



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



***SISTEM TERINTEGRASI DOCKING AND CHARGING STATION
BERBASIS IOT UNTUK MONITORING PENGISIAN DAYA E-BIKE***

TESIS

**Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Kontrol Industri**

FEBYAN DIMAS PRAMANTA

2409511007

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN

REKAYASA KONTROL INDUSTRI

PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

DEPOK

JULI 2026



HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 21 Juli 2026

Febyan Dimas Pramanta

2409511007

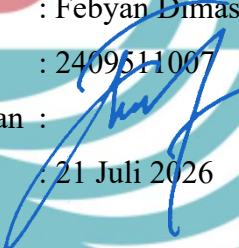
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Febyan Dimas Pramanta
NIM : 2409511007
Tanda Tangan : 
Tanggal : 21 Juli 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



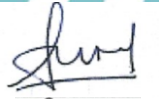
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : Febyan Dimas Pramanta
NIM : 2409511007
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Judul : Sistem Terintegrasi *Docking and Charging Station* Berbasis IoT untuk *Monitoring* Pengisian Daya *E-Bike*

Telaah diuji oleh Tim Penguji dalam sidang Tesis pada hari Kamis tanggal Enam Belas bulan Juli tahun Dua Ribu Dua Puluh Enam dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh derajat gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D. ()

Pembimbing II : Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc. ()

Penguji I : Dr. Isdawimah, S.T., M.T. ()

Penguji II : Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T. ()

Penguji III : Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si, M.Si. ()

Depok, 21 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta



Prof. Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.Si.
NIP. 19660416199512200



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan kemurahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Sistem Monitoring Pengisian Daya *E-Bike* pada *Docking and Charging Station* Berbasis *Internet of Things*”. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Penyusunan tesis ini dilatarbelakangi oleh perkembangan teknologi transportasi mikro berbasis kendaraan listrik serta kebutuhan terhadap infrastruktur pendukung yang cerdas dan terintegrasi. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem monitoring pengisian daya *e-bike* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mengintegrasikan proses autentikasi pengguna, pemantauan parameter pengisian daya, penyimpanan data, serta visualisasi informasi melalui dashboard monitoring sebagai bagian dari pengembangan konsep *smart campus mobility*.

Dalam proses penyusunan tesis ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak/Ibu Pimpinan Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas kepada penulis dalam menempuh pendidikan pada Program Magister Terapan Teknik Elektro.
2. Bapak Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, serta ilmu selama proses penelitian dan penyusunan tesis ini.
3. Bapak Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, serta dukungan dalam pengembangan penelitian hingga terselesaikannya tesis ini.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta bantuan selama proses perkuliahan.
5. Politeknik STMI Jakarta yang telah memberikan dukungan serta fasilitas dalam proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem pada penelitian ini.

Hak Cipta
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



6. Keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi selama penulis menjalani proses pendidikan hingga penyelesaian tesis ini.

7. Teman-rekan mahasiswa Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta serta seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki keterbatasan dan ruang untuk pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini dapat terus dikembangkan dan memberikan manfaat yang lebih luas.

Semoga tesis ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi *Internet of Things*, khususnya pada sistem monitoring pengisian daya kendaraan listrik ringan serta mendukung penerapan infrastruktur *smart campus mobility* yang berkelanjutan.

Depok, Juli 2026

Febyan Dimas Pramanta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Febyan Dimas Pramanta
NIM : 2409511007
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Jenis Karya : Tesis

Demikian pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Sistem Terintegrasi *Docking and Charging Station* Berbasis IoT
untuk *Monitoring* Pengisian Daya *E-Bike*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan)*. Dengan Hal Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 21 Juli 2026

Yang menyatakan

Febyan Dimas Pramanta

2409511007

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ABSTRAK

: Febyan Dimas Pramanta
: Magister Terapan Teknik Elektro
: Sistem Terintegrasi *Docking and Charging Station* Berbasis IoT
untuk *Monitoring* Pengisian Daya *E-Bike*

Perkembangan transportasi mikro berbasis kendaraan listrik mendorong kebutuhan akan infrastruktur *docking and charging station* yang tidak hanya berfungsi sebagai sarana pengisian daya tetapi juga mampu menyediakan autentikasi pengguna, pemantauan kondisi pengisian, serta pengelolaan data secara terpusat berbasis *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem monitoring pengisian daya *e-bike* pada *docking and charging station* berbasis IoT. Sistem dikembangkan menggunakan ESP8266 DevKit sebagai perangkat pengendali utama yang terintegrasi dengan RFID RC522 sebagai autentikasi pengguna, sensor PZEM-017 untuk pengukuran tegangan dan arus pengisian, serta sensor XY-MD02 untuk pemantauan suhu dan kelembapan lingkungan. Data hasil monitoring dikirim melalui jaringan WiFi menuju *web server*, disimpan pada basis data MySQL, dan ditampilkan melalui *dashboard* berbasis web dengan mekanisme *role-based access control*. Evaluasi sistem dilakukan melalui pengujian fungsional, validasi akurasi pengukuran menggunakan Fluke 17B+, pengujian performa *monitoring real-time*, serta pengujian keandalan menggunakan *Long-Term Continuous Test*, *Scheduled Intermittent Test*, dan *Random Intermittent Test* pada kondisi *indoor* dan *outdoor*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa autentikasi RFID memiliki tingkat keberhasilan 100% dari 100 kali pengujian. Validasi sensor PZEM-017 menghasilkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 97,95% pada pengukuran tegangan dan 93,88% pada pengukuran arus. Pengujian performa monitoring menunjukkan tingkat keberhasilan komunikasi sebesar 99,18% dengan interval pengiriman data setiap 10 detik. Selain itu, pengujian keandalan membuktikan bahwa sistem mampu beroperasi secara stabil, melakukan proses *recovery* secara otomatis setelah terjadi gangguan catu daya, serta mempertahankan fungsi *monitoring* pada berbagai kondisi operasional. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan memenuhi aspek fungsionalitas, akurasi pengukuran, performa monitoring *real-time*, dan keandalan sistem, sehingga layak diterapkan sebagai platform monitoring pada infrastruktur *e-bike docking and charging station* untuk mendukung implementasi *smart campus mobility*.

Kata kunci: *E-Bike*, *Docking and Charging Station*, *Internet of Things*, *Monitoring Pengisian Daya*, *Smart Campus Mobility*.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Literatur Ilmiah dan <i>State of the Art</i>	5
2.2 Kajian Teoritis	6
2.2.1 Transportasi Mikro dan Peran <i>E-Bike</i>	6
2.2.2 Karakteristik Sistem Pengisian Daya <i>E-Bike</i>	7
2.2.3 <i>Docking</i> dan <i>Charging Station</i> untuk <i>E-Bike</i>	9
2.2.4 <i>Internet of Things</i> (IoT) dalam Sistem <i>Monitoring</i>	10
2.2.5 <i>Internet of Things</i> (IoT) dalam Sistem <i>Monitoring</i>	11
2.3 Kajian Sistem	12
2.3.1 <i>ESP32 DevKit</i>	12
2.3.2 <i>RFID (Radio Frequency Identification)</i>	14
2.3.3 Sensor <i>PZEM-017</i>	15
2.3.4 Sensor <i>XY-MD02</i>	16
2.3.5 <i>Web Server</i>	17



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.4	Kerangka Berpikir Penelitian.....	17
2.5	Hipotesis Penelitian	18
BAB II METODE PENELITIAN		19
3.1	Rancangan Penelitian.....	19
3.2	Studi Literatur sebagai Dasar Penelitian.....	20
3.2.1	Literatur Sistem <i>E-Bike</i> dan <i>Charging Station</i>	20
3.2.2	Literatur Sistem Monitoring Berbasis <i>Internet of Things</i>	21
3.2.3	Literatur Arsitektur Sistem <i>Monitoring</i>	22
3.2.4	Literatur Metode Pengambilan Keputusan	24
3.3	Analisis Kebutuhan Sistem.....	25
3.3.1	Identifikasi Kebutuhan Sistem.....	25
3.3.2	Penentuan Indikator Perancangan.....	26
3.3.2	Penentuan Spesifikasi Sistem	27
3.4	Dasar Pemilihan Arsitektur Sistem.....	28
3.4.1	Pemilihan Platform Mikrokontroler.....	28
3.4.2	Pemilihan Arsitektur Komunikasi Data	29
3.4.3	Pemilihan <i>Platform Backend</i>	30
3.4.4	Pemilihan Sistem Basis Data	31
3.5	Perancangan Sistem <i>Monitoring</i>	32
3.5.1	Perancangan Arsitektur Sistem.....	32
3.5.2	Implementasi Perangkat Keras	35
3.5.3	Implementasi Perangkat Lunak.....	39
3.5.4	Implementasi <i>Dashboard Monitoring</i>	47
3.6	Skenario Pengujian Sistem	52
3.6.1	Pengujian Fungsional.....	52
3.6.2	Validasi Akurasi Pengukuran	53
3.6.3	Pengujian Performa <i>Monitoring Real-Time</i>	54
3.6.4	Pengujian Keandalan Sistem.....	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		58
4.1	Hasil Penentuan Arsitektur Sistem <i>Monitoring</i>	58
4.1.1	Analisis Pemilihan <i>Platform</i> Mikrokontroler	58
4.1.2	Analisis Pemilihan Arsitektur Komunikasi Data	62
4.1.3	Analisis Pemilihan <i>Platform Backend</i>	66



4.1.4	Analisis Pemilihan Sistem Basis Data	69
4.1.5	Pembahasan Arsitektur Sistem <i>Monitoring</i> Terpilih	73
4.2	Hasil Performa Monitoring <i>Real-Time</i> Berbasis <i>Web</i>	76
4.2.1	Hasil Pengujian Performa <i>Monitoring Real-Time</i>	76
4.2.2	Pembahasan Hasil Performa <i>Monitoring</i>	81
4.3	Hasil Evaluasi Kelayakan Sistem	83
4.3.1	Hasil Pengujian Fungsional	84
4.3.2	Hasil Validasi Akurasi Pengukuran	88
4.3.3	Hasil Pengujian Keandalan Sistem	96
4.3.3.1	<i>Long-Term Continuous Test</i>	96
4.3.3.2	<i>Scheduled Intermittent Test</i>	101
4.3.3.3	<i>Random Intermittent Test</i>	106
4.3.4	Pembahasan Tingkat Kelayakan Sistem	109
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		113
5.1	Kesimpulan	113
5.2	Saran	114
DAFTAR PUSTAKA		116
LAMPIRAN		117

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR TABEL

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :	
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.	
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta	
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta	
Tabel 3.1	Spesifikasi Kebutuhan Sistem 27
Tabel 3.2	Spesifikasi Perangkat Keras Sistem <i>Monitoring</i> 37
Tabel 3.3	Konfigurasi Pin ESP32 pada Sistem <i>Monitoring</i> 38
Tabel 3.4	Parameter Pengujian Fungsional Sistem 53
Tabel 3.5	Parameter Pengujian Fungsional Sistem 54
Tabel 4.1	Kriteria Penilaian <i>Platform</i> Mikrokontroler 59
Tabel 4.2	Bobot Kriteria Penilaian 60
Tabel 4.3	Rubrik Penilaian Alternatif 60
Tabel 4.4	Perbandingan Spesifikasi <i>Platform</i> Mikrokontroler 60
Tabel 4.5	<i>Weighted Decision Matrix Platform</i> Mikrokontroler 61
Tabel 4.6	Kriteria Penilaian Arsitektur Komunikasi Data 63
Tabel 4.7	Bobot Kriteria Penilaian Arsitektur Komunikasi Data 63
Tabel 4.8	Rubrik Penilaian 64
Tabel 4.9	Perbandingan Karakteristik Protokol Komunikasi 64
Tabel 4.10	<i>Weighted Decision Matrix Arsitektur Komunikasi Data</i> 64
Tabel 4.11	Kriteria Penilaian <i>Platform Backend</i> 67
Tabel 4.12	Bobot Kriteria Penilaian <i>Platform Backend</i> 67
Tabel 4.13	Rubrik Penilaian 67
Tabel 4.14	Perbandingan Spesifikasi <i>Platform Backend</i> 68
Tabel 4.15	<i>Weighted Decision Matrix Platform Backend</i> 68
Tabel 4.16	Kriteria Penilaian <i>Sistem Basis Data</i> 70
Tabel 4.17	Bobot Kriteria Penilaian <i>Sistem Basis Data</i> 71
Tabel 4.18	Rubrik Penilaian 71
Tabel 4.19	Perbandingan Karakteristik <i>Sistem Basis Data</i> 71
Tabel 4.20	<i>Weighted Decision Matrix Sistem Basis Data</i> 72
Tabel 4.21	Hasil <i>Monitoring</i> Tegangan dan Arus Pengisian 78
Tabel 4.22	Hasil <i>Monitoring</i> Kapasitas Baterai dan Kondisi Lingkungan 79
Tabel 4.23	Rekapitulasi Hasil Pengujian Komunikasi Data 80
Tabel 4.24	Hasil Pengujian Autentikasi RFID 85
Tabel 4.25	Rekapitulasi Pengujian Autentikasi RFID 85



Tabel 4.26 Hasil Pengujian Akuisisi Data Sensor <i>Monitoring</i>	86
Tabel 4.27 Hasil Pengujian Komunikasi ESP32 dan <i>Web Server</i>	86
Tabel 4.28 Rekapitulasi Pengujian Komunikasi Data IoT	87
Tabel 4.29 Hasil Pengujian <i>Dashboard Monitoring</i>	87
Tabel 4.30 Hasil Validasi Pengukuran Tegangan.....	89
Tabel 4.31 Rekapitulasi Validasi Pengukuran Tegangan	90
Tabel 4.32 Hasil Validasi Pengukuran Tegangan.....	92
Tabel 4.33 Rekapitulasi Validasi Pengukuran Arus	93
Tabel 4.34 Rekapitulasi <i>Long-Term Continuous Test Indoor</i>	98
Tabel 4.35 Rekapitulasi <i>Long-Term Continuous Test Outdoor</i>	101
Tabel 4.36 Skenario <i>Scheduled Intermittent Test</i>	102
Tabel 4.37 Hasil <i>Scheduled Intermittent Test Indoor</i>	104
Tabel 4.38 Hasil <i>Scheduled Intermittent Test Outdoor</i>	105
Tabel 4.39 Skenario <i>Scheduled Intermittent Test</i>	106
Tabel 4.40 Hasil <i>Random Intermittent Test Indoor</i>	107
Tabel 4.41 Hasil <i>Random Intermittent Test Outdoor</i>	109

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR GAMBAR

Hak Cipta		
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :		
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.		
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta		
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta		
Gambar 2.1	E-bike dengan Komponen Baterai (1), Kontroler(2) dan Motor(3).....	7
Gambar 2.2	Sistem Pengisian Daya pada <i>E-bike</i>	8
Gambar 2.3	Skema Posisi Letak Baterai pada <i>E-bike</i>	9
Gambar 2.4	Sistem Pengisian Daya pada <i>E-bike</i>	10
Gambar 2.5	Arsitektur pada <i>Internet of Things</i>	10
Gambar 2.6	ESP32 DevKit.....	13
Gambar 2.7	Skematik Pin ESP32 DevKit.....	14
Gambar 2.8	RFID <i>Tag</i> dan <i>Reader</i>	13
Gambar 2.9	Proses RFID Bekerja.....	15
Gambar 2.10	Sensor PZEM-017.....	16
Gambar 2.11	Sensor XY-MD02	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Rancangan Penelitian	20
Gambar 3.2	Arsitektur Sistem <i>Monitoring</i> Pengisian Daya <i>E-Bike</i> Berbasis IoT	33
Gambar 3.3	Implementasi Prototipe <i>Docking</i> dan <i>Charging Station E-Bike</i>	35
Gambar 3.4	Implementasi Mekanisme Konektor <i>Plug and Play Charging</i>	36
Gambar 3.5	Implementasi Modul Kontrol dan Monitoring IoT	36
Gambar 3.6	<i>Wiring Diagram</i> Sistem <i>Monitoring</i> Berbasis IoT	38
Gambar 3.7	Implementasi <i>Firmware</i> ESP32 pada Arduino IDE	40
Gambar 3.8	<i>Flowchart</i> Sistem Perangkat Lunak <i>Monitoring</i> Pengisian Daya <i>E-Bike</i>	41
Gambar 3.9	Implementasi Komunikasi ESP32 dengan <i>Web Server</i>	42
Gambar 3.10	Implementasi Akuisisi Data Sensor <i>Monitoring</i>	43
Gambar 3.11	Implementasi Autentikasi RFID	44
Gambar 3.12	Implementasi <i>Web Server</i> Sistem <i>Monitoring</i>	44
Gambar 3.13	Struktur Database Sistem <i>Monitoring</i>	45
Gambar 3.14	Penyimpanan Data <i>Monitoring</i> Pengisian Daya	45
Gambar 3.15	Penyimpanan Riwayat Pengisian Daya.....	46
Gambar 3.16	Implementasi <i>Role-Based Access</i> Sistem <i>Monitoring</i>	46
Gambar 3.17	Halaman <i>Login Dashboard Monitoring</i>	47
Gambar 3.18	<i>Dashboard Monitoring Administrator</i>	48
Gambar 3.19	Implementasi Manajemen <i>Charging Station</i>	48



Gambar 3.20 Implementasi <i>Monitoring</i> Detail Pengisian Daya	49
Gambar 3.21 Implementasi Riwayat Pengisian Daya	49
Gambar 3.22 Implementasi Manajemen Pengguna RFID	50
Gambar 3.23 Implementasi <i>Monitoring</i> Lokasi <i>Charging Station</i>	50
Gambar 3.24 Dashboard <i>Monitoring</i> Pengguna <i>E-Bike</i>	51
Gambar 3.25 Dashboard <i>Monitoring Vendor E-Bike</i>	51
Gambar 4.1 <i>Tampilan Log Detail Pengujian Performa Monitoring</i>	77
Gambar 4.2 Grafik <i>Monitoring</i> Tegangan dan Arus Pengisian	77
Gambar 4.3 Grafik <i>Monitoring</i> Kapasitas Baterai, Suhu, dan Kelembaban	79
Gambar 4.4 Perbandingan Hasil Pengukuran Tegangan PZEM-017 & Fluke 17B+	91
Gambar 4.5 Error Pengukuran Tegangan terhadap Fluke 17B+	91
Gambar 4.6 Perbandingan Hasil Pengukuran Arus PZEM-017 & Fluke 17B+	94
Gambar 4.7 Error Pengukuran Arus terhadap Fluke 17B+	95
Gambar 4.8 <i>Tampilan Log Detail Long-Term Continuous Test Indoor</i>	96
Gambar 4.9 Grafik Tegangan dan Arus <i>Long-Term Continuous Test Indoor</i>	97
Gambar 4.10 <i>Grafik Battery, Temperature, dan Humidity Long-Term Continuous Test Indoor</i>	98
Gambar 4.11 <i>Tampilan Log Detail Long-Term Continuous Test Outdoor</i>	99
Gambar 4.12 Grafik Tegangan dan Arus <i>Long-Term Continuous Test Outdoor</i>	100
Gambar 4.13 <i>Grafik Battery, Temperature, dan Humidity Long-Term Continuous Test Outdoor</i>	101
Gambar 4.14 <i>Log Scheduled Intermittent Test Indoor</i>	102
Gambar 4.15 Salah Satu Log <i>Scheduled Intermittent Test Indoor</i>	103
Gambar 4.16 <i>Log Scheduled Intermittent Test Outdoor</i>	104
Gambar 4.17 Salah Satu Log <i>Scheduled Intermittent Test Outdoor</i>	104
Gambar 4.18 Detail Salah Satu <i>Random Intermittent Test Indoor</i>	107
Gambar 4.19 Detail Salah Satu <i>Random Intermittent Test Indoor</i>	108

- Daftar Isi :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB 1

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Faktor transportasi merupakan salah satu penyumbang utama emisi gas rumah kaca dan konsumsi energi fosil di kawasan perkotaan, dengan kontribusi signifikan dari kendaraan bermotor pribadi seiring meningkatnya urbanisasi dan keterbatasan sistem transportasi publik [1]–[3]. Kondisi tersebut mendorong pengembangan transportasi mikro (*micromobility*), khususnya sepeda listrik (*e-bike*), sebagai solusi perjalanan jarak pendek serta pendukung konektivitas *first-mile* dan *last-mile* terhadap transportasi publik [6], [7]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem *bike sharing*, termasuk *e-bike*, mampu mengurangi ketergantungan pada kendaraan bermotor pribadi sekaligus meningkatkan efisiensi dan inklusivitas mobilitas perkotaan [8]–[10]. Dalam konteks *smart city*, *e-bike sharing system* berkembang sebagai bagian dari ekosistem mobilitas digital yang terintegrasi dengan teknologi informasi, di mana pemantauan digital memungkinkan analisis operasional dan efisiensi sistem secara *real-time* [11].

Keberhasilan *e-bike sharing system* sangat bergantung pada ketersediaan dan keandalan infrastruktur pendukung, khususnya *docking* dan *charging station*. Namun, pada praktiknya berbagai permasalahan masih sering ditemukan, seperti keterbatasan infrastruktur pengisian daya, ketidakpastian ketersediaan stasiun, serta lemahnya manajemen operasional stasiun, yang berkontribusi terhadap rendahnya kinerja dan kegagalan layanan sistem *e-bike sharing* di berbagai kota [12]. Selain itu, sistem pengisian daya *e-bike* yang telah ada umumnya masih menghadapi tantangan teknis berupa variasi spesifikasi baterai, kebutuhan standardisasi, serta keterbatasan integrasi dengan sistem operasional dan informasi [13]. Kajian pada sistem kendaraan dan energi listrik menunjukkan bahwa pengelolaan sistem kelistrikan yang tidak terintegrasi dapat berdampak pada penurunan keandalan dan efisiensi operasional sistem transportasi berbasis listrik [14].

Beberapa sistem *docking* dan *charging station* telah dilengkapi fitur pemantauan berbasis teknologi digital yang memberikan kelebihan dalam hal visibilitas status pengisian dan ketersediaan unit. Namun, sebagian besar sistem tersebut masih bersifat parsial, terpisah antara *monitoring* sepeda dan stasiun pengisian, serta belum mampu menyajikan informasi operasional secara terintegrasi dan *real-time* [15]–[17]. Keterbatasan sistem *monitoring* terintegrasi ini berdampak pada kesulitan operator dalam melakukan pemantauan kondisi stasiun, perencanaan pemeliharaan, serta pengambilan keputusan berbasis data, yang pada

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



akhirnya dapat meningkatkan biaya operasional dan menurunkan keandalan layanan [18], [19]. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) mampu meningkatkan visibilitas kondisi sistem dan menyediakan data operasional secara berkelanjutan untuk mendukung pengambilan keputusan teknis [20].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan sistem terintegrasi pengisian daya *e-bike* yang mampu memantau kondisi pengisian, ketersediaan stasiun, dan status operasional secara terintegrasi dan *real-time*. Pendekatan berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi metode yang relevan untuk menjawab kebutuhan tersebut melalui integrasi sensor, sistem komunikasi, dan komputasi awan dalam satu *platform monitoring* terpadu [14]–[16]. Implementasi sistem terintegrasi berbasis IoT pada berbagai infrastruktur energi dan teknik telah terbukti mampu mendukung efektivitas pengelolaan sistem serta keandalan operasional melalui pemantauan parameter secara berkelanjutan [20], [21]. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis IoT untuk *monitoring* pengisian daya *e-bike*. Sistem ini diarahkan untuk menyajikan informasi kondisi pengisian daya, status operasional stasiun, estimasi waktu selesai pengisian dan riwayat pengisian sehingga dapat mendukung pengelolaan *docking and charging station* secara lebih informatif, terukur, dan berbasis data.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah utama yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang arsitektur sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis *internet of things* (IoT) untuk *monitoring* pengisian daya *e-bike*?
2. Bagaimana sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis IoT menyediakan informasi operasional pengisian daya *e-bike* secara *real-time* melalui *platform* berbasis *web*?
3. Bagaimana kinerja sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis *Internet of Things* (IoT) berdasarkan hasil pengujian fungsional, validasi akurasi pengukuran, dan keandalan sistem?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah merancang sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis IoT untuk *monitoring* pengisian daya *e-bike*.

Apapun tujuan khusus yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan arsitektur sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk *monitoring* pengisian daya *e-bike*.
2. Menyediakan informasi kondisi pengisian daya dan status operasional *docking and charging station* secara *real-time* melalui sistem terintegrasi berbasis web.
3. Memperoleh tingkat kelayakan sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis *Internet of Things* (IoT) berdasarkan pengujian fungsional, validasi akurasi pengukuran, dan pengujian keandalan sistem pada skala laboratorium.

1.4. Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yaitu:

1. Objek penelitian dibatasi pada *e-bike* yang telah beredar secara komersial di pasaran, tanpa melakukan modifikasi pada sistem kelistrikan internal *e-bike*.
2. Infrastruktur *docking* dan *charging station* yang digunakan merupakan prototipe skala laboratorium, dengan memanfaatkan perangkat pengisi daya (*charger*) *e-bike* yang bersifat umum dan tidak berfokus pada perancangan perangkat keras pengisian daya secara spesifik.
3. Jenis *e-bike* yang digunakan dibatasi pada *e-bike* dengan baterai *lithium-ion* bertegangan nominal 48 V, sebagai representasi spesifikasi yang umum digunakan pada *e-bike* komersial.
4. Fokus penelitian dibatasi pada pengembangan sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis IoT untuk *monitoring* pengisian daya *e-bike*, tanpa membahas desain mekanik *docking* maupun optimasi rangkaian pengisi daya.
5. Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada penelitian ini dibatasi pada pengembangan sistem yang meliputi:
 - a. Penggunaan mikrokontroler sebagai *edge device* untuk akuisisi dan pengiriman data.
 - b. Pemanfaatan RFID sebagai mekanisme identifikasi dan kontrol akses pengisian daya.
 - c. Penggunaan *platform* berbasis *web* untuk visualisasi, penyimpanan, dan pemantauan data secara *online*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat dilihat dari dua aspek, yaitu aspek manfaat teoritis dan manfaat praktis.



Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan konsep sistem *terintegrasi docking and charging station* berbasis *internet of things* (IoT) untuk *monitoring* pengisian daya *e-bike* melalui integrasi subsistem autentikasi, *monitoring*, komunikasi data, dan penyajian informasi operasional.
2. Memperkaya kajian ilmiah mengenai penerapan sistem *terintegrasi docking and charging station* berbasis *internet of things* (IoT) yang mengintegrasikan akuisisi data, komunikasi, penyimpanan, dan penyajian informasi operasional secara *real-time* pada proses pengisian daya *e-bike*.
3. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan sistem *terintegrasi docking and charging station* berbasis *internet of things* (IoT), *e-bike sharing system*, maupun *smart mobility infrastructure* yang memerlukan integrasi antara sistem fisik dan sistem informasi.

Manfaat praktis dari penelitian ini adalah :

1. Menyediakan rancangan dan prototipe sistem *terintegrasi docking and charging station* berbasis IoT untuk *monitoring* pengisian daya *e-bike* yang dapat dijadikan model awal pengembangan *e-bike sharing system*.
2. Menyediakan informasi operasional secara *real-time* mengenai kondisi pengisian daya, status operasional *docking* dan *charging station*, serta riwayat pengisian untuk mendukung pengelolaan sistem dan pengambilan keputusan berbasis data.
3. Memberikan alternatif solusi implementasi sistem *terintegrasi docking and charging station* berbasis IoT yang dapat dikembangkan lebih lanjut pada infrastruktur *e-bike sharing* maupun *smart campus mobility*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, pengujian, dan pembahasan sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis *internet of things* (IoT) untuk *monitoring* pengisian daya *e-bike*, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis *internet of things* (IoT) untuk *monitoring* pengisian daya *e-bike* berhasil dirancang, diimplementasikan, dan diintegrasikan sesuai dengan arsitektur sistem yang telah direncanakan. Sistem memanfaatkan ESP32 DevKit sebagai perangkat pengendali utama yang terintegrasi dengan sensor PZEM-017 untuk pengukuran tegangan dan arus pengisian, sensor XY-MD02 untuk pemantauan temperatur dan kelembapan lingkungan, RFID RC522 sebagai mekanisme autentikasi pengguna, serta *web server* dan basis data MySQL sebagai media pengolahan dan penyimpanan data. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi autentikasi pengguna, mengendalikan proses pengisian daya, melakukan akuisisi data sensor, menyimpan riwayat pengisian, serta menyajikan informasi kondisi pengisian daya melalui *dashboard* berbasis *web* secara terpusat dan *real-time*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh subsistem berhasil diintegrasikan menjadi satu Sistem Terintegrasi *Docking and Charging Station* yang berfungsi sesuai dengan rancangan.
2. Sistem terintegrasi yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan proses pengisian daya *e-bike* secara *real-time* melalui komunikasi berbasis IoT dengan interval pengiriman data setiap 10 detik. Parameter monitoring yang ditampilkan meliputi tegangan pengisian, arus pengisian, kapasitas baterai (*State of Charge*), estimasi waktu penyelesaian pengisian, temperatur, kelembapan, status pengisian daya, serta riwayat penggunaan *docking and charging station*. Hasil pengujian performa *monitoring* menunjukkan bahwa selama pengujian sistem berhasil melakukan proses akuisisi data, pengiriman menuju *web server*, penyimpanan pada basis data, serta pembaruan *dashboard* secara kontinu dengan tingkat keberhasilan komunikasi sebesar 99,18%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu menyediakan informasi kondisi pengisian daya secara aktual sehingga mendukung proses *monitoring* dan pengelolaan *docking and charging station* berbasis IoT.
3. Berdasarkan hasil pengujian dan evaluasi, sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis IoT yang dikembangkan telah memenuhi aspek fungsionalitas, akurasi pengukuran,

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan keandalan sistem, sehingga layak diterapkan sebagai *platform monitoring* pada infrastruktur *docking and charging station*. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem berhasil berjalan sesuai dengan rancangan, termasuk autentikasi RFID dengan tingkat keberhasilan 100%. Validasi pengukuran menggunakan alat ukur referensi Fluke 17B+ menunjukkan bahwa sensor PZEM-017 memiliki tingkat akurasi rata-rata sebesar 97,95% pada pengukuran tegangan dan 93,88% pada pengukuran arus, sehingga memadai untuk aplikasi *monitoring* pengisian daya berbasis IoT. Pengujian keandalan melalui *Long-Term Continuous Test*, *Scheduled Intermittent Test*, dan *Random Intermittent Test* menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan operasi secara stabil pada kondisi *indoor* maupun *outdoor*, melakukan proses *recovery* secara otomatis setelah terjadi gangguan catu daya, serta mempertahankan fungsi monitoring pada kondisi operasional yang kontinu maupun berubah-ubah. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu menyediakan *monitoring* pengisian daya secara *real-time*, tetapi juga memiliki tingkat stabilitas (*stability*), kemampuan pemulihan (*recovery*), dan ketahanan operasional (*robustness*) yang baik, sehingga layak diterapkan sebagai *platform monitoring* pada infrastruktur *smart e-bike docking and charging station* untuk mendukung implementasi *smart campus mobility*.

5.2.Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem terintegrasi *docking and charging station* berbasis *internet of things* (IoT) telah mampu menjalankan fungsi monitoring, autentikasi pengguna, penyimpanan data, serta visualisasi informasi secara *real-time*. Namun, terdapat beberapa pengembangan yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya untuk meningkatkan kemampuan dan penerapan sistem. Beberapa saran pengembangan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan sistem dapat dilakukan dengan menambah jumlah unit *docking and charging station* yang terintegrasi dalam satu *platform monitoring*. Pada penelitian ini, implementasi dan pengujian masih dilakukan menggunakan satu unit prototipe sehingga penelitian berikutnya dapat mengembangkan sistem dengan beberapa unit *docking station* yang bekerja secara bersamaan untuk mengevaluasi performa manajemen data, *monitoring* multi-perangkat, dan skalabilitas sistem pada implementasi *e-bike sharing* yang lebih luas.
2. Pengembangan metode *monitoring* baterai dapat dilakukan dengan mengintegrasikan sistem dengan *Battery Management System* (BMS) atau metode estimasi kapasitas baterai yang lebih kompleks. Integrasi tersebut dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam



menperoleh informasi kondisi baterai seperti *State of Charge* (SoC), *State of Health* (SoH), siklus penggunaan baterai, serta analisis kondisi baterai secara lebih akurat.

Pengembangan sistem komunikasi IoT dapat dilakukan dengan mengevaluasi penggunaan teknologi komunikasi lain seperti jaringan seluler, LoRa, atau protokol komunikasi IoT yang lebih spesifik untuk perangkat berskala besar. Hal tersebut diperlukan agar sistem dapat diterapkan pada area yang lebih luas dan tidak hanya bergantung pada jaringan WiFi lokal.

4. Pengembangan fitur analisis data dapat dilakukan dengan menerapkan metode berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) atau *machine learning* untuk melakukan prediksi penggunaan *e-bike*, estimasi kebutuhan energi, analisis pola pengisian daya, serta optimasi manajemen *charging* berdasarkan data historis yang telah tersimpan pada *database*.
5. Pengujian sistem pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dalam periode operasional yang lebih panjang dengan jumlah pengguna yang lebih banyak untuk mengevaluasi performa sistem pada kondisi implementasi sebenarnya. Pengujian jangka panjang diperlukan untuk mengetahui kestabilan perangkat, ketahanan komponen, serta efektivitas sistem monitoring dalam mendukung operasional *smart e-bike sharing* secara berkelanjutan.

Dengan adanya pengembangan tersebut, sistem *monitoring* pengisian daya *e-bike* berbasis IoT diharapkan dapat dikembangkan menjadi platform manajemen infrastruktur transportasi mikro yang lebih komprehensif, cerdas, dan mendukung penerapan konsep *smart campus mobility*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IPCC, Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2022.
- [2] International Energy Agency, CO₂ Emissions from Fuel Combustion, Paris, France: IEA, 2021.
- [3] World Health Organization, Global Status Report on Road Safety, Geneva, Switzerland: WHO, 2022.
- [4] A. Creutzig et al., "Transport: A roadblock to climate change mitigation?" *Science*, vol. 350, no. 6263, pp. 911–912, 2015, doi: 10.1126/science.aac8033.
- [5] E. Fishman, "Bike share: A review of recent literature," *Transport Reviews*, vol. 36, no. 1, pp. 92–113, 2016, doi: 10.1080/01441647.2015.1127374.
- [6] T. Bassett et al., "E-bike sharing systems: User behavior and system performance," *Transportation Research Record*, vol. 2672, no. 36, pp. 72–82, 2018, doi: 10.1177/0361198118790680.
- [7] S. Shaheen, A. Cohen, and I. Zohdy, *Shared Micromobility Policy Toolkit*, Washington, DC, USA: Transportation Research Board, 2019.
- [8] E. Macioszek, "The bike-sharing system as an element of enhancing sustainable mobility," *Sustainability*, vol. 12, no. 8, Art. no. 3285, 2020, doi: 10.3390/su12083285.
- [9] J. Langford, J. Chen, E. Cherry, and T. Bassett, "E-bikes as a substitute for automobile travel," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 52, pp. 1–12, 2017, doi: 10.1016/j.trd.2017.04.004.
- [10] N. Popovich, E. Gordon, E. Shao, Y. Xing, and C. Yang, "E-bike use: Travel behavior, motivation, and impact on motor vehicle use," *Travel Behaviour and Society*, vol. 1, no. 1, pp. 15–28, 2014, doi: 10.1016/j.tbs.2013.10.001.
- [11] C. S. Ioakimidis, J. Murillo, A. Zubaryeva, and E. Zafeirakis, "A university e-bike sharing system used as a real-time monitoring emissions tool under a smart city concept," *World Electric Vehicle Journal*, vol. 8, no. 4, pp. 963–973, 2016, doi: 10.3390/wevj8040963.
- [12] N. Vogel, T. Greiser, and M. Mattfeld, "Understanding bike-sharing system success," *Transportation Research Procedia*, vol. 37, pp. 475–482, 2018, doi: 10.1016/j.trpro.2018.12.264.

Hak Cipta
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- [13] F. Corti, M. Repetto, and L. Piana, "A comprehensive review of charging infrastructure for electric micromobility vehicles," *Sustainability*, vol. 16, no. 2, Art. no. 742, 2024, doi: 10.3390/su16020742.
- [14] R. Prasetya, A. Nugroho, and R. I. Putri, "Performance analysis of electric vehicle powertrain system under various operating conditions," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, vol. 12, no. 4, pp. 2137–2146, 2021, doi: 10.11591/ijpeds.v12.i4.pp2137-2146.
- [15] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010, doi: 10.1016/j.comnet.2010.05.010.
- [16] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of Things for smart cities," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, Feb. 2014, doi: 10.1109/JIOT.2014.2306328.
- [17] H. Christian, M. S. Rahman, and R. Prasetyo, "An IoT-enabled bicycle access and monitoring system with geo-fence-based location restriction," *Sensors*, vol. 21, no. 12, Art. no. 4012, 2021, doi: 10.3390/s21124012.
- [18] G. Balacco, M. Marinelli, and A. Sassanelli, "A novel distributed system for electric vehicle charging stations," *Sustainability*, vol. 13, no. 4, Art. no. 1847, 2021, doi: 10.3390/su13041847.
- [19] M. N. Hidayat, A. Nugroho, A. F. Munir, and R. I. Putri, "Internet of Things (IoT)-based monitoring system for hybrid powered e-bike charging station," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, vol. 16, no. 1, pp. 243–250, 2025, doi: 10.11591/ijpeds.v16.i1.pp243-250.
- [20] R. N. Ilham, S. Prasetya, and A. Sukandi, "Analisis sistem monitoring pendingin heatsink pada panel surya berbasis Internet of Things," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, 2021, pp. 377–384.
- [21] S. Prasetya and R. Setiawan, "Design and implementation of monitoring system for industrial energy consumption," *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, vol. 11, no. 2, pp. 85–94, 2020, doi: 10.14203/j.mepvt.v11i2.176.
- [22] S. Shaheen and A. Cohen, "Shared micromobility policy and practice," *Transport Reviews*, vol. 39, no. 2, pp. 1–27, 2019.
- [23] E. Fishman, S. Washington, and N. Haworth, "Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 31, pp. 13–20, 2014, doi: 10.1016/j.trd.2014.05.013.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- [24] J. Schepers et al., "The safety of electrically assisted bicycles compared to conventional bicycles," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 98, pp. 1–11, 2017, doi: 10.1016/j.aap.2016.09.007.
- [25] J. Cherry, R. Weinert, and Y. Xinmiao, "Comparative environmental impacts of electric bikes in China," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 14, no. 5, pp. 281–290, 2009, doi: 10.1016/j.trd.2008.11.003.
- [26] J. Jajczyk and K. Slomczynski, "A dedicated battery for an electric bike," in *ITM Web of Conferences*, 2019, vol. 28, p. 01033.
- [27] A. Mohammed, O. Saif, M. Abo-Adma, A. Fahmy, and R. Elazab, "Strategies and sustainability in fast charging station deployment for electric vehicles," *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, p. 283, Jan. 2024, doi: 10.1038/s41598-023-50825-7.
- [28] C. Contò and N. Bianchi, "E-Bike Motor Drive: A Review of Configurations and Capabilities," *Energies*, vol. 16, no. 1, p. 160, Jan. 2023, doi: 10.3390/en16010160.
- [29] W. Afzal, L.-Y. Zhao, G.-Z. Chen, and Y. Xue, "Hybrid wind/PV E-bike charging station: Comparison of onshore and offshore systems," *Sustainability*, vol. 15, no. 20, p. 14963, Oct. 2023, doi: 10.3390/su152014963.
- [30] S. Faghih-Imani et al., "How does bike-sharing contribute to sustainable mobility? Evidence from large-scale data," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 81, pp. 1–14, 2015, doi: 10.1016/j.tra.2015.08.004.
- [31] Y. Zhang et al., "IoT-based smart transportation systems: A review," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 102–115, 2019.
- [32] P. Sethi and S. R. Sarangi, "Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications," *J. Elect. Comput. Eng.*, vol. 2017, Art no. 9324035, pp. 1–25, 2017. doi: 10.1155/2017/9324035.
- [33] O. M. Olabanji and K. Mpofu, "Comparison of Weighted Decision Matrix and Analytical Hierarchy Process for CAD Design of Reconfigurable Assembly Fixture," *Procedia CIRP*, vol. 23, pp. 264–269, 2014, doi: 10.1016/j.procir.2014.10.088.
- [34] B. Ayan, S. Abacıoğlu, and M. P. Babilio, "A Comprehensive Review of the Novel Weighting Methods for Multi-Criteria Decision-Making," *Information*, vol. 14, no. 5, Art. no. 285, 2023, doi: 10.3390/info14050285.
- [35] O. M. Olabanji, "Decision Analysis for Optimal Design Concept: Hybridized Fuzzified Weighted Decision Matrix and Fuzzy TOPSIS Using Design for X Tools," *Procedia CIRP*, vol. 84, pp. 434–441, 2019, doi: 10.1016/j.procir.2019.04.323.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- [36] D. Hercog, T. Lerher, M. Truntič, and O. Težak, "Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices," *Sensors*, vol. 23, no. 15, Art. no. 6739, 2023, doi: 10.3390/s23156739.
- [37] C. Austin, M. Mulyadi, and S. Octaviani, "Implementasi IoT dengan ESP32 untuk Pemantauan Kondisi Suhu Secara Jarak Jauh Menggunakan MQTT pada AWS," *Jurnal Elektro*, vol. 15, no. 2, 2022, doi: 10.25170/jurnalelektro.v15i2.5141.
- [38] J. P. Lousado and S. Antunes, "Monitoring and Support for Elderly People Using LoRa Communication Technologies: IoT Concepts and Applications," *Future Internet*, vol. 12, no. 11, Art. no. 206, Nov. 2020, doi: 10.3390/fi12110206.
- [39] M. H. Habibi, "Rancang Bangun IOT Cloud Platform Berbasis Protokol Komunikasi MQTT," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 7, pp. 2622-2628, Jul. 2018.
- [40] S. Mutashar, M. A. Hannan, S. A. Samad, and A. Hussain, "Analysis and Optimization of Spiral Circular Inductive Coupling Link for Bio-Implanted Applications on Air and within Human Tissue," *Sensors*, vol. 14, no. 7, pp. 11522–11541, Jun. 2014, doi: 10.3390/s140711522.
- [41] P. Gunoto, A. Rahmadi, and E. Susanti, "Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet of Things," *Sigma Teknika*, vol. 5, no. 2, pp. 285-294, Nov. 2022.
- [42] J. P. Lousado and S. Antunes, "Monitoring and Support for Elderly People Using LoRa Communication Technologies: IoT Concepts and Applications," *Future Internet*, vol. 12, no. 11, Art. no. 206, Nov. 2020, doi: 10.3390/fi12110206.
- [43] S. S. D. Prasetyo, A. Bhawiyuga, and R. Primananda, "Implementation of Modbus RTU Protocol for Communication System on Industrial IoT Devices," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, no. 6, pp. 566–573, 2020, doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110668.
- [44] Bella, C.N.D.T. (2016). *Perancangan Aplikasi E-Canteen Berbasis Android Dengan Menggunakan Metode Object Oriented Analysis & Design Method*. Jurnal Penelitian Komunikasi dan Opini Publik Vol. 20 No. 1, 83-91.
- [45] P. Pangarkar, S. Shabadi, and P. G. Gawande, "A Comprehensive Analysis of ESP32 Microcontroller for IoT Applications," *International Journal of Novel Research and Development*, vol. 10, no. 10, 2025, doi: 10.56975/IJNRD.V10I10.310100.
- [46] F. Serepas, M. Truntič, D. Hercog, and T. Lerher, "Lightweight Embedded IoT Gateway for Smart Homes Based on an ESP32 Microcontroller," *Computers*, vol. 14, no. 9, Art.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



o. 391, 2025, doi: 10.3390/computers14090391.

- [47] S. Adriansyah, M. A. Nugroho, and R. Firmansyah, "Performance Analysis of MQTT and HTTP Protocols on Low-Power ESP32 Devices for IoT Applications," *CoreID Journal*, vol. 4, no. 1, 2026, doi: 10.60005/coreid.v4i1.160.
- [48] I. Azwar and F. Gary, "Implementasi Transport Layer Security dengan Algoritma AES untuk Meningkatkan Keamanan Komunikasi pada Jaringan IoT Berbasis MQTT Menggunakan ESP32," *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, vol. 11, no. 1, 2025, doi: 10.35143/elementer.v11i1.6478.
- [49] A. C. Rompis and R. F. Aji, "Perbandingan Performa Kinerja Node.js, PHP, dan Python dalam Aplikasi REST," *CogITO Smart Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 171–187, 2018, doi: 10.31154/cogito.v4i1.92.171-187.
- [50] E. Mosul, "Comparative Analysis of Performance and Effectiveness of Laravel and Node.js Frameworks in Web Development," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 14, no. 2, 2026, doi: 10.23960/jitet.v14i2.9264.
- [51] S. V. Salunke and A. Ouda, "A Performance Benchmark for the PostgreSQL and MySQL Databases," *Future Internet*, vol. 16, no. 10, Art. no. 382, 2024, doi: 10.3390/fi16100382.
- [52] I. Setiawan, "Comparative Study of MySQL and MongoDB Performance on Node.js REST API Using Chinook Database," *Jurnal Media Computer Science*, vol. 4, no. 2, pp. 339–348, 2025, doi: 10.37676/jmcs.v4i2.8870.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA