

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE *REMOTE MONITORING*
NON-RECHARGEABLE BATTERY REDUNDANT SYSTEM
PADA *REMOTE TERMINAL UNIT (RTU)***

Tugas Akhir

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

Oleh

Gabriel Muhammad Manuel

219441035



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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

Rancang Bangun Prototipe *Remote Monitoring Non-Rechargeable Battery Redundant System* Pada *Remote Terminal Unit (RTU)*

Oleh:

Gabriel Muhammad Manuel

219441035

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

Bandung, 08 Agustus 2023

Disetujui,

Pembimbing I,



Wahyudi Purnomo, S.T., M.T.
NIP. 197001061995121002

Pembimbing II,



Wahyu Adhie Candra, S.T., M.Sc.
NRP. 220409004

Disahkan,

Penguji II,



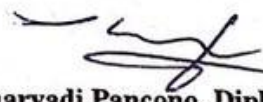
Siti Aminah, S.T., M.T.
NIP. 197408172009122001

Penguji I,



**Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si.,
M.Si.**
NIP. 198110052009121005

Penguji III,



**Suharyadi Pancono, Dipl.Ing.HTL.,
M.T.**
NIP. 196701171990031004

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama	: Gabriel Muhammad Manuel
NIM	: 219441035
Jurusan	: Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	: Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi	: Diploma 4
Jenis Karya	: Tugas Akhir
Judul Karya	: Rancang Bangun Prototipe <i>Remote Monitoring Non-Rechargeable Battery Redundant System</i> Pada <i>Remote Terminal Unit</i> (RTU)

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 : 08 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Gabriel Muhammad Manuel)
NIM. 219441035

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama : Gabriel Muhammad Manuel
NIM : 219441035
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun Prototipe *Remote Monitoring Non-Rechargeable Battery Redundant System* Pada *Remote Terminal Unit* (RTU)

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 : 08 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Gabriel Muhammad Manuel)
NIM 219441035

MOTO PRIBADI

Ketekunan dan Berproses: Kunci Sukses Mewujudkan Impian.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak dan adik saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya 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 sembah 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 Prototipe *Remote Monitoring Non-Rechargeable Battery Redundant System* Pada *Remote Terminal Unit* (RTU)”.

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.

Terselesaikannya 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.Sc.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Wahyudi Purnomo, S.T., M.T. dan Bapak Wahyu Adhie Candra, S.T., M.Sc
5. Para Penguji siding tugas akhir Bapak Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si., M.Si., Ibu Siti Aminah, S.T., M.T., dan Bapak Suharyadi Pancono, Dipl.Ing.HTL., M.T.

6. Panitia tugas akhir Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T. dan Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Nite Lisnasari dan Domingo Laxamana Manuel yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk adik saya Gavino Maliq Manuel yang selalu mendukung saya
9. Untuk Reza Hanun Alyaa yang selalu mendukung dalam merancang karya tulis ini
10. Untuk rekan – rekan seperjuangan Tugas Akhir program studi TRO kelas AEB-1 dan AEB-2 2019
11. Serta seluruh pihak lain yang turut membantu dan tidak dapat disebutkan satu per satu.

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. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

Di era teknologi yang terus berkembang ini, pemantauan jarak jauh telah muncul sebagai solusi inovatif dan efektif untuk memantau dan mengelola area terpencil. Kebutuhan catu daya untuk *Remote Terminal Unit* (RTU) yang berlokasi jauh dari sumber listrik membutuhkan baterai sebagai pengganti sumber catu daya. Untuk menangani kebutuhan catu daya dan memastikan bahwa RTU tetap berfungsi tanpa mengalami interupsi saat catu daya baterai habis, dikembangkan sebuah sistem sistem yang ditingkatkan untuk prediksi waktu sisa penggunaan baterai *non-rechargeable*, sistem redundant baterai *non-rechargeable*, dan sistem pemantauan baterai *non-rechargeable* dengan perangkat ganda.

Penelitian ini menginvestigasi cara memprediksi waktu sisa penggunaan baterai *non-rechargeable* menggunakan metode *Piecewise Linear Regression*, menerapkan sistem *redundant* pada baterai *non-rechargeable* dengan mengimplementasikan metode *Bootstrap* pada rangkaian *switching*, dan sistem pemantauan perangkat ganda dengan topologi *hub and spoke*.

Hasil penelitian ini menyatakan bahwa prediksi waktu sisa penggunaan baterai *non-rechargeable* menggunakan *Piecewise Linear Regression* *Piecewise Linear* telah berhasil memprediksi waktu penggunaan simulasi RTU dengan nilai $R^2 = 0,8755$; *Mean Absolute Error* (MAE) = 0,1558; *Mean Squared Error* (MAE) = 0,0379; pada segment-1 (Arus <110 mA) dan nilai $R^2 = 0,7501$; *Mean Absolute Error* (MAE) = 0,0070; *Mean Squared Error* (MAE) = 7,0360 pada segment-2 (Arus ≥ 110 mA). Rangkaian *Bootstrap High-side* untuk sistem *redundant* baterai *non-rechargeable* mendapatkan persentase keberhasilan sebesar 100% pada seluruh perangkat. Saat terjadi peralihan paket baterai terjadi penurunan tegangan dengan pada rentang 0.76 – 1.2 V dengan *rise time* pada rentang 1.59 – 1.71 ms. Dengan mengimplementasikan topologi *hub and spoke* sistem pemantauan perangkat ganda berhasil diterapkan, menggunakan protokol komunikasi MQTT dan NodeRED sebagai antarmuka berhasil menampilkan seluruh data pada empat perangkat yang di pantau. Selain itu, Google Sheets sebagai *database* berhasil menyimpan data saat peralihan paket baterai.

Kata kunci: *Pemantauan Jarak Jauh, Piecewise Linear Regression, Bootstrap, Sistem Redundant, Baterai Non-Rechargeable*

ABSTRACT

In this continually advancing technological era, remote monitoring has emerged as an innovative and effective solution for overseeing and managing remote areas. The power requirements for Remote Terminal Units (RTUs) located far from a power source necessitate the use of batteries as an alternative power supply. To address the power supply needs and ensure uninterrupted functionality of RTUs when battery power depletes, an enhanced system has been developed. This system encompasses predictive capabilities for non-rechargeable battery remaining usage time, a redundant non-rechargeable battery system employing Bootstrap methodology in the switching circuit, and a multiple-device monitoring system utilizing a hub and spoke topology.

This research investigates the methodology of predicting remaining usage time for non-rechargeable batteries using the Piecewise Linear Regression approach. It implements redundancy in non-rechargeable batteries by employing the Bootstrap method in the switching circuit and establishes a multiple-device monitoring system with a hub and spoke topology.

The results of this research state that the prediction of remaining usage time for non-rechargeable batteries using Piecewise Linear Regression has successfully predicted the usage time of simulated RTUs with an R^2 value of 0.8755; Mean Absolute Error (MAE) of 0.1558; Mean Squared Error (MAE) of 0.0379 in segment-1 (Current <110 mA), and an R^2 value of 0.7501; Mean Absolute Error (MAE) of 0.0070; Mean Squared Error (MAE) of 7.0360 in segment-2 (Current $\geq$ 110 mA). The Bootstrap High-side circuit for redundant non-rechargeable battery systems achieved a success rate of 100% across all devices. During battery pack switching, there was a voltage drop in the range of 0.76 – 1.2 V with a rise time in the range of 1.59 – 1.71 ms. By implementing the hub and spoke topology, the multiple-device monitoring system was successfully deployed. It employed MQTT communication protocol and NodeRED as an interface to display all data from the monitored devices. Furthermore, Google Sheets served as the database, successfully storing data during battery pack transitions.

Keywords: Remote Monitoring, Piecewise Linear Regression, Non-Rechargeable Battery, Bootstrap, Redundant System

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	2
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	3
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	4
MOTO PRIBADI	5
KATA PENGANTAR.....	6
ABSTRAK	8
ABSTRACT	9
DAFTAR ISI.....	10
DAFTAR GAMBAR.....	13
DAFTAR TABEL	16
DAFTAR LAMPIRAN	17
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	18
I BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 Kapasitas Baterai.....	II-1
II.1.2 <i>Discharge</i> Baterai.....	II-1
II.1.3 <i>Remote Terminal Unit</i> (RTU)	II-1
II.1.4 <i>Internet of Things</i> (IoT).....	II-2
II.1.5 <i>MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)</i>	II-3
II.1.6 <i>Quality of Service</i> (QoS)	II-3
II.1.7 <i>Sistem Monitoring</i>	II-4
II.1.8 <i>Database</i>	II-5
II.1.9 <i>Sistem Redundant</i>	II-5
II.1.10 <i>Rangkaian Bootsrap</i>	II-7
II.1.11 <i>Piecewise Linear Regression</i>	II-7
II.1.12 <i>Topologi Hub and Spoke</i>	II-9

II.1.13	<i>Level of Automation</i>	II-10
II.2	Tinjauan Alat.....	II-11
II.2.1	Wemos D1 Mini.....	II-11
II.2.2	Sensor INA219.....	II-12
II.2.3	Mosfet IRF540N	II-12
II.2.4	Sensor DHT11.....	II-13
II.2.5	Baterai	II-13
II.3	Studi Penelitian Terdahulu	II-15
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH.....	III-1
III.1	Model Metodologi Penelitan	III-1
III.2	Gambaran Umum Sistem.....	III-2
III.3	Perancangan Sistem <i>Redundant</i>	III-3
III.4	Perancangan Sistem <i>Monitoring</i>	III-4
III.5	Perancangan Sistem Mekanik dan Elektrik	III-5
III.5.1	Perancangan Mekanik	III-5
III.5.2	Perancangan Elektrik	III-6
III.6	Perancangan Perangkat Lunak.....	III-9
III.6.1	Perancangan Program.....	III-9
III.6.2	Perancangan Komunikasi.....	III-10
III.6.3	Perancangan Antarmuka	III-10
III.6.4	Perancangan <i>Database</i>	III-11
III.7	Perencanaan Pengujian Sistem	III-11
III.7.1	Perencanaan Pengujian Sistem Mekanik	III-11
III.7.2	Perencanaan Pengujian Sistem Elektrik.....	III-11
III.7.3	Perencanaan Pengujian Perangkat Lunak	III-11
III.7.4	Perencanaan Pengujian Alat.....	III-13
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Pengujian Sistem Mekanik	IV-1
IV.2	Pengujian Sistem Elektrik.....	IV-1
IV.3	Pengujian Perangkat Lunak	IV-3
IV.3.1	Pengujian Program	IV-3
IV.3.2	Pengujian Komunikasi	IV-4
IV.3.3	Pengujian Antarmuka.....	IV-5
IV.3.4	Pengujian <i>Database</i>	IV-8
IV.4	Pengujian Alat.....	IV-11
IV.4.1	Kalibrasi Sensor INA219	IV-11

IV.4.2	Pengujian Proses Discharge Baterai.....	IV-13
IV.4.3	Prediksi Waktu Penggunaan Baterai.....	IV-14
IV.4.4	Pengujian Rangkaian <i>Bootstrap High-side</i>	IV-24
IV.4.5	Pengujian Sistem <i>Redundant</i>	IV-34
V	BAB V PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran	V-1
VI	DAFTAR PUSTAKA.....	VI-1
VII	LAMPIRAN	VII-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Struktur perangkat keras RTU[16]	II-2
Gambar II. 2 Arsitektur MQTT [20]	II-3
Gambar II. 3 Ilustrasi alur penggunaan <i>database</i>	II-5
Gambar II. 4 Sistem <i>Redundant</i> Catu Daya <i>Hardware</i> [24]	II-6
Gambar II. 5 Rangkaian <i>Bootstrap</i>	II-7
Gambar II. 6 Contoh Grafik Piecewise Linear Regression [28]	II-8
Gambar II. 7 Topologi Jaringan <i>Hub and Spoke</i>	II-9
Gambar II. 8 Piramida Otomasi berdasarkan Model ISA95 [19]	II-10
Gambar II. 9 Wemos D1 Mini[34]	II-12
Gambar II. 10 <i>Sensor</i> INA219[36]	II-12
Gambar II. 11 MOSFET IRF540N [37]	II-12
Gambar II. 12 <i>Sensor</i> DHT11 Skematik[39]	II-13
Gambar II. 13 Jenis Baterai	II-14
Gambar III. 1 Metodologi Penelitian Model-V VDI2206 [47]	III-1
Gambar III. 2 Blok Diagram Gambaran Umum Sistem	III-3
Gambar III. 3 Perancangan Sistem <i>Redundant</i>	III-3
Gambar III. 4 Arsitektur Sistem <i>Monitoring</i> Perangkat Ganda Menggunakan Topologi <i>Hub and Spoke</i>	III-4
Gambar III. 5 Tata Letak Perangkat	III-5
Gambar III. 6 Pengkabelan Wemos D1 Mini	III-6
Gambar III. 7 Perancangan Paket Baterai	III-7
Gambar III. 8 Rangkaian Skematik <i>Bootstrap High-side</i>	III-8
Gambar III. 9 Diagram Alir Program Mikrokontroler	III-9
Gambar III. 10 Arsitektur Komunikasi	III-10
Gambar III. 11 Ilustrasi perancangan antarmuka <i>Node-RED</i>	III-10
Gambar IV. 1 Hasil Perancangan Mekanik	IV-1
Gambar IV. 2 Hasil Pengkabelan Perangkat 1-4	IV-2
Gambar IV. 3 Perancangan Paket Baterai	IV-2
Gambar IV. 4 Hasil <i>Serial Monitor</i> Perangkat 1-4 pada Arduino IDE	IV-3
Gambar IV. 5 Hasil Antarmuka Pemantauan Paket Baterai Perangkat 1 pada <i>Node-RED</i>	IV-6
Gambar IV. 6 Hasil Antarmuka Pemantauan Paket Baterai Perangkat 2 pada <i>Node-RED</i>	IV-6
Gambar IV. 7 Hasil Antarmuka Pemantauan Paket Baterai Perangkat 3 pada <i>Node-RED</i>	IV-7
Gambar IV. 8 Hasil Antarmuka Pemantauan Paket Baterai Perangkat 4 pada <i>Node-RED</i>	IV-7
Gambar IV. 9 Hasil Antarmuka Pengiriman Laporan Operator pada <i>Node-RED</i>	IV-8
Gambar IV. 10 Hasil Notifikasi dari Perangkat pada Telegram	IV-8
Gambar IV. 11 Pengujian <i>Database</i> Perangkat 1	IV-9
Gambar IV. 12 Pengujian <i>Database</i> Perangkat 2	IV-9

Gambar IV. 13 Pengujian <i>Database</i> Perangkat 3	IV-10
Gambar IV. 14 Pengujian <i>Database</i> Perangkat 4	IV-10
Gambar IV. 15 Proses Discharge Baterai AA Non-Rechargeable.....	IV-13
Gambar IV. 16 Pengolahan <i>Piecewise Linear Regression Segment-1 dan Segment-2</i> pada Google Collab.....	IV-14
Gambar IV. 17 Grafik Prediksi Waktu Sisa Penggunaan Baterai dengan <i>Piecewise Linear Regression</i>	IV-15
Gambar IV. 18 Hasil Grafik Segment-1 <i>Piecewise Linear Regression</i> Menggunakan Google Collab	IV-16
Gambar IV. 19 Hasil Grafik Segment-2 <i>Piecewise Linear Regression</i> Menggunakan Google Collab	IV-17
Gambar IV. 20 Grafik Segment-1 Berdasarkan Tabel Pengujian.....	IV-19
Gambar IV. 21 Grafik Segment-2 Berdasarkan Tabel Pengujian.....	IV-19
Gambar IV. 22 Grafik Perbandingan antara Nilai Prediksi dan Data Pengujian Aktual pada Segment-2 (Beban Simulasi RTU)	IV-20
Gambar IV. 23 Grafik Perbandingan antara Nilai Prediksi dan Data Pengujian Aktual pada Segment-1 (Beban Simulasi RTU)	IV-21
Gambar IV. 24 Grafik Perbandingan antara Nilai Prediksi dan Data Pengujian Aktual pada Segment-2 (Beban Lampu 12V/5W)	IV-22
Gambar IV. 25 Grafik Perbandingan antara Nilai Prediksi dan Data Pengujian Aktual pada Segment-1 (Beban Lampu 12V/5W)	IV-23
Gambar IV. 26 Hasil Pembuatan PCB Rangkaian <i>Bootstrap High-side</i>	IV-24
Gambar IV. 27 Kondisi <i>Off</i> ke <i>On</i> menggunakan Rangkaian <i>Bootstrap High-side</i>	IV-25
Gambar IV. 28 Kondisi <i>On</i> ke <i>Off</i> menggunakan Rangkaian <i>Bootstrap High-side</i>	IV-26
Gambar IV. 29 Pengujian Sistem <i>Redundant</i> dengan Sumber Eksternal pada Gate MOSFET IRF540N	IV-26
Gambar IV. 30 Proses Pengujian Sistem <i>Redundant</i> dengan Sumber Eksternal pada Gate MOSFET IRF540N	IV-27
Gambar IV. 31 Analisis Saat Peralihan Paket Baterai A ke Paket Baterai Pada Rangkaian <i>Bootstrap High-Side</i> dengan Sumber Eksternal pada Gate MOSFET	IV-28
Gambar IV. 32 Analisis <i>Overshoot</i> Pada Saat Beban Dinyalakan Pada Rangkaian <i>Bootstrap High-Side</i> dengan Sumber Eksternal pada Gate MOSFET.....	IV-29
Gambar IV. 33 Karakteristik Sinyal Menggunakan Beban Mikrokontroler (Simulasi RTU)	IV-29
Gambar IV. 34 Karakteristik Sinyal Menggunakan Lampu 12V/5W.....	IV-30
Gambar IV. 35 Pengujian Sistem <i>Redundant</i> dengan Sumber Baterai pada Gate MOSFET IRF540N	IV-31
Gambar IV. 36 Analisis Saat Peralihan Paket Baterai A ke Paket Baterai Pada Rangkaian <i>Bootstrap High-Side</i> dengan Sumber Baterai pada Gate MOSFET ..	IV-31
Gambar IV. 37 Analisis <i>Overshoot</i> Pada Rangkaian <i>Bootstrap High-Side</i> dengan Sumber Baterai pada Gate MOSFET (Simulasi RTU)	IV-32
Gambar IV. 38 Analisis <i>Overshoot</i> Pada Rangkaian <i>Bootstrap High-Side</i> dengan Sumber Baterai pada Gate MOSFET (Lampu 12V/5W)	IV-32

Gambar IV. 39 Bentuk Grafik Saat Menggunakan Beban Mikrokontroler (Simulasi RTU)	IV-33
Gambar IV. 40 Bentuk Grafik Saat Menggunakan Beban Lampu 12V/5W....	IV-34

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 <i>Delay</i> Berdasarkan Standar TIPHON.....	II-4
Tabel II. 2 <i>Packet Loss</i> Berdasarkan Standar TIPHON.....	II-4
Tabel II. 3 <i>Level of Automation</i> Model ISA95 [32]	II-10
Tabel II. 4 Jenis baterai berdasarkan proses yang terjadi [24]	II-14
Tabel II. 5 Penelitian Terdahulu.....	II-15
Tabel III. 1 Komponen Utama Perancangan Elektrik.....	III-6
Tabel III. 2 Komponen pada Rangkaian <i>Bootstrap High-side</i>	III-8
Tabel IV. 1 Tabel Pengujian Pengkabelan.....	IV-2
Tabel IV. 2 Pengujian Alur Program pada Seluruh Perangkat	IV-3
Tabel IV. 3 Tabel Pengujian <i>Quality of Service (QoS)</i>	IV-4
Tabel IV. 4 Tabel Pengujian Sensor INA219 Perangkat 1	IV-11
Tabel IV. 5 Tabel Pengujian Sensor INA219 Perangkat 2	IV-11
Tabel IV. 6 Tabel Pengujian Sensor INA219 Perangkat 3	IV-12
Tabel IV. 7 Tabel Pengujian Sensor INA219 Perangkat 4	IV-12
Tabel IV. 8 Perhitungan R2, MAE, dan MSE Segment-1	IV-16
Tabel IV. 9 Perhitungan R2, MAE, dan MSE Segment 2.....	IV-17
Tabel IV. 10 Hasil Pengujian Segment-1 untuk Prediksi Waktu-Y.....	IV-18
Tabel IV. 11 Hasil Pengujian Segment-2 untuk Prediksi Waktu-Y.....	IV-18
Tabel IV. 12 Pengujian Prediksi Waktu Penggunaan Baterai dengan Beban Simulasi RTU Segment-2	IV-20
Tabel IV. 13 Pengujian Prediksi Waktu Penggunaan Baterai dengan Beban Simulasi RTU Segment-1	IV-21
Tabel IV. 14 Pengujian Prediksi Waktu Penggunaan Baterai dengan Beban Lampu Segment-2	IV-22
Tabel IV. 15 Pengujian Prediksi Waktu Penggunaan Baterai dengan Beban Lampu Segment-1	IV-23
Tabel IV. 16 Pengujian Keberhasilan Rangkaian <i>Bootstrap High-side</i>	IV-24
Tabel IV. 17 Pengujian Keberhasilan Rangkaian <i>Bootstrap High-side</i> dengan Sumber Eksternal pada Gate MOSFET	IV-27
Tabel IV. 18 Pengujian Sistem <i>Redundant</i> Perangkat 1 dan 2	IV-34
Tabel IV. 19 Pengujian Sistem <i>Redundant</i> Perangkat 3 dan 4	IV-34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Layout Perancangan Mekanik Keseluruhan	VII-1
Lampiran 2.	Perancangan Mekanik Alas Akrilik.....	VII-2
Lampiran 3.	Perancangan Elektrik	VII-3
Lampiran 4.	Perancangan PCB Rangkaian <i>Bootstrap High-side</i>	VII-4
Lampiran 5.	Datasheet Wemos D1 Mini.....	VII-5
Lampiran 6.	Script Arduino IDE (Perangkat 1-4 Wemos D1 Mini).....	VII-6

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

$C = \text{Kapasitas Baterai (Ah)}$

$t = \text{Waktu (s)}$

$I = \text{Arus (A)}$

$V = \text{Tegangan (V)}$

$P = \text{Daya (W)}$

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Di era teknologi yang terus berkembang ini, pemantauan jarak jauh telah muncul sebagai solusi inovatif dan efektif untuk memantau dan mengelola area terpencil. Area terpencil sering ditandai dengan aksesibilitas terbatas atau kendali fisik, dan penggunaan teknologi pemantauan jarak jauh memainkan peran penting dalam memperoleh data *real-time* serta memungkinkan pemantauan jarak jauh yang efisien [1], [2].

Beberapa sektor di mana pemantauan jarak jauh dapat memberikan manfaat meliputi Pemantauan Gerbang Air [3], Stasiun Pemantauan Cuaca [4], Pemantauan Ketinggian Air Laut[5], dan Pemantauan Solar Panel skala besar[6]. Manfaat utama dari pemantauan jarak jauh di area-area tersebut termasuk dalam peningkatan efisiensi dan akurasi dalam pemantauan dan pengelolaan, yang dapat membantu peneliti atau petugas lapangan mengakses data langsung dari lokasi yang tidak dapat dijangkau dan dengan cepat mengidentifikasi serta memantau gangguan terhadap sistem[7].

Perangkat jarak jauh seringkali menggunakan baterai *non-rechargeable*. Dengan menerapkan pemantauan jarak jauh pada baterai *non-rechargeable*, petugas lapangan dapat mengelola penggunaan baterai. Untuk mencapai hal ini, Internet of Things (IoT) dapat diimplementasikan untuk membantu pemantauan perangkat ke perangkat menggunakan protokol komunikasi *Message Queueing Telemetry Transport* (MQTT) [8], [9]. Dalam menggunakan MQTT, Kualitas transmisi data dilakukan analisis berdasarkan *Quality of Service* (QoS) yang terdapat dua parameter, yaitu *delay* dan *packet loss* [10]. Selain itu, dalam penggunaan baterai *non-rechargeable* pada perangkat jarak jauh dapat terjadi kehabisan daya yang merupakan sebuah ancaman terhadap fungsionalitas perangkat jarak jauh. Sistem *redundant* baterai umumnya diterapkan sebagai sumber catu daya cadangan dan prediksi waktu penggunaan baterai[11], [12].

penelitian ini menyoroti dua penelitian sebelumnya yang mencerminkan penggunaan dan keadaan serupa [11], [13]. Sistem-sistem yang dirancang sebelumnya [11], [13] menggunakan dua mikrokontroler (Arduino dan Wemos) untuk memantau dan mentransmisikan data melalui protokol komunikasi MQTT. Protokol MQTT terhubung ke antarmuka *Node-RED* di mana data yang dilakukan pemantauan tersaji. Selain itu, kedua penelitian sebelumnya memiliki dua sistem baterai *redundant* dan tujuan yang berbeda. Salah satu penelitian berfokus pada pengembangan sistem pemantauan *Uninterruptible Power Supply* (UPS) yang bertujuan untuk memastikan pasokan daya kontinu dan memantau kinerja perangkat UPS [13], sedangkan penelitian lainnya memantau pengalihan daya dari sumber listrik utama dan memberi notifikasi pada *smartphone* ketika generator cadangan digunakan[11].

Pada penelitian ini, penulis mengusulkan sistem yang ditingkatkan dalam pemantauan jarak jauh, sistem *redundant* baterai, prediksi waktu penggunaan baterai dan komunikasi dari penelitian sebelumnya yang akan diterapkan pada pemantauan baterai *non-rechargeable* dengan konsep perangkat ganda (*multipoint-to-point*). Secara ringkas, adalah meningkatkan efisiensi kerja sistem pemantauan jarak jauh, memperkenalkan konsep pemantauan multi-perangkat pada satu antarmuka, dan mengembangkan sistem *redundant* baterai *non-rechargeable*.

I.2 Rumusan Masalah

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

- 1) Bagaimana merancang bangun sistem prediksi waktu penggunaan baterai *non-rechargeable battery* pada simulasi RTU?
- 2) Bagaimana menerapkan sistem *redundant* baterai *non-rechargeable* pada simulasi RTU?
- 3) Bagaimana membuat sistem pemantauan baterai *non-rechargeable* pada simulasi RTU?

I.3 Batasan Masalah

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

- 1) Spesifikasi baterai yang digunakan untuk daya simulasi RTU adalah Baterai AA Ni-Mh 1,5 V yang di rangkai secara seri menjadi 12 V dengan kapasitas 300 mAh.
- 2) Mikrokontroler yang digunakan adalah Wemos D1 Mini.
- 3) Komunikasi setiap perangkat menggunakan jaringan internet.
- 4) Terdapat empat mikrokontroler yang dijadikan sebagai beban/simulasi RTU.
- 5) Simulasi RTU yang dirancang merupakan simulasi dengan menggunakan program *running* LED pada mikrokontroler.
- 6) Sistem prediksi waktu penggunaan baterai menggunakan metode *Piecewise Linear Regression*.
- 7) Sistem *redundant* baterai menggunakan rangkaian *Bootstrap high-side*.
- 8) Sistem pemantauan menggunakan topologi *Hub and Spoke*
- 9) Setiap perangkat diletakkan di ruangan yang berbeda sebagai simulasi *remote monitoring*.
- 10) Protokol komunikasi yang digunakan adalah MQTT.
- 11) *Database* yang digunakan adalah Google Sheets.
- 12) Antarmuka menggunakan *Node-RED* yang ditampilkan pada Laptop secara *local host*
- 13) Pada penelitian ini tidak meliputi analisis Akuisisi Data dan Sistem Keamanan Jaringan
- 14) Ketika baterai kembali terpasang setelah kondisi tidak ada baterai, maka harus dimulai kembali oleh paket baterai A.

I.4 Tujuan dan Manfaat

- 1) Mengimplementasikan *Piecewise Linear Regression* untuk memprediksi waktu penggunaan baterai *non-rechargeable*.
- 2) Mengimplementasikan Rangkaian *Bootstrap High-side* untuk sistem *redundant* baterai *non-rechargeable*.
- 3) Mengimplementasikan Topologi *Hub and Spoke* pada sistem pemantauan jarak jauh perangkat ganda.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika 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.