

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Studi Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil studi yang dilakukan terhadap beberapa penelitian terdahulu, diperoleh berbagai informasi mengenai sistem yang telah dibuat. Berikut adalah hasil studi terdahulu pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Penelitian terdahulu

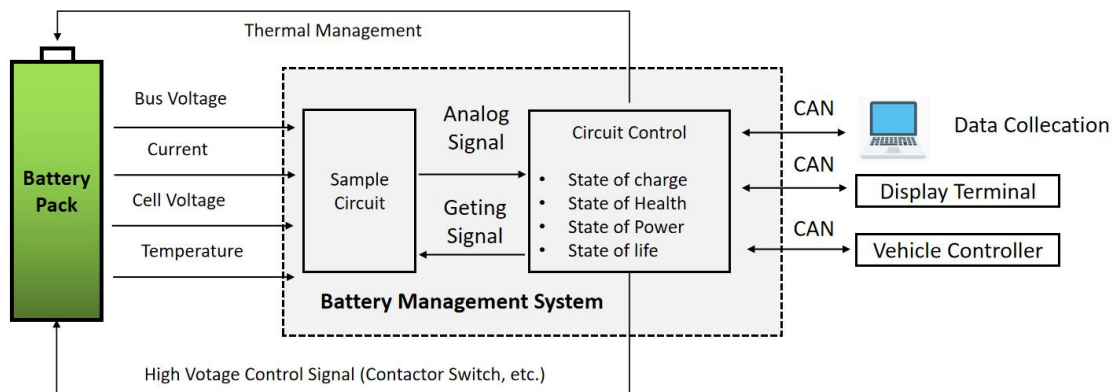
No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Hasil Penelitian/Kesimpulan
1	Implementasi Sistem <i>Monitoring</i> Jarak Tempuh pada Sepeda Motor Listrik [23]	Ricky Bagus Setiawan, Dr. Muhammad Reza.,S.T., M.Sc. , dan Sigit Yuwono.,S.T., MSc., PhD. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dalam penelitian ini dibuat sistem <i>monitoring</i> jarak tempuh dengan data <i>logging</i> berbasis <i>SOC</i> dan <i>SOH</i>. ➤ Model data <i>logging</i> yang digunakan berdasarkan parameter <i>tracking</i> jarak tempuh melalui gps yang akan <i>Li-ion</i> tegangan dan kapasitas baterai (<i>SOC</i> dan <i>SOH</i>) setiap 50 meter. ➤ Sistem <i>monitoring</i> hanya merekam <i>SOC</i> dan <i>SOH</i> dengan komunikasi menggunakan <i>bluetooth</i> dengan <i>delay</i> selama 6 detik
2	Desain dan Implementasi Sistem <i>Monitoring</i> dan Manajemen Baterai Mobil Listrik [24]	Bayu Segara Putra, Angga Rusdinae, dan Ekki Kurniawan. (2015)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dalam penelitian ini dibuat sistem <i>monitoring</i> baterai dengan parameternya adalah arus dan tegangan. ➤ Menggunakan mikrokontroler Arduino Due dan ditampilkan pada <i>LCD</i> secara <i>real-time</i>. ➤ Sistem <i>monitoring</i> baterai dapat memprediksi sisa waktu dan jarak mobil melaju dengan baik. ➤ Sistem <i>monitoring</i> masih lokal

			hanya pada <i>dashboard</i> kendaraan.
3	Desain dan Implementasi untuk <i>Monitoring</i> dan Manajemen Energi pada <i>Charging Station</i> Kendaraan Listrik Berbasis CAN Bus [25]	Giri Sasongko S S	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistem monitoring menggunakan topologi CAN Bus yang dapat melakukan komunikasi secara serial yang ditampilkan pada suatu <i>graphical user interface</i> (GUI). ➤ Sistem masih belum diterapkan langsung pada <i>charging station</i>.
4	Sistem <i>Monitoring</i> dan Manajemen Baterai pada Mobil Listrik [26]	M. Arya Harisa Ashari, Angga Rusdinar, dan Porman Pangaribuan. (2018)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistem <i>monitoring</i> menampilkan informasi kapasitas baterai, kecepatan mobil, serta estimasi jarak tempuh maksimal. ➤ Sistem <i>monitoring</i> masih lokal hanya pada <i>dashboard</i> kendaraan.
5	Analisa Perbandingan Protokol <i>MQTT</i> dengan <i>HTTP</i> pada <i>IoT</i> Platform Patriot [27]	Ninditha Putri Windryani, Dr Nyoman Bogi A. K, S.T., MSEE., dan Ratna Mayasari, S.T., M.T. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Protokol <i>MQTT</i> dapat lebih handal berjalan pada keadaan <i>bandwidth</i> rendah atau <i>latency</i> tinggi dibandingkan protokol <i>HTTP</i>. ➤ Penerapan protokol <i>MQTT</i> sebagai pendukung platform <i>IoT</i> masih berbasis web server.

2.2 BMS (Battery Management System)

Battery Management System merupakan sebuah sistem yang dirancang untuk mengelola dan memantau kinerja baterai dalam aplikasinya untuk peralatan listrik seperti kendaraan listrik. BMS memiliki tujuan untuk

meningkatkan umur baterai, efisiensi, keamanan, dan kinerja keseluruhan baterai. Besaran-besaran fisika yang dapat diamati antara lain seperti tegangan, arus, daya, temperature dapat diamati dengan suatu alat tertentu. Akuisisi data secara simultan dilakukan dengan laju pengambilan sampel yang tinggi untuk meningkatkan akurasi dan mencapai kemampuan *monitoring* yang diinginkan tanpa propagasi kesalahan *PoE* (Propagation of Error). Bagian *software* bertanggung jawab untuk memantau variabel secara aktif, memberikan peringatan/perlindungan, melakukan komunikasi internal/eksternal, melakukan berbagai jenis estimasi seperti *State of Charge* dan melakukan penyesuaian sel pada paket baterai untuk menghindari degradasi baterai yang cepat.



Gambar 2.1 Diagram blok BMS

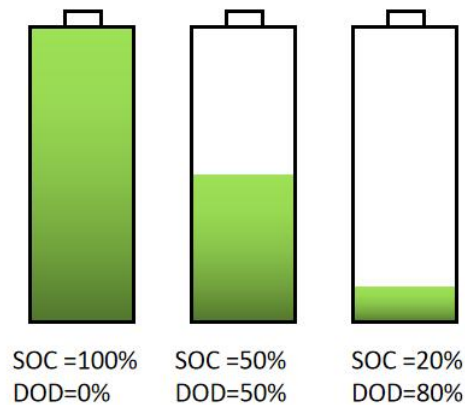
Kerangka kerja ini dikenal sebagai *BMS* (Battery Management System) dan dipandang sebagai otak pada paket baterai. Pada (Gambar 2.1) menunjukan kerangka kerja *hardware* dan *software* dari *BMS*. *BMS* yang kuat harus memberikan kontrol baterai yang lebih baik, menjamin aktivitas baterai yang aman, memberikan kekuatan paling ekstrem yang diperlukan, dan memperpanjang masa pakai baterai. *BMS* juga harus berkomunikasi dengan sistem *onboard* lainnya, seperti pengontrol mesin, pengontrol temperatur, sistem *monitoring*, dan komputer kendaraan untuk memelihara dan melakukan fungsi yang berbeda [5].

2.3 State of Charge dan Depth of Discharge

SOC (State of Charge) menggambarkan kemampuan baterai yang tersisa sebagai proporsi dari total kapasitas dalam kondisi yang sama. Ini dapat dianggap setara dengan pengukur bahan bakar di kendaraan mesin pembakaran. Estimasi *SOC* sangat penting untuk memantau dan mengoptimalkan kinerja baterai dengan mengontrol pengisian dan pemakaiannya. *SOC* mengacu pada persentase berapa banyak kapasitas baterai yang masih tersisa dibandingkan dengan kapasitas penuhnya. Dalam konteks manajemen baterai, *SOC* adalah ukuran yang penting untuk mengetahui seberapa banyak energi yang masih tersedia dalam baterai pada suatu waktu tertentu. Estimasi *SOC* yang akurat dapat mengetahui berapa lama kendaraan listrik dapat mengemudi sebelum mengisi daya. Umumnya kapasitas yang dapat digunakan berkisar dari 100% hingga 5% *SOC* dan waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan baterai dari 100% hingga 5% didefinisikan sebagai waktu pengoperasian baterai (discharging). Karakteristik non-linear dan non-stasioner baterai mempengaruhi penurunan kapasitasnya dari waktu ke waktu dan fungsi *BMS* adalah untuk menjaga baterai di atas *SOC* tertentu dengan mencegahnya dari *overdischarging*. *SOC* tidak dapat diperkirakan secara langsung. Jika $I_b(\tau)$ adalah arus *charging*, maka muatan yang dikirim ke baterai didefinisikan sebagai $\int_{t_0}^t I_b(\tau) d\tau$. Maka perhitungan untuk nilai *SOC* adalah:

$$SOC_{(t)} = \frac{\int_{t_0}^t I_b(\tau) d\tau}{Q_0} \times 100\%$$

Dimana kapasitas baterai didefinisikan sebagai Q_0 pada waktu t . Umumnya, estimasi langsung (*coulomb counting*, berbasis *open circuit voltage* (OCV), dll.), berbasis model (*equivalent circuit* dan elektrokimia, dll.) [6].



Gambar 2.2 SOC dan DOD

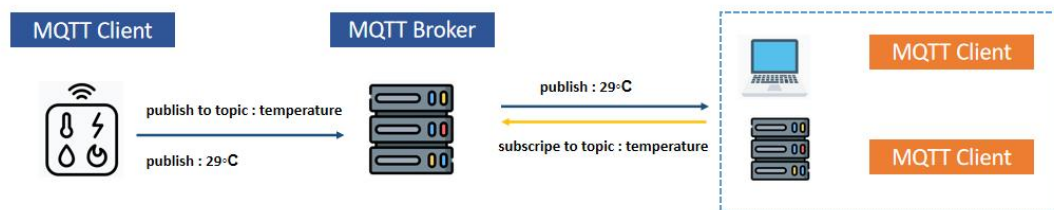
Pada gambar ditunjukkan SOC ketika memiliki nilai maksimal ada pada kondisi 100% dan setengah dari kondisi maksimal berapa pada 50% sedangkan posisi rawan sudah berapa pada 20%. Konsep ini memiliki kemiripan dengan konsumsi bensin pada motor dengan sumber daya fosil. Depth of Discharge (DOD) merupakan metode alternatif untuk menunjukkan status SOC. DOD adalah pelengkap SOC. Sementara nilai SOC menunjukkan nilai persen (0% = kosong; 100% = penuh, DOD dapat menggunakan unit Ah (0 Ah = penuh; 50 Ah = kosong) atau nilai persen (100% = kosong; 0% = penuh).

2.4 Akuisisi Data

Sebuah sistem akuisisi data atau biasa dikenal *Data Acquisition System* (DAS) merupakan sistem instrumentasi elektronik. Terdiri dari sejumlah elemen yang secara bersama-sama bertujuan untuk melakukan pengukuran, menyimpan, dan mengolah hasil pengukuran. Secara aktual DAS berupa *interface* antara lingkungan analog dengan lingkungan digital. Lingkungan analog meliputi transduser dan pengondisian sinyal dengan segala kelengkapannya, sedangkan lingkungan digital meliputi *analog to digital converter* (ADC) dan selanjutnya pemrosesan digital yang dilakukan oleh mikroprosesor atau sistem berbasis mikroprosesor. Komputer yang digunakan untuk sistem akuisisi data dapat mempengaruhi kecepatan akuisisi data [7].

2.5 Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

Protokol *MQTT* (Message Queue Telemetry Transport) adalah protokol pesan ringan (lightweight) berbasis *publish-subscribe* (Gambar II.7) digunakan di atas protokol *TCP/IP*. *MQTT* (Message Queuing Telemetry Transport) adalah protokol komunikasi ringan yang dirancang khusus untuk pertukaran pesan antara perangkat-perangkat dalam jaringan. Sistem ini memiliki keterbatasan sumber daya, seperti perangkat Internet of Things (IoT), dan koneksi internet sesuai dengan kebutuhan *device*. *MQTT* digunakan untuk mentransmisikan data melalui jaringan dengan overhead yang rendah, membuatnya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan efisiensi dan respons cepat, terutama dalam lingkungan dengan koneksi yang tidak stabil atau bandwidth terbatas.



Gambar 2.3 Arsitektur sistem MQTT

Setidaknya terdapat 3 bagian penting yang menyusun arsitektur ini dengan bagian masing-masing antara lain *MQTT Client*, *MQTT broker*, dan bagian *customer* atau bagian yang memanfaatkan sistem tersebut. Protokol ini mempunyai ukuran paket data *low overhead* kecil (minimal 2 *gigabytes*) dengan konsumsi daya kecil. *MQTT* bersifat terbuka, ringkas, dan didesain agar mudah untuk diimplementasikan, yang mampu menangani ribuan *client* jarak jauh hanya dengan satu server. Karakteristik ini membuatnya ideal untuk digunakan dalam banyak situasi, termasuk lingkungan terbatas seperti dalam komunikasi *Machine to Machine* (M2M) dan konteks *Internet of Things* (IoT) dimana dibutuhkan kode *footprint* yang kecil dan/atau jaringan yang terbatas. Pola pesan *publish-subscribe* membutuhkan *broker* pesan. *Broker*

bertanggung jawab untuk mendistribusikan pesan ke *client* tertarik berdasarkan topik pesan [6].

Berikut merupakan fitur protokol *MQTT*:

- 1) *Publish/subscribe message pattern* yang menyediakan distribusi *message* dari satu ke banyak dan *decoupling* aplikasi.
- 2) *Messaging transport* yang *agnostic* dengan isi dari *payload*.
- 3) Menggunakan *TCP/IP* sebagai konektivitas dasar jaringan.
- 4) Terdapat tiga *level Qualities of Service (QoS)* dalam penyampaian pesan :
 - a) “*At most once*”, di mana pesan dikirim dengan upaya terbaik dari jaringan *TCP/IP*. Kehilangan pesan atau terjadi duplikasi dapat terjadi.
 - b) “*At least once*”, dapat dipastikan pesan tersampaikan walaupun duplikasi dapat terjadi.
 - c) “*Exactly once*”, dimana pesan dapat dipastikan tiba tepat satu kali.

2.6 Raspberry Pi 4



Gambar 2.4 Raspberry Pi 4 model B [8]

Raspberry Pi adalah sebuah komputer papan tunggal (single-board computer) yang memiliki fungsi utama sebagai CPU (Central Processing Unit). Raspberry Pi memiliki dimensi yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan komputer biasa, tetapi tetap mampu menjalankan fungsi komputasi yang kompleks dan beragam. Board ini pertama kali dirancang dan dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation di Inggris untuk tujuan pendidikan dalam rangka meningkatkan keterampilan komputasi, terutama bagi pelajar di seluruh dunia.

Raspberry Pi sangat fleksibel dan serbaguna dalam berbagai aplikasi, mulai dari pengembangan perangkat lunak, robotika, IoT (Internet of Things), hingga server mini untuk berbagai tugas jaringan. Pada dasarnya, Raspberry Pi dapat beroperasi seperti komputer desktop biasa, termasuk menjalankan sistem operasi berbasis Linux, menjelajah internet melalui browser, serta mengakses dan memanipulasi database.

2.6.1 Keunggulan Raspberry Pi dalam Sistem Embedded

Salah satu keunggulan utama Raspberry Pi dibandingkan dengan sistem embedded lain adalah adanya General Purpose Input/Output (GPIO) pins yang tersedia pada board. GPIO adalah pin yang dapat diprogram dan digunakan untuk berinteraksi dengan perangkat eksternal seperti sensor, aktuator, motor, dan modul komunikasi lainnya. Pin GPIO pada Raspberry Pi memungkinkan board ini digunakan untuk aplikasi yang melibatkan kontrol langsung terhadap perangkat keras (hardware control), yang membuatnya sangat ideal untuk pengembangan proyek berbasis sistem kontrol, otomatisasi, dan robotika.

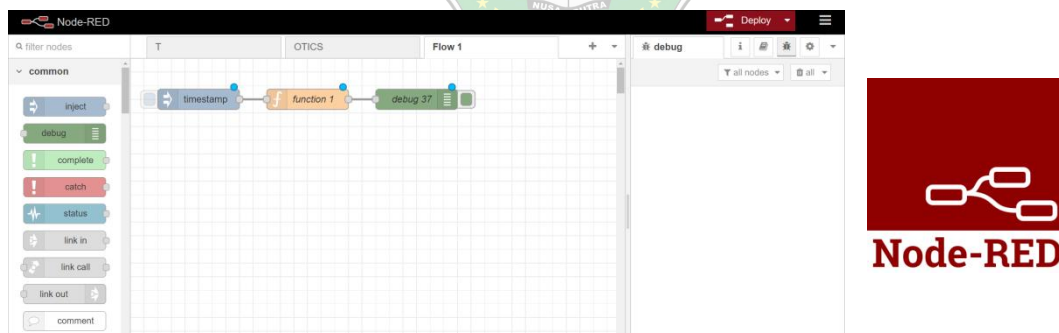
Raspberry Pi beroperasi pada tegangan 3.3V yang relatif rendah, sehingga memastikan keamanan dalam aplikasi elektronik yang melibatkan microcontroller. Namun, untuk mencegah terjadinya short circuit atau korsleting, terutama ketika Raspberry Pi dihubungkan dengan perangkat eksternal yang bekerja pada tegangan lebih tinggi seperti 5V atau 12V, diperlukan rangkaian safety, seperti penggunaan resistor, dioda, transistor, atau modul relay untuk menghindari kerusakan permanen pada board.

2.6.2 Spesifikasi Raspberry Pi Model B

Model Raspberry Pi yang banyak digunakan dalam berbagai proyek, termasuk proyek akademik dan industri, adalah Raspberry Pi 4 Model B. Board ini menyediakan kinerja yang cukup baik untuk menjalankan aplikasi yang relatif kompleks, seperti browser, server web, media center, hingga aplikasi IoT. LAN *nirkabel* dual-band dan Bluetooth memiliki sertifikasi kepatuhan modular, memungkinkan board dirancang menjadi produk akhir berstandar industri namun tetap memiliki nilai ekonomis untuk pengembangan lebih lanjut [8].

2.7 Node Red

Node-RED adalah sebuah aplikasi pengembangan visual yang dirancang untuk menghubungkan berbagai perangkat. Perangkat yang dapat dihubungkan antara lain melalui layanan, dan API dalam lingkungan IoT (*Internet of Things*) dan pengembangan aplikasi berbasis aliran data *flow-based programming*. Dikembangkan oleh IBM, Node-RED memberikan antarmuka grafis yang memungkinkan pengguna untuk membuat alur kerja (flows) dengan menggabungkan berbagai node yang mewakili fungsi-fungsi berbeda.



Gambar 2.5 Node-Red [9]

Dalam pengaplikasian nya node-red menjadi jembatan penghubung antara device dengan server utama sebagai pengolah data. Metode pengambilan data yang dilakukan menggunakan beberapa metode komunikasi seperti serial, paralel, TCP/IP dan metode komunikasi lain-lainnya.

2.8 Database SQLITE

SQLite adalah sebuah sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) yang bersifat self-contained atau mandiri. Artinya, semua komponen SQLite termasuk dalam satu file tunggal, tanpa perlu konfigurasi server eksternal atau pengaturan tambahan. SQLite dirancang untuk menyimpan, mengelola, dan mengakses data dalam aplikasi, baik itu aplikasi desktop, mobile, atau embedded.



Gambar 2.6 database SQLite[10]

Database sqlite relatif lebih ringan ketika beroperasi jika dibandingkan dengan database sejenis. Oleh karenanya, dapat menjadi lebih baik ketika beroperasi pada raspberry pi yang akan digunakan untuk menampung data *longging*, maupun *realtime*. Database dapat menerima beberapa tipe data seperti *string*, *integer*, *boolean*, *char* dan beberapa tipe data yang memenuhi syarat operasi pada *syntax query* SQL. SQLITE memiliki karakter yang hampir mirip dengan MYSQL sehingga dalam pengaplikasian nya tidak terlalu jauh baik itu dijalankan oleh program PHP, Python dll.

2.9 Sensor Ublox GPS

Sensor GPS u-blox adalah salah satu sensor GPS yang terkenal karena keakuratan dan kinerjanya yang andal dalam berbagai aplikasi, termasuk penelitian dan proyek akademik seperti skripsi. Modul u-blox, seperti seri NEO atau ZED, sering digunakan dalam berbagai bidang seperti navigasi, robotika, pemetaan, dan pelacakan kendaraan. Untuk sebuah skripsi, penggunaan sensor u-blox menawarkan sejumlah keunggulan teknis yang relevan untuk penelitian yang melibatkan lokasi atau data geospasial.



Gambar 2.7 Sensor GPS

Sensor GPS di setting untuk mendapatkan signal koordinat untuk menentukan dimana posisi kendaraan sedang berada. Dan setiap beberapa saat koordinat akan update setiap beberapa saat. GPS u-blox bekerja dengan menangkap sinyal dari beberapa satelit yang mengorbit bumi. Sinyal ini berisi informasi waktu dan posisi satelit. Sensor kemudian menghitung jarak dari satelit tersebut menggunakan perbedaan waktu yang ditempuh oleh sinyal untuk mencapai perangkat. Dengan data dari minimal empat satelit, sensor GPS dapat menghitung posisi tiga dimensi (lintang, bujur, dan ketinggian) serta waktu yang sangat akurat.

2.10 Sensor Gyroscope

Sensor GPS u-blox adalah salah satu sensor GPS yang terkenal karena keakuratan dan kinerjanya yang andal dalam berbagai aplikasi, termasuk penelitian dan proyek akademik seperti skripsi. Modul u-blox, seperti seri NEO atau ZED, sering digunakan dalam berbagai bidang seperti navigasi, robotika, pemetaan, dan pelacakan kendaraan. Untuk sebuah skripsi, penggunaan sensor u-blox menawarkan sejumlah keunggulan teknis yang relevan untuk penelitian yang melibatkan lokasi atau data geospasial.



Gambar 2.8 Sensor Gyroscope

Modul GPS u-blox dapat dengan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler atau sistem komputer seperti Raspberry Pi, Arduino, dan ESP32. Antarmuka standar seperti UART, SPI, dan I2C yang disediakan oleh u-blox mempermudah proses penghubungan dengan perangkat lain. Untuk proyek skripsi, hal ini memungkinkan penggunaan sensor GPS dengan berbagai platform, seperti pemrograman dengan Python, C++, atau Node.js untuk mengelola data lokasi.

Modul u-blox dibangun dengan teknologi GPS dan GNSS (Global Navigation Satellite System) yang canggih, memungkinkan pengguna untuk menerima sinyal dari berbagai sistem satelit seperti GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou. Keuntungan ini membuat modul u-blox lebih akurat dan lebih cepat dalam menentukan posisi, terutama di lingkungan yang sulit seperti perkotaan dengan banyak gedung tinggi. Multi-GNSS: Mendukung berbagai sistem satelit untuk meningkatkan akurasi dan ketersediaan sinyal. Akurasi Tinggi Modul seperti ZED-F9P dapat mencapai tingkat akurasi hingga beberapa sentimeter melalui teknologi Real-Time Kinematic (RTK). Ideal untuk aplikasi berbasis baterai karena konsumsi daya yang rendah. Kemampuan Navigasi Dinamis: Mampu memberikan data yang stabil bahkan ketika objek bergerak cepat, seperti dalam pelacakan kendaraan atau drone. Kemampuan *Dead Reckoning* beberapa modul mendukung navigasi meskipun sinyal GPS hilang sementara, dengan menggunakan sensor inersia untuk menghitung posisi berdasarkan gerakan terakhir. Data yang dihasilkan dari modul GPS u-blox bisa dimanfaatkan untuk berbagai analisis dalam skripsi atau penelitian. Contoh data yang sering digunakan meliputi Posisi (Latitude, Longitude) menentukan lokasi objek pada permukaan bumi. Kecepatan menentukan kecepatan gerakan objek, misalnya kendaraan. Waktu memberikan waktu presisi yang disinkronkan dengan waktu satelit. Elevasi menentukan ketinggian objek dari permukaan laut, berguna dalam penelitian yang melibatkan topografi atau pemantauan lingkungan.

Selain itu, sensor ini dapat diintegrasikan dengan sensor lain seperti akselerometer, giroskop, atau magnetometer untuk membangun sistem navigasi yang lebih

kompleks, yang bisa sangat berguna dalam aplikasi seperti kendaraan otonom atau robotika. Modul GPS u-blox merupakan pilihan ideal untuk proyek akademik, khususnya skripsi yang melibatkan pelacakan lokasi dan navigasi. Keandalannya dalam memberikan data yang akurat, serta kemudahan integrasi dengan sistem lainnya, membuatnya banyak digunakan dalam berbagai bidang penelitian seperti robotika, transportasi, pemetaan, dan survei lapangan. Penggunaan modul ini dalam skripsi tidak hanya menawarkan keunggulan teknis, tetapi juga menyediakan data penting yang relevan untuk analisis geospasial dan pengembangan teknologi berbasis lokasi.

2.11 LCD OLED

LCD OLED (Organic Light Emitting Diode) adalah jenis layar yang semakin populer dalam aplikasi mikrokontroler, termasuk ESP32, karena kemampuannya menampilkan informasi dengan visual yang jelas dan terang. OLED adalah layar self-emissive, yang berarti setiap piksel menghasilkan cahayanya sendiri tanpa memerlukan lampu latar, berbeda dengan layar LCD konvensional. Hal ini memungkinkan OLED menghasilkan kontras yang sangat tinggi, di mana warna hitam benar-benar hitam, dan konsumsi daya yang lebih rendah, terutama saat menampilkan gambar dengan banyak area gelap. Ukuran layar OLED yang sering digunakan pada proyek mikrokontroler berkisar antara 0,96 hingga 1,3 inci, dengan resolusi umum seperti 128x64 piksel



Gambar 2.9 LCD OLED

Salah satu keunggulan utama OLED adalah kemudahan integrasinya dengan mikrokontroler seperti ESP32 melalui antarmuka komunikasi I2C atau SPI. Banyak modul OLED yang mendukung protokol komunikasi ini, sehingga memudahkan pengembang untuk menghubungkannya hanya dengan beberapa pin. Dalam proyek ESP32, OLED sering digunakan untuk menampilkan data sensor, status sistem, atau bahkan grafik sederhana. Driver seperti Adafruit SSD1306 dan U8g2 adalah library populer yang mempermudah pengembangan aplikasi tampilan untuk OLED, karena menyediakan API sederhana untuk menggambar teks, garis, bentuk, dan gambar pada layar.

Layar OLED juga dikenal karena efisiensi daya yang baik. Karena setiap piksel memancarkan cahayanya sendiri, layar hanya menggunakan daya untuk piksel yang aktif, sehingga sangat hemat energi dibandingkan dengan LCD yang membutuhkan lampu latar menyala terus menerus. Ini menjadikannya ideal untuk aplikasi portabel yang membutuhkan masa pakai baterai yang lama, seperti perangkat IoT atau sensor yang bekerja secara mandiri dalam jangka waktu lama. Selain itu, waktu respons OLED sangat cepat, yang membuatnya ideal untuk menampilkan animasi atau pembaruan status secara real-time tanpa delay visual yang terlihat.

Kemampuan tampilan yang tajam dan jernih juga didukung oleh teknologi OLED yang memungkinkan sudut pandang lebar hingga hampir 180 derajat tanpa distorsi warna atau kehilangan kecerahan. Ini memastikan bahwa informasi yang ditampilkan tetap mudah dibaca meskipun dilihat dari sudut yang tidak biasa. Dalam proyek berbasis ESP32, OLED biasanya digunakan untuk menampilkan informasi sensor, status jaringan, atau kontrol antarmuka sederhana, dan dapat diintegrasikan dengan program-program berbasis event atau real-time monitoring.

2.12 ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems, yang terkenal dalam dunia Internet of Things (IoT) karena kemampuannya yang canggih dan serbaguna. ESP32 menawarkan dua inti prosesor Xtensa LX6 yang

dapat beroperasi pada kecepatan hingga 240 MHz, memungkinkan pengolahan data secara cepat dan efisien. Selain itu, ESP32 juga dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, menjadikannya sangat ideal untuk aplikasi IoT yang memerlukan konektivitas nirkabel. Kombinasi ini membuat ESP32 menjadi pilihan populer bagi pengembang yang ingin mengimplementasikan proyek dengan kebutuhan komunikasi yang luas.

Selain kemampuannya dalam konektivitas, ESP32 juga mendukung berbagai antarmuka dan modul periferan seperti I2C, SPI, UART, PWM, dan ADC/DAC, sehingga bisa digunakan untuk mengontrol sensor, aktuator, atau berbagai perangkat elektronik lainnya. Dengan lebih dari 30 GPIO, ESP32 memungkinkan kontrol yang fleksibel dan konfigurasi beragam. Mikrokontroler ini juga dilengkapi dengan memori RAM sebesar 520 KB dan flash hingga 4 MB, memberikan kapasitas yang cukup untuk menjalankan aplikasi yang lebih kompleks.

Salah satu keunggulan utama ESP32 adalah kemampuannya dalam pengelolaan daya. Mikrokontroler ini menawarkan beberapa mode hemat energi seperti Deep Sleep dan Light Sleep, yang dapat memperpanjang masa pakai baterai pada perangkat portabel. Hal ini menjadikan ESP32 sangat sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan konsumsi daya rendah, seperti sensor nirkabel atau perangkat yang bekerja dalam jaringan IoT terdistribusi. Selain itu, dukungan untuk pembaruan firmware melalui Over-the-Air (OTA) membuatnya semakin fleksibel dan mudah dikelola dalam skala besar.

Dengan semua fitur yang ditawarkan, ESP32 memberikan solusi yang kuat dengan harga yang relatif terjangkau. Kemampuan untuk menangani keamanan tingkat tinggi, seperti enkripsi AES, RSA, dan HMAC, membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan perlindungan data yang ketat. Selain itu, didukung oleh komunitas pengembang yang besar dan dokumentasi yang komprehensif, pengembangan aplikasi menggunakan ESP32 menjadi lebih mudah dan cepat.

Referensi dan dukungan yang luas menjadikannya salah satu platform pilihan utama dalam pengembangan sistem IoT di berbagai bidang.



GPIO (General Purpose Input/Output) pada ESP32 merupakan salah satu fitur kunci yang memberikan fleksibilitas tinggi untuk mengontrol perangkat eksternal seperti sensor, aktuator, LED, dan komponen lain. ESP32 dilengkapi dengan lebih dari 30 pin GPIO yang dapat dikonfigurasi baik sebagai input maupun output, memungkinkan interaksi dengan berbagai jenis perangkat keras. Pin-pin ini bisa digunakan untuk membaca sinyal dari sensor atau mengirimkan sinyal untuk mengontrol perangkat seperti relay atau motor. Keunggulan utama dari GPIO pada ESP32 adalah kemampuannya untuk digunakan dalam berbagai mode dan fungsi, termasuk PWM (Pulse Width Modulation), I2C, SPI, dan UART.

Sebagai input, pin GPIO dapat digunakan untuk membaca data dari perangkat eksternal seperti tombol, sensor suhu, atau sensor jarak. Pin ini juga mendukung fitur internal pull-up dan pull-down resistors, yang berguna untuk menjaga sinyal tetap stabil ketika tidak ada input yang terhubung secara langsung. Untuk mendeteksi sinyal digital atau analog, ESP32 menyediakan konverter ADC (Analog to Digital Converter) dengan resolusi hingga 12-bit, yang dapat membaca

tegangan input dan mengonversinya menjadi data digital yang dapat diproses oleh program.

Sebagai output, GPIO pada ESP32 mampu mengontrol berbagai perangkat seperti LED, buzzer, atau relay untuk aplikasi otomatisasi. Dengan dukungan PWM, pin ini dapat menghasilkan sinyal dengan siklus kerja yang bervariasi, yang berguna untuk mengatur kecerahan LED atau kecepatan motor. Selain itu, pin GPIO ESP32 juga bisa dikonfigurasi untuk bekerja dengan protokol komunikasi seperti SPI, I2C, dan UART, sehingga memungkinkan komunikasi antar mikrokontroler atau dengan sensor dan modul lain.

Salah satu keunggulan dari GPIO ESP32 adalah kemampuannya untuk bekerja dalam mode interrupt, yang memungkinkan perangkat untuk segera merespons perubahan sinyal pada pin tertentu tanpa harus terus-menerus memeriksa status pin. Ini sangat berguna dalam aplikasi real-time di mana respons cepat diperlukan, seperti pada sistem alarm atau kontrol robotika. GPIO ESP32 juga memiliki dukungan untuk touch-sensitive input, yang memungkinkan pengembang membuat antarmuka sentuh kapasitif tanpa perangkat tambahan.

