

**RANCANG BANGUN SISTEM *IOT* PADA *BATTERY*
MANAGEMENT SYSTEM SEPEDA MOTOR LISTRIK
KONVERSI BERBASIS *MQTT***

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Rizqi Fadlilah

218441018



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2022

**RANCANG BANGUN SISTEM *IOT* PADA *BATTERY*
MANAGEMENT SYSTEM SEPEDA MOTOR LISTRIK
KONVERSI BERBASIS *MQTT***

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Rizqi Fadlilah

218441018



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

RANCANG BANGUN SISTEM IOT PADA BATTERY MANAGEMENT SYSTEM SEPEDA MOTOR LISTRIK KONVERSI BERBASIS MQTT

Oleh:

Rizqi Fadlilah

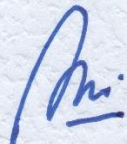
218441018

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 10 Agustus 2022

Disetujui,

Pembimbing I,



Nuryanti, S.T., M.Sc.
NIP. 197604262009122002

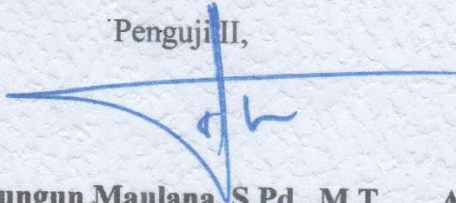
Pembimbing II,



Afaf Fadhil Rifa'I, S.T., M.T.
NIP. 198502282014041002

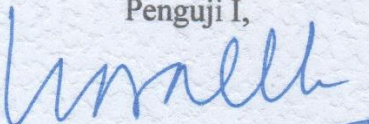
Disahkan,

Penguji II,



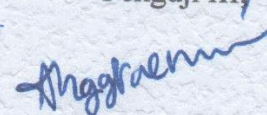
Gungun Maulana, S.Pd., M.T.
NIP. 198204272014041001

Penguji I,



Dr. Noval Lilansa, Dipl.Ing
(FH), M.T.
NIP. 197111231995121001

Penguji III,



Anggraeni Mulyadewi, S.Si.,
M.T.
NRP. 222407022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	Rizqi Fadlilah
NIM	:	218441018
Jurusan	:	Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	RANCANG BANGUN SISTEM <i>IOT</i> PADA <i>BATTERY MANAGEMENT SYSTEM</i> SEPEDA MOTOR LISTRIK KONVERSI BERBASIS <i>MQTT</i>

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 10 Agustus 2022
Yang Menyatakan,

(Rizqi Fadlilah)
NIM 218441018

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rizqi Fadlilah
NIM : 218441018
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : RANCANG BANGUN SISTEM *IOT* PADA
BATTERY MANAGEMENT SYSTEM SEPEDA
MOTOR LISTRIK KONVERSI BERBASIS
MQTT

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 10 Agustus 2022
Yang Menyatakan,

(Rizqi Fadlilah)
NIM 218441018

MOTO PRIBADI

*When you feel like giving up,
remember why you held on for so long in the first place.*

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tersayang, kakak, rekan-rekan saya, dan semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahsan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Rancang Bangun Sistem *IoT* pada *Battery Management System* Sepeda Motor Konversi Berbasis MQTT”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.A.B
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim, S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Ibu Nuryanti S.T., M.T.
4. Para Pembimbing tugas akhir Ibu Nuryanti S.T., M.T. dan Bapak Afaf Fadhil Rifa’I, S.T., M.T.
5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Noval Lilansa, Bapak Gunung Maulana, dan Ibu Anggraeni Mulyadewi yang telah bersedia menjalani ujian secara daring.

6. Panitia tugas akhir Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T., dan Bapak Abdur Rohman Harits Martawireja, S.T., M.T.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Fety Fatimah dan Bapak Erwin Mulyana yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Sahabat seperjuangan AEC 2018 yang telah memberikan bantuan dalam bentuk apapun selama 4 tahun proses perkuliahan khususnya pada penyelesaian tugas akhir ini.
9. Tim mahasiswa pada riset LPDP Rispan SCEM Rizky Milanto, Rifqi Radifan, Rivaldo Lampah, dan Hilman yang telah kooperatif dalam mengerjakan proyek besar ini.
10. Buat sahabat – sahabat saya yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan terbaik kepada saya hingga saat ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 10 Agustus 2022

Penulis

ABSTRAK

Dalam mendukung program pemerintah Indonesia pada percepatan elektrifikasi di sektor transportasi. Penggunaan teknologi kelistrikan merupakan salah satu cara yang dapat digunakan pada sepeda motor *ICE* (Internal Combustion Engine) untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi dan emisi kendaraan dengan menerapkan teknologi kendaraan listrik pada sepeda motor *ICE* menjadi sepeda motor listrik konversi. Mengandalkan baterai sebagai medium penyimpanan energi yang terbatas, baterai *lithium-ion* memiliki karakteristik rumit dan rapuh dibandingkan jenis baterai lainnya sehingga memerlukan sistem *monitoring* dan kontrol yang terukur untuk menghindari kegagalan dan kerusakan pada baterai. Diperlukan sistem *monitoring* yang handal saat proses charge dan discharge untuk mengetahui kondisi *cell battery* (sel baterai), *Battery Management System* (BMS), dan manajemen energi. Parameter-parameter baterai ditampilkan pada suatu *GUI* (Graphical User Interface) pada aplikasi android secara *real-time*. Sistem akuisisi data antara BMS dan Raspberry menggunakan komunikasi serial UART. Sedangkan untuk pengiriman data dari Raspberry ke aplikasi android menggunakan protokol komunikasi *MQTT* (Message Queuing Telemetry Transport) secara online. Data baterai disimpan pada database untuk melihat karakteristik baterai saat sedang aktif maupun tidak terpakai. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan protokol komunikasi dengan *MQTT* dapat meningkatkan efisiensi pengiriman data dengan rata-rata waktu pengiriman data selama 3 detik. Baterai dapat terpantau dengan baik di kawasan yang terjangkau sinyal internet dan mengurangi kekhawatiran pengguna khususnya sisa kapasitas baterai dan estimasi jarak yang dapat diketahui sebelum berkendara.

Kata kunci: BMS, IoT, MQTT, Flutter

ABSTRACT

In supporting the Indonesian government program on accelerating electrification in the transportation sector. The use of electrical technology is one way that can be used on ICE (Internal Combustion Engine) motorcycles to reduce dependence on petroleum and vehicle emissions by applying electric vehicle technology to ICE motorcycles into convertible electric motorcycles. Relying on batteries as a limited energy storage medium, *lithium-ion* batteries have complicated and fragile characteristics compared to other types of batteries that require a measured monitoring and control system to avoid failure and damage to the battery. A reliable monitoring system is required during the charge and discharge process to determine the condition of the battery cell, Battery Management System (BMS), and energy management. Battery parameters are displayed on a GUI (Graphical User Interface) on an android application in real-time. The data acquisition system between BMS and Raspberry uses UART serial communication. As for sending data from Raspberry to the android application using the MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) communication protocol online. Battery data is stored in the database to see the characteristics of the battery when it is active or unused. The results showed that the use of communication protocols with MQTT can increase the efficiency of data transmission with an average data transmission time of 3 seconds. The battery can be monitored properly in areas that are covered by internet signals and reduce user concerns, especially the remaining battery capacity and estimated distance that can be known before driving.

Keywords: *BMS, IoT, MQTT, Flutter*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI).....	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
I BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
I.2 Rumusan Masalah.....	I-1
I.3 Batasan Masalah	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-4
I.5 Metodologi Penelitian.....	I-4
I.6 Sistematika Penulisan	I-5
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Landasan Teori	II-1
II.1.1 Sepeda Motor Listrik Konversi.....	II-1
II.1.2 BMS (Battery Management System).....	II-2
II.1.3 <i>State of Charge</i> dan <i>Depth of Discharge</i>	II-3
II.1.4 <i>Cell Balancing</i>	II-4
II.1.5 Akuisisi Data.....	II-5
II.1.6 Protokol <i>MQTT</i> (Message Queuing Telemetry Transport).....	II-6
II.1.7 Serial <i>UART</i> (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)	II-7

II.1.8	Raspberry Pi 4.....	II-8
II.1.9	Baterai <i>Lithium-ion</i>	II-9
II.1.10	Flutter.....	II-12
II.1.11	Node Red	II-12
II.1.12	<i>Database</i> MongoDB.....	II-13
II.2	Studi Penelitian Terdahulu.....	II-14
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Arsitektur Umum Sistem	III-2
III.2	Perancangan <i>Hardware</i> Akuisisi Data.....	III-2
III.2.1	Perancangan Paket Baterai.....	III-3
III.3	Perancangan <i>Hardware</i> untuk Proses <i>Discharge</i>	III-5
III.4	Perancangan <i>Software</i> untuk Akuisisi Data dan Estimasi	III-8
III.5	Integrasi <i>Software</i> dan <i>Hardware</i>	III-10
III.6	Perancangan Sistem <i>Monitoring</i> Parameter Baterai	III-10
III.6.1	Perancangan <i>User Interface</i>	III-11
III.7	Pengujian <i>Discharging</i> dan Estimasi Jarak Berkendara	III-13
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Paket Baterai	IV-1
IV.2	<i>Cell Balancing</i>	IV-2
IV.3	Integrasi Sistem.....	IV-3
IV.4	Pengambilan Data Parameter Baterai	IV-4
IV.5	Pengujian Pembacaan Sensor	IV-5
IV.6	Komunikasi Menggunakan MQTT.....	IV-6
IV.7	Pengujian Karakteristik Proses <i>Discharge</i>	IV-8
IV.7.1	Pengujian <i>Discharge</i> 1.....	IV-9
IV.7.2	Pengujian <i>Discharge</i> 2.....	IV-14
IV.8	Aplikasi Android.....	IV-17
V	BAB V PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran	V-1
	DAFTAR PUSTAKA.....	ii
	LAMPIRAN.....	v

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Keuntungan dan keterbatasan baterai <i>lithium-ion</i>	II-10
Tabel II.2 Penelitian terdahulu.....	II-14
Tabel IV.1 Perbandingan hasil pembacaan dan pengukuran	IV-5
Tabel IV.2 Pengambilan data tegangan baterai.....	IV-6
Tabel IV.3 Delay pengiriman data <i>subscriber</i> oleh MQTT Explorer.....	IV-7
Tabel IV.4 <i>Delay</i> pengiriman data parameter baterai ke aplikasi android.....	IV-8
Tabel IV.5 Pengujian 1	IV-10
Tabel IV.6 Penurunan total tegangan baterai.....	IV-12

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Diagram konversi motor listrik.....	II-1
Gambar II.2 Diagram blok <i>BMS</i> [10].....	II-2
Gambar II.3 <i>SOC</i> dan <i>DOD</i> [11].....	II-4
Gambar II.4 Ilustrasi <i>cell balancing</i> [13].....	II-4
Gambar II.5 Ilustrasi <i>passive balancing</i> [14].....	II-5
Gambar II.6 Elemen pada sistem akuisisi data	II-6
Gambar II.7 Arsitektur sistem MQTT [16].....	II-6
Gambar II.8 Raspberry Pi 4 model B [19]	II-8
Gambar II.9 Baterai <i>lithium-ion</i> [20]	II-10
Gambar III.1 <i>Flow chart</i> metodologi penelitian	III-1
Gambar III.2 Arsitektur sistem	III-2
Gambar III.3 Diagram blok sistem akuisisi data.....	III-3
Gambar III.4 Konfigurasi baterai Li-ion 20 seri 8 paralel	III-4
Gambar III.5 Perancangan paket baterai	III-5
Gambar III.6 Elektrikal konfigurasi baterai (sumber: <i>manual book</i> DalyBMS).....	III-5
Gambar III.7 Sepeda motor listrik konversi.....	III-6
Gambar III.8 <i>Hardware</i> untuk proses <i>discharging</i>	III-7
Gambar III.10 Protokol komunikasi menggunakan MQTT	III-9
Gambar III.11 Diagram elektrikal data dan power pada sistem akuisisi data..	III-10
Gambar III.12 Perancangan navigasi menu	III-11
Gambar III.13 Perancangan halaman <i>home dashboard</i>	III-11
Gambar III.14 Perancangan halaman <i>monitoring</i>	III-12
Gambar III.15 Perancangan halaman <i>maps</i>	III-12
Gambar IV.1 2 modul baterai berkonfigurasi 10S 8P	IV-1
Gambar IV.2 Paket baterai yang telah diisolasi	IV-2
Gambar IV.3 Pengukuran sel baterai tidak seimbang.....	IV-2
Gambar IV.4 Proses penyeimbangan sel	IV-3
Gambar IV.5 Sel baterai yang sudah seimbang	IV-3
Gambar IV.7 Serial print parameter baterai	IV-5
Gambar IV.8 Pengiriman data melalui <i>MQTT</i>	IV-6

Gambar IV.9 Jalur yang digunakan dalam pengujian 1	IV-9
Gambar IV.10 Informasi pengujian 1	IV-9
Gambar IV.11 Grafik kecepatan selama pengujian 1	IV-10
Gambar IV.12 Grafik tegangan baterai terhadap <i>DOD</i>	IV-11
Gambar IV.13 Grafik jarak tempuh terhadap <i>DOD</i> pada pengujian 1	IV-13
Gambar IV.14 Grafik temperatur saat pengujian 1	IV-14
Gambar IV.15 Informasi pengujian 2	IV-14
Gambar IV.16 Grafik kecepatan selama pengujian 2	IV-15
Gambar IV.17 Grafik jarak tempuh terhadap <i>DOD</i> pada pengujian 2	IV-15
Gambar IV.18 <i>Data logging</i> pada <i>database</i> MongoDB	IV-16
Gambar IV.19 Tampilan halaman <i>dashboard home</i>	IV-17
Gambar IV.20 Tampilan halaman <i>monitoring</i>	IV-18
Gambar IV.21 Tampilan halaman <i>maps</i>	IV-19
Gambar IV.22 Fitur notifikasi pemberitahuan	IV-20

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel 1 Tabel Spesifikasi <i>battery management system</i>	v
Tabel 2 Spesifikasi <i>charger</i>	v
Tabel 3 Spesifikasi <i>driver</i> motor BLDC	v
Tabel 4 Spesifikasi <i>voltage regulator</i> DC DC 72V – 12V	v
Tabel 5 Tabel Spesifikasi <i>voltage regulator</i> DC DC 12V – 5V	v

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

I	= arus listrik [Ampere]
V	= beda potensial [Volt]
BMS	= <i>Battery Management System</i>
IoT	= <i>Internet of Things</i>
MQTT	= <i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
SOC	= <i>State of Charge</i>
DOD	= <i>Depth of Discharge</i>
JSON	= <i>JavaScript Object Notation</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Ketergantungan pada minyak bumi telah menyebabkan permasalahan lingkungan dan energi yang serius. Di Indonesia jumlah sepeda motor meningkat dari tahun 2015 hingga 2020 secara signifikan. Pada tahun 2015 jumlah sepeda motor di Indonesia adalah 88 juta unit. Pada tahun 2020 jumlah sepeda motor di Indonesia menjadi lebih dari 115 juta unit. Berdasarkan tren ini, bukan tidak mungkin jumlahnya akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang. Dengan bertambahnya jumlah sepeda motor, berbanding lurus juga terhadap peningkatan emisi karbon. Padahal saat ini pemerintah di semua negara sedang mengurangi emisi gas dari transportasi di negaranya masing-masing. Sebagai aksi nasional, pemerintah Indonesia berencana menekan emisi gas karbon. Hal itu tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 [1]. Aksi yang dirancang dari sektor transportasi dan menargetkan pengurangan CO² sebesar 0,038 hingga 0,056 gigaton selama 2010-2020. Pada tahun 2019, melalui Peraturan Presiden Nomor 55 Pemerintah Indonesia mendorong percepatan elektrifikasi seluruh kendaraan di Indonesia [2].

Sektor transportasi merupakan salah satu sumber polusi terbesar di dunia. Salah satu penyumbang emisi gas karbon dari sektor transportasi adalah sepeda motor *Internal Combustion Engine* (ICE). Penggunaan teknologi kelistrikan merupakan salah satu cara yang dapat digunakan pada sepeda motor ICE untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi dan emisi kendaraan dengan menerapkan teknologi kendaraan listrik pada sepeda motor ICE menggunakan metode konversi.

Seiring berkembangnya teknologi kendaraan listrik, kebutuhan akan medium penyimpanan energi semakin meningkat. Baterai memainkan peranan penting dalam kendaraan listrik. Dalam sistem penyimpanan energi elektrokimia, baterai *lithium-ion* merupakan kandidat yang paling menjanjikan untuk kendaraan listrik karena kepadatan energi yang tinggi, kepadatan daya, dan kinerja siklus yang unggul dibandingkan dengan jenis baterai lainnya [3]. Baterai yang baik harus dapat terpantau dan terjaga dari kerusakan-kerusakan saat baterai dioperasikan.

Penggunaan baterai yang tidak tepat dapat menurunkan kinerja dan memperpendek masa pakai baterai [4].

Sebagai medium penyimpanan energi yang terbatas, baterai *lithium-ion* memiliki karakteristik yang rumit dan rapuh dibandingkan jenis baterai lainnya sehingga memerlukan sistem *monitoring* dan kontrol yang terukur. *Battery Management System* (BMS) memberikan jawaban untuk kebutuhan tersebut karena menyatukan, melindungi, dan memaksimalkan kinerja baterai. Namun kebutuhan tersebut meluas ke beberapa faktor lebih dari sekedar optimasi kinerja. Paket baterai *lithium-ion* terdiri dari beberapa sel baterai yang dapat menimbulkan bahaya jika tidak *charge* atau *discharge* dengan benar [5]. *BMS* diperlukan untuk menangani dinamika proses penyimpanan energi. *BMS* yang komprehensif harus mencakup fungsi akuisisi data, perlindungan keselamatan, kemampuan untuk menentukan dan memprediksi baterai, kemampuan untuk mengontrol *charging* dan *discharging* baterai, manajemen *cell balancing*, manajemen termal, pengiriman status baterai dan menampilkan informasi ke antarmuka pengguna, komunikasi dengan semua komponen *BMS*, dan yang paling penting adalah untuk memperpanjang masa pakai baterai [6, 7].

Disamping itu, jarak mengemudi yang terbatas, waktu pengisian yang lama, dan di beberapa daerah jumlah infrastruktur pengisian daya yang terbatas masih menjadi hambatan utama untuk beralih menggunakan kendaraan listrik. Kombinasi dari faktor-faktor pembatas tersebut menyebabkan fenomena yang disebut '*range anxiety*' yang mengacu pada kecemasan pengemudi akan kehabisan daya baterai sebelum tiba di tempat tujuan. Meskipun kecemasan terhadap jarak berkendara dapat dikurangi dengan meningkatkan kapasitas paket baterai, meningkatkan daya pengisian yang diizinkan, dan membangun lebih banyak stasiun pengisian daya. Solusi tersebut membutuhkan waktu dalam membangun infrastruktur yang memadai dan tidak secara langsung meningkatkan kepercayaan pengemudi pada jarak berkendara yang tersisa. Pengguna kendaraan listrik sering mencadangkan *buffer* sekitar 20% dari kapasitas baterai untuk menghindari kehabisan daya di perjalanan [8]. Untuk memaksimalkan penggunaan kapasitas baterai yang terbatas, memberikan informasi *monitoring* baterai secara *real-time* dan adanya fitur

estimasi jarak kepada pengguna kendaraan listrik sama pentingnya dengan meningkatkan jangkauan maksimum.

Meningkatnya kebutuhan akan informasi, *monitoring*, dan pengendalian jarak jauh terhadap peralatan, industri, dan otomotif membuat teknologi *Internet of Things* semakin banyak dibutuhkan. Pengimplementasian *IoT* pada sistem *monitoring* kendaraan digunakan untuk memudahkan pengguna dalam mendapatkan informasi disekitar kendaraan secara *real-time*.

Pada tugas akhir ini, penulis membuat rancang bangun sistem *IoT* (Internet of Things) dengan menggunakan protokol komunikasi *MQTT* (Message Queuing Telemetry Transport) untuk memantau penggunaan baterai secara *real-time* dan mengestimasi jarak berkendara berdasarkan identifikasi dan karakteristik proses *discharging* baterai. Membuat suatu *interface* untuk menampilkan data *monitoring* dari *Battery Management System* dan melakukan analisis terhadap kondisi pemakaian baterai pada sepeda motor listrik konversi.

I.2 Rumusan Masalah

Hal yang menjadi rumusan masalah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Kekhawatiran pengemudi terhadap kapasitas baterai dan jarak berkendara yang menjadi hambatan untuk beralih ke sepeda motor listrik konversi.
2. Baterai sebagai sumber energi yang terbatas memiliki karakteristik proses *discharging* yang berpengaruh terhadap konsumsi kapasitas baterai.

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Baterai yang digunakan adalah *lithium-ion* 18650 dengan spesifikasi 72V 20Ah.
2. *Battery Management System* yang digunakan memiliki spesifikasi 20S 72V 100A.

3. Komunikasi antara *BMS* dengan Raspberry menggunakan serial *UART* (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)
4. Sistem diimplementasikan pada sepeda motor listrik konversi berdaya 3kW.
5. *User interface* pada *smartphone* berupa tampilan *monitoring* parameter baterai dan peta destinasi jalur berkendara.
6. Parameter baterai yang ditinjau dalam estimasi jarak berkendara meliputi *SOC*, tegangan sel, dan jarak yang telah ditempuh.
7. Fitur estimasi jarak merupakan hasil regresi linear dari histori pemakaian dengan penggunaan kecepatan rata-rata 25 km/jam

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik proses *discharge* pada baterai.
2. Melakukan akuisisi data parameter baterai.
3. Menampilkan data-data hasil *monitoring Battery Management System* pada suatu *interface* secara *real time*.
4. Menerapkan *IoT* pada sistem *monitoring* baterai.
5. Memberikan informasi kapasitas baterai dan estimasi sisa jarak berkendara sebagai langkah untuk mengurangi *range anxiety* pengemudi.

I.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penyelesaian masalah yang digunakan pada Tugas Akhir:

1. Studi literatur
Studi literatur dilakukan dengan mempelajari *paper* dan buku yang sesuai untuk menunjang pengerjaan tugas akhir.
2. Perancangan *hardware* untuk akuisisi data
Menentukan rancangan arsitektur perangkat keras untuk proses akuisisi data parameter baterai.
3. Perancangan *hardware* untuk proses *discharge*
Menentukan rancangan arsitektur perangkat keras dalam proses *discharge* baterai.

4. Perancangan *software* untuk akuisisi data dan estimasi

Menentukan rancangan arsitektur *software* berupa program dalam menjalankan proses akuisisi data dan perhitungan estimasi jarak berkendara.

5. Integrasi *hardware* dan *software*

Implementasi antara sistem *hardware* dan *software* yang digunakan.

6. *Monitoring* parameter baterai

Melakukan pengambilan data dengan melakukan *discharging* pada baterai *lithium-ion*. Menggunakan *hardware* dan *software* yang telah dibuat.

7. Pengujian *discharging* baterai dan estimasi jarak berkendara

Melakukan pengujian dan pengambilan data parameter baterai dengan mengendarai sepeda motor listrik konversi.

8. Analisis data pengujian dan karakteristik *discharging* baterai

Melakukan analisis berdasarkan data dari pengujian *discharging* yang dilakukan.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN, berisi rancangan jadwal kegiatan TA dan rincian anggaran biaya untuk penyelesaian TA.

BAB V PENUTUP, berisi saran dan kesimpulan yang didapat dari penelitian TA.