

Evaluasi Kinerja *Prototype Monitoring Battery Pack* Pada *Maintenance Bus Listrik PT XYZ*

Evaluate Prototype Performance of Battery Pack Monitoring for PT XYZ E-Bus Maintenance

Tasya Aulia Fitri Chamila*
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Surabaya
Surabaya, Indonesia
tasyaaulia.19025@mhs.unesa.ac.id

Tri Rijanto
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Surabaya
Surabaya, Indonesia
tririjanto@unesa.ac.id

Pradini Puspitaningayu
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Surabaya
Surabaya, Indonesia
pradinip@unesa.ac.id

Diterima : Juni 2024
Disetujui : Juli 2024
Dipublikasi : Juli 2024

Abstrak—Salah satu masalah utama yang dihadapi oleh kendaraan listrik adalah masalah daya tahan *battery*. Penelitian ini menggunakan Kodular sebagai pengembang aplikasi untuk *mobile app monitoring*. Selain itu, dengan adanya data hasil *monitoring*, PT XYZ dapat menggunakan informasi ini untuk meningkatkan efisiensi operasional *bus listrik* dan memperpanjang masa pakai *battery* serta mengurangi risiko kerusakan dan biaya pemeliharaan. Adapun parameter yang digunakan adalah *power volt*, *SoC*, *SoH*, *system insulation resistance*, *positive insulation*, *negative insulation*, *pack volt*, *current*. Dengan memantau parameter-parameter ini, inspektur dapat melakukan pemeliharaan, mendiagnosis masalah, dan mengoptimalkan kinerja sistem secara keseluruhan. Hal ini juga membantu mencegah kegagalan peralatan, menghindari risiko keselamatan, dan memastikan operasi yang andal dari sistem listrik dan elektronik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui unjuk kerja *prototype monitoring* dengan parameter pengukuran *battery pack* pada *mobile app* dari *prototype monitoring battery pack* pada *maintenance bus listrik* di PT XYZ. Pada penelitian ini, perubahan interval terjadi setiap 30 menit, dimulai pada pukul 20:10 hingga pukul 21:40. Penelitian ini dilakukan sebanyak empat kali percobaan. Dimana, output parameter *pack voltage* senilai 545.9 V; *current* senilai -67.7 A; *power volt* senilai 26676; *SoC* senilai 81.4%; *SoH* senilai 100%; *system insulation resistance* senilai 1233 K Ω ; *positive insulation* senilai 2952 K Ω ; *negative insulation* senilai 1233 K Ω .

Kata Kunci—*Battery Pack*; *BMS*; *ESP 32*; *Kondular*; *MCP 2515*; *Monitoring*

Abstract—One of the primary issues with electric vehicles is *battery longevity*. This study uses Kodular as an application developer for *mobile app monitoring*. Furthermore, using the *monitoring data*, PT XYZ may increase the operational efficiency of electric buses, lengthen *battery life*, and lower the risk of damage and maintenance costs. The following parameters are used: *power voltage*, *SoC*, *SoH*, *system insulation resistance*, *positive insulation*, *negative insulation*, *pack voltage*, and *current*. Inspectors can perform maintenance, diagnose faults, and improve overall system performance by keeping track of these

parameters. It also contributes to the prevention of equipment failure, the avoidance of safety hazards, and the reliable operation of electrical and electronic systems. The goal of this research is to examine the performance of *prototype monitoring with battery pack measurement parameters on a mobile app using prototype monitoring of battery packs on electric bus maintenance at PT XYZ*. In this trial, interval changes happened every 30 minutes from 20:10 to 21:40. This research was carried out four times. The output parameters are *pack voltage (545.9 V)*, *current (-67.7 A)*, *power voltage (26676)*, *SoC (81.4%)*, *SoH (100%)*, *system insulation resistance (1233 K Ω)*, *positive insulation (2952 K Ω)*, and *negative insulation (1233 K Ω)*.

Keywords—*Battery Pack*; *BMS*; *ESP 32*; *Kondular*; *MCP 2515*; *Monitoring*

I. PENDAHULUAN

Salah satu masalah utama yang dihadapi oleh kendaraan listrik adalah masalah daya tahan *battery*. *Battery pack* pada kendaraan listrik, termasuk *bus listrik*, memiliki peran penting dalam menentukan jarak tempuh yang dapat ditempuh oleh kendaraan tersebut. Oleh karena itu, *monitoring* kondisi *battery pack* menjadi hal yang sangat penting untuk dilakukan agar dapat menjamin keamanan dan efisiensi kendaraan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *prototype monitoring battery pack* pada *bus listrik*. Dengan adanya *prototype* ini, diharapkan dapat membantu PT XYZ untuk mengoptimalkan penggunaan baterai pada kendaraannya dan meminimalkan risiko kegagalan baterai yang dapat mengganggu operasional *bus listrik*. Berdasarkan observasi lapangan di PT XYZ, perlu adanya pengoptimalan pengembangan teknologi pada *bus listrik*. *Monitoring battery pack bus listrik* dapat memudahkan untuk mengetahui kondisi *battery*. *Battery pack* memiliki peranan penting pada kendaraan listrik, bertanggung jawab sebagai sumber energi listrik pada *bus listrik*. Keberhasilan untuk meningkatkan

performa kendaraan listrik dapat dibuktikan dari penelitian terdahulu yang menunjukkan kemajuan dalam sistem pemantauan baterai dan teknologi monitoring berbasis *IoT*.

Salah satu penelitian berjudul “*IoT-Based Battery Monitoring System for Electric Vehicle*” yang mengeksplorasi penggunaan sensor tegangan dan modul *GPS* untuk pemantauan kinerja kendaraan menggunakan teknik *Internet of Things (IoT)*. Sistem pemantauan baterai berbasis *IoT* yang diusulkan dalam penelitian ini terdiri dari dua bagian utama: perangkat pemantauan dan antarmuka pengguna. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mendeteksi penurunan kinerja baterai serta mengirimkan pesan notifikasi kepada pengguna untuk tindakan lebih lanjut. Antarmuka pengguna yang berbasis web memungkinkan sistem untuk menampilkan informasi seperti lokasi, kondisi baterai, dan waktu melalui internet, dengan menggabungkan sistem *GPS* untuk mendeteksi koordinat dan menampilkannya pada aplikasi Google Maps [1].

Selain itu, penelitian yang berjudul “Rancang Bangun *Battery Monitoring System (BMS)* berbasis LabVIEW”, mengkaji desain *Battery Monitoring System* berbasis LabVIEW yang berfungsi untuk memonitor kondisi baterai menggunakan parameter seperti tegangan, arus, dan suhu. Dalam studi ini, pembacaan sensor dan akuisisi data pada BMS dilakukan oleh mikrokontroler yang kemudian mengirimkan data ke LabVIEW melalui komunikasi serial [6]. Penelitian ini menyoroti pentingnya teknologi pengukuran yang akurat dan pemantauan berbasis perangkat lunak untuk meningkatkan performa dan keandalan sistem baterai pada kendaraan listrik.

Penelitian lain mengenai sistem monitoring berbasis *IoT*, seperti yang dibahas dalam “Rancang Bangun Sistem Monitor Lampu Jalan Umum Tenaga Surya Berbasis Teknologi LoRa”, menunjukkan efektivitas teknologi LoRa dalam memantau data sensor arus dan tegangan pada jarak transmisi yang signifikan [14]. Hal ini mendukung penggunaan teknologi komunikasi yang dapat diadaptasi dalam pemantauan baterai kendaraan listrik.

Lebih lanjut, penelitian mengenai sistem monitoring kualitas air tambak berbasis *IoT*, yang dipaparkan dalam studi “Monitoring Kualitas dan Kekeuhan Air Tambak”, menunjukkan bagaimana sistem monitoring yang akurat dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dengan menampilkan data secara real-time dan akurat [15]. Hal ini menunjukkan bagaimana sistem monitoring berbasis *IoT* dapat diterapkan untuk meningkatkan performa baterai kendaraan listrik.

Terkait dengan pemantauan parameter baterai seperti *power volt*, *SoC*, *SoH*, serta resistansi isolasi sistem, literatur yang relevan juga mencakup desain alat pengukur daya dengan menggunakan sensor ZMPT101B dan ZMCT103C [7]. Pada penelitian ini peneliti menekankan pentingnya pemantauan parameter seperti tegangan dan arus untuk memastikan operasi sistem yang optimal.

Selanjutnya, sistem monitoring bahan bakar berbasis *IoT* yang dibahas dalam “Prototipe Sistem *Monitoring* dan *Controlling* Tangki Bahan Bakar Minyak” menunjukkan aplikasi serupa dalam pemantauan dan kontrol sistem, memberikan insight tambahan tentang aplikasi teknologi *IoT* dalam sistem monitoring [9].

Berdasarkan kedua penelitian di atas, diketahui bahwa masing-masing data hasil dari dilakukannya *monitoring* belum menggunakan parameter *pack voltage*, *SoH*, *SoC*, *system insulation resistance*, *positive insulation*, *negative insulation* dalam penelitiannya. Pada penelitian yang berjudul “*IoT-Based Battery Monitoring System for Electric Vehicle*” [1], pemantauan terhadap kinerja *battery* berbasis HMI dilakukan dengan menggunakan *hardware* dan *user interface* berbasis *web*. Sedangkan, pada penelitian yang berjudul “Rancang Bangun *Battery Monitoring System (BMS)* berbasis LabVIEW” [6], pemantauan terhadap kinerja *battery* dengan menggunakan LabVIEW sebagai *virtual instruments* untuk menampilkan data pembacaan sensor tegangan, arus, dan suhu dari *microcontroller*. Oleh karena itu, peneliti bermaksud ingin melakukan penelitian tentang “Evaluasi Kinerja *Prototype Monitoring Battery Pack* Pada *Maintenance Bus* Listrik di PT XYZ”.

Penelitian berjudul “Sistem Tempat Sampah Pintar Menggunakan Raspberry Pi dan Internet of Things (IoT)” menunjukkan bagaimana teknologi *IoT* digunakan untuk mengirimkan informasi jarak jauh ke web server dan memudahkan monitoring dari jarak jauh [8]. Selain itu, penelitian mengenai “Alat Pengirim dan Penerima Informasi Kebakaran” menjelaskan bagaimana perangkat keras dan perangkat lunak dapat saling berinteraksi untuk mengirimkan peringatan kebakaran melalui sistem pengontrolan dan memberikan informasi lokasi secara cepat dan efisien [8]. Penelitian-penelitian ini relevan karena mereka menunjukkan bagaimana teknologi pengiriman data jarak jauh dan pemantauan berbasis *IoT* dapat diadaptasi untuk pemantauan baterai kendaraan listrik.

Dimana hasil dari penelitian mengenai “Evaluasi Kinerja *Prototype Monitoring Battery Pack* Pada *Maintenance Bus* Listrik di PT XYZ” dapat membantu para inspektur dalam melakukan inspeksi terhadap kondisi *battery*. Kodular sebagai pengembang aplikasi dapat memudahkan dalam mengakses data hasil *monitoring* untuk *mobile app monitoring*. Selain itu, dengan adanya data hasil *monitoring*, PT XYZ dapat menggunakan informasi ini untuk meningkatkan efisiensi operasional *bus* listrik dan memperpanjang masa pakai *battery* serta mengurangi risiko kerusakan dan biaya pemeliharaan.

Adapun parameter yang digunakan adalah *power volt*, *SoC*, *SoH*, *system insulation resistance*, *positive insulation*, *negative insulation*, *pack volt*, *current*. Dengan mengintegrasikan parameter-parameter penting seperti *power volt*, *SoC*, *SoH*, *system insulation resistance*, *positive insulation*, *negative insulation*, *pack volt*, dan *current*, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan dalam penelitian sebelumnya. Hasil dari penelitian ini dapat membantu para inspektur dalam melakukan inspeksi terhadap kondisi baterai, mempermudah akses data monitoring melalui aplikasi *mobile*, dan meningkatkan efisiensi operasional *bus* listrik di PT XYZ. Dengan memantau parameter-parameter ini, inspektur dapat melakukan pemeliharaan, mendiagnosis masalah, dan mengoptimalkan kinerja sistem secara keseluruhan. Hal ini juga membantu mencegah kegagalan peralatan, menghindari risiko keselamatan, dan memastikan operasi yang andal dari sistem listrik dan elektronik.

Power Volt adalah parameter mendasar dalam sistem listrik. Memantau voltase daya sangat penting untuk

memastikan bahwa perangkat dan sistem beroperasi pada tingkat tegangan yang tepat. Voltase daya yang tidak sesuai dengan spesifikasi dapat menyebabkan kerusakan peralatan atau kinerja yang buruk [12].

State of Charge (SoC) adalah parameter yang menggambarkan seberapa banyak kapasitas baterai yang masih tersedia. Pemantauan *SoC* penting untuk mengetahui berapa banyak daya yang tersisa dalam baterai dan menghindari pemakaian berlebihan yang dapat merusak baterai [3].

State of Health (SoH) adalah parameter yang menggambarkan kondisi umum baterai atau akumulator. Pemantauan *SoH* membantu mengetahui seberapa baik baterai berfungsi dan memprediksi usia pakai baterai. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengganti baterai tepat waktu sebelum kinerjanya menurun secara signifikan [16].

Resistansi isolasi pada sistem listrik penting untuk menjaga keamanan dan mencegah kebocoran arus listrik. Pemantauan resistansi isolasi membantu mendeteksi masalah isolasi sebelum menyebabkan kegagalan sistem atau bahaya bagi pengguna.

Positive insulation diartikan sebagai kondisi dimana isolasi dalam suatu sistem listrik menunjukkan nilai resistansi yang baik atau tinggi pada bagian-bagian sistem yang membawa muatan positif. Hal ini menandakan bahwa isolasi pada konduktor tersebut berfungsi dengan baik dan mencegah terjadinya arus bocor atau korsleting. Sedangkan, *negative insulation* dapat diartikan sebagai kondisi di mana isolasi dalam suatu sistem listrik menunjukkan nilai resistansi yang buruk atau rendah pada bagian-bagian sistem yang membawa muatan negatif. Hal ini menunjukkan adanya masalah dengan isolasi pada konduktor tersebut dan meningkatkan risiko arus bocor atau korsleting ke lingkungan sekitarnya [5].

II. METODE

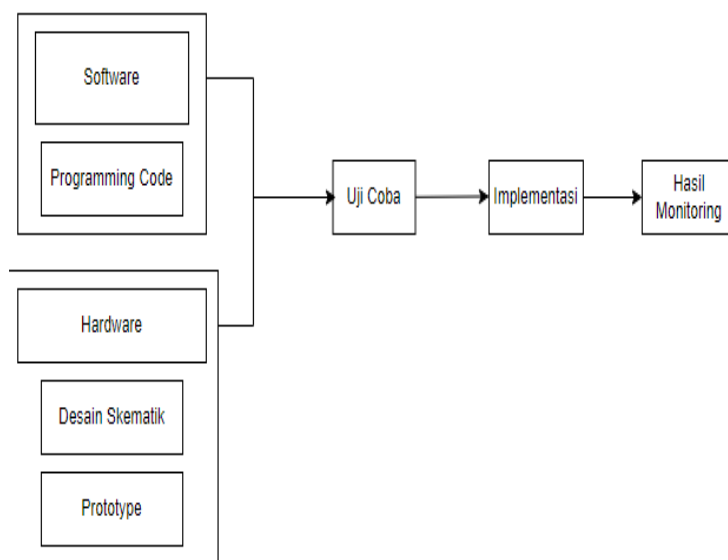
Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode simulasi. Simulasi adalah metode atau teknik untuk memodelkan sistem atau proses dunia nyata dengan menggunakan model matematika atau komputer. Metode simulasi dipilih karena metode simulasi dapat menganalisis sistem yang belum ada, tanpa membangun sistem, tanpa memecah sistem tanpa merusaknya memberikan fleksibilitas kepada pembuat model saat melakukan pengujian [11]. Pendekatan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari *battery pack*.

Teknik pengumpulan data merupakan langkah penting dalam penelitian ini untuk mendapatkan informasi yang relevan dan akurat untuk menjawab pertanyaan penelitian yang disajikan. Penelitian ini menggunakan beberapa teknik pengumpulan data pelengkap, antara lain studi literatur, observasi lapangan dan pengumpulan data sekunder. Dengan demikian, teknik pengumpulan data ini memberikan perspektif yang komprehensif dan mendalam tentang pertanyaan penelitian dan dasar yang kuat untuk analisis dan interpretasi hasil penelitian yang lebih komprehensif.

Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari hasil pembacaan *Battery Management System* terhadap *battery pack* dikirim ke ESP 32 sebagai *microcontroller* dan *transceiver* data melalui perantara MCP2515 Module. Data yang diperoleh dari hasil pembacaan *Battery Management*

System ditampilkan dengan *mobile app* yang digunakan untuk menganalisis data.

Bagian kerangka berpikir merupakan landasan intelektual yang sangat penting dalam penelitian ini. Kerangka berpikir membantu mengatur dan menghubungkan semua penelitian sehingga terstruktur dengan baik, sebagaimana yang terdapat pada Gambar 1. Dalam kerangka tersebut, terdapat bagian *software* dan *hardware*. Pada bagian *software* berisikan *programming code*. Sedangkan pada bagian *software* berisikan desain skematik dan *prototype*.



Gambar 1. Kerangka Berpikir

Dari kerangka penelitian yang telah dibuat, maka prosedur untuk masing-masing tahapan akan dijelaskan sebagai berikut.

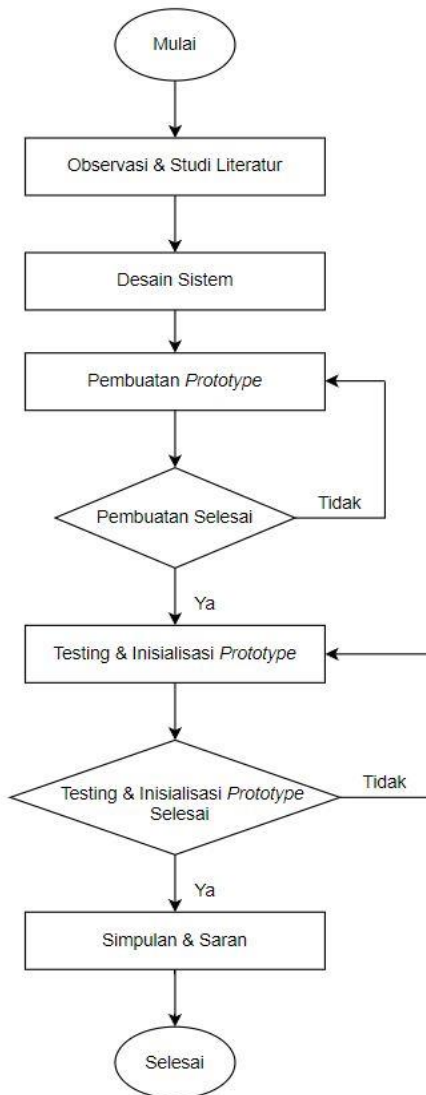
1. *Software*
 Pada bagian *software* dimaksudkan untuk melakukan pemrograman terhadap *prototype hardware*, yakni ESP 32 dan MCP 2525 melalui *visual studio code*.
2. *Programming Code*
 Adapun bahasa pemrograman yang digunakan yang dijalankan melalui *visual studio code* adalah bahasa C++.
3. *Hardware*
 Pada bagian *hardware* dimaksudkan untuk melakukan perancangan serta perakitan terhadap *prototype hardware*, yakni ESP 32 dan MCP 2515.
4. *Desain Skematik*
 Desain skematik digunakan sebagai salah satu tahapan penting sebelum melakukan perakitan. Desain skematik sendiri digunakan sebagai acuan dalam melakukan *wiring* serta *assembling* pada komponen.
5. *Prototype*
 Dalam tahapan *prototype*, peneliti melakukan *wiring* serta *assembling* pada komponen dan juga *mobile app*.
6. *Uji Coba*
 Setelah perakitan pada *prototype* telah selesai, dilakukan uji coba terlebih dahulu untuk meminimalisir resiko kegagalan sebelum dilakukan implementasi.
7. *Implementasi*

Tahapan ini dilakukan ketika tahapan uji coba telah berhasil untuk dilakukan.

8. Hasil *Monitoring*

Setelah tahapan implementasi, selanjutnya adalah melakukan pembacaan dari hasil *monitoring*. Dimana peneliti memperoleh data penelitian, berdasarkan hasil *monitoring*.

Dengan bantuan kerangka yang menyeluruh dan sistematis, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan memberikan pengetahuan baru yang berharga bagi pembaca dan praktisi di bidang terkait. Untuk mempermudah pemahaman mengenai sistematika penelitian, maka dibuat diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Rancangan Penelitian

Dari rancangan penelitian yang telah dibuat, maka prosedur untuk masing-masing tahapan akan dijelaskan sebagai berikut.

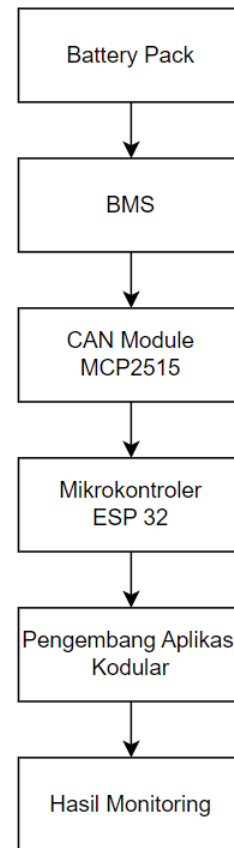
1. Observasi & Studi Literatur

Observasi juga sering dilakukan dalam penelitian ilmiah, dalam rangka mengumpulkan bukti empiris yang diperlukan untuk menguji hipotesis atau teori yang ada. Observasi dilakukan dengan memperoleh data *record* dari divisi X di PT XYZ. Studi literatur dilakukan dengan cara

membaca dan meninjau bahan-bahan literatur yang relevan dengan topik penelitian yang dilakukan. Bahan-bahan literatur yang dapat digunakan dapat berupa jurnal, buku, artikel, makalah, atau dokumen lain yang terkait dengan topik penelitian.

2. Desain Sistem

Pada penelitian ini, desain sistem dapat dilihat pada Gambar 3, yakni desain *software* alat yang terdiri atas *programming code*, dan desain *hardware* alat yang terdiri atas desain skematik dan *prototype*.



Gambar 3. Diagram Blok Desain Sistem

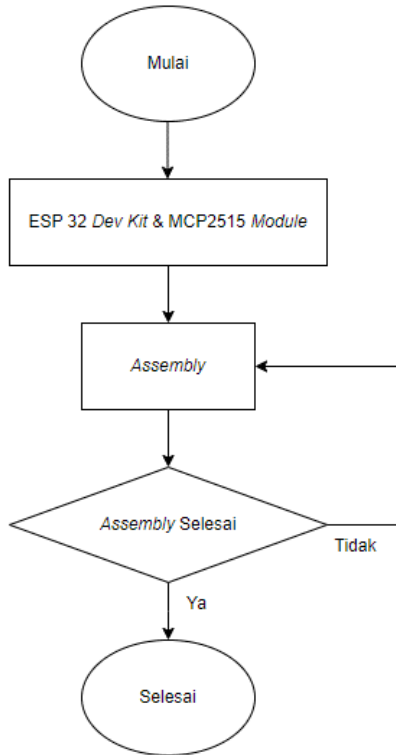
Desain sistem penelitian merupakan langkah penting dalam merancang suatu penelitian yang sistematis dan terorganisir. Proses ini mencakup berbagai tahap untuk mengarahkan pelaksanaan penelitian secara efektif dan mendapatkan hasil yang valid.

Battery Pack digunakan sebagai objek penelitian pada penelitian ini. *BMS* melakukan pengukuran terhadap *battery pack* sesuai dengan parameter yang diamati. Selanjutnya, hasil pengukuran dikelola oleh ESP 32 dengan perantara MCP 2515 sebagai *CAN module*. Data yang dikelola oleh ESP 32 selanjutnya dikirim dengan menggunakan *Wi-Fi* pada kodular untuk ditampilkan. Setelah data ditampilkan, peneliti dapat menggunakan data tersebut untuk diamati dan dianalisis.

Dengan demikian, desain sistem penelitian yang baik akan membantu memastikan bahwa penelitian dilakukan secara terarah, valid, dan bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat secara keseluruhan.

Berikut merupakan rancangan *prototype* untuk penelitian ini. Peneliti merancang *prototype hardware* pada

bus listrik. Rancangan *design* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Flowchart Prototype Hardware

Pada tahapan awal, peneliti melakukan *assembly prototype* dengan menggunakan komponen ESP32 Dev Kit dan MCP2515 Module. Dimana MCP2515 Module sebagai modul komunikasi CAN yang memungkinkan ESP32 berkomunikasi dengan perangkat lain menggunakan protokol CAN dan ESP32 Dev Kit sebagai *microcontroller* yang berperan sebagai otak sistem, mengendalikan dan mengintegrasikan berbagai komponen. ESP32 dapat mengumpulkan data dari sensor, mengirimkannya ke *server* atau *database*, dan mengontrol tampilan dan interaksi melalui Kodular. *Flowchart* sistem rancangan *monitoring* digunakan untuk pembacaan proses penyelesaian Tugas Akhir menjadi lebih mudah. Selanjutnya, peneliti melakukan *build mobile app* pada Kodular sebagai aplikasi pengembang.

3. Pembuatan Prototype

a. Membangun Prototype Hardware

Pada tahapan membangun *prototype hardware* dilakukan pengkoneksikan antara komponen ESP32 Dev Kit dengan MCP2515 Module dengan melakukan pemrograman pada *code editor*, yakni *visual studio code* pada Gambar 5.

```

    #include <SPI.h>
    #include <CAN.h>
    #include <Wire.h>
    #include <MySQL_Connection.h>
    #include <MySQL_Cursor.h>
    #include <MySQL_Connection.h>
    #include <MySQL_Cursor.h>

    const int spiClk = 18; // Pin SPI Clock pada ESP32
    const int spiMiso = 19; // Pin SPI MISO pada ESP32
    const int spiMosi = 23; // Pin SPI MOSI pada ESP32
    const int spiCs = 5; // Pin chip Select (CS) MCP2515 pada ESP32

    IPAddress server_addr(192, 168, 1, 100);
    String user = "username";
    String password = "password";
    String database = "databasename";
    MySQL_Connection conn((client )client);

    void setup() {
      Serial.begin(9600);

      SPI.begin(spiClk, spiMiso, spiMosi, spiCs);

      if (CAN.begin(CAN_125KBPS, MCP_16MHz) == CAN_OK) {
        Serial.println("Modul CAN BUS siap!");
      } else {
        Serial.println("Gagal menginisialisasi modul CAN BUS...");
      }
    }
  
```

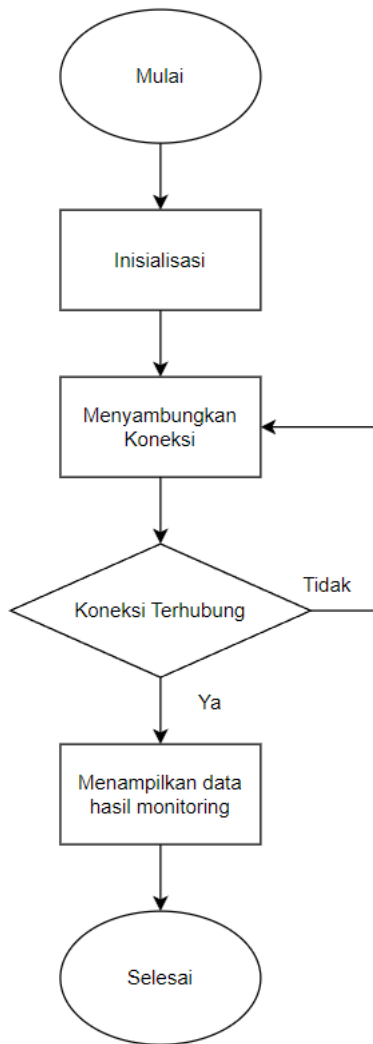
Gambar 5. ESP32 Dev Kit dengan MCP2515 Module

Selanjutnya dilakukan pengkoneksikan antara komponen ESP32 Dev Kit dengan kodular. Kodular merupakan salah satu *website* pengembang aplikasi yang memungkinkan penggunaannya untuk membuat aplikasi berbasis android dengan gratis dan dengan blok *programming*, sehingga penggunaannya tidak perlu melakukan koding[8]. Kodular memberikan kemudahan dalam pembuatan aplikasi *Android* karena *interface* menggunakan sistem *drag and drop* (Baskara, 2021).

b. Membangun Prototype Software

Untuk merancang *prototype software* pada penelitian ini, peneliti memerlukan kodular sebagai aplikasi pengembang untuk membuat *mobile app*.

Adapun proses dari *system monitoring* sendiri sebagaimana yang terdapat pada Gambar 6. Dimana peneliti melakukan inisialisasi terlebih dahulu, dilanjutkan dengan menyambungkan koneksi antara ESP 32 dan kodular. Apabila koneksi berhasil terhubung, maka data tersebut akan ditampilkan pada *dashboard monitoring*.



Gambar 6. Flowchart Sistem Monitoring

4. Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian pada penelitian ini diklasifikasikan menjadi dua, yakni pengujian pada *software* dan *hardware*. Pengujian *software* dilakukan pada ESP32 dan *dashboard monitoring*. Sedangkan pengujian *hardware* dilakukan pada *Battery Management System*. Data yang diambil pada pengujian adalah *pack volt*, *current*, *power volt*, *SoH*, *SoC*, *system insulation*, *positive insulation*, *negative insulation* yang ditampilkan melalui *monitoring*.

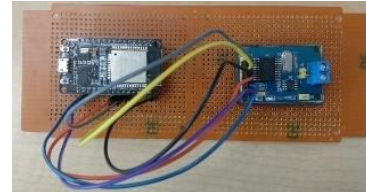
5. Analisis dan Pembahasan

Analisis data pada penelitian ini menggunakan metode deskriptif, dimana data hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan diuraikan sesuai dengan fenomena yang ada. Setelah melalui tahap perancangan *hardware* dan *software*, data yang akan diambil dari pengujian alat adalah nilai dari *pack volt*, *current*, *power volt*, *SoH*, *SoC*, *system insulation*, *positive insulation*, *negative insulation* pada *battery pack bus listrik*. Teknik analisis data yang digunakan adalah membandingkan kinerja *system* pembacaan *monitoring* dengan hasil data *record* dari PT XYZ.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

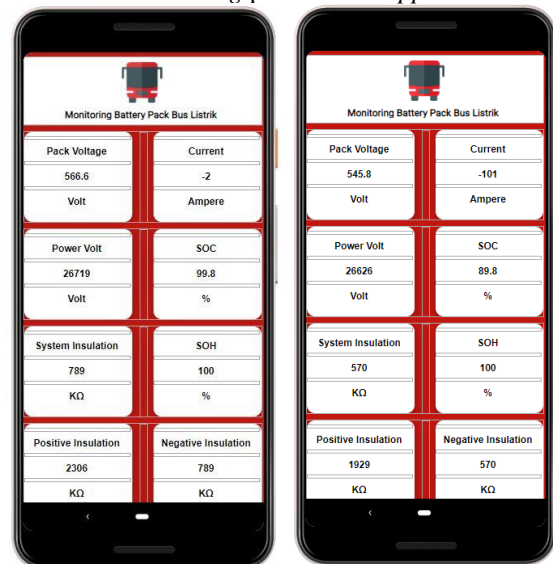
A. Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian ini berupa *monitoring* yang dapat melakukan pembacaan dari *BMS*. Adapun tampilan dari *prototype hardware* sederhana sebagaimana pada gambar 7



Gambar 7. Tampilan Prototype Hardware

Alat ini perlu diintegrasikan terlebih dahulu dengan *BMS* dan *battery pack* untuk bisa melakukan pengujian pada penelitian ini. Sedangkan untuk tampilan dari *prototype software* yang berupa *dashboard monitoring* pada *mobile app*. Percobaan pada penelitian ini dilakukan sebanyak empat kali. Berikut merupakan tampilan dari *dashboard monitoring* pada *mobile app*.

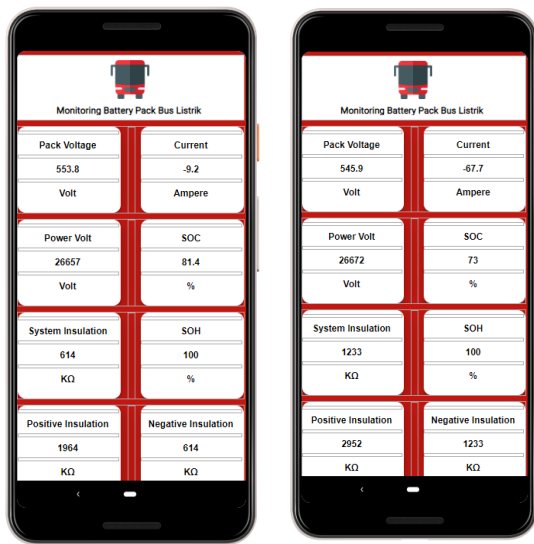


(a)

(b)

Gambar 8. Tampilan *monitoring* untuk (a) percobaan pertama (b) tampilan *monitoring* percobaan kedua

Pada percobaan pertama sebagaimana pada gambar 8 (a) dan (b), *Pack volt*. senilai 566.6 V; *current* senilai -2 A; *Power volt* senilai 26719; *SoC* senilai 99.8 %; *SoH* senilai 100%; *System insulation resistance* senilai 789 K Ω ; *positive insulation* senilai 2306 K Ω ; *negative insulation* senilai 789 K Ω . Pada percobaan kedua, *Pack volt*. senilai 545.8 V; *current* senilai -101 A; *Power volt* senilai 26626; *SoC* senilai 89.8%; *SoH* senilai 100%; *System insulation resistance* senilai 570 K Ω ; *positive insulation* senilai 1929 K Ω ; *negative insulation* senilai 570 K Ω .



(a) (b)
Gambar 9. Tampilan monitoring untuk (a) percobaan ketiga (b) tampilan monitoring percobaan keempat

Pada percobaan ketiga sebagaimana pada gambar 9 (a) dan (b), *Pack volt.* senilai 553.8 V; *current* senilai -9.2 A; *Power volt* senilai 26657; *SoC* senilai 81.4%; *SoH* senilai 100%; *System insulation resistance* senilai 614 K Ω ; *positive insulation* senilai 1964 K Ω ; *negative insulation* senilai 614 K Ω . Pada percobaan keempat, *Pack volt.* senilai 545.9 V; *current* senilai -67.7 A; *Power volt* senilai 26676; *SoC* senilai 81.4%; *SoH* senilai 100%; *System insulation resistance* senilai 1233 K Ω ; *positive insulation* senilai 2952 K Ω ; *negative insulation* senilai 1233 K Ω .

B. Pembahasan

Berdasarkan beberapa percobaan yang telah dilakukan, dapat diperoleh hasil sebagaimana pada tabel 1 berikut

TABEL 1. HASIL MONITORING BATTERY PACK

Time	20:10	20:40	21:10	21:40
Pack Volt (V)	566.6	545.8	553.8	545.9
Current (A)	-2	-101	-9.2	-67.7
Power Volt	26719	26626	26657	26672
Real SOC (%)	99.8	89.8	81.4	73
SOH (%)	100	100	100	100
System Insulation Resistance (KΩ)	789	570	614	1233
Positive Insulation (KΩ)	2306	1929	1964	2952
Negative Insulation (KΩ)	789	570	614	1233

Dari Tabel 1 diketahui bahwasannya nilai dari *system insulation resistance* senilai dengan *negative insulation*, dan rata-rata merupakan sepertiga dari nilai *positive insulation*.

Pada penelitian ini, perubahan interval terjadi setiap 30 menit, dimulai pada pukul 20:10 hingga pukul 21:40. Pada percobaan pertama dilakukan pada pukul 20:10, *Pack volt* senilai 566.6 V; *current* senilai -2 A; *Power volt* senilai 26719; *SoC* senilai 99.8 %; *SoH* senilai 100%; *System insulation resistance* senilai 789 K Ω ; *positive insulation* senilai 2306 K Ω ; *negative insulation* senilai 789 K Ω . Pada percobaan kedua dilakukan pada pukul 20:40, *Pack volt* senilai 545.8 V; *current* senilai -101 A; *Power volt* senilai 26626; *SoC* senilai 89.8%; *SoH* senilai 100%; *System insulation resistance* senilai 570 K Ω ; *positive insulation* senilai 1929 K Ω ; *negative insulation* senilai 570 K Ω . Pada percobaan ketiga dilakukan pada pukul 21:10, *Pack volt* senilai 553.8 V; *current* senilai -9.2 A; *Power volt* senilai 26657; *SoC* senilai 81.4%; *SoH* senilai 100%; *System insulation resistance* senilai 614 K Ω ; *positive insulation* senilai 1964 K Ω ; *negative insulation* senilai 614 K Ω . Pada percobaan keempat, dilakukan pada pukul 20:10, *Pack volt.* senilai 545.9 V; *current* senilai -67.7 A; *Power volt* senilai 26676; *SoC* senilai 81.4%; *SoH* senilai 100%; *System insulation resistance* senilai 1233 K Ω ; *positive insulation* senilai 2952 K Ω ; *negative insulation* senilai 1233 K Ω .

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai dari *system insulation resistance* setara dengan nilai *negative insulation* dengan rata-rata nilai tersebut merupakan sepertiga dari nilai *positive insulation*. Penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan *interval* terjadi setiap 30 menit, dimulai pada pukul 20:10 hingga pukul 21:40. Penelitian ini dilakukan sebanyak empat kali percobaan. Parameter output yang dihasilkan adalah sebagai berikut. *Pack volt* senilai 545.9 V; *current* senilai -67.7 A; *power volt* senilai 26676; *SoC* senilai 81.4%; *SoH* senilai 100%; *system insulation resistance* senilai 1233 K Ω ; *positive insulation* senilai 2952 K Ω ; *negative insulation* senilai 1233 K Ω .

REFERENSI

- [1] Abd Wahab, N. I. M. A., "IoT-Based Battery Monitoring System for Electric Vehicle". *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, pp. 634–638, 2018, doi: 10.1109/ICEARS56392.2023.10085388.
- [2] Baskara Puruhita Wija, D. M., Raka Agung, I. G. A. P., & Rahardjo, "Rancang Bangun Sistem Konversi Uang Logam Menjadi E-Money Berbasis Mikrokontroler Dan Aplikasi Android". *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 8, pp. 206, 2021, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i01.p23.
- [3] Cui, Z., Wang, L., Li, Q., & Wang, K., "A comprehensive review on the state of charge estimation for lithium-ion battery based on neural network". *International Journal of Energy Research*. John Wiley and Sons Ltd, 2022, doi: 10.1002/er.7545.
- [4] G. Priyandoko, D. Siswanto, I. I. Kurniawan, "Rancang Bangun Sistem Portable Monitoring Infus Berbasis Internet of Things". *Jambura J. Electr.*

- Electron. Eng.*, vol. 3, pp. 56–61, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i2.10508
- [5] Gunawan, “Analisa Tingkat Isolasi Instalasi Listrik Pada Kelompok Beban Perumahan” (Studi Kasus Perumnas Sampangan Semarang) 1). *Analisis Tingkat Isolasi Instalasi Listrik Pada Kelompok Beban Perumahan (Studi Kasus Perumnas Sampangan Semarang)*, vol. 2, pp. 37–40, 2009, doi: 10.26714/me.v2i2.486.
- [6] Ihsan, I., & Aditya, A. wahyu, “Rancang Bangun Battery Monitoring System (BMS) berbasis LabVIEW”. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 9, pp. 44–49, 2021, doi: 10.32487/jtt.v9i1.972.
- [7] I. Z. Nasibu, W. Musa, A. R. Haras, “Rancang Bangun Power Meter Berbasis Arduino” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, pp. 114–118, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.10768.
- [8] M. A. Ismail, R. K. Abdullah, S. Abdussamad, “Tempat Sampah Pintar Berbasis *Internet of Things (IoT)* Dengan Sistem Teknologi Informasi” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, pp. 7–12, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.8099
- [9] M. S. Yusuf, G. Priyandoko, S. Setiawidayat, “Prototipe Sistem Monitoring dan Controlling HSD Tank PLTGU Grati Berbasis *IoT*” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, pp. 159–168, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14396.
- [10] N. K. Nento, B. P. Asmara, I. Z. Nasibu, “Rancang Bangun Alat Peringatan Dini Dan Informasi Lokasi Kebakaran Berbasis Arduino Uno” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, pp. 13–18, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.8339
- [11] Nurdiansyah, R., Dio, R., Salaksa, B., & Arifin, R, “Analisis Dan Evaluasi Performansi UMKM Afira Tailor Dengan Metode Discrete Event System Simulation”. *IENACO (Industrial Engineering National Conference)*, vol. 6, pp. 516–522, 2018, <http://hdl.handle.net/11617/9821>.
- [12] Riquelme-Dominguez, Jose Miguel, and Sergio Martinez, “A Photovoltaic Power Curtailment Method for Operation on Both Sides of the Power-Voltage Curve”. *Energies*, vol. 13, pp. 3906, 2020, doi: 10.3390/en13153906.
- [13] Ronaldo, R., & Ardoni, “Pembuatan Aplikasi Mobile “Wonderful of Minangkabau” sebagai Gudang Informasi Pariwisata di Sumatera Barat Melalui Website Kodular”. *Info Bibliotheca: Jurnal Perpustakaan Dan Ilmu Informasi*, vol. 2, pp. 88–93, 2020, doi: 10.24036/ib.v2i1.90.
- [14] R. S. Poliama, F. E. Surusa, R. K. Abdullah, “Rancang Bangun Alat Sistem Monitor Lampu Jalan Umum Tenaga Surya Berbasis Teknologi *Lo - Ra*” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, pp. 34–40, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i2.10202
- [15] S. Melangi, M. Asri, S. A. Hulukati, “Sistem Monitoring Informasi Kualitas dan Kekeruhan Air Tambak Berbasis *Internet of Things*” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, pp. 77–82, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.12061
- [16] Yang, S., Zhang, C., Jiang, J., Zhang, W., Zhang, L., & Wang, “Review on state-of-health of lithium-ion batteries: Characterizations, estimations and applications”. *Journal of Cleaner Production*, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.1