesifik. Setelah itu, dilakukan mengkalibrasi sensor yang akan digunakan, Jika sensor tidak berfungsi dengan baik, perlu kembali ke pengujian hingga berfungsi optimal.



Gambar 8. Tahapan Penelitian

Setelah semua sensor siap, pengambilan data dilaksanakan dimana data dikumpulkan untuk penelitian. Hasil pengambilan data kemudian diproses dalam laporan disusun berdasarkan

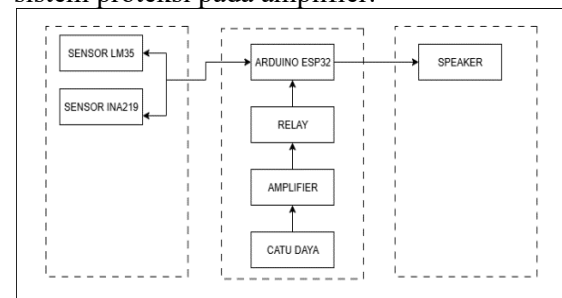
informasi yang didapat. Alat dinyatakan selesai ketika semua alat berfungsi sesuai rencana dan laporan telah disusun dengan baik.

#### 3.2. Alat Dan Bahan

Untuk mendukung proses kegiatan penelitian yang dilakukan, sangatlah diperlukan berbagai alat dan bahan yang akan digunakan dalam setiap tahap penelitian. Alat dan bahan ini mencakup perangkat keras yang akan membantu dalam pengambilan data yang akurat seperti trafo, amplifier, relay, speaker, sensor LM 35, sensor INA219, arduino ESP32, kabel jumper. Selain itu, perangkat lunak juga memainkan peran yang sangat penting seperti arduino IDE.

#### 3.3. Blok Diagram

Blok diagram mikrokontroler sebagai sistem proteksi pada amplifier.



Gambar 9. Block diagram

Implementasi Mikrokontroler sebagai sistem proteksi pada amplifier terdiri dari 3 bagian yaitu Input, Proses dan Output.

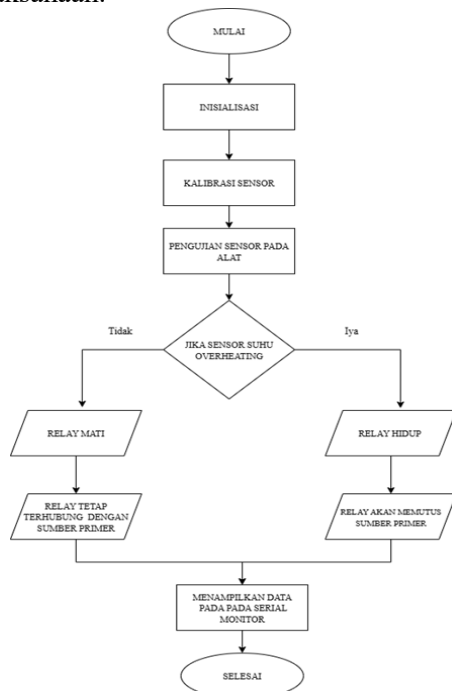
Pada bagian Input, terdiri dari fungsi utama sensor LM35 dalam diagram ini adalah untuk mengukur dan memberikan informasi tentang suhu pada bagian heatsink amplifier. fungsi utama sensor INA219 adalah untuk mengukur arus dan tegangan listrik dalam rangkaian amplifier.

Pada bagian Proses, terdiri dari ESP32 mikrokontroler ini berfungsi untuk mengambil data dari sensor dan mengendalikan perangkat lainnya. fungsi utama relay adalah untuk memberikan isolasi antara sirkuit kontrol (arduino) dan sirkuit daya melindungi komponen dari arus, tegangan dan suhu yang tinggi. Amplifier berfungsi untuk memperkuat sinyal input menjadi sinyal output yang lebih kuat. Catu daya adalah sumber daya yang digunakan untuk memberikan daya ke semua komponen dalam sistem.

Pada bagian output, terdiri dari speaker berfungsi untuk mengeluarkan suara berdasarkan data yang diproses oleh sistem.

### 3.4. Flowchart

Menjelaskan tahapan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini. Setiap langkah disusun secara sistematis agar alur penelitian dapat dipahami dengan baik dan memudahkan pelaksanaan.

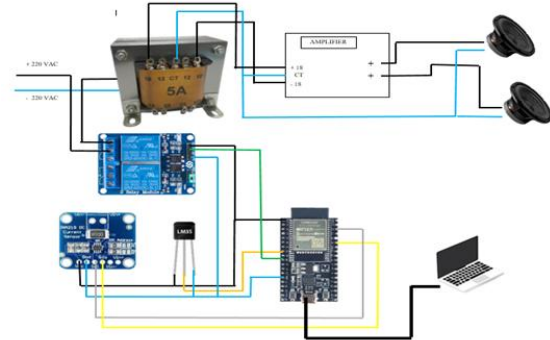


Gambar 10. Flowchart

Keterangan dari flowchart proses kerja, mulai merupakan titik awal dari alur kerja sistem. Program di inisialisasi, termasuk pengaturan awal untuk variable dan konfigurasi yang diperlukan untuk operasi selanjutnya. Sensor suhu LM35 dan sensor tegangan serta arus INA219 yang akan digunakan dikalibrasi agar dapat memberikan pembacaan yang akurat. Sensor mulai mengukur suhu LM35 pada heatsink dekat dengan transistor pada amplifier jika sensor LM35 overheating terdapat dua pilihan jika iya maka relay akan hidup memutuskan aliran sumber primer, kemudian relay terhubung kembali dengan mengalirkan sumber primer jika suhu pada heatsink sudah menurun. jika tidak maka relay akan mati. kemudian hasil pengujian nilai data akan ditampilkan pada serial monitor di arduino IDE.

### 3.5. Skema Rangkaian Alat

Berikut ini skema rangkaian alat yang akan digunakan untuk Implementasi Mikrokontroler Sebagai Sistem Proteksi Pada Amplifier.



Gambar 11. Skema Rangkaian Alat

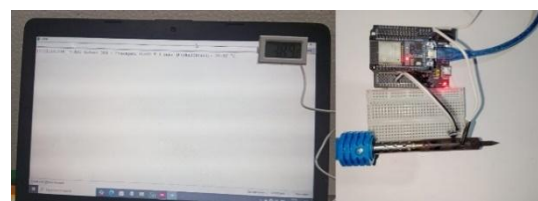
Gambar ini menunjukkan keterangan dari skematik rangkaian alat. Alat tersebut menggunakan 2 sensor untuk memberikan sinyal ke ESP32 untuk memproses jika suhu pada heatsink amplifier melebihi batas maksimal relay akan bekerja untuk memutus sumber primer. Speaker sebagai indikasi untuk mengeluarkan suara. Hasil data akan ditampilkan pada serial monitor arduino IDE.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengujian Kalibasi Sensor Suhu LM35

Tujuan dari pengujian sensor suhu LM35 adalah untuk memastikan akurasi dan keandalan pembacaan suhu yang dihasilkan, Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa sensor memberikan nilai yang sesuai dengan suhu sebenarnya, serta melakukan kalibrasi.

Pada gambar 12 menggunakan sensor LM35 dan arduino ESP32 untuk melakukan ujicoba pengujian dengan suhu panas dari alat solderan. untuk mengetahui kebenaran nilai yang dihasilkan oleh sensor.



Gambar 12. Pengujian Sensor Suhu LM35 Dengan Alat Solder

Pada gambar 12 ini juga menggunakan alat termometer untuk mendapatkan nilai yang akurat agar dilakukan untuk ujicoba kalibrasi sensor dengan alat yang sudah ada, sehingga sensor yang digunakan akan mendapatkan nilai yang akurat sesuai dengan alat yang sudah ada. Solderan yang digunakan menggunakan daya 40 watt, pengujian dilakukan dalam waktu 5 menit.

**Tabel 1. Tabel data nilai dari Sensor LM35 dan Arduino ESP32**

| NO        | Waktu (s) | Alat (°C) | Sensor (°C) | Error (°C) |
|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|
| 1         | 30        | 38,9      | 38,62       | 0,28       |
| 2         | 60        | 58,2      | 57,41       | 0,79       |
| 3         | 90        | 67,8      | 67,45       | 0,35       |
| 4         | 120       | 80,9      | 80,45       | 0,45       |
| 5         | 150       | 81,8      | 81,1        | 0,7        |
| 6         | 180       | 89,2      | 89,46       | 0,26       |
| 7         | 210       | 89,4      | 88,43       | 0,97       |
| Rata-rata |           |           |             | 0,54       |

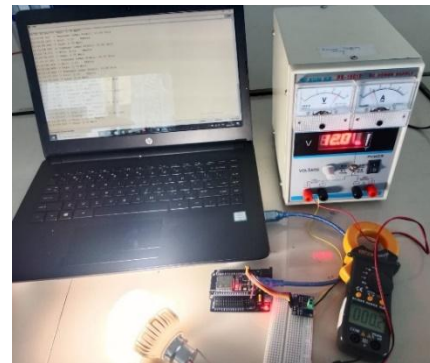
Dari hasil pengujian di atas, dilakukan pengujian sebanyak 7 kali, dengan waktu yang dibutuhkan 5 menit. Dilihat hasil dari pembacaan sensor suhu LM35 menghasilkan nilai yang berbedada – beda. Jumlah selisih dari data bernilai 0,54°C.

#### 4.2. Pengujian Kalibrasi Sensor Arus dan Tegangan INA219

Pengujian kalibrasi sensor arus dan tegangan INA219 adalah langkah penting untuk memastikan bahwa sensor tersebut memberikan pembacaan yang akurat dan andal. pengukuran pada pengujian sensor INA219 untuk mendapatkan hasil nilai data untuk mengetahui kelayakan pada sensor.

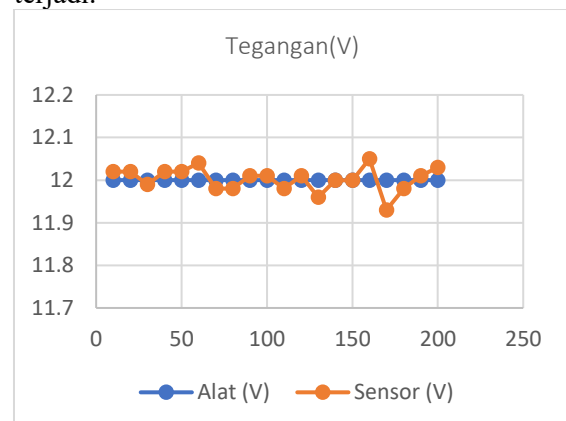
Pada gambar 13 telah dilakukan pengujian terhadap sensor INA219 dengan serial monitor dan sebagai beban lampu 12VDC dengan power supplay DC analog sebagai sumber tegangan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sensor INA219 akurat dan konsisten untuk menentukan arus dan tegangan.

Pada Sumber tegangan yang digunakan pada Power Suplay DC Analog sebesar 12VDC dan arus yang terbaca pada tang ampere adalah 0,2 ampere



**Gambar 13. Sensor INA219 Dan Power Suplay DC Analog Beserta Lampu 12VDC**

Pengujian berikut bertujuan untuk mengetahui sensor ini memberikan informasi yang akurat mengenai arus dan tegangan listrik dalam suatu rangkaian. Hal ini memungkinkan untuk memantau efisiensi energi serta mendeteksi potensi masalah yang mungkin terjadi.



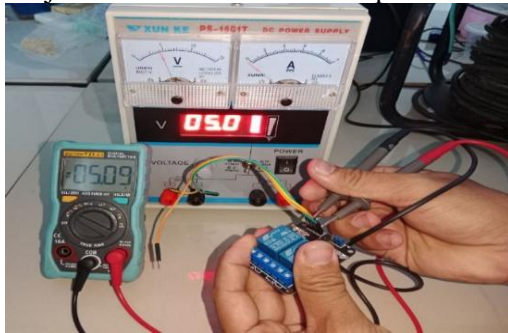
**Gambar 14. Grafik Nilai Tegangan dari Sensor INA219**

Dari grafik 14 menunjukkan jika grafik berwarna biru untuk alat yang digunakan yaitu power supplay analog dan pada grafik berwarna orange menunjukan hasil pembacaan dari sensor INA219 pada serial monitor. Pada power supplay analog tegangan yang digunakan yaitu 12V, sementara tegangan yang terbaca pada sensor dimulai dari 11,99V beban yang digunakan lampu 12VDC.

#### 4.3. Pengujian Relay

Tujuan dari pengujian relay adalah untuk memastikan bahwa relay bekerja dengan baik. Dalam pengujian relay 2 channel, kita tidak hanya memeriksa apakah setiap channel berfungsi sesuai spesifikasi, tetapi juga untuk

memastikan bahwa kedua channel dapat bekerja secara bersamaan atau terpisah.



**Gambar 15. Pengujian Relay Dengan Power Supply Analog**

Pada gambar 8 menggunakan relay 2 channel dan arduino ESP32 untuk melakukan ujicoba pengujian dengan power supply analog untuk mengetahui kebenaran relay bekerja dengan baik atau tidak.

Pengujian berikut bertujuan untuk mengetahui informasi tentang kinerja dan respons relay dalam suatu sistem. Dengan data pengukuran, pengguna dapat menganalisis waktu respons relay, arus yang dilalui, dan tegangan yang diterapkan. Ini membantu dalam memastikan bahwa relay beroperasi dengan baik.

Berikut ini adalah tabel data nilai yang didapatkan dari relay.

**Tabel 2. Tabel data nilai dari relay**

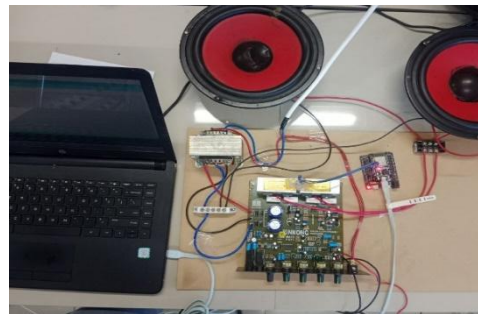
| No. | Tegangan (V) | Terhubung/Tidak |
|-----|--------------|-----------------|
| 1   | 0            | Tidak           |
| 2   | 1            | Tidak           |
| 3   | 2            | Tidak           |
| 4   | 3            | Tidak           |
| 5   | 4            | Tidak           |
| 6   | 5            | Terhubung       |
| 7   | 6            | Terhubung       |
| 8   | 7            | Terhubung       |
| 9   | 8            | Terhubung       |
| 10  | 9            | Terhubung       |

Dari hasil pengujian di atas, dilakukan pengujian 10 kali. Dilihat hasil dari pembacaan relay menghasilkan tegangan pada 1-4 Volt relay akan terputus dan tegangan 5-9 Volt tegangan akan terhubung, pengujian relay dengan power supply analog.

#### **4.4. Pengambilan Data Suhu Sensor LM35 Pada Amplifier**

##### **a. Pengambilan Data Suhu Dengan Tone Control Putaran Setengah**

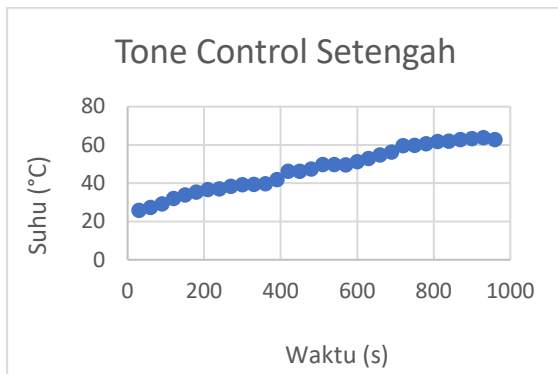
Pengambilan data sensor suhu LM35 pada amplifier dengan tone control dengan putaran setengah bertujuan untuk mengukur dan memantau perubahan suhu secara akurat pada amplifier. Selain itu, proses ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat berfungsi dalam rentang suhu yang optimal, sehingga dapat mencegah kerusakan akibat overheating. Data suhu yang diperoleh juga dapat digunakan untuk memastikan kualitas suara yang konsisten.



**Gambar 16. Suhu Pada Tone Control Putaran Setengah**

Pada gambar 16, dilakukan pengambilan data suhu menggunakan sensor LM35 untuk mengukur suhu pada amplifier. Proses pengambilan data ini dilakukan dengan kondisi volume suara diatur pada setengah putaran, serta pengaturan treble dan bass juga pada setengah. Input suara yang digunakan berasal dari handphone, sehingga data yang diperoleh dapat memberikan gambaran akurat mengenai suhu operasional amplifier dalam kondisi tersebut.

Berikut ini adalah gambar yang didapatkan dari Pengambilan data suhu pada amplifier dengan tone control setengah.

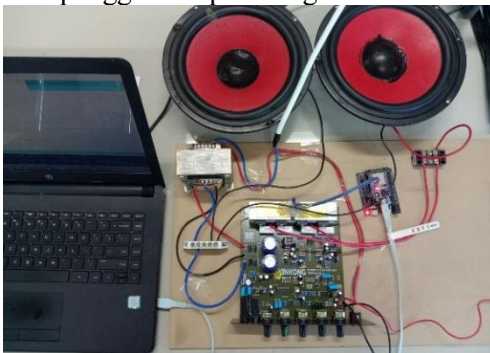


**Gambar 17. Grafik Data Suhu Pada Amplifier Dengan Tone Control Setengah**

Dari hasil pengujian di atas, dilakukan pengujian selama 16 menit. Pada percobaan pertama, tone control diatur pada putaran setengah. Pengambilan data suhu dilakukan secara berkala selama 30 detik suhu mulai stabil disuhu sekitar 60°C. Pada pengaturan treble, bass dan tone control yang diatur putaran setengah menghasilkan suhu heatsink meningkat dengan lebih stabil. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan ini memberikan beban yang lebih terkontrol pada amplifier, memungkinkan kinerja yang optimal tanpa risiko overheating.

#### b. Pengambilan Data Suhu Dengan Tone Control Putaran Penuh

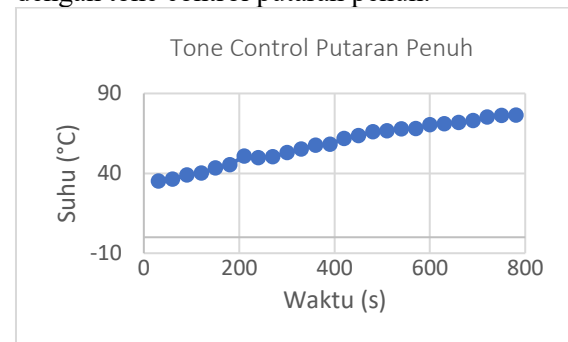
Pengambilan data sensor suhu LM35 pada amplifier dengan tone control diatur pada putaran penuh bertujuan untuk mengukur dan memantau perubahan suhu secara akurat pada amplifier. Proses ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat berfungsi dalam rentang suhu yang optimal, sehingga dapat mencegah kerusakan akibat overheating. Selain itu, data suhu yang diperoleh dapat digunakan untuk menjaga kualitas suara yang konsisten selama penggunaan pada tingkat maksimum.



**Gambar 18. Pengambilan Data Suhu Pada Amplifier Dengan Tone Control Putaran Penuh**

Pada gambar 18 menunjukkan proses pengambilan data suhu pada amplifier saat tone control diatur pada posisi putaran penuh. Dalam kondisi ini, pengukuran suhu dilakukan untuk menganalisis kinerja amplifier pada tingkat Output maksimum, Proses pengambilan data ini dilakukan dengan kondisi volume suara diatur pada penuh, serta pengaturan treble dan bass juga pada penuh. Input suara yang digunakan berasal dari handphone, sehingga data yang diperoleh dapat memberikan gambaran akurat mengenai suhu operasional amplifier dalam kondisi tersebut.

Berikut ini adalah grafik yang didapatkan dari pengambilan data suhu pada amplifier dengan tone control putaran penuh.



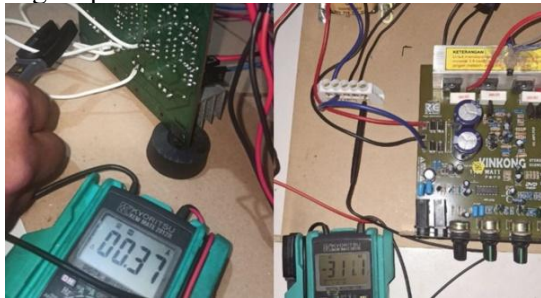
**Gambar 19. Grafik Data Suhu Pada Amplifier Dengan Tone Control Setengah**

Dari hasil pengujian di atas, dilakukan pengujian selama 13 menit. Pada percobaan kedua, sub woofer diatur pada putaran penuh. Pengambilan data suhu dilakukan secara berkala selama 30 detik. Pada pengaturan treble, bass dan tone control yang diatur putaran penuh menghasilkan suhu heatsink lebih cepat panas. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tersebut memberikan beban lebih tinggi pada amplifier, yang dapat berdampak pada kinerja dan stabilitas sistem audio.

#### 4.5. Pengambilan Data Pada Transistor Di Amplifier

Saat ini, proses pengambilan data pada transistor dalam amplifier sedang berlangsung untuk mengevaluasi performa dan efisiensi dari rangkaian tersebut. Pengukuran yang dilakukan mencakup besarnya arus pada basis, arus pada kolektor, dan arus pada emitor serta nilai tegangan di setiap terminal yaitu kolektor, basis, dan emiter.

Berikut gambar pengambilan data pada transistor di amplifier dengan menggunakan tang ampere dan avometer.



**Gambar 20. Pengambilan Data Transistor TIP2955 & TIP3055 dengan Tang Ampere dan Digital Multimeter**

Pada gambar 20 menunjukkan proses pengambilan data pada transistor, pengambilan data ini untuk mengetahui arus serta tegangan pada transistor waktu saat amplifier hidup. Pengambilan data ini menggunakan alat yaitu tang ampere untuk mengukur arus pada transistor dengan menghubungkan kabel pada pin kaki transistor ke jalur yang terhubung pada kaki transistor.

Kemudian pengukuran tegangan transistor dengan menggunakan avo meter dan menghubungkan pada pin kaki transistor.

Berikut ini adalah tabel data yang didapatkan dari Pengambilan Data Pada Transistor Di Amplifier

**Tabel 3. Transistor TIP2955**

| TRANSISTOR TIP2955 |              |               |             |               |
|--------------------|--------------|---------------|-------------|---------------|
| Pin Transistor     | Tegangan (V) |               | Arus (A)    |               |
|                    | 1/2 Putaran  | Penuh Putaran | 1/2 Putaran | Penuh Putaran |
| Basis              | 0,3111       | 0,3287        | 0,37        | 0,45          |
| Kolektor           | 23,06        | 20,28         | 0,21        | 0,27          |
| Emitor             | 0,047        | 0,0536        | 0,62        | 0,65          |

Dari hasil tabel data di atas, Pengambilan data arus dan tegangan dilakukan 2 kali saat tone control putaran setengan dan tone control putaran penuh. Transistor TIP2955 memberikan informasi penting mengenai tegangan dan arus pada masing-masing kaki transistor basis, kolektor, dan emitor dalam berbagai kondisi putaran tone control. Pada kondisi tone control putaran penuh transistor beroperasi pada kapasitas maksimum, sedangkan pada setengah putaran, operasi berkurang.

Berikut ini adalah tabel data yang didapatkan dari Pengambilan Data Pada Transistor Di Amplifier.

**Tabel 4. Transistor TIP3055**

| TRANSISTOR TIP2955 |              |               |             |               |
|--------------------|--------------|---------------|-------------|---------------|
| Kaki Transistor    | Tegangan (V) |               | Arus (A)    |               |
|                    | 1/2 Putaran  | Penuh Putaran | 1/2 Putaran | Penuh Putaran |
| Basis              | 0,2185       | 0,4655        | 0,61        | 0,64          |
| Kolektor           | 23,75        | 20,81         | 0,24        | 0,23          |
| Emitor             | 0,0453       | 0,0519        | 0,6         | 0,35          |

Dari hasil tabel data di atas, Pengambilan data arus dan tegangan dilakukan 2 kali saat tone control putaran setengan dan tone control putaran penuh. Transistor TIP3055 memberikan informasi penting mengenai tegangan dan arus pada masing-masing kaki transistor basis, kolektor, dan emitor dalam berbagai kondisi tone control. Pada kondisi tone control putaran penuh transistor beroperasi pada kapasitas maksimum, sedangkan pada setengah putaran, operasi berkurang.

#### 4.6. Pengambilan Data Pada Transistor Rusak

Pengambilan data pada transistor yang rusak adalah untuk mengetahui jenis dan penyebab kerusakan yang terjadi, seperti hubungan pendek (short), atau penurunan kemampuan penguatan arus. Data ini sangat penting untuk menganalisis apakah kerusakan disebabkan oleh kesalahan rangkaian, tegangan berlebih, suhu tinggi, atau beban yang melebihi kapasitas

Berikut gambar pengambilan data pada transistor rusak untuk pengujian relay.



**Gambar 21. Gambar Pengambilan Data Pada Transistor Rusak**

Pada gambar 21 menampilkan proses pengambilan data pada transistor yang rusak, pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui suhu panas yang terjadi pada heatsink saat transistor amplifier mengalami kerusakan. Jika suhu pada heatsink melebihi batas suhu normal yang seharusnya, maka relay akan bekerja untuk memutus saluran kabel power menuju trafo, amplifier, dan speaker. Selanjutnya, suhu tersebut dapat ditampilkan melalui serial monitor.

Ketika transistor mengalami kerusakan, speaker mengeluarkan suara berdengung. suara ini muncul karena akibat transistor yang tidak berfungsi dengan baik menyebabkan suhu heatsink pada amplifier meningkat. Ketika suhu heatsink pada amplifier meningkat speaker akan mati dan tidak mengeluarkan suara. Berikut ini adalah tabel data yang didapatkan dari pengambilan data pengujian pertama pada transistor rusak.

**Tabel 5. Pengambilan Data Pertama Pada Transistor Rusak**

| Pengujian Pertama |         |                          |                  |
|-------------------|---------|--------------------------|------------------|
| Waktu (s)         | Suhu °C | Relay                    | Speaker          |
| 30                | 42,01   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 60                | 44,16   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 90                | 48,62   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 120               | 51,93   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 150               | 57,88   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 180               | 60,86   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 210               | 65,16   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 240               | 68,63   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 270               | 71,28   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |

| Pengujian Pertama |         |                           |                  |
|-------------------|---------|---------------------------|------------------|
| Waktu (s)         | Suhu °C | Relay                     | Speaker          |
| 300               | 75,08   | Relay HIDUP (suhu ≤ 75°C) | Speaker off      |
| 330               | 75,42   | Relay HIDUP (suhu ≤ 75°C) | Speaker off      |
| 360               | 74,42   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C)  | Suara berdengung |
| 390               | 73,93   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C)  | Suara berdengung |

Dari hasil tabel data di atas, Pengambilan data pada pengujian pertama, diketahui bahwa data tersebut digunakan untuk mengamati transistor yang mengalami kerusakan. Dari catatan tersebut terlihat bahwa relay tetap dalam kondisi mati selama suhu yang terukur tidak melebihi atau sama dengan 75°C. Namun, ketika suhu mulai melebihi ambang batas tersebut, tepatnya pada data ke-10 dengan suhu tercatat sebesar 75,08 °C. Kemudian relay berubah ke kondisi hidup. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengendali suhu dan relay dapat merespons peningkatan suhu secara otomatis

Berikut ini adalah tabel data yang didapatkan dari pengambilan data pengujian kedua pada transistor rusak.

**Tabel 6. Pengambilan Data kedua Pada Transistor Rusak**

| Pengujian Kedua |         |                          |                  |
|-----------------|---------|--------------------------|------------------|
| Waktu (s)       | Suhu °C | Relay                    | Speaker          |
| 30              | 44,16   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 60              | 47,13   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 90              | 54,91   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |
| 120             | 56,06   | Relay MATI (suhu ≤ 75°C) | Suara berdengung |

| Pengujian Kedua |         |                                               |                  |
|-----------------|---------|-----------------------------------------------|------------------|
| Waktu (s)       | Suhu °C | Relay                                         | Speaker          |
| 150             | 60,36   | Relay MATI (suhu $\leq 75^{\circ}\text{C}$ )  | Suara berdengung |
| 180             | 63,84   | Relay MATI (suhu $\leq 75^{\circ}\text{C}$ )  | Suara berdengung |
| 210             | 66,48   | Relay MATI (suhu $\leq 75^{\circ}\text{C}$ )  | Suara berdengung |
| 240             | 70,95   | Relay MATI (suhu $\leq 75^{\circ}\text{C}$ )  | Suara berdengung |
| 270             | 73,27   | Relay MATI (suhu $\leq 75^{\circ}\text{C}$ )  | Suara berdengung |
| 300             | 77,07   | Relay HIDUP (suhu $\leq 75^{\circ}\text{C}$ ) | Speaker off      |
| 330             | 74,42   | Relay MATI (suhu $\leq 75^{\circ}\text{C}$ )  | Suara berdengung |
| 30              | 44,16   | Relay MATI (suhu $\leq 75^{\circ}\text{C}$ )  | Suara berdengung |
| 60              | 47,13   | Relay MATI (suhu $\leq 75^{\circ}\text{C}$ )  | Suara berdengung |

Dari hasil tabel data di atas, Pengambilan data pada pengujian kedua, diketahui bahwa data tersebut digunakan untuk mengamati transistor yang mengalami kerusakan. Dari catatan tersebut terlihat bahwa relay tetap dalam kondisi mati selama suhu yang terukur tidak melebihi atau sama dengan  $75^{\circ}\text{C}$ . Namun, ketika suhu mulai melebihi ambang batas tersebut, tepatnya pada data ke-10 dengan suhu tercatat sebesar  $77,07^{\circ}\text{C}$ . Kemudian relay berubah ke kondisi hidup. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengendali suhu dan relay dapat merespons peningkatan suhu secara otomatis.

## 5. KESIMPULAN

Hasil kalibrasi sensor suhu LM35 dengan termometer digital didapatkan selisih  $0,540^{\circ}\text{C}$ . Hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan sensor INA219 dan avo meter

dan tang ampere didapatkan selisih tegangan  $0,44\text{ V}$  dan arus  $0,6\text{ A}$ . Relay baru berfungsi pada saat diberikan tegangan  $5\text{ V}$ . Posisi volume setengah putaran pada tone control di dapatkan suhu pada heatsink  $63,840^{\circ}\text{C}$  dan Posisi volume penuh putaran pada tone control di dapatkan suhu pada heatsink  $76,41^{\circ}\text{C}$ . Posisi volume penuh putaran pada transistor TIP2955 di dapatkan tegangan  $0,3284\text{ V}$  pada Basis,  $20,28\text{ V}$  pada kolektor,  $0,0536\text{ V}$  emitor. dan arus  $0,45\text{ A}$  pada Basis,  $0,27\text{ A}$  pada kolektor,  $0,65\text{ A}$  pada emitor. Posisi volume penuh putaran pada transistor TIP3055 di dapatkan tegangan  $0,4655\text{ V}$  pada Basis,  $20,81\text{ V}$  pada kolektor,  $0,0519\text{ V}$  pada emitor. dan arus  $0,64\text{ A}$  pada Basis,  $0,23\text{ A}$  pada kolektor,  $0,35\text{ A}$  pada emitor. Pada saat sepasang TIP2955 dan TIP3055 keadaan rusak suhu mencapai  $77,07^{\circ}\text{C}$ . Sistem proteksi pada amplifier menggunakan Mikrokontroler arduino berfungsi dengan baik yaitu pada saat pengaturan suhu  $750^{\circ}\text{C}$  relay memutuskan tegangan primer.

Pada penelitian selanjutnya perlu adanya pengembangan atau penambahan pengukuran desibel untuk mengetahui kualitas suara dan kemudian bisa menambahkan IOT.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Febriyanto and R. Rahmadewi, "Analisis Kinerja Pembuatan dan Perancangan Amplifier (Penguat Suara) Pada Sound System di PT Fastrobotic Bantul Yogyakarta," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 2024, no. 5, pp. 241–250, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10521674>.
- [2] W. N. Susilo, D. Aryani, P. Setiawati, and P. M. Akhirianto, "Sistem Monitoring Voltage Power Station Berbasis," vol. 08, no. 01, pp. 21–29, 2023, doi: 10.47007/komp.v8i01.6720.
- [3] A. B. Putranto, Z. Muhlisin, A. Lutfiah, F. Mangkusasmito, and M. Hersaputri, "Perancangan Alat Karakterisasi Dioda dengan ESP32 dan Rangkaian Op-Amp LM358 Berbasis Android," *Ultim. Comput. J. Sist. Komput.*, vol. 13, no. 1, pp. 22–29, 2021, doi: 10.31937/sk.v13i1.2088.
- [4] G. Nazhrullah and Aria Kharisma, "Relay Proteksi Arus Lebih Berbasis Mikrokontroler Arduino," *PoliGrid*, vol. 4, no. 1, pp. 32–40, 2023, doi: 10.46964/poligrid.v4i1.9.
- [5] T. P. Satya, F. Puspasari, H. Prisyanti, and E. R. Meilani Saragih, "Perancangan Dan Analisis Sistem Alat Ukur Arus Listrik

- Menggunakan Sensor Acs712 Berbasis Arduino Uno Dengan Standard Clampmeter,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 39–44, 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.3548.
- [6] A. U. Rasyidah, T. Agasta, and A. Bando, “Implementasi Mikrokontroler ESP32 Untuk Memonitor Tegangan Dengan Voltage Sensor,” *Lap. Prakt. Fis. Laboratorium*, no. May, pp. 1–6, 2023.
- [7] A. Bachtiar, “Desain Transformator Multi-Phasa Menggunakan Simulasi Matlab/Simulink,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, 2021, [Online]. Available: <https://jte.itp.ac.id/index.php/jte/article/view/296%0Ahttps://jte.itp.ac.id/index.php/jte/article/download/296/843>
- [8] D. Wahyu Suryawan, Sudjadi, and Karnoto, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Tegangan, Arus Dan Temperatur Pada Sistem Pencatu Daya Listrik Di Teknik Elektro Berbasis Mikrokontroler Atmega 128,” *Transient*, vol. 1, no. 4, pp. 2302–9927, 2012.
- [9] A. Setiawan and S. D. Ramdan, “Penerapan Dan Memahami Pada Rangkaian Amplifier,” *J. Repoteknologi.id*, vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2022, [Online]. Available: <http://repoteknologi.id/index.php/repoteknologi/article/view/69>
- [10] E. P. Sitohang, D. J. Mamahit, and N. S. Tulung, “Rancang Bangun Catu daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 135–142, 2018.
- [11] J. Siahaan, Y. Syarif, and F. Siregar, “Rancangan Power Amplifier Untuk Alat Pengukur Transmission Loss Material Akustik Dengan Metode Impedance Tube Design of Power Amplifiers For Transmission Gauges Loss Acoustic Materials With Tube Impedance Method,” *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 55–59, 2018, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>
- [12] A. Nugraha Dimiyati, P. -, and A. P. -, “Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Internet of Things (Iot) Dengan Visualisasi Data Pada Aplikasi Android (Studi Kasus: Pt. South Pacific Viscose),” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, pp. 523–536, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.6900.
- [13] E. Fitriani and M. A. Mandala, “Rancangan Antena Receiver Automatic Dependent Surveillance Broadcast ( Adsb ) Frekuensi 1090 Mhz Menggunakan Arduino Uno Berbasis RTL-SDR R820t Dan Low Noise Amplifier Uno Berbasis RTL-SDR R820T Dan Low Noise Amplifier ”,” vol. 20, pp. 1–11, 2023.