


turnitinadmin3@gmail.com 1

01

 Moodle2 - No repository 49

Document Details

Submission ID

trn:oid::3117:513487468

Submission Date

16 Oct 2025, 10:29 GMT+7

Download Date

16 Oct 2025, 10:33 GMT+7

File Name

01.pdf

File Size

1.7 MB

54 Pages




8,189 Words

46,805 Characters

4% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 4%  Internet sources
 - 1%  Publications
 - 0%  Submitted works (Student Papers)
-

Top Sources

- 4% Internet sources
- 1% Publications
- 0% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Publication	Virry Grinitha, Jamaludin Jamaludin. "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN IN...	<1%
2	Internet	repository.usd.ac.id	<1%
3	Internet	repository.dinamika.ac.id	<1%
4	Internet	silamparivt.disway.id	<1%
5	Internet	doku.pub	<1%
6	Publication	Bayu Satrio Kinasih, Dody Susilo, Ridam Dwi Laksono. "RANCANG BANGUN MONI...	<1%
7	Internet	repository.uin-suska.ac.id	<1%
8	Internet	www.idntimes.com	<1%
9	Publication	Sarinah Agi Dia Savitri, Feby Ardianto, Bengawan Alfaresi. "Setting Kerja Waktu R...	<1%
10	Internet	eprints.pktj.ac.id	<1%
11	Internet	etheses.uin-malang.ac.id	<1%

12	Internet	repository.radenintan.ac.id	<1%
13	Internet	jurnal.ubl.ac.id	<1%
14	Internet	123dok.com	<1%
15	Internet	digilib.unila.ac.id	<1%
16	Internet	eprints.uns.ac.id	<1%
17	Internet	analisadaily.com	<1%
18	Publication	Alma Bryan Fitri Finika, Septi Andryana, Ratih Titi Komalasari. "Algoritma Fisher-Y...	<1%
19	Publication	Widya Rahmawati, Sukriadi Sukriadi, Andi Asrafiani Arafah, Muhlis Muhlis, Hety D...	<1%
20	Internet	adoc.pub	<1%
21	Internet	digilib.ptdisttd.ac.id	<1%
22	Internet	docplayer.info	<1%
23	Internet	ejournal.poltekkes-smg.ac.id	<1%
24	Internet	jdih.lampungprov.go.id	<1%
25	Internet	kminoz.wordpress.com	<1%

26	Internet	pdfcoffee.com	<1%
27	Internet	qdoc.tips	<1%
28	Internet	repository.its.ac.id	<1%
29	Internet	repository.umsu.ac.id	<1%
30	Internet	repository.unama.ac.id	<1%
31	Internet	www.protostack.com	<1%
32	Internet	zombiedoc.com	<1%

22

BAB I

PENDAHULUAN

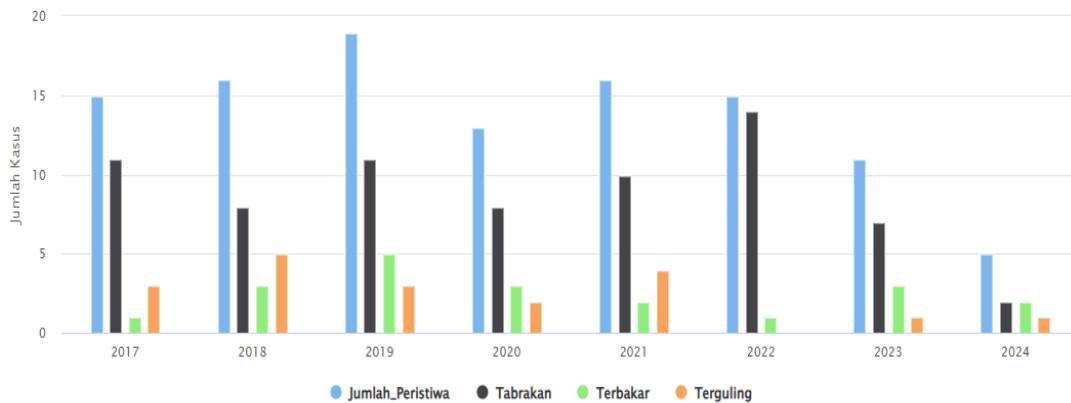
1.1 Latar Belakang

Keselamatan atau kondisi selamat berasal dari bahasa Inggris, yaitu *safety*. Istilah ini umumnya dikaitkan dengan keadaan di mana seseorang terhindar dari kejadian yang membahayakan, seperti kecelakaan (*accident*) atau hampir mengalami kecelakaan (*near miss*) (Wilkinson, 2021). Keselamatan, baik dalam aspek keilmuan maupun praktik, bertujuan untuk mengkaji faktor-faktor penyebab kecelakaan serta merancang metode dan strategi untuk meminimalkan risiko terjadinya kecelakaan (Achmad dan Pramukty, 2022). Berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009, keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (LLAJ) merupakan kondisi di mana setiap individu terhindar dari risiko kecelakaan yang dapat dipengaruhi oleh faktor manusia, kendaraan, kondisi jalan, atau lingkungan.

Sesuai dengan dasar hukum tentang LLAJ pasal 229 juga terdapat penggolongan kecelakaan atas kecelakaan lalu lintas mencakup kecelakaan ringan, kecelakaan sedang dan kecelakaan berat. Kecelakaan lalu lintas ringan adalah kecelakaan yang menyebabkan kerusakan pada kendaraan maupun barang. Kebakaran kendaraan merupakan masalah serius yang dapat mengancam keselamatan pengemudi dan penumpang serta menyebabkan kerugian yang besar. upaya mitigasi wajib dilakukan, meskipun hal ini sudah dilakukan oleh pengguna kendaraan bermotor atau pihak penyedia jasa transportasi tapi nyatanya hal ini masih belum cukup efektif dengan dibuktikan data kebakaran kendaraan pada gambar 1.1 berikut.

6

6



Gambar 1 Statistik kecelakaan kendaraan
Sumber : (<https://www.knkt.go.id/statistik>)

Dari data yang dirilis oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) dalam kurun waktu 2017-2024 terdapat 21 kecelakaan kebakaran kendaraan bus. Dari laporan akhir investigasi yang diterbitkan oleh KNKT mengatakan bahwa kecelakaan kebakaran ini diawali dari adanya potensi risiko (*hazard*) yang beragam seperti tidak adanya pelindung kabel (*grommet*), tidak diberinya jarak antara kabel dan tepi lubang, tidak adanya *clamp* pemegang kabel, kabel diikat ke metal struktur, pemakaian isolasi kabel *non industrial standard*, instalasi kabel sembarangan dan Analisa Beban listrik (ABL) serta *Electrical Load Analysis* (ELA) yang tidak detail. Semua *hazard* ini menimbulkan adanya *short circuit*. Karena pada kondisi lapangan *fuse* atau *circuit breaker* tidak putus karena arusnya lebih kecil dari rating. Akan tetapi percikan api yang berasal dari *arcing short circuit*

sudah cukup berpotensi timbulnya kebakaran.

Meskipun tidak menimbulkan korban jiwa, kebakaran ini menyebabkan kerugian materi dan waktu yang cukup besar jika api sudah membesar, proses pemadamannya akan menjadi lebih sulit. Oleh karena itu, langkah paling efektif dalam mencegah bahaya kebakaran adalah dengan mendeteksi potensi kebakaran sejak dini. *Investigator* KNKT Ahmad Wildan mengatakan, koneksi yang tidak stabil dapat menyebabkan hubungan arus pendek atau percikan listrik (*arcing*) yang dipicu oleh kondisi baterai yang buruk. Mekanisme pemeliharaan baterai yang tidak terkontrol, ditambah dengan instalasi yang buruk serta penggunaan material seperti

kabel dan *connector* yang tidak sesuai dengan standar *practice industry* (Faizah, 2024). Terdapat penelitian yang relevan oleh Aris Budi yang mengembangkan sistem pendeteksi kebakaran berbasis mikrokontroler Arduino dengan sensor asap, suhu, dan api, namun belum menyentuh aspek deteksi arus pendek (*short circuit*) secara spesifik sebagai penyebab awal kebakaran. Selain itu, sistem tersebut belum dilengkapi dengan komunikasi *wireless* untuk pengiriman data atau fitur pemutusan arus otomatis sebagai langkah proteksi aktif. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan merancang alat berbasis ESP32 yang mampu mendeteksi arus pendek dan suhu berlebih, mengirimkan notifikasi secara nirkabel menggunakan *Esp Now*, serta memberikan respon cepat dengan sistem pemutusan arus otomatis guna meningkatkan keselamatan sistem kelistrikan kendaraan.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 pasal 11 ayat 3 mengamanatkan tentang pengembangan teknologi perlengkapan kendaraan bermotor yang memastikan keamanan serta keselamatan lalu lintas dan angkutan jalan, maka dari itu melalui penelitian ini penulis berharap dapat merancang alat sebagai wujud pengembangan teknologi berkaitan keamanan dan keselamatan kendaraan. Dalam penelitian ini penulis akan melakukan simulasi kerusakan instalasi kendaraan di sebuah rangkaian yang sudah disusun sedemikian rupa untuk mengetahui prinsip kerja alat.

1.2 Rumusan Masalah

Kegiatan berdasarkan latar belakang diatas, berikut penulis merumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses perancangan alat pendeteksi *short circuit* arus listrik?
2. Bagaimana implementasi alat pendeteksi *short circuit* arus listrik dalam rangka upaya pemberian keselamatan pada kendaraan?
3. Bagaimana perbandingan hasil uji akurasi sensor alat pendeteksi *short circuit* arus listrik dengan ampere meter?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) diuraikan sebagai berikut:

1. Merancang alat pendeteksi *short circuit* arus listrik.
2. Melakukan uji pada alat pendeteksi *short circuit* arus listrik pada simulasi kerusakan instalasi kendaraan di sebuah rangkaian yang sudah disusun.
3. Mengetahui perbandingan hasil uji alat akurasi pendeteksi *short circuit* arus listrik dengan ampere meter.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian tersebut yang berdampak bagi beberapa pihak sebagai berikut:

1. Bagi pengemudi dan suatu perusahaan, informasi yang diperoleh dari alat pendeteksi dapat digunakan untuk membantu memahami dan memperbaiki kerusakan yang buruk sehingga dapat meningkatkan keselamatan selama berkendara. Pengemudi dan perusahaan dapat mengoptimalkan efisiensi operasional, mengurangi risiko kecelakaan, memperpanjang umur pakai kendaraan, dan meningkatkan kualitas layanan.
2. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mengetahui apakah sistem instalasi listrik yang digunakan pada kendaraan masih berfungsi dengan baik sesuai dengan peraturan yang berlaku, sehingga penulis mengembangkan dan merancang alat pendeteksi *short circuit* arus listrik.
3. Bagi masyarakat umum sebagai pembaca, penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap keselamatan jalan raya secara keseluruhan, karena kendaraan bus yang baik dapat mengurangi risiko kecelakaan masal.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang sudah dirumuskan di atas, penulis membatasi penyelesaian permasalahan yaitu sebagai berikut:

1. Rancang bangun alat ini menggunakan jenis ESP 32, sensor arus ACS 712 sebagai komponen utama.
2. Pengambilan data hanya dilakukan pada simulasi sistem pengisian dan sistem kelistrikan aksesoris.

3. Alat ini hanya dapat menampilkan kondisi, memberikan peringatan kenaikan nilai arus karena adanya potensi *short circuit* pada sistem kelistrikan.
4. Pemutusan dilakukan hanya pada sistem kelistrikan aksesoris pada kendaraan.

BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1 Kondisi Wilayah/Objek

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini berawal dari permasalahan terhadap tingginya potensi kebakaran kendaraan akibat gangguan kelistrikan, terutama pada moda transportasi umum seperti bus dan truk. Berdasarkan data resmi yang dirilis oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), dalam rentang waktu 2017 hingga 2024, terdapat puluhan kasus kebakaran kendaraan di Indonesia yang diakibatkan oleh gangguan sistem kelistrikan, khususnya hubungan arus pendek atau *short circuit*. Walaupun tidak selalu menimbulkan korban jiwa, insiden semacam ini berdampak besar terhadap kerugian materiil, operasional, serta psikologis bagi pengemudi dan penumpang. KNKT dalam laporan akhir investigasinya menyatakan bahwa penyebab utama dari kasus-kasus kebakaran tersebut sering kali berasal dari kelalaian instalasi kabel listrik, seperti:

1. Tidak adanya pelindung kabel (*grommet*),
2. Tidak diberikannya jarak aman antara kabel dan tepi lubang bodi kendaraan,
3. Tidak adanya *clamp* atau penahan kabel,
4. Penggunaan isolasi kabel yang tidak sesuai standar industri,
5. Hingga proses pemasangan kabel yang tidak terstruktur dan tidak melalui Analisis Beban Listrik (ABL) atau *Electrical Load Analysis* (ELA) secara rinci.

Kondisi semacam ini menciptakan risiko besar terjadinya percikan arus (*arcing*), yang walaupun terjadi pada arus kecil dan tidak cukup besar untuk memutus *fuse*, tetap bisa memicu kebakaran yang serius. Fakta ini menunjukkan bahwa deteksi terhadap *short circuit* secara dini jauh lebih krusial daripada hanya mengandalkan sekering atau *circuit breaker*

konvensional.

Melihat urgensi tersebut, penulis merasa terdorong untuk menciptakan alat pendeteksi *short circuit* arus listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi pencegahan dini. Sistem ini diharapkan mampu mendeteksi peningkatan arus dan suhu pada sistem kelistrikan, serta memberikan notifikasi secara *real time* melalui komunikasi ESP *NOW* antar perangkat ESP32, disertai kemampuan memutus arus secara otomatis apabila kondisi berbahaya terdeteksi.

Untuk merealisasikan gagasan ini dalam bentuk sistem yang dapat diuji secara nyata namun tetap aman dan terkendali, penulis memilih untuk melakukan simulasi dan pengujian alat di lingkungan kampus Politeknik Transportasi Darat Bali (Poltrada Bali). Kampus ini memiliki fasilitas yang mendukung untuk simulasi, serta memungkinkan perancangan dan pengujian dilakukan secara bertahap dan terstruktur.

Simulasi tidak dilakukan langsung pada kendaraan operasional, tetapi menggunakan rangkaian kelistrikan buatan yang meniru sistem pengisian dan kelistrikan aksesoris kendaraan, agar setiap skenario *short circuit* dapat diuji tanpa risiko membahayakan. Lingkungan akademik yang kondusif juga memberi kesempatan untuk mengamati respons sistem secara mendalam, melakukan kalibrasi sensor, dan mencatat data yang dibutuhkan dengan lebih teliti.

Dengan pendekatan berbasis data lapangan dari KNKT dan dukungan fasilitas kampus, penelitian ini diharapkan dapat menghadirkan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem keselamatan kelistrikan kendaraan, khususnya dalam upaya pencegahan kebakaran akibat korsleting arus listrik.



Gambar 2 Kampus Poltrada Bali
Sumber : (<https://www.poltradabali.ac.id/>)

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Teknologi Keselamatan

1. Dasar Hukum

Apabila berbicara teknologi keselamatan ini merupakan hal yang cukup rumit mengingat ada banyak hal yang harus dikembangkan, namun dalam hal ini penulis ingin menjadikan penulisan ini menjadi salah satu bagian dari teknologi keselamatan yang menjadi bagian perubahan dalam keselamatan berkendara. Aturan mengamanatkan bahwa pengembangan teknologi harus selalu dilakukan, hal ini tertuang dalam aturan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor UU 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas Angkutan Jalan, Penyelenggaraan di bidang pengembangan teknologi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 ayat (2) huruf d meliputi:

1. Penyusunan rencana dan program pelaksanaan pengembangan teknologi kendaraan bermotor;
2. Pengembangan teknologi perlengkapan bendaraan bermotor yang menjamin keamanan dan keselamatan lalu lintas dan angkutan jalan; dan
3. Pengembangan teknologi perlengkapan jalan yang menjamin ketertiban dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan.

2. Tegangan dan Arus Listrik

Tegangan listrik merupakan salah satu parameter paling krusial dalam sistem kelistrikan, baik pada perangkat elektronik maupun kendaraan. Secara umum, tegangan listrik adalah beda potensial listrik antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik, yang mendorong arus mengalir dari titik bertegangan tinggi ke titik bertegangan rendah. Dalam konteks kendaraan, tegangan menjadi indikator penting dalam menjaga kestabilan dan keamanan sistem kelistrikan, terutama saat kendaraan dalam kondisi menyala. Dalam penelitian ini,

pemantauan terhadap tegangan dilakukan untuk mendeteksi gejala awal terjadinya *short circuit* (korsleting). Korsleting sering kali disebabkan oleh hubungan langsung antara kutub positif dan negatif tanpa adanya hambatan yang cukup, sehingga arus yang mengalir meningkat secara drastis dan berpotensi merusak sistem. Salah satu tanda umum terjadinya *short circuit* adalah adanya penurunan atau lonjakan tegangan yang tidak wajar. Oleh karena itu, penting untuk mendesain alat yang mampu memonitor tegangan secara *real time* dan mendeteksi setiap penyimpangan yang mengindikasikan adanya potensi korsleting.

3.1 Komponen Rancang Bangun Alat

1. ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler yang mendukung dua jenis konektivitas, yaitu *Wi-Fi* dan *Bluetooth*. Kehadiran fitur ini memungkinkan pengguna untuk lebih mudah merancang dan membangun berbagai sistem dan proyek yang berbasis *Internet of Things* (IoT) (Widyatmika., dkk 2021). Pemilihan komponen ini dikarenakan kebutuhan komunikasi dimana komponen menawarkan komunikasi antara banyak perangkat secara bersamaan. Alat juga dapat mengonfigurasi satu perangkat untuk mengirim data ke beberapa perangkat lain.



Gambar 3 ESP 32

Sumber: (<https://id.wikipedia.org/>)

2. ESP Now

ESP-Now merupakan protokol komunikasi *nirkabel* yang dikembangkan oleh perusahaan *espressif* (Huda dan budi, 2023) . Protokol ini memungkinkan perangkat berbasis ESP32 berkomunikasi secara langsung

tanpa memanfaatkan jaringan WiFi. *ESP-Now* umumnya digunakan untuk mentransmisikan data dengan cepat dan efisien, terutama dalam komunikasi *nirkabel* jarak dekat (Triwibowo., dkk 2023). Dalam protokol ini memiliki dua komponen utama yaitu:

a. Pihak Pengirim:

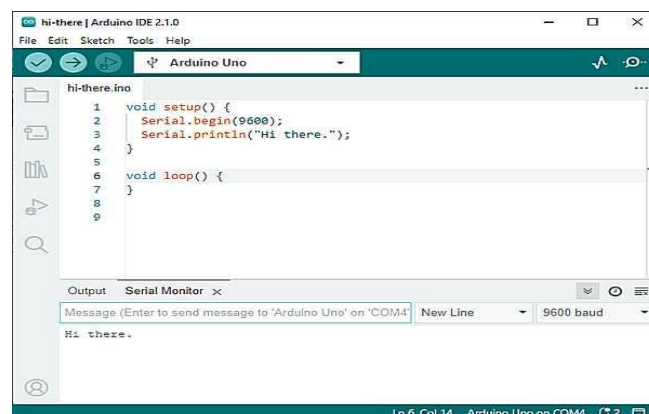
Perangkat ESP32 yang berperan dalam mengirimkan data ke perangkat penerima.

b. Pihak Penerima:

Pihak Perangkati ESP32i berperan sebagai ipenerima data yang dikirim oleh pengirim.

3. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan sebuah software yang digunakan untuk melakukan pemrograman yang ditulis guna Java yang dilengkapi dengan *library C* atau C++ (*wiring*). Pemrograman Arduino IDE meliputi editor program, *compiler* dan *uploader* (Ummah., 2019).



Gambar 4 Arduino IDE
(<https://id.wikipedia.org/>)

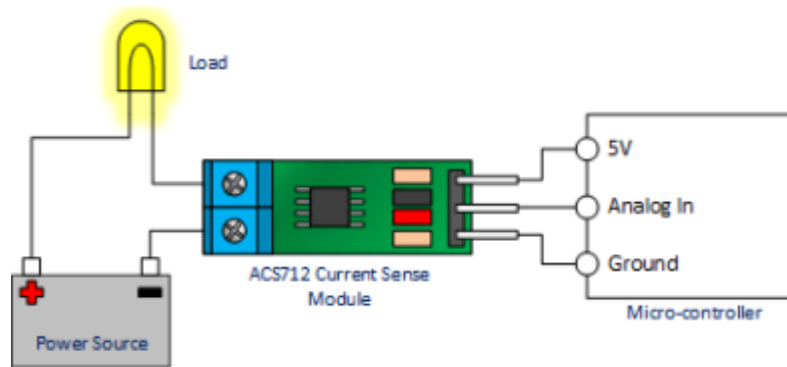
4. Sensor Arus ACS 712

ACS712 merupakan sensor arus yang berfungsi untuk mengukur besarnya arus listrik dalam suatu rangkaian dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sensor ini memanfaatkan teknologi *Hall Effect* untuk mendeteksi medan magnet yang muncul akibat aliran arus pada konduktor, kemudian mengonversi medan tersebut menjadi sinyal tegangan yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. (suteja., dkk 2021). Dalam hal ini pemilihan komponen

didasarkan dengan sensor ACS712 mudah untuk diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, atau Raspberry Pi. Output sensor ini berupa tegangan analog yang dapat langsung dibaca oleh ADC (*Analog-to-Digital Converter*) mikrokontroler tanpa memerlukan komponen tambahan atau pengaturan yang rumit.



Gambar 5 Sensor Arus ACS 712
(<https://id.wikipedia.org/>)

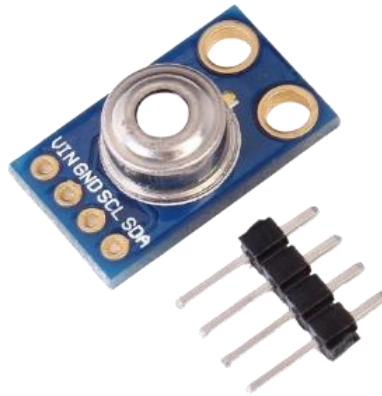


Gambar 6 Diagram Sensor Arus ACS 712
(<https://id.wikipedia.org/>)

5. Sensor Suhu MLX90614

Sensor MLX90614 adalah sensor yang telah dikalibrasi secara digital dan dapat mendeteksi suhu. Sensor ini memiliki tingkat stabilitas yang tinggi, terutama ketika digunakan bersama mikrokontroler ATmega8. Dengan kualitas yang unggul, respons pembacaan yang cepat, serta ketahanan terhadap gangguan (*anti-interference*), sensor ini menawarkan performa yang andal

dengan harga yang ekonomis. (Syaiji dan Hidayat, 2023). Komponen ini dipilih dengan harapan dapat memberikan input data berupa suhu panas para rangkaian kelistrikan kendaraan ketika kondisi akan mengalami *short circuit*.

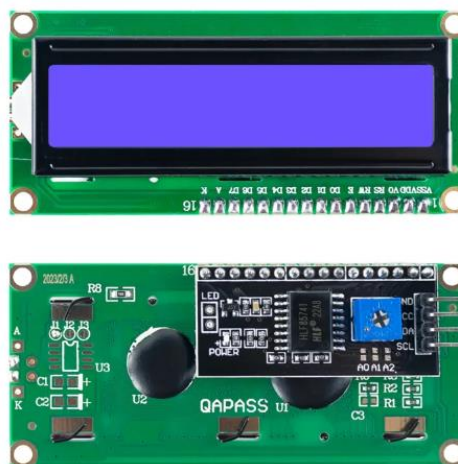


Gambar 7 Sensor Suhu
(<https://id.wikipedia.org/>)

6. LCD I2C atau IIC

LCD (*Liquid Crystal Display*) I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) merupakan sebuah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan menggunakan protokol I2C/IIC atau TWI (*Two Wire Interface*).

LCD dapat digunakan untuk menampilkan sebuah teks maupun angka yang diprogram pada mikrokontroler (Saghoa., dkk 2018)



Gambar 8 LCD I2C atau IIC

(<https://id.wikipedia.org/>)

7. LED

LED (*Light Emitting Diode*) adalah komponen elektronik yang dapat menghasilkan cahaya sesuai dengan warna yang diinginkan. Komponen ini terdiri dari sebuah *chip* berbahan semikonduktor yang hanya memungkinkan arus listrik mengalir dalam satu arah, sehingga arus yang masuk ke chip relatif kecil. Umumnya, *chip* LED memiliki tegangan operasi yang rendah. Jika diberi tegangan dengan arah yang berlawanan, sifat isolator satu arah pada LED akan menyebabkan aliran arus ke arah yang tidak semestinya, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada LED. (Kala, 2021)



8. Baterai 18650 3,7V

Baterai merupakan sebuah komponen yang dapat digunakan untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk sel elektrokimia yang dirubah menjadi energi listrik untuk digunakan dalam menghidupkan peralatan yang diperlukan (Nasution, 2021). Baterai 18650 dikenal memiliki kepadatan energi yang tinggi, yang berarti dapat menyimpan lebih banyak energi dalam ukuran yang lebih kecil. Ini membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan ruang terbatas, seperti perangkat portabel. Baterai ini juga memiliki kapasitas yang beragam, biasanya antara 1800 mAh hingga 3500 mAh, yang memberikan efisiensi pengisian yang baik dalam waktu yang relatif singkat (Hilal., dkk 2023)



Gambar 9 Baterai

(<https://id.wikipedia.org/>)

9. Penelitian Relevan

Penelitian relevan merupakan sebagai bahan acuan bagi peneliti di dalam melakukan penelitian sebagai acuan referensi dalam melakukan perancangan alat. Berikut merupakan beberapa penelitian sebelumnya yang terdapat keterkaitan yang digunakan sebagai landasan maupun gambaran untuk penelitian yang sedang dilakukan yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 3. 1 Tabel Penelitian Relevan

Penulis & Tahun	Judul	Tujuan	Pembeda dengan penelitian terdahulu
Ebim Iskandar (Muda, 2017)	Perbandingan Data Sensor Arus SCT 013 Dan Sensor Arus 712 Pada Pengukuran Arus Listrik	Penelitian ini untuk membandingkan kedua cara kerja sensor	Berfokus pada penggunaan sensor ACS 712 dengan pengukuran arus listrik pada kendaraan
Wayan Arsa Suteja (2021)	Analisis Sensor Arus Invasive ACS712 dan Sensor Arus Non Invasive SCT013 Berbasis Arduino	Sensor tersebut nantinya akan memiliki kelebihan dan kekurangan dalam memperoleh hasil pengukuran	Perbedaan terletak pada jenis beban yang diukur, pada penelitian ini menerapkan pada beban AC

Penulis & Tahun	Judul	Tujuan	Pembeda dengan penelitian terdahulu
Nia Saputri (Utami., 2024)	Implementasi Sensor Arus Dan Tegangan Pada Sistem Monitoring Arus Dan Tegangan	Merancang sistem pemantauan daya listrik pada kamar kos berbasis <i>internet of things</i> (IoT) yang mampu memonitor penggunaan daya listrik	Dalam penelitian ini tidak hanya fokus pada arus tetapi ada beberapa aspek yang menjadi tolak ukur.
Habib Wildan (Fahruri.,dkk 2021)	Monitoring Arus, Tegangan, Dan Suhu Pada Prototype Thermoelectric Generator Berbasis Iot	Untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan serta memonitor dan membaca nilai arus, tegangan, dan suhu pada <i>thermoelectric</i> generator	Menggunakan ACS 712 untuk mengukur arus yang mengalir pada rangkaian kelistrikan kendaraan.
Aris Budi (Budi Sulistyoo., dkk 2021)	Sistem Pendeteksi Kebakaran Pada Apron Passenger Bus (APB) Berbasis Mikrokontroler	Pembuatan purwarupa dengan menggunakan sensor asap, suhu, dan	Berfokus pada penggunaan sensor ACS 712 dengan pengukuran arus listrik pada kendaraan.

Perbedaan paling mencolok dari penelitian yang buat dengan penelitian sebelumnya yang ada dalam tabel tersebut adalah:

1. Fokus Deteksi dan Tujuan Keselamatan Kendaraan

Penelitianmu berfokus pada pendeteksian *short circuit* sebagai bagian dari upaya keselamatan kendaraan, sedangkan sebagian besar penelitian terdahulu lebih menekankan pada monitoring arus, tegangan, dan suhu secara umum bukan secara spesifik untuk mendeteksi hubungan pendek.

2. Penggunaan Sistem IoT (*Internet of Things*)

Menggunakan pendekatan berbasis IoT dengan ESP32 dan komunikasi ESP-NOW, memungkinkan pengiriman data nirkabel tanpa jaringan *Wi-Fi*, sedangkan penelitian sebelumnya belum mengadopsi protokol ESP-NOW, bahkan sebagian besar masih menggunakan sistem berbasis kabel atau tanpa IoT.

26

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

4.1.1 Sumber data

12 Sumber data pada penelitian ini dikelompokkan menjadi dua yaitu sumber data primer dan sumber data sekunder. Data primer merupakan sumber data yang didapatkan secara langsung berasal dari sumbernya dan secara fakta yang terjadi di lapangan (Pramiyati., dkk 2021). dengan melakukan percobaan pengukuran dibuat oleh penulis dengan rancang bangun alat *short circuit* yang sudah ada. Sedangkan untuk data sekunder didapatkan dengan memperoleh data dari studi literatur menggunakan jurnal penelitian dan dari internet.

4.1.2 Teknik pengumpulan data

19
11 Teknik pengumpulan data adalah sebuah metode yang digunakan oleh seorang peneliti untuk mendapatkan sebuah data maupun informasi. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu teknik observasi, merupakan sebuah pengamatan secara langsung yang dilakukan oleh peneliti untuk memperoleh data yang dibutuhkan, observasi digunakan untuk memperoleh informasi yang objektif tanpa bergantung pada laporan dari orang lain. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap hasil uji akurasi sensor dengan alat yang sudah ada dengan tujuan untuk mengetahui prinsip kerja dan hasil bacaan apakah dapat memenuhi tujuan sesuai yang diharapkan.

Tabel 4. 1 Uji akurasi sensor

Pengambilan data ke-	Hasil Bacaan Akurasi Sensor		Hasil Bacaan Ampere Meter	
	Arus (A)	Keterangan N/B	Arus (A)	Keterangan N/B
1				
2				
3				
4				
5				

Tabel 4. 2 Tabel uji coba alat

NO	Hasil Percobaan (A)				
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

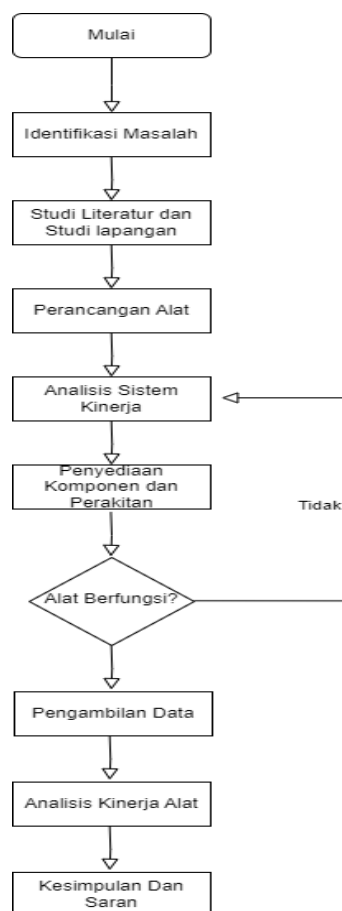
4.2 Metode Analisis data

Metode analisis data yang diterapkan dalam penelitian ini adalah analisis statistik deskriptif, yang bertujuan untuk mengungkapkan dan mendeskripsikan hasil penelitian dengan menyajikan data dalam bentuk tabel serta visualisasi yang menarik seperti diagram batang. Analisis ini juga melibatkan perhitungan ukuran sentral dan ukuran penyebaran, termasuk deviasi dan lainnya (Martias, 2021). Selain itu, penelitian ini menggunakan metode pendekatan utama yaitu *Research and Development* (R&D). Metode R&D merupakan pendekatan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan suatu produk sekaligus menguji sejauh mana efektivitas produk tersebut dalam penggunaannya. (Siregar dan Rosmaini, 2021). Pengambilan metode penelitian ini karena penulis menghasilkan produk, dan menguji keefektifan sistem tersebut. Penelitian ini menerapkan model pengembangan ADDIE, yang terdiri dari lima tahap yaitu analisis (*analysis*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan

evaluasi (*evaluation*). Model ini menunjukkan bahwa penelitian berorientasi pada pengembangan produk, di mana setiap tahap proses pengembangannya dijelaskan secara detail dan sistematis.

4.3 Diagram Alir Penelitian

Dibawah ini merupakan tahapan yang dilakukan di dalam mendukung proses penelitian agar penelitian dapat berjalan secara terstruktur:



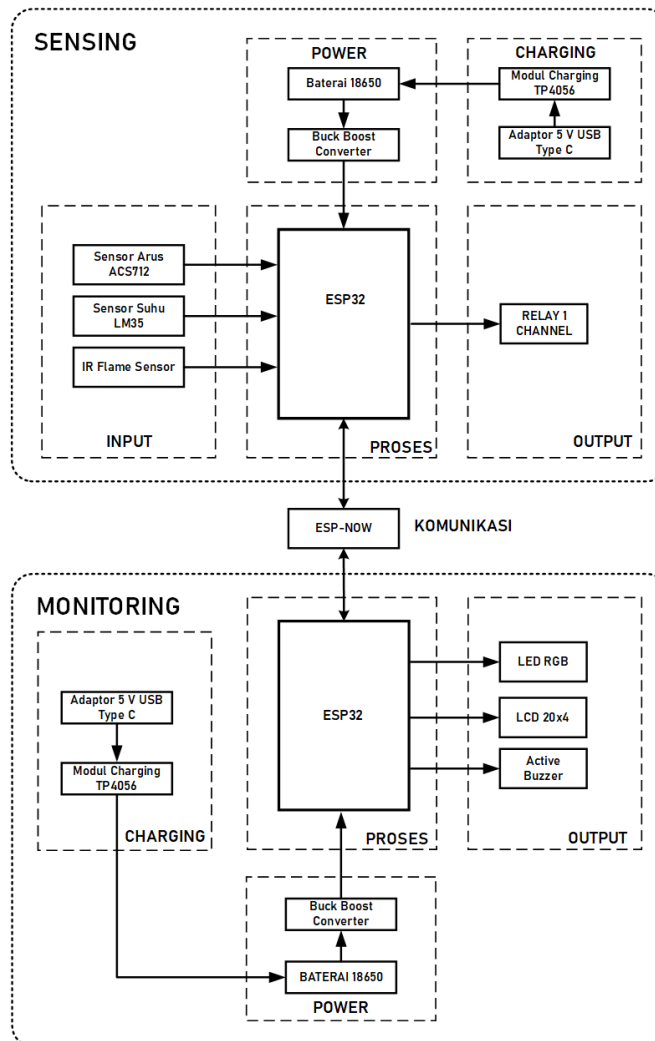
Gambar 10 Flowchart

Diagram alir tersebut menjelaskan langkah-langkah dalam proses pembuatan dan pengujian alat. Proses dimulai dari identifikasi masalah yang ingin diselesaikan melalui perancangan alat. Setelah itu dilakukan studi literatur dan studi lapangan guna memperkuat dasar teori dan referensi teknis. Kemudian masuk ke tahap perancangan alat, di mana dilakukan perencanaan teknis sistem. Setelah

rancangan selesai, dilakukan analisis sistem kinerja untuk memastikan desain dapat bekerja sesuai kebutuhan. Lalu dilanjutkan ke proses penyediaan komponen dan perakitan alat secara fisik. Setelah alat dirakit, dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah alat berfungsi. Jika alat belum berfungsi, maka kembali ke tahap analisis sistem kinerja untuk dilakukan perbaikan. Jika sudah berfungsi, maka dilakukan pengambilan data, kemudian dilanjutkan dengan analisis kinerja alat berdasarkan hasil uji coba. Terakhir, proses diakhiri dengan kesimpulan dan saran sebagai hasil akhir dari penelitian dan pengembangan alat tersebut.

4.4 Perancangan Alat

4.4.1 Sistem Kinerja Alat



Gambar 12 Logika Sistem Kerja

Sistem yang dirancang terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu modul *sensing* dan modul monitoring, yang terhubung menggunakan protokol komunikasi nirkabel ESP-NOW. Masing-masing modul memiliki fungsi dan peran yang saling mendukung dalam proses deteksi dini terhadap arus pendek *short circuit*, suhu berlebih dan adanya *arching* pada sistem kelistrikan kendaraan.

1. Modul *Sensing*

Modul ini berfungsi sebagai pusat pembacaan dan pemrosesan data dari lingkungan fisik. Komponen utama pada bagian ini adalah mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan dua sensor, yaitu:

- a. Sensor arus ACS712 untuk mendeteksi besar arus yang mengalir pada beban,
- b. Sensor suhu LM35 untuk memantau suhu.
- c. Sensor IR flame untuk deteksi api

Data dari sensor akan diproses oleh ESP32. Jika terdeteksi arus melebihi ambang batas tertentu atau suhu yang tidak wajar, maka ESP32 akan mengaktifkan relay satu *channel* untuk memutus aliran listrik sebagai bentuk perlindungan. Sumber daya pada modul *sensing* berasal dari baterai 18650 yang distabilkan oleh *buck boost converter*, dan dapat diisi ulang melalui modul charging TP4056 dengan adaptor 5V USB Type-C.

2. Modul *Monitoring*

Modul ini berperan sebagai penerima dan penampil data yang dikirim dari modul *sensing*. Komponen utamanya adalah ESP32 yang menerima data melalui protokol ESP-NOW tanpa memerlukan jaringan internet. Data yang diterima akan ditampilkan melalui:

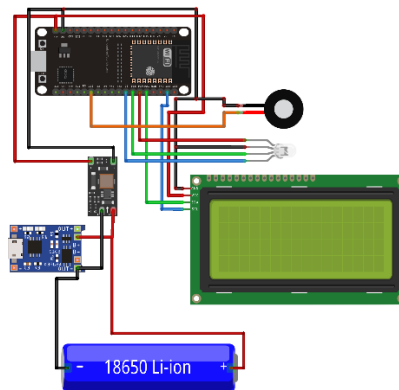
- a. LCD 20x4 sebagai media informasi visual utama,
- b. LED RGB untuk indikator status sistem (normal, waspada, bahaya),
- c. Buzzer aktif sebagai peringatan suara jika terdeteksi kondisi berbahaya.

Sama seperti modul *sensing*, bagian monitoring juga menggunakan baterai 18650, *buck boost converter*, serta modul *charging* TP4056 sebagai sumber daya.

3. Alur Kerja Sistem Secara Umum

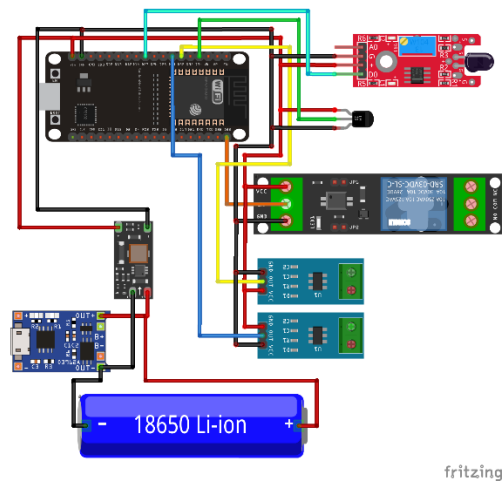
Sensor membaca arus dan suhu secara *real time*. Data tersebut diproses oleh ESP32 dan dikirim ke modul monitoring melalui ESP-NOW. Jika terjadi anomali seperti arus tinggi, suhu tinggi, dan adanya percikan api maka sistem akan secara otomatis memutus arus melalui relay, serta memberikan peringatan kepada pengguna melalui LCD, LED dan buzzer. Dengan desain ini, alat dapat bekerja secara mandiri, portabel, dan responsif dalam mendeteksi serta menangani potensi bahaya kelistrikan pada kendaraan, sesuai dengan tujuan utama penelitian.

4.4.2 Wiring Diagram Alat



Gambar 13 Wiring diagram Monitoring

Gambar rangkaian sistem *monitoring* berbasis ESP32 yang menggunakan sumber daya dari baterai 18650. Energi dari baterai diatur menggunakan modul *buck converter* dan diisi ulang melalui modul *charging* TP4056. ESP32 sebagai otak sistem mengontrol beberapa komponen *output* seperti LCD untuk menampilkan informasi, LED RGB sebagai indikator status, dan *buzzer* sebagai alarm. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi kondisi tertentu seperti suhu tinggi atau arus berlebih, lalu memberikan *respon* secara visual dan audio agar pengguna segera mengetahui potensi bahaya.



Gambar 14 Wiring Diagram Sensing

Pada gambar ini, menjelaskan skema alat pendeteksi *short circuit* berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini mendapat suplai daya dari baterai 18650 Li-ion, yang dapat diisi ulang melalui modul charger TP4056, kemudian distabilkan oleh *buckboost converter* sebelum dialirkan ke ESP32. ESP32 akan menerima *input* dari sensor.

Jika salah satu parameter melebihi ambang batas yang telah ditentukan, maka ESP32 akan memberikan peringatan berupa bunyi, indikator merah dan tampilan bahwa adanya kerusakan, sistem ini dirancang untuk bekerja secara otomatis dan responsif sebagai bentuk pengaman dini terhadap korsleting, sekaligus memanfaatkan komunikasi *Esp-Now* antar ESP32 untuk pengiriman data secara *realtime*.

4.4.3 Penyusunan Konsep Dan Analisis kebutuhan

Penyusunan konsep dimaksudkan sebagai pertimbangan dalam menentukan sebuah komponen yang akan digunakan dalam perakitan alat. Konsep ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen yang dipilih sesuai dengan kebutuhan teknis dan fungsional dari prototype yang akan dibuat. Tahap ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi komponen perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang diperlukan dalam pembuatan alat pendeteksi short circuit arus listrik. Berikut daftar kebutuhan yang telah ditetapkan kebutuhannya:

18

1. Perangkat Keras

Tabel 5. 1 Komponen Perangkat Keras

No	Perangkat Keras (Hardware)	Jumlah	Kegunaan	Alasan Pemilihan Komponen
1.	ESP 32	2	Sebagai Mikrokontroler	1. Dukungan Koneksi Wireless Tanpa Internet 2. Fitur Dual Core dan Performa Tinggi
2.	IR Flame Sensor	1	Sensor Api	1. Respons Cepat dan Real-Time 2. Mendeteksi Gejala Awal Kebakaran Secara Langsung
3.	Sensor Arus ACS712	1	Sensor arus	1. Mendeteksi Short Circuit dengan Akurat 2. Output Analog Mudah Dibaca Mikrokontroler
4.	Sensor Suhu LM35	1	Sensor suhu	1. Output Linear dan Mudah Dibaca
5.	Power Supply 12V 20A	1	mengubah arus listrik AC (bolak-balik) dari sumber listrik menjadi arus DC (searah)	1. Simulasi Sistem Kelistrikan Kendaraan 12V 2. Stabil dan Aman untuk Komponen
6.	Male dan Female Dc Jack 2.1 x 5.5mm	1	menghubungkan sumber daya	1. Standar Umum Power Supply DC 2. Kompatibel dengan Banyak Perangkat
7.	Resistor 15 Ohm 20W	2	sebagai beban simulasi untuk meniru kondisi arus	1. Digunakan Sebagai Beban Simulasi Arus 2. Kapasitas Daya Tinggi (20W) untuk Menahan Panas
8.	Resistor 10 Ohm 20W	5	sebagai beban simulasi untuk meniru kondisi arus	1. Digunakan Sebagai Beban Simulasi Arus 2. Kapasitas Daya Tinggi (20W) untuk Menahan Panas
9.	Resistor 2 Ohm 100W	1	sebagai beban simulasi untuk meniru kondisi arus	1. Digunakan Sebagai Beban Simulasi Arus 2. Kapasitas Daya Tinggi (100W) untuk Menahan Panas

8

31

No	Perangkat Keras (Hardware)	Jumlah	Kegunaan	Alasan Pemilihan Komponen
10.	Resistor 3.3 Ohm 100W	1	sebagai beban simulasi untuk meniru kondisi arus	1. Digunakan Sebagai Beban Simulasi Arus 2. Kapasitas Daya Tinggi (100W) untuk Menahan Panas
11.	Saklar <i>Swich On Off</i> Dc 12V dan Lampu	7	Pemutus dan penghubung arus	1. Meningkatkan Keamanan dalam Simulasi
12.	Baterai 18650 3.7V	2	sumber energi listrik	1. Kapasitas Besar dan Efisiensi Energi
13.	Kotak Baterai 1860 isi 2	1	melindungi baterai dari kerusakan fisik dan lingkungan eksternal	1. Agar lebih ringkas
14.	PCB 8x12 cm	1	landasan mekanis dan elektrik untuk menempatkan dan menghubungkan komponen	1. Memudahkan dalam menghubungkan antar komponen
15.	Spacer 1.5 cm	20	menjaga jarak tertentu antara dua bagian	1. Untuk memberikan penopang dengan ukuran yang sama
17.	LCD 12IC Atau I2C	1	sebagai layar untuk menampilkan informasi secara visual	1. Komponen dapat menunjukkan banyak hal didalam layer yang berukuran kecil.

2. Perangkat Lunak

Berikut perangkat Lunak yang dibutuhkan dalam melakukan pembuatan alat:

Tabel 5. 2 Komponen Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak (Software)	Kegunaan
1.	Arduino IDE	Software yang digunakan untuk menulis program
2.	<i>Solidwork</i>	Software yang digunakan untuk melakukan pembuatan desain box alat
3.	<i>Skechup</i>	Software yang digunakan untuk melakukan pembuatan desain box alat
4.	<i>Fritzing</i>	Software yang digunakan untuk melakukan pembuatan <i>wiring</i> diagram

4.4.4 Desain Alat

1. Perancangan desain alat

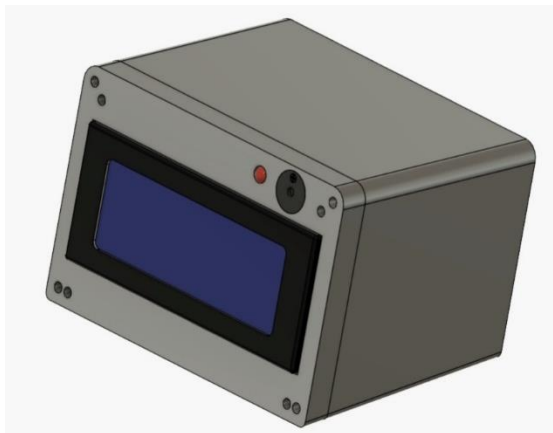
Pada proses pembuatan *prototype* alat pengukuran diperlukannya desain terlebih dahulu agar ada gambaran terkait *prototype* yang akan dibuat.

a. Memilih bahan

Bahan yang digunakan dipilih dengan unsur kekuatan, kemudahan dalam pengerjaan nantinya dan faktor harga.

b. Mendesain alat

Dalam mendesain alat peraga berbagai hal perlu diperhatikan seperti model, bentuk dan konstruksi agar sesuai nantinya seperti diharapkan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pembuatan alat sebagai berikut:



Gambar 11 *Desain Cover Monitoring*

1) Membuat Badan Utama (*Casing*)

Buat bentuk dasar berupa kotak menggunakan fitur *Extrude* dari sketsa persegi panjang. Serta menentukan dimensi sesuai ukuran komponen.

2) Membuat Kemiringan Panel Depan

Sketsa bidang miring di bagian depan atas casing.

3) Membuat Bukaannya untuk LCD

Buat sketsa persegi panjang pada panel depan. Gunakan *Cut Extrude* untuk melubangi area tampilan LCD I2C sesuai ukuran modul LCD yang digunakan.

4) Membuat Lubang Indikator & Saklar

Buat dua lingkaran kecil di dekat layar

Satu untuk LED indikator, satu lagi untuk saklar *on* dan *off* atau *push button*. Gunakan *Cut Extrude* dengan kedalaman penuh untuk membuat lubang tembus.

5) Membuat Lubang Baut (Mounting Hole)

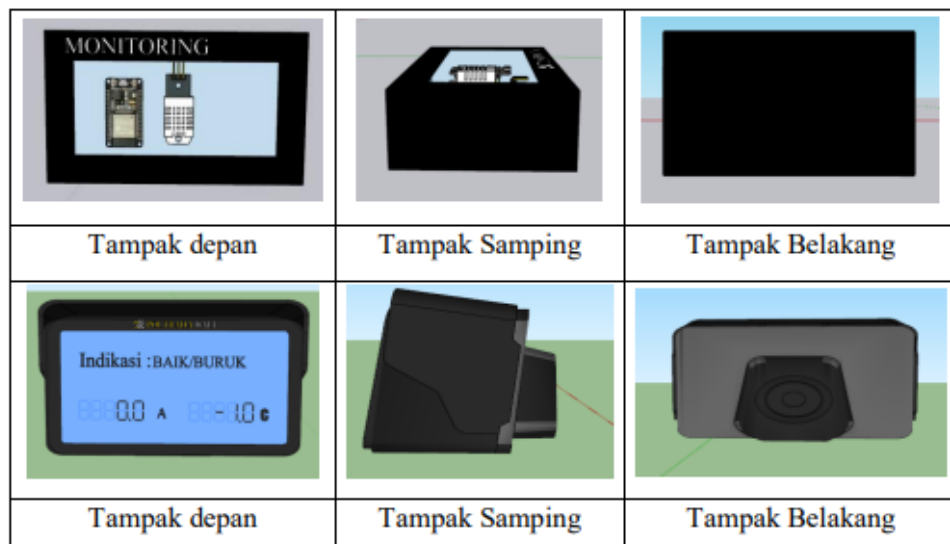
Tambahkan empat lubang di pojok panel depan sebagai titik baut atau cengkeram.

6) Fillet atau Chamfer pada Sisi Casing

Tambahkan *fillet* atau *chamfer* (miringan) pada sudut casing untuk menghilangkan sisi tajam dan memberi tampilan yang lebih moderen.

7) Pewarnaan dan Material

Terapkan warna material pada bagian Panel depan berwarna putih, LCD area berwarna biru gelap atau hitam.



Gambar 12 Desain Cover Monitong dan Sensing

Gambar di atas menunjukkan rancangan visual dari alat Pendeteksi *Short Circuit* Arus Listrik Berbasis IoT yang terdiri dari dua modul utama, yaitu modul

monitoring dan modul *sensing*. Pada bagian atas ditampilkan rancangan modul *Sensing*, yang terdiri dari:

1. Tampak depan menampilkan *interface* layar monitoring dengan komponen ESP32 yang berfungsi untuk menerima data dari modul *sensing* melalui komunikasi ESP-NOW.
2. Tampak samping menunjukkan bentuk casing persegi yang simpel, dirancang agar mudah diletakkan di dashboard atau meja uji coba.
3. Tampak belakang menggambarkan sisi belakang casing yang bersifat tertutup, menunjukkan kesan rapi dan aman.

Sementara itu, bagian bawah menunjukkan desain modul Monitoring, yang terdiri dari:

1. Tampak depan yang memperlihatkan tampilan LCD dengan indikator status arus dan suhu, serta informasi kondisi sistem (baik/buruk) yang dideteksi oleh sensor arus dan sensor suhu.
2. Tampak samping memperlihatkan bentuk casing dari sisi samping dengan lekukan ergonomis agar mudah dipasang pada prototipe kendaraan.
3. Tampak belakang menunjukkan desain bagian belakang alat, kemungkinan mencakup jalur ventilasi atau tempat konektor sensor.

Secara keseluruhan, rancangan alat ini menggambarkan sistem yang praktis, yang memungkinkan pengujian dan simulasi dilakukan tanpa harus diterapkan langsung pada kendaraan asli, namun tetap mampu merepresentasikan kondisi nyata secara akurat.

4.5 Timeline Kegiatan

Tabel 4. 3 Tabel Timeline

No	Kegiatan	Bulan																																	
		Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus									
1	Penentuan judul	█	█	█	█	█	█																												
2	Pengajuan judul					█	█																												
3	Studi literatur					█	█	█																											
4	Menentukan metode						█	█																											
5	Penyusunan bab I s/d III						█	█	█																										
6	Seminar proposal									█																									
7	Pembuatan alat										█	█	█	█	█	█	█																		
8	Pengambilan dan Analisis data																						█	█											
9	Membuat kesimpulan dan saran																										█								
10	Siding KKW/Tugas Akhir																																		

29

16

20

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

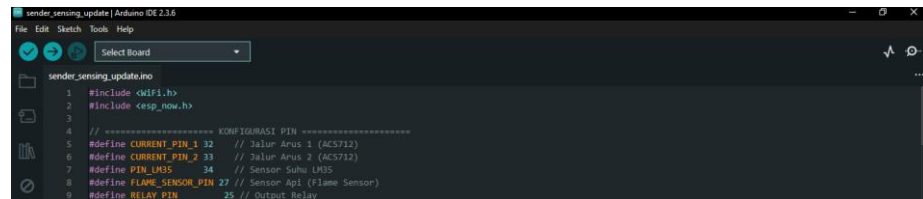
5.1 Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak dalam penelitian ini menggunakan aplikasi Arduino IDE berikut langkah-langkah dalam pembuatan perangkat lunak:

1. Perancangan perangkat Pengirim (*Sensing*)

a. Inisialisasi dan pin konfigurasi

Menentukan pin untuk sensor arus, suhu, flame sensor, dan relay.

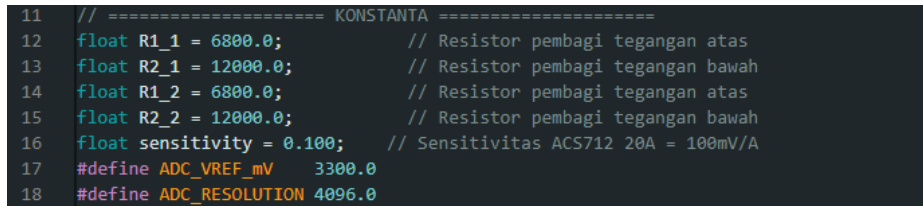


```
sender_sensing_update | Arduino IDE 2.3.6
File Edit Sketch Tools Help
Select Board
sender_sensing_update.ino
1 #include <WiFi.h>
2 #include <esp_now.h>
3
4 // ===== KONFIGURASI PIN =====
5 #define CURRENT_PIN_1 32 // Jalur Arus 1 (ACS712)
6 #define CURRENT_PIN_2 33 // Jalur Arus 2 (ACS712)
7 #define PIN_LM35 34 // Sensor Suhu LM35
8 #define FLAME_SENSOR_PIN 27 // Sensor Api (Flame Sensor)
9 #define RELAY_PIN 25 // Output Relay
```

Gambar 13 Inisialisasi dan pin konfigurasi

b. Konstanta dan kalibrasi

Digunakan untuk pembacaan Arus DC dan skema pembagi tegangan agar pembacaan arus lebih presisi terutama untuk ACS712 20A 100 V/A.

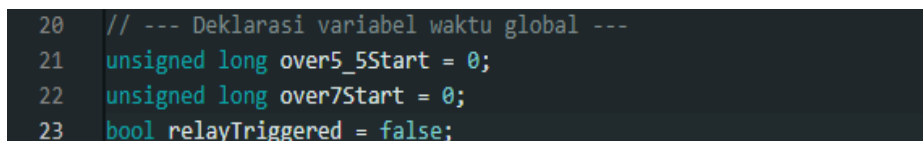


```
11 // ===== KONSTANTA =====
12 float R1_1 = 6800.0; // Resistor pembagi tegangan atas
13 float R2_1 = 12000.0; // Resistor pembagi tegangan bawah
14 float R1_2 = 6800.0; // Resistor pembagi tegangan atas
15 float R2_2 = 12000.0; // Resistor pembagi tegangan bawah
16 float sensitivity = 0.100; // Sensitivitas ACS712 20A = 100mV/A
17 #define ADC_VREF_mV 3300.0
18 #define ADC_RESOLUTION 4096.0
```

Gambar 14 Konstanta dan kalibrasi

c. Variabel waktu dan relay *protection*

Untuk mencatat kapan lonjakan arus terjadi, guna aktivasi relay jika arus melebihi ambang batas selama durasi tertentu.



```
20 // --- Deklarasi variabel waktu global ---
21 unsigned long over5_5start = 0;
22 unsigned long over75start = 0;
23 bool relayTriggered = false;
```

Gambar 15 Variabel waktu dan relay *protection*

d. Struktur Data yang Dikirim

Digunakan untuk mengirimkan data ke ESP32 lain (receiver) melalui ESP-NOW.

```
26 // ===== STRUKTUR DATA =====
27 typedef struct struct_message {
28     int id;
29     float arus1;
30     float arus2;
31     float suhu;
32     bool flameDetected;
33     bool relayStatus;
34 } struct_message;
```

Gambar 16 Struktur Data yang Dikirim

e. *Setup Awal*

ESP NOW diaktifkan & dikonfigurasi untuk mengirim data ke MAC address ESP32 receiver tertentu.

```
38 // Ganti dengan MAC Address receiver ESP32
39 uint8_t broadcastAddress[] = {0xF8, 0xB3, 0xB7, 0x33, 0x27, 0x70};
40
41 // Callback kirim ESP-NOW
42 void OnSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status) {
43     char macStr[18];
44     snprintf(macStr, sizeof(macStr), "%02X:%02X:%02X:%02X:%02X",
45             mac_addr[0], mac_addr[1], mac_addr[2],
46             mac_addr[3], mac_addr[4], mac_addr[5]);
47
48     Serial.print("Data dikirim ke: ");
49     Serial.print(macStr);
50     Serial.print(" | Status:");
51     Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "Berhasil" : "Gagal");
52 }
```

Gambar 17 *Setup Awal*

f. *Loop Utama*

Sampling 50 kali pembacaan arus dari ACS712, lalu dirata-rata. Dikalibrasi pakai tegangan *offset* (2.191V & 2.297V) dan dibagi sensitivitas (100mV/A).

```
94 void loop() {
95     // --- Sampling Arus Jalur 1 ---
96     float totalCurrent1 = 0;
97     for (int i = 0; i < 50; i++) {
98         int adc1 = analogRead(CURRENT_PIN_1);
99         float voltage1 = adc1 * (3.3 / ADC_RESOLUTION);
100        float scaled_voltage1 = voltage1 * ((R1_1 + R2_1) / R2_1);
101        float currentSample1 = (scaled_voltage1 - 2.191) / sensitivity;
102        totalCurrent1 += currentSample1;
103        delayMicroseconds(500); // sampling cepat tanpa delay besar
104    }
105    float current1 = totalCurrent1 / 50.0;
106    if (current1 <= 1.3) current1 = 0;
107
108    // --- Sampling Arus Jalur 2 ---
109    float totalCurrent2 = 0;
110    for (int i = 0; i < 50; i++) {
111        int adc2 = analogRead(CURRENT_PIN_2);
112        float voltage2 = adc2 * (3.3 / ADC_RESOLUTION);
113        float scaled_voltage2 = voltage2 * ((R1_2 + R2_2) / R2_2);
114        float currentSample2 = (scaled_voltage2 - 2.297) / sensitivity;
115        totalCurrent2 += currentSample2;
116        delayMicroseconds(500); // sampling cepat tanpa delay besar
117    }
118    float current2 = totalCurrent2 / 50.0;
119    if (current1 <= 1.3) current1 = 0;
```

g. Baca Suhu LM35

LM35 mengeluarkan output analog 10mV atau °C. Dikalkulasi jadi Celsius.

```
121 // --- Baca LM35 ---
122 const int jumlahSampel = 50;
123 long totalADC = 0;
124
125 for (int i = 0; i < jumlahSampel; i++) {
126     totalADC += analogRead(PIN_LM35);
127     delay(2); // Delay kecil untuk stabilisasi
128 }
129
130 float rataADC = totalADC / (float)jumlahSampel;
131 float milliVolt = rataADC * (3600.0 / ADC_RESOLUTION); // ADC to mV
132 float tempC = milliVolt / 10.0; // mV to Celsius
```

Gambar 18 Baca Suhu LM35

h. Logika Aktifkan Relay

Jika salah satu kondisi ini terpenuhi, relay akan ON (HIGH) sebagai proteksi, memutus sistem kelistrikan.

```
137 // === Logika Kendali Relay ===
138 unsigned long now = millis();
139
140 // Kondisi 1: Arus > 5.5A selama 20 detik
141 if (current1 > 5.5) {
142     if (over5_5Start == 0) over5_5Start = now;
143     else if ((now - over5_5Start) >= 20000) relayTriggered = true;
144 } else {
145     over5_5Start = 0;
146 }
147
148 // Kondisi 2: Arus > 7A selama 10 detik
149 if (current1 > 7.0) {
150     if (over7Start == 0) over7Start = now;
151     else if ((now - over7Start) >= 10000) relayTriggered = true;
152 } else {
153     over7Start = 0;
154 }
155
156 // Kondisi 3: Arus langsung > 10A
157 if (current1 > 10.0) {
158     relayTriggered = true;
159 }
160
161 // Kondisi 4: Api terdeteksi
162 if (flameDetected) {
163     relayTriggered = true;
164 }
```

Gambar 19 Aktifkan Relay

i. Kirim Data via ESP-NOW

Data sensor dikirim ke ESP receiver setiap 1 detik.

```
177 // --- Kirim data via ESP-NOW ---
178 esp_err_t result = esp_now_send(broadcastAddress, (uint8_t *)&myData, sizeof(myData));
179 if (result != ESP_OK) {
180     Serial.println("Pengiriman data gagal");
181 }
```

Gambar 20 Data via ESP-NOW

j. Serial Output

Menampilkan semua nilai sensor dan status ke serial monitor.

```
183 // --- Tampilkan di Serial Monitor ---
184 Serial.print("Arus 1: "); Serial.print(current1); Serial.print(" A | ");
185 Serial.print("Arus 2: "); Serial.print(current2); Serial.print(" A | ");
186 Serial.print("Suhu: "); Serial.print(tempC); Serial.print(" °C | ");
187 Serial.print("Api: "); Serial.print(flameDetected ? "TERDETEKSI" : "AMAN"); Serial.print(" | ");
188 Serial.print("Relay: "); Serial.println(relayTriggered ? "AKTIF" : "MATI");
189
190 delay(1000); // sampling tiap 1 detik (lebih responsif)
191 }
```

Gambar 21 Serial Output

k. Tambahan Fungsi baca Suhu LM35

Fungsi terpisah yang bisa dipanggil jika butuh baca suhu secara modular, tapi belum dipakai di loop utama.

```
193 // --- Baca LM35 dengan sampling 50 kali ---
194 float bacaSuhuLM35() {
195     const int jumlahSampel = 50;
196     long totalADC = 0;
197
198     for (int i = 0; i < jumlahSampel; i++) {
199         totalADC += analogRead(PIN_LM35);
200         delay(2); // Delay kecil untuk stabilisasi
201     }
202
203     float rataADC = totalADC / (float)jumlahSampel;
204     float milliVolt = rataADC * (3600.0 / ADC_RESOLUTION); // ADC to mV
205     float tempC = milliVolt / 10.0; // mV to Celsius
206     return tempC;
207 }
```

Gambar 22 Fungsi baca Suhu LM35

2. Perancangan perangkat Penerima (monitoring)

a. Struktur Data

Harus identik dengan struktur yang dikirim oleh ESP32 sensing, supaya bisa digunakan untuk menyalin data masuk.

```
1 #include <esp_now.h>
2 #include <WiFi.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
5
6 // === Struktur data ===
7 typedef struct struct_message {
8     int id;
9     float arus1;
10    float arus2;
11    float suhu;
12    bool flameDetected;
13    bool relayStatus;
14 } struct_message;
```

Gambar 23 Struktur Data

b. Inisialisasi LCD I2C

Merah = 15, Hijau = 2, Biru = 4, dan Buzzer = 5.

```
21 // === Pin RGB dan Buzzer ===
22 #define PIN_R 15
23 #define PIN_G 2
24 #define PIN_B 4
25 #define BUZZER_PIN 5
26
```

Gambar 24 Inisialisasi LCD I2C

c. Pin Konfigurasi untuk RGB Dan Buzzer

Logika LOW = aktif, untuk menyalakan lampu merah

```
27 // === Logika LOW = Aktif ===
28 void setRGB(bool r, bool g, bool b) {
29     digitalWrite(PIN_R, r ? HIGH : LOW);
30     digitalWrite(PIN_G, g ? HIGH : LOW);
31     digitalWrite(PIN_B, b ? HIGH : LOW);
32 }
33
34 void buzzerOn() {
35     tone(BUZZER_PIN, 505); // Nada sekitar suara beep aslinya
36     delay(500);           // Bunyi 0.5 detik
37     noTone(BUZZER_PIN);
38     delay(500);           // Diam 0.5 detik // Aktif (logika LOW)
39 }
40
41 void buzzerOff() {
42     digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW); // Mati
43 }
```

Gambar 25 Konfigurasi untuk RGB Dan Buzzer

d. Fungsi *Clearline*

Dipakai untuk menghapus baris tertentu di LCD.

```
46 void clearLine(uint8_t row) {
47     lcd.setCursor(0, row);
48     lcd.print(" "); // 20 spasi
49 }
50
51 void onDataRecv(const esp_now_recv_info_t *recv_info, const uint8_t *data, int len) {
52     memcpy(&incomingData, data, sizeof(incomingData));
53
54     // // === LCD Tampilkan Data ===
55     // clearLine(0);
56     // clearLine(1);
57     // clearLine(2);
58     // clearLine(3);
59     lcd.setCursor(0, 0);
60     lcd.print("Arus 1: ");
61     lcd.print(incomingData.arus1, 2);
62     lcd.print(" A ");
63
64     lcd.setCursor(0, 2);
65     lcd.print("Arus 2: ");
66     lcd.print(incomingData.arus2, 2);
67     lcd.print(" A ");
68
69     // clearLine(3);
70     lcd.setCursor(0, 3);
71
72     char suhuStr[21]; // cukup untuk satu baris 20 karakter + null terminator
73     sprintf(suhuStr, sizeof(suhuStr), "Suhu 2: %5.1f%CC", incomingData.suhu, 223);
74     lcd.print(suhuStr);
75 }
```

Gambar 26 Fungsi *Clearline*

e. *Callback OnDataRecv* (Utama)

Fungsi yang dipanggil setiap ada data masuk dari ESP-NOW.

```

51 void onDataRecv(const esp_now_recv_info_t *recv_info, const uint8_t *data, int len) {
52     memcpy(&incomingData, data, sizeof(incomingData));
53
54     // // == LCD Tampilkan Data ==
55     // clearLine(0);
56     // clearLine(1);
57     // clearLine(2);
58     // clearLine(3);
59     lcd.setCursor(0, 0);
60     lcd.print("Arus 1: ");
61     lcd.print(incomingData.arus1, 2);
62     lcd.print(" A ");
63
64     lcd.setCursor(0, 2);
65     lcd.print("Arus 2: ");
66     lcd.print(incomingData.arus2, 2);
67     lcd.print(" A ");
68
69     // clearLine(3);
70     lcd.setCursor(0, 3);
71
72     char suhuStr[21]; // cukup untuk satu baris 20 karakter + null terminator
73     sprintf(suhuStr, sizeof(suhuStr), "Suhu 2: %s.1f°C", incomingData.suhu, 223);
74     lcd.print(suhuStr);
75
76     // == Logika RGB & Buzzer ==
77
78     lcd.setCursor(0, 1);
79
80     if (incomingData.flameDetected) {
81         lcd.print("Terdeteksi Api ");
82         setRGB(false, true, true); // Merah (R=LOW)
83         buzzerOn();
84     }
85
86     else if (incomingData.relayStatus && incomingData.arus1 > 5.5) {
87         lcd.print("Arus Abnormal ");
88         setRGB(false, true, true); // Merah
89         buzzerOn();
90     }
91     else if (incomingData.arus1 > 5.0 && incomingData.arus2 > 3.3 && incomingData.suhu >=27) {
92         lcd.print("Waspada ");
93         setRGB(false, false, true); // Kuning (R,G = LOW)
94         buzzerOff();
95     }
96     else if (incomingData.arus1 < 5.0 && incomingData.arus2 < 3.3 && incomingData.suhu < 27) {
97         lcd.print("Normal ");
98         setRGB(true, false, true); // Hijau (G = LOW)
99         buzzerOff();
100    }
101    delay(300);

```

f. Fungsi *setup*

ESP32 diatur sebagai Station, lalu diaktifkan ESP-NOW dan callback nya.

```

105 void setup() {
106     Serial.begin(115200);
107     WiFi.mode(WIFI_STA);
108
109     // ESP-NOW
110     if (esp_now_init() != ESP_OK) {
111         Serial.println("Gagal init ESP-NOW");
112         return;
113     }
114     esp_now_register_recv_cb(onDataRecv);
115
116     // LCD
117     lcd.begin();
118     lcd.backlight();
119     lcd.setCursor(0, 0);
120     lcd.print("Menunggu data...");
121     delay(1000);
122     lcd.clear();
123
124     // PIN
125     pinMode(PIN_R, OUTPUT);
126     pinMode(PIN_G, OUTPUT);
127     pinMode(PIN_B, OUTPUT);
128     pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
129
130     setRGB(true, true, true); // Semua mati
131     buzzerOff(); // Buzzer mati
132 }

```

Gambar 27 Fungsi *Setup*

g. Fungsi loop

Kosong, karena alat ini hanya merespons ketika ada data masuk *event driven*, bukan polling terus.

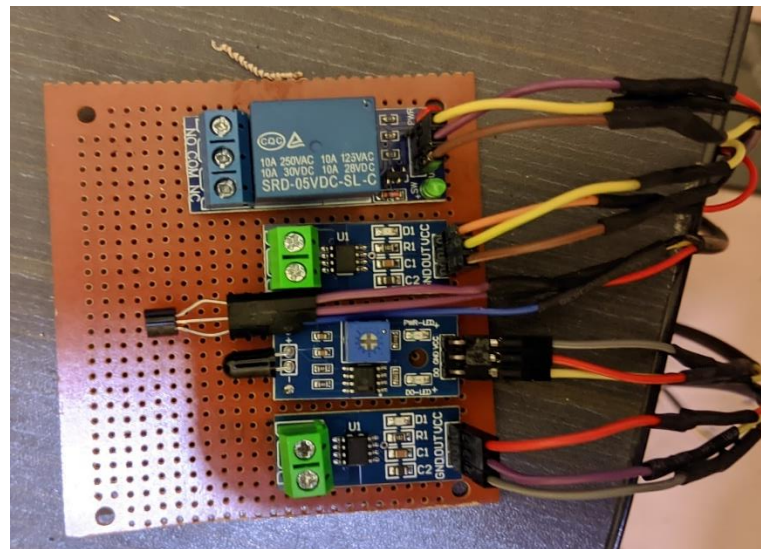
```
133  
134 void loop() {  
135  
136 }
```

Gambar 28 Fungsi Loop

5.2 Perancangan Hardware

1. Hasil Perakitan Alat (*Sensing*)

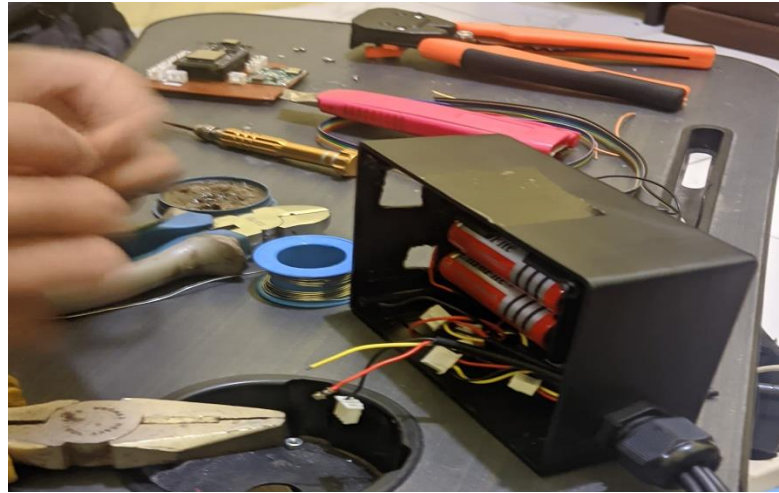
Tahapan berikutnya setelah semua komponen tersedia dan program sudah dirancang maka akan dilanjutkan dengan melakukan perakitan alat. Berikut tahapan perakitan alat.



Gambar 29 Perakitan Sensor

- a. Perakitan Sensor ACS712 jalur pertama
 - 1) Hubungkan pin GND (*ground*) pada sensor ACS712 dengan pin GND ESP32
 - 2) Hubungkan pin VCC pada sensor sensor ACS712 dengan tegangan 5V pada ESP 32
 - 3) Hubungkan pin *OUT* pada sensor dengan pin 32 pada ESP 32
- b. Perakitan Sensor ACS712 jalur kedua

- 1) Hubungkan pin GND (*ground*) pada sensor ACS712 dengan pin GND ESP32
 - 2) Hubungkan pin VCC pada sensor sensor ACS712 dengan tegangan 5V pada ESP 32
 - 3) Hubungkan pin OUT pada sensor dengan pin 33 pada ESP 32
- c. Perakitan Sensor LM 35
- 1) Hubungkan pin *ground* (GND) pada sensor LM35 dengan pin GND ESP32
 - 2) Hubungkan pin VCC pada sensor sensor LM35 dengan tegangan 5V pada ESP 32
 - 3) Hubungkan pin OUT pada sensor dengan pin 34 pada ESP 32
- d. Perakitan Sensor IR Flame
- 1) Hubungkan pin ground (GND) pada sensor IR Flame dengan pin GND ESP32
 - 2) Hubungkan pin VCC pada sensor sensor IR Flame dengan tegangan 5V pada ESP 32
 - 3) Hubungkan pin OUT pada sensor dengan pin 27 pada ESP 32
- e. Perakitan Relay
- 1) Hubungkan pin GND (*ground*) pada sensor relay dengan pin GND ESP32
 - 2) Hubungkan pin VCC pada sensor Relay dengan tegangan 5V pada ESP 32
 - 3) Hubungkan pin OUT pada sensor dengan pin 27 pada ESP 32

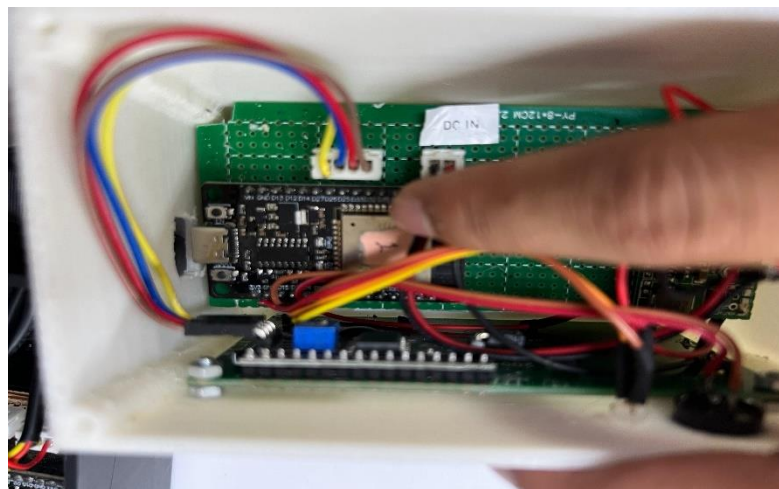


Gambar 30 Perakitan *Sensing*

- f. Instalasi daya dan penempatan komponen
- 1) Tempatkan Baterai pada rumah baterai
 - 2) Tempatkan ESP 32 pada PCB yang sudah hubungkan dengan TP4056 *Stepup*

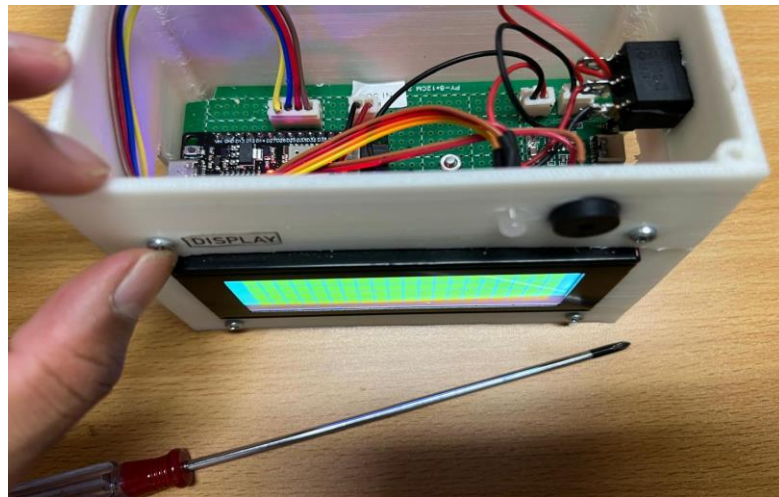
2. Hasil Perakitan Alat (Monitoring)

Setelah seluruh komponen tersedia dan program telah selesai dirancang, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan proses perakitan alat monitoring. Berikut merupakan langkah-langkah dalam perakitan alat.



Gambar 31 Perakitan Alat *Monitoring*

- 1) Hubungkan pin GND (*ground*) pada LED dengan pin GND ESP32
- 2) Hubungkan pin R pada LED dengan pin 15 pada ESP 32
- 3) Hubungkan pin G pada LED dengan pin 2 pada ESP 32
- 4) Hubungkan pin B pada LED dengan pin 4 pada ESP 32
- 5) Hubungkan pin GND (*ground*) pada buzzer dengan pin GND ESP32
- 6) Hubungkan pin VCC pada buzzer dengan tegangan 5V pada ESP 32



Gambar 32 Pemasangan LCD I2C

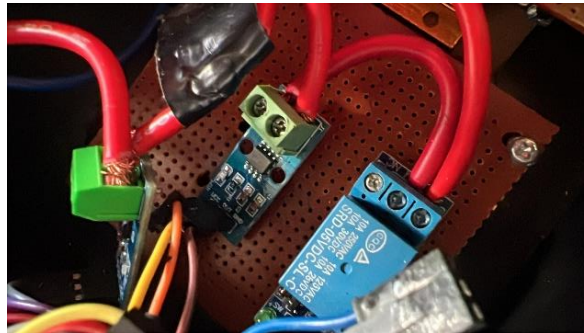
- 7) Hubungkan pin GND (*ground*) pada LCD I2C dengan pin GND ESP32
- 8) Hubungkan pin VCC pada LCD I2C dengan tegangan 5V pada ESP 32
- 9) Hubungkan pin SDA pada LED dengan pin D26 pada ESP 32
- 10) Hubungkan pin SCL pada LED dengan pin D27 pada ESP 32

5.3 Prosedur Pengoperasian Alat

Berikut adalah langkah-langkah untuk prosedur pengoperasian alat pendeteksi short circuit berbasis IoT:

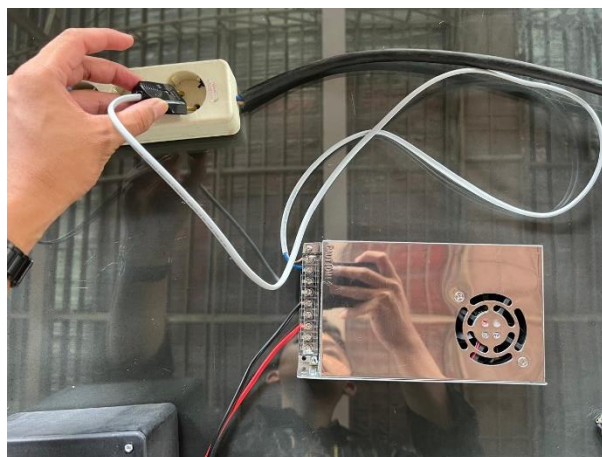
1. Pastikan seluruh sambungan telah terhubung dengan benar, meliputi:
 - a. Sensor arus ACS712

- b. Sensor suhu LM35
- c. Sensor api (flame sensor)
- d. Relay modul
- e. Buzzer
- f. LED indikator (RGB)
- g. LCD I2C
- h. Catu daya (power supply 12V atau baterai 18650 dan *step down*)



Gambar 33 Pemeriksaan Kondisi Sensor

2. Hubungkan sumber daya ke sistem
 - a. Jika menggunakan adaptor, masukkan adaptor 12V ke *stop* kontak DC input.
 - b. Jika menggunakan baterai, pastikan baterai 18650 dalam kondisi penuh.



Gambar 34 Menghubungkan Simulator Dengan Sumber Daya

3. Tekan tombol power pada alat sensing dan monitoring
 - a. Modul ESP32 akan mulai menyala.

- b. LCD akan menampilkan tulisan: “Menunggu data...”
- c. LED indikator dalam kondisi mati
- d. Buzzer tidak berbunyi.



Gambar 35 Menghidupkan Alat *Sensing* dan *Monitoring*

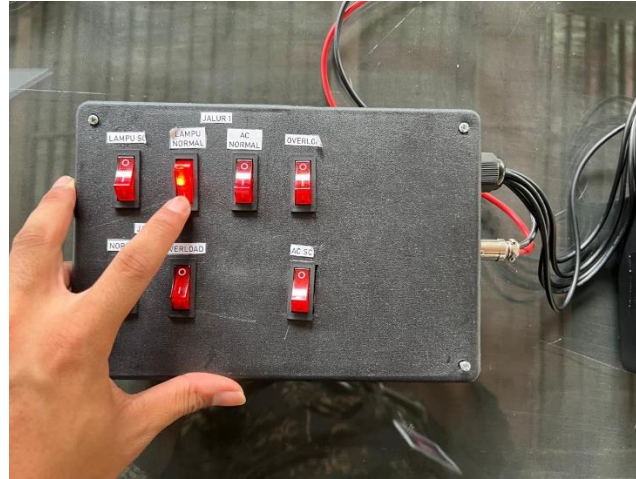
- 4. Tunggu proses inialisasi sistem
 - a. Inialisasi ESP-NOW akan berjalan otomatis.
 - b. Jika berhasil, ESP32 akan siap menerima data dari modul sensor atau transmitter.
 - c. Tidak ada error yang muncul di Serial Monitor (jika sedang dipantau via USB).



Gambar 36 LCD Kondisi Menyala

- 5. Alat siap digunakan
 - a. Alat akan standby hingga menerima data dari ESP32 pengirim.

- b. Status akan ditampilkan di layar LCD, dan indikator RGB serta buzzer akan aktif jika kondisi bahaya terdeteksi.



Gambar 37 Kondisi Alata Siap Digunakan

5.4 Pengujian Alat

5.4.1 Pengujian fungsi alat

Uji coba alat dilakukan untuk memastikan bahwa sistem deteksi hubungan arus pendek *short circuit* berbasis IoT yang telah dirancang dapat berfungsi dengan baik sesuai tujuan. Pengujian dilakukan secara bertahap dengan berbagai skenario untuk mengetahui keakuratan sensor, kecepatan respon sistem, stabilitas komunikasi data antar ESP32, ketahanan baterai, dan ketahanan alat.

Tabel 5. 3 Tabel Pengujian Fungsi Alat

No	Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Hidupkan tombol power alat sensing	1. Modul ESP32 menyala 2. lampu pada sensor-sensor menyala	Sesuai
2	Hidupkan tombol power alat monitoring	1. Modul ESP32 menyala 2. LCD menampilkan "Menunggu data..." 3. LED indikator sistem aktif menyala hijau	Sesuai
3	Hidupkan alat simulator	1. Relay aktif 2. pada switch sistem dapat menampilkan warna merah sebagai indikator menyala	Sesuai

No	Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
4	Simulasi alat dengan cara melakukan <i>on</i> dan <i>off switch</i>	1. Pada monitor akan ada perubahan arus apabila ada hubung singkat. 2. Terjadi perubahan suhu apabila ada indikasi penampang mengalami panas berlebih. 3. Buzzer akan mengeluarkan suara 4. Lampu LED berubah warna menjadi merah	Sesuai
5	Tombol Power dimatikan	1. Seluruh indikator mati	Sesuai

Setelah dilakukan pengujian fungsi pada alat, hasil yang didapatkan adalah bahwa fungsi setiap komponen penyusun alat sudah sesuai dengan maksud penulis dari masing-masing komponen sehingga alat dapat bekerja dengan baik.

5.4.2 Kalibrasi

Alat yang sudah berfungsi sesuai dengan tujuannya perlu dilakukan kalibrasi untuk memastikan hasil pengukuran dari alat tersebut telah akurat. Alat dikalibrasi dengan cara melakukan pengujian pengereman sesuai dengan standar lintasan yang telah dibuat sebelumnya.

Data yang diambil dari pengujian untuk kalibrasi adalah nilai arus dalam satuan *ampere* (A). Sebagai pembandingan nantinya nilai yang didapatkan dari ampere meter akan di sandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh sensor ACS712. Percobaan dilaksanakan sebanyak 15 kali percobaan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Langkah pertama dalam proses kalibrasi adalah menyusun rangkaian di mana sensor ACS712 dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 dan terintegrasi dengan beban listrik melalui jalur input sensor.
2. Apabila dalam hal ini pengukuran menggunakan ampere meter jenis ANENG PN 200 yang dimana merupakan tipe induksi, jadi dalam pengambilan data dilakukan dengan melakukan pendekatan pada penampang.

3. Mencatat hasil pengukuran dari ampere meter dan pembacaan sensor. Adapun hasil pengambilan data dan perhitungan data percobaan untuk kalibrasi alat dapat dilihat pada Tabel 5.4 Tabel Hasil Kalibrasi berikut:

Tabel 5. 4 Tabel Hasil Kalibrasi

No	Beban	Avometer (A)	Sensor ACS712 (A)	Selisih Error (A)	Deviasi
1	Lampu	1.93	1.95	0.02	1%
2		1.94	1.99	0.05	2%
3		2.35	2.4	0.05	2%
4		2.04	2.1	0.06	2%
5		2.07	2.12	0.05	2%
6	AC	3.1	3.18	0.08	2%
7		3.14	3.1	-0.04	1%
8		3.2	3.12	-0.08	2.5%
9		3.36	3.32	-0.04	1.2%
10		3.26	3.1	-0.16	5.1%
11	Lampu dan AC	4.9	5.1	0.2	3.9%
12		4.72	5.04	0.32	6.3%
13		4.88	4.93	0.05	1%
14		4.89	4.92	0.03	0.6%
15		4.92	4.99	0.07	1.4%
RATA-RATA		3.38	3.42	0.044	2.2%

Kalibrasi sensor arus ACS712 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap nilai arus aktual yang diukur menggunakan alat ukur standar, yaitu ampere meter jenis ANENG PN 200 . Pengujian dilakukan dengan memberikan beban yang bervariasi, mulai dari lampu, AC, maupun kombinasi keduanya, untuk menghasilkan arus listrik yang berbeda. Tujuan dari kalibrasi ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor dan mengukur selisih error atau deviasi dari nilai referensi.

Berdasarkan hasil kalibrasi yang ditampilkan dalam tabel, terlihat bahwa nilai arus yang dibaca oleh sensor ACS712 memiliki selisih rata-rata sebesar 0.044 A dibandingkan dengan avometer. Persentase deviasi rata-rata berada di angka 2.2%, yang masih berada dalam batas toleransi kesalahan untuk sensor jenis ini,

terutama mengingat ACS712 memiliki error internal $\pm 1.5\%$ hingga $\pm 2\%$ dari nilai penuhnya, dan adanya toleransi alat ukur tambahan.

Nilai selisih terkecil tercatat sebesar 0.01 A, sementara selisih terbesar terjadi pada beban kombinasi lampu dan AC sebesar 0.32 A, dengan deviasi 6.3%. Deviasi yang lebih besar pada arus tinggi kemungkinan disebabkan oleh fluktuasi sinyal atau ketidaksempurnaan pembacaan pada saat arus berubah cepat akibat karakteristik beban induktif seperti AC. Namun secara umum, sebagian besar deviasi berada di bawah 3%.

Hasil ini menunjukkan bahwa sensor ACS712 cukup stabil dan konsisten dalam pembacaan arus, dan dapat digunakan untuk aplikasi monitoring dengan tingkat akurasi yang dapat diterima. Bila diperlukan akurasi lebih tinggi, pengguna dapat menambahkan kompensasi perangkat lunak berupa penyesuaian offset atau koreksi nilai pembacaan berdasarkan hasil kalibrasi.

5.5 Implementasi Alat

Setelah seluruh rangkaian pengujian terhadap sistem alat serta kalibrasi dilakukan dan didapatkan hasil bahwa akurasi pembacaan sensor berada pada tingkat yang baik dan dapat diandalkan, maka tahap selanjutnya adalah melakukan implementasi alat ke dalam kondisi simulasi nyata. Implementasi ini dilakukan menggunakan simulator kelistrikan kendaraan yang telah dipersiapkan sebelumnya untuk merepresentasikan skenario penggunaan alat dalam kondisi mendekati lingkungan sesungguhnya.

Proses implementasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi alat mulai dari pembacaan sensor, pengiriman data, hingga sistem peringatan dan proteksi dapat bekerja secara menyeluruh dan konsisten dalam lingkungan operasional. Alat dipasang pada simulator dengan konfigurasi beban seperti lampu, AC, dan kombinasi beban lain yang umum ditemukan pada sistem kelistrikan kendaraan.

Selama implementasi, alat diaktifkan dan dibiarkan dalam kondisi monitoring. Data arus, suhu, dan deteksi api terus dibaca oleh sensor dan dikirim secara nirkabel menggunakan ESP-NOW menuju unit receiver. Setiap perubahan

yang terjadi akibat variasi beban atau kondisi abnormal seperti arus berlebih atau simulasi percikan api mampu dideteksi dan direspons secara real time oleh sistem.

1. Hasil Implementasi

Setelah proses pengujian berhasil dilakukan dan sistem terbukti bekerja dengan baik secara teoritis dan terukur, alat dilanjutkan untuk diimplementasikan pada simulator kelistrikan kendaraan. Berikut merupakan hasil dari pembacaan sensor.

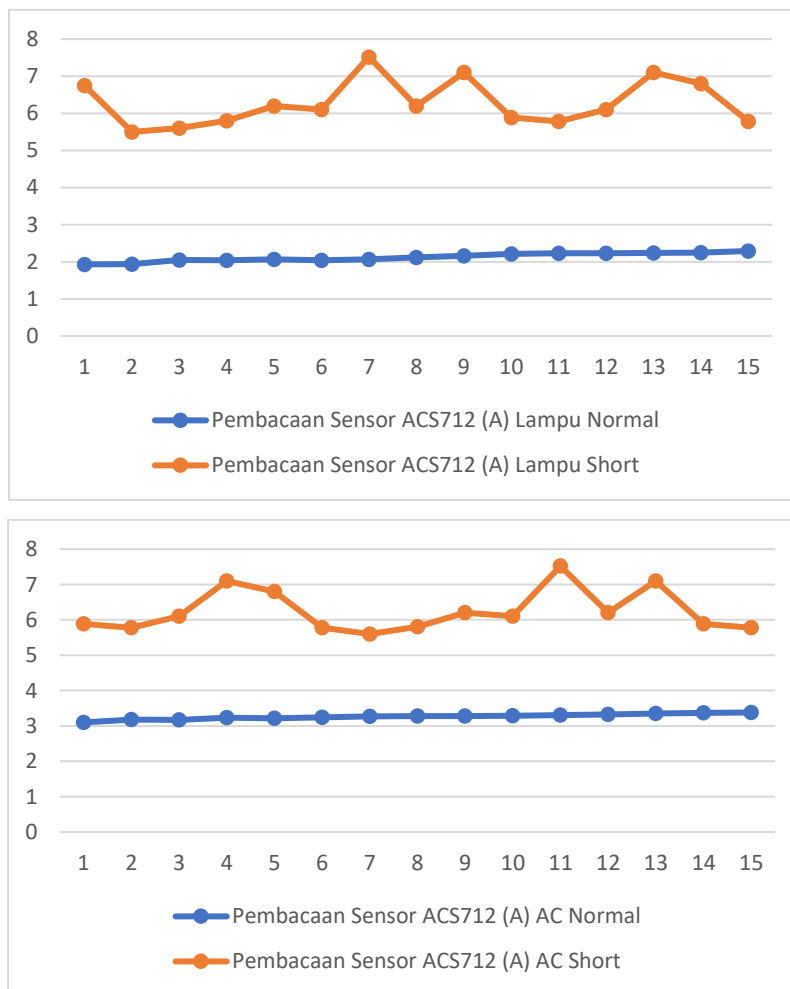
Tabel 5. 5 Data Hasil Pembacaan Alat (PANAS)

No	Pembacaan Sensor ACS712 (A)			
	Lampu Normal	AC Normal	Lampu Short	AC Short
1	1.93	3.1	6.75	5.89
2	1.94	3.18	5.5	5.78
3	2.05	3.17	5.6	6.1
4	2.04	3.23	5.8	7.1
5	2.07	3.22	6.2	6.8
6	2.04	3.24	6.1	5.78
7	2.07	3.27	7.52	5.6
8	2.12	3.28	6.2	5.8
9	2.16	3.28	7.1	6.2
10	2.21	3.29	5.89	6.1
11	2.23	3.31	5.78	7.52
12	2.23	3.32	6.1	6.2
13	2.24	3.35	7.1	7.1
14	2.25	3.37	6.8	5.89
15	2.29	3.38	5.78	5.78
Rata-Rata	2.12	3.27	6.28	6.24

Hasil pembacaan sensor arus ditunjukkan dalam tabel di atas. Untuk beban lampu dalam kondisi normal, nilai arus berkisar antara 1.93 A hingga 2.21 A, dengan rata-rata sebesar 2.06 A. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi arus beban ringan secara stabil. Saat dilakukan simulasi *short* pada lampu, terjadi lonjakan arus yang signifikan, dengan pembacaan tertinggi

mencapai 7.52 A, dan rata-rata sebesar 6.28 A. Hal ini membuktikan bahwa sensor ACS712 mampu mendeteksi lonjakan arus dengan baik dalam kondisi abnormal.

Pengujian pada beban AC mini juga menunjukkan pola yang serupa. Dalam kondisi normal, arus yang terdeteksi berada di kisaran 3.05 A hingga 3.32 A, dengan rata-rata 3.13 A. Nilai ini relatif lebih besar dibanding beban lampu karena karakteristik beban AC yang lebih 1. Sementara dalam kondisi short, pembacaan sensor menunjukkan lonjakan arus antara 5.6 A hingga 7.52 A, dengan rata-rata 6.24 A. Ini menunjukkan bahwa sensor juga dapat bekerja optimal dalam mendeteksi perubahan arus pada beban induktif seperti AC.



Gambar 38 Grafik Nilai Pembacaan Alat

Secara keseluruhan, pembacaan sensor arus ACS712 pada tahap implementasi menunjukkan performa yang konsisten dan responsif terhadap variasi beban. Perbedaan yang jelas antara kondisi normal dan short baik pada lampu maupun AC menunjukkan bahwa sistem telah berhasil mengidentifikasi kondisi bahaya dan dapat digunakan untuk memicu sistem proteksi relay secara otomatis sesuai logika yang telah diprogramkan.

Tabel 5. 6 Tabel Analisis

No	Kondisi Beban	Pembacaan Sensor ACS712 (A)															Nilai Rata-rata	Nilai Standart Pada Ampere Meter (A)	5% Nilai Standart	Nilai satndart - nilai rata-rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
1	Lampu Normal	1.93	1.94	1.94	2.04	2.07	2.04	2.07	2.12	2.16	2.21	1.93	1.94	2.04	2.09	2.04	2.04	5.5	0.225	1.81
2	Lampu Short	6.75	5.5	5.6	5.8	6.2	6.1	7.52	6.2	7.1	5.89	5.78	6.1	7.1	6.8	5.78	6.28	5.5	0.225	6.06
3	AC Normal	3.18	3.1	3.12	3.12	3.1	3.09	3.18	3.1	3.05	3.17	3.11	3.07	3.13	3.06	3.15	3.12	5.5	0.225	2.89
4	AC Short	5.89	5.78	6.1	7.1	6.8	5.78	5.6	5.8	6.2	6.1	7.52	6.2	7.1	5.89	5.78	6.24	5.5	0.225	6.02

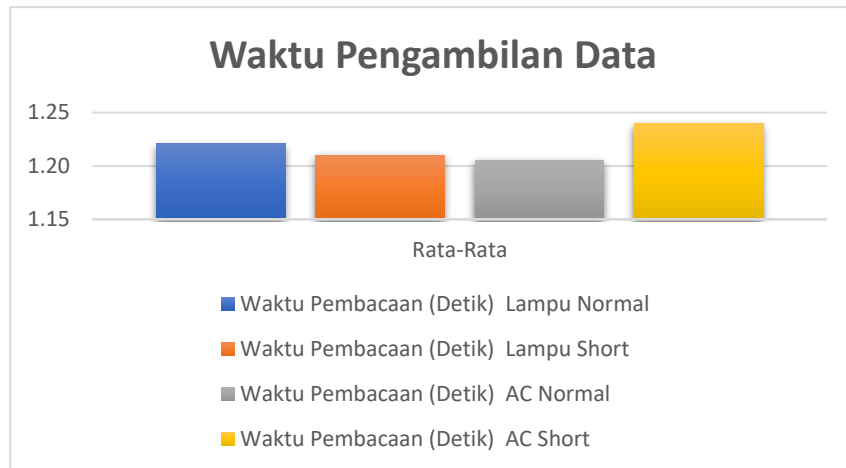
Tabel 5. 7 Data Waktu Pengukuran

No	Waktu Pembacaan (Detik)			
	Lampu Normal	Lampu Short	AC Normal	AC Short
1	1.63	1.34	0.68	1.27
2	0.74	0.62	1.41	1.04
3	1.05	1.89	0.93	1.39
4	0.92	1.12	1.76	1.1
5	1.88	0.79	0.55	1.46
6	1.47	1.53	1.29	1.08
7	0.59	1.05	0.82	1.33
8	1.12	1.96	1.9	1.19
9	1.96	0.91	0.6	1.42
10	0.83	1.24	1.13	1
11	1.25	0.58	1.67	1.15
12	1.71	1.77	0.74	1.5
13	0.66	0.85	2	1.06
14	2	2	1.08	1.24
15	0.5	0.5	1.52	1.36
Rata-Rata	1.22	1.21	1.21	1.24

Berdasarkan hasil pengujian waktu pembacaan sensor arus ACS712 pada berbagai kondisi beban, dapat disimpulkan bahwa sistem memiliki waktu respons yang cukup cepat dan stabil untuk setiap jenis beban yang diuji. Pengujian dilakukan terhadap empat kondisi utama, yaitu beban lampu normal, lampu short, AC normal, dan AC *short*, masing-masing dengan 15 kali pembacaan secara acak.

Dari data yang diperoleh, waktu pembacaan rata-rata pada keempat kondisi tersebut berada di rentang 1.21 hingga 1.24 detik, yang menunjukkan bahwa sistem mampu memproses dan mengirimkan data sensor secara *real time* dengan *delay* yang minim. Kondisi lampu normal dan lampu *short* memiliki waktu pembacaan rata-rata masing-masing 1.22 detik dan 1.21 detik, sedangkan AC normal memiliki rata-rata 1.21 detik, dan AC *short* sedikit lebih tinggi di angka 1.24 detik.

Perbedaan waktu pembacaan ini masih berada dalam kategori wajar dan tidak menunjukkan adanya *bottleneck* yang signifikan pada sistem. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi ESP-NOW antara ESP32 *transmitter* dan *receiver* berjalan secara efisien, dan sistem dapat memberikan pembaruan data secara berkala tanpa adanya keterlambatan yang mengganggu kinerja monitoring.



Gambar 39 Grafik Waktu Pengukuran

Dengan waktu pembacaan rata-rata di kisaran 1.2 detik, sistem ini sangat layak digunakan untuk aplikasi monitoring realtime pada kendaraan, karena mampu mendeteksi kondisi abnormal seperti arus berlebih atau hubungan pendek dengan cukup cepat, sekaligus memberikan notifikasi visual dan suara secara akurat dalam waktu singkat.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Alat pendeteksi short circuit berbasis ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan menggunakan sensor arus ACS712, sensor suhu LM35, dan IR flame sensor. Sistem ini mampu memonitor kondisi kelistrikan, mengirimkan data secara *nirkabel* menggunakan ESP-NOW, serta memberikan peringatan berupa LED, buzzer, dan pemutusan arus otomatis melalui relay.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu mendeteksi kondisi *short circuit* secara akurat dan responsif. Rata-rata lonjakan arus saat kondisi *short* tercatat signifikan dari 2.06 A sampai 6.28 A pada beban lampu, dan waktu respons pembacaan sensor berada pada kisaran 0.5–1.8 detik, menandakan kinerja sistem yang cepat dalam situasi berbahaya.
3. Dibandingkan dengan ampere meter standar, alat ini menunjukkan rata-rata deviasi error sebesar $\pm 2.2\%$, yang masih berada dalam batas toleransi dan dapat diterima untuk aplikasi monitoring keselamatan kendaraan. Hal ini menunjukkan bahwa sensor ACS712 cukup andal untuk digunakan dalam sistem deteksi dini.

6.2 Saran

1. Sistem ini disarankan untuk dikembangkan lebih lanjut pada kendaraan nyata, bukan hanya dalam simulasi, agar bisa diuji ketahanannya dalam kondisi lingkungan ekstrem getaran, panas, kelembaban, dsb.
2. Perlu dilakukan integrasi sistem ke *dashboard* kendaraan secara ringkas, agar tampilan monitoring lebih mudah diakses oleh pengemudi serta dapat diadopsi secara komersial dalam unit transportasi umum.