

**RANCANG BANGUN *IOT NODE* UNTUK PENINGKATAN
EFISIENSI DAYA PADA SISTEM *MONITORING* PERTANIAN
SALAK**



Tugas Akhir

Muhammad Fathan Ridhwan

00000069524

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2025**

**RANCANG BANGUN *IOT NODE* UNTUK PENINGKATAN
EFISIENSI DAYA PADA SISTEM *MONITORING* PERTANIAN
SALAK**



Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Komputer

Muhammad Fathan Ridhwan
00000069524

PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2025

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Muhammad Fathan Ridhwan

Nomor Induk Mahasiswa : **00000069524**

Program Studi : Teknik Komputer

Skripsi dengan judul:

RANCANG BANGUN IOT NODE UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI DAYA PADA SISTEM MONITORING PERTANIAN SALAK Merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari laporan karya tulis ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan maupun dalam penulisan laporan karya tulis ilmiah, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk mata kuliah yang telah saya tempuh.

Tangerang, 27 November 2025


(Muhammad Fathan Ridhwan)

HALAMAN PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Fathan Ridhwan
NIM : 00000069524
Program Studi : Teknik Komputer
Judul Laporan : RANCANG BANGUN IOT NODE UNTUK
PENINGKATAN EFISIENSI DAYA PADA
SISTEM MONITORING PERTANIAN SALAK

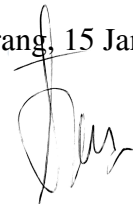
Dengan ini saya menyatakan secara jujur menggunakan bantuan Kecerdasan Artifisial (AI) dalam pengerjaan Tugas Akhir sebagai berikut:

- ☒ Menggunakan AI sebagaimana diizinkan untuk membantu dalam menghasilkan ide-ide utama saja
- ☒ Menggunakan AI sebagaimana diizinkan untuk membantu menghasilkan teks pertama saja
- ☒ Menggunakan AI untuk menyempurnakan sintaksis dan tata bahasa untuk pengumpulan tugas
- ☐ Karena tidak diizinkan: Tidak menggunakan bantuan AI dengan cara apa pun dalam pembuatan tugas

Saya juga menyatakan bahwa:

- (1) Menyerahkan secara lengkap dan jujur penggunaan perangkat AI yang diperlukan dalam tugas melalui Formulir Penggunaan Perangkat Kecerdasan Artifisial (AI)
- (2) Mengakui telah menggunakan bantuan AI dalam tugas saya baik dalam bentuk kata, paraphrase, penyertaan ide atau fakta penting yang disarankan oleh AI dan saya telah menyantumkan dalam sitasi serta referensi
- (3) Terlepas dari pernyataan di atas, tugas ini sepenuhnya merupakan karya saya sendiri

Tangerang, 15 Januari 2026



Muhammad Fathan Ridhwan

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir dengan judul

RANCANG BANGUN IOT NODE UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI DAYA PADA
SISTEM MONITORING PERTANIAN SALAK

Oleh

Nama : Muhammad Fathan Ridhwan

NIM : 00000069524

Program Studi : Teknik Komputer

Fakultas : Teknik dan Informatika

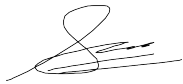
Telah diujikan pada hari Kamis, 15 Januari 2026

Pukul 09:00 s.d 11:00 dan dinyatakan

LULUS

Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang



Samuel, M. T. I
0304038902

Penguji



M.B. Nugraha, S.T., M.T.
0307039005

Pembimbing 1



Dareen Kusuma Halim, S.Kom., M.Eng.Sc.
0317129202

Pembimbing 2



Nabila Husna Shabrina, S.T., M.T.
0321099301

Ketua Program Studi Teknik Komputer



Samuel, M.T.I.

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

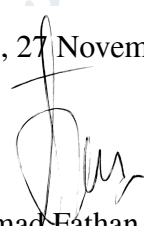
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fathan Ridhwan
NIM : 00000069524
Program Studi : Teknik Komputer
Jenjang : S1
Judul Karya Ilmiah : RANCANG BANGUN IOT NODE
UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI
DAYA PADA SISTEM MONITORING
PERTANIAN SALAK

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia:

- ☒ Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: dalam proses pengajuan publikasi ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*) **.
- ☐ Lainnya, pilih salah satu:
 - ☐ Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara
 - ☐ Embargo publikasi karya ilmiah dalam kurun waktu 3 tahun.

Tangerang, 27 November 2025


Muhammad Fathan Ridhwan

* Pilih salah satu

** Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk dipublikasikan ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul “Rancang Bangun IoT Node untuk Peningkatan Efisiensi Daya pada Sistem Monitoring Pertanian Salak”. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan program Sarjana Teknik Komputer.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang sebuah IoT node yang lebih efisien dalam penggunaan daya untuk mendukung sistem monitoring pertanian salak secara berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan mendukung tim MySalak dalam pengembangan teknologi monitoring yang lebih optimal.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Andrey Andoko, M.Sc., selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Dr. Eng. Niki Prastomo, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Universitas Multimedia Nusantara.
3. Samuel, M.T.I, selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer, yang telah memberikan banyak arahan serta bimbingan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Beliau dengan jelas menjelaskan berbagai ketentuan dan rubrik penilaian yang kompleks, sehingga penulis dapat memahami standar dan arah yang tepat dalam penyusunan tugas akhir.
4. Dareen Kusuma Halim, S.Kom., M.Eng.Sc., selaku Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi selama proses penyusunan tugas akhir ini. Beliau juga telah membagikan pengetahuan yang luas dan mendalam di bidang IoT dan Embedded Systems, yang menjadi dasar penting dalam perancangan dan pengembangan penelitian ini. Setiap masukan dan diskusi yang diberikan sangat membantu penulis

dalam memahami permasalahan dan mengarahkan penelitian ke arah yang lebih tepat.

5. Nabila Husna Shabrina, S.T., M.T., selaku Pembimbing 2, yang meskipun memiliki kesibukan dalam penyelesaian studi doktoralnya, tetap bisa meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, masukan, motivasi, serta koreksi yang sangat berharga. Dedikasi dan perhatian selama proses pengerjaan tugas akhir ini telah memberikan dorongan besar bagi penulis untuk terus memperbaiki dan menyempurnakan penelitian.
6. Keluarga penulis, yang selalu memberikan dukungan tanpa henti, baik dalam bentuk material, moral, maupun motivasi. Doa, perhatian, dan semangat yang diberikan keluarga menjadi kekuatan utama bagi penulis dalam menjalani seluruh proses perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir ini.
7. Tim MySalak, yang telah memberikan banyak dukungan, semangat, serta pengetahuan yang relevan terkait proses monitoring pertanian salak. Kolaborasi dan diskusi yang terjalin bersama tim sangat membantu penulis dalam memahami kebutuhan di lapangan dan memastikan penelitian ini dapat memberikan manfaat nyata.
8. EPICS in IEEE, yang telah mendukung pendanaan program MySalak, sehingga penelitian dan pengembangan yang menjadi dasar tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Dukungan ini sangat berarti bagi kelangsungan proyek dan pelaksanaan penelitian di lapangan.
9. Teman-teman seperjuangan Teknik Komputer angkatan 2022, yang senantiasa memberikan dukungan moral, semangat, serta kebersamaan yang berarti sejak awal perkuliahan hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Kehadiran dan dukungan mereka menjadi motivasi tersendiri bagi penulis untuk tetap berproses dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Harapan penulis, hasil tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penelitian maupun pengembangan sistem serupa di masa mendatang. Penulis juga berharap teknologi ini nantinya dapat membantu para petani salak di Sleman, Yogyakarta dalam memonitor kondisi lahan secara lebih mudah, efisien, dan akurat. Segala masukan dan saran sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan penelitian ini.

Tangerang, 27 November 2025



Muhammad Fathan Ridhwan



RANCANG BANGUN IOT NODE UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI DAYA PADA SISTEM MONITORING PERTANIAN SALAK

Muhammad Fathan Ridhwan

ABSTRAK

Kebutuhan akan data iklim mikro lokal yang akurat untuk memprediksi serangan hama pada pertanian salak di Sleman, Yogyakarta, terkendala oleh kegagalan ketahanan daya pada desain sebelumnya. *Node V1*, yang rata-rata hanya mampu beroperasi selama 60 hingga 77.6 hari karena konsumsi daya yang boros (rata-rata 62.84 mW) akibat inefisiensi komponen siap pakai (seperti regulator AMS1117 dan *linear charger* CN3065), implementasi *deep sleep* yang belum optimal, dan *power gating* yang terbatas. Penelitian ini mengajukan solusi MySalak V2, sebuah perancangan ulang fundamental pada arsitektur yang sepenuhnya terintegrasi pada PCB custom, menggunakan mikrokontroler STM32U585 *ultra-low-power*, sistem pengisian daya MPPT CN3791 yang efisien, dan penerapan arsitektur *true power-off* yang dikontrol oleh timer eksternal TPL5111 dan *load switch* TPS22918 untuk memutus total daya pada semua *peripheral*, menghilangkan *quiescent current* selama mode *standby*. Validasi dilakukan melalui pengujian komparatif kuantitatif yang mencakup pengukuran profil konsumsi arus di laboratorium menggunakan nRF PPK2 untuk mendapatkan estimasi masa pakai teoretis, serta pengujian operasional lapangan selama lebih dari 31 hari di lingkungan dengan cahaya optimal dan naungan vegetasi lebat untuk membandingkan ketahanan daya operasional. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa arsitektur *node V2* mencapai pengurangan konsumsi daya rata-rata sebesar 99.20%, menjadikannya 125.68 kali lebih efisien daripada *V1*, dengan proyeksi masa pakai baterai meningkat dari 17 hari menjadi 2158 hari. Keunggulan ini terkonfirmasi di lapangan. Di bawah kondisi vegetasi lebat, *node V1* mengalami kegagalan daya total (terkurus hingga *cut-off* 2.5V) dalam waktu 15 hari, sementara *V2* tetap beroperasi stabil serta analisis *slope* Theil-Sen menunjukkan laju pengurasan baterai *V1* 84.5 kali lebih cepat daripada *V2*, dan Uji U Mann-Whitney secara statistik membuktikan bahwa distribusi tegangan baterai *V2* secara signifikan lebih tinggi dan stabil di semua kondisi lingkungan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa rancang bangun arsitektur *node V2* berhasil secara dramatis meningkatkan efisiensi dan stabilitas daya yang superior, menjamin keberlanjutan operasional jangka panjang untuk sistem *monitoring* pertanian jarak jauh.

Kata kunci: *IoT Node*, Monitoring Pertanian Salak, Optimalisasi Efisiensi Daya, Desain PCB

DESIGN OF IOT NODE TO IMPROVE POWER EFFICIENCY IN SALAK AGRICULTURAL MONITORING SYSTEMS

Muhammad Fathan Ridhwan

ABSTRACT (English)

The need for accurate hyperlocal microclimate data to predict pest infestations in Salak farming areas in Sleman, Yogyakarta, was hindered by critical power endurance failures in the previous design. Node V1 operated for only 60 to 77.6 days on average due to high power consumption (average 62.84 mW). This inefficiency was caused by ready-made component flaws (such as the inefficient AMS1117 regulator and CN3065 linear charger), sub-optimal deep sleep implementation, and limited power gating. This research proposes the MySalak V2 solution, a fundamental architectural redesign fully integrated onto a custom PCB. It utilizes the ultra-low-power STM32U585 microcontroller, an efficient CN3791 MPPT charging system, and implements a true power-off architecture. This is controlled by an external TPL5111 timer and a TPS22918 load switch to totally cut power to all peripherals, effectively eliminating quiescent current during standby mode. Validation was performed through quantitative comparative testing, which included measuring the current consumption profile in the laboratory using the nRF PPK2 to obtain the theoretical lifespan estimate, as well as operational field testing for over 31 days in environments with optimal light and dense vegetation cover to compare operational power endurance. Laboratory test results indicate that the V2 node architecture achieved an average power consumption reduction of 99.20%, making it 125.68 times more efficient than V1, with the projected battery life increasing from 17 days to 2158 days. This superior performance was confirmed in the field. Under dense vegetation cover, the V1 node experienced total power failure (drained to 2.5V cut-off) within 15 days, while V2 remained stable. Furthermore, Theil-Sen slope analysis revealed that V1's battery depletion rate was 84.5 times faster than V2, and the Mann-Whitney U Test statistically confirmed that the battery voltage distribution of V2 was significantly higher and more stable across all environmental conditions. The conclusion of this study is that the architectural redesign of Node V2 successfully and dramatically improved power efficiency and stability, guaranteeing long-term operational sustainability for the remote agricultural monitoring system.

Keywords: *IoT Node, Snakefruit Farm Monitoring, Power Efficiency, Optimization, PCB Design*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
HALAMAN PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT (English)</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Pertanyaan Penelitian	6
1.3 Batasan Penelitian	7
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.5.1 Manfaat Praktis bagi Petani dan Pengelola Proyek MySalak	8
1.5.2 Manfaat Akademis	9
1.6 Sistematika Penulisan	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Justifikasi Solusi	11
2.1.1 Desain Perangkat IoT Mandiri Jarak Jauh (Kjellby et al., 2018) [2]	11
2.1.2 Optimisasi Konsumsi Daya untuk Solar-battery IoT berdasarkan Wemos D1 Mini (Gaikwad et al., 2020) [3]	12
2.1.3 Arsitektur Node Sensor Berbasis Timer Eksternal (Cerchecci et al., 2018) [4]	15
2.1.4 Analisis Post-Mortem Node V1	17
2.2 Tinjauan Teori	20
2.2.1 Internet of Things	20
2.2.2 LoRa	22
2.2.3 Sensor Suhu dan Kelembapan (DFRobot SHT20)	23
2.2.4 Sensor Ambient Light	24
2.2.5 Tipping Bucket Rain Gauge	25
2.2.6 Mikrokontroler STM32U585 [12]	25

2.2.7 STM32duino [13]	25
2.2.8 Arduino Framework [14]	26
2.2.9 Prinsip Clock Gating dan Power Gating [16]	27
2.2.10 Prinsip Duty Cycling dan Sleep Scheduling [17]	29
2.2.11 Prinsip Ketahanan Daya (Power Budget)	30
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Perancangan Solusi	32
3.1.1 Perancangan Hardware	38
3.1.2 Perancangan Power Controller	39
3.1.3 Perancangan Counter	43
3.1.4 Perancangan System Clock	45
3.1.5 Perancangan Firmware	47
3.2 Metode Pengujian	49
3.2.1 Pengujian Laboratorium (Garis Dasar Konsumsi Daya)	50
3.2.2 Skenario Pengujian Laboratorium	51
3.2.3 Metrik dan Analisis Data Pengujian Laboratorium	51
3.2.4 Pengujian Lapangan	52
3.2.5 Konfigurasi Pengujian Lapangan	54
3.2.6 Metrik dan Analisis Data Pengujian Lapangan	57
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	59
4.1 Spesifikasi Sistem	59
4.1.1 Spesifikasi STM32U585 [12]	59
4.1.2 Spesifikasi CN3791 [18]	62
4.1.3 Spesifikasi LDO MIC5219-3.3V [19]	63
4.1.4 Spesifikasi XB5350D0 [20]	65
4.1.5 Spesifikasi Timer TPL5111 dan Load Switch TPS22918 [21, 22]	66
4.1.6 Spesifikasi RFM95W-915S2 [9]	68
4.1.7 Spesifikasi Sensor DFRobot SHT20 [10]	69
4.1.8 Spesifikasi Sensor DFRobot Gravity LUX (BH1750) [11]	70
4.1.9 Spesifikasi Sensor DRV5032 [23]	71
4.1.10 Spesifikasi Counter CD4040BM dan PCF8575 [24, 25]	72
4.2 Implementasi Hardware	74
4.2.1 Desain Skematik	74
4.2.2 Implementasi MPPT Solar Charger	76
4.2.3 Implementasi Always-On Region	81
4.2.4 Implementasi Power-Gated Region	85
4.2.5 Implementasi Mikrokontroler, Sensor dan LoRa	86
4.2.6 Desain dan Perakitan PCB	91
4.3 Implementasi Firmware	98
4.3.1 Implementasi Clock Gating	98

4.3.2 Implementasi Program Firmware	101
4.4 Pengujian Lab	104
4.4.1 Pengujian Peripheral Individu	104
4.4.2 Perbandingan Efisiensi Komputasi	105
4.4.3 Konfigurasi Pengujian Sistem Keseluruhan	110
4.4.4 Pengujian Operasi Normal	111
4.4.5 Pengujian Operasi Simulasi Hujan	113
4.4.6 Analisis Daya	115
4.4.7 Perhitungan Estimasi Masa Pakai Baterai	117
4.5 Pengujian Lapangan dan Analisis	119
4.5.1 Persiapan dan Penempatan DUT	119
4.5.2 Preparasi dan Normalisasi Data	123
4.5.3 Analisis Data Lokasi A (Matahari Optimal)	126
4.5.4 Analisis Data Lokasi B (Matahari Tidak Optimal)	138
4.6 Limitasi dan Kekurangan	149
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	151
5.1 Simpulan	151
5.2 Saran	153
DAFTAR PUSTAKA	154
Lampiran	159



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Analisis sumber inefisiensi arsitektur node V1	18
Tabel 4.1 Spesifikasi STM32U585	59
Tabel 4.2 Perbandingan ESP32 dan STM32U585 dalam operasi ultra-low-power	61
Tabel 4.3 Spesifikasi IC CN3791	62
Tabel 4.4 Spesifikasi LDO MIC5219-3.3V	63
Tabel 4.5 Spesifikasi IC XB5350D0 sebagai proteksi baterai	65
Tabel 4.6 Spesifikasi IC TPL5111 sebagai timer	66
Tabel 4.7 Spesifikasi IC TPS22918 sebagai high-side power-switch	67
Tabel 4.8 Spesifikasi modul RFM95W-915S2	69
Tabel 4.9 Spesifikasi sensor DFRobot SHT20	70
Tabel 4.10 Spesifikasi sensor DFRobot Gravity LUX (BH1750)	71
Tabel 4.11 Spesifikasi sensor DRV5032	72
Tabel 4.11 Kegunaan IC CD4040BM	72
Tabel 4.12 Spesifikasi IC PCF8575	73
Tabel 4.13 Alokasi Pin untuk bus komunikasi utama	90
Tabel 4.14 Alokasi pin untuk peripheral spesifik	90
Tabel 4.15 Perbandingan konsumsi daya peripheral	104
Tabel 4.16 Hasil pengukuran profil daya node V1 siklus normal	111
Tabel 4.17 Hasil pengukuran profil daya node V2 siklus normal	112
Tabel 4.18 Hasil pengukuran profil daya node V1 siklus simulasi hujan	114
Tabel 4.19 Hasil pengukuran profil daya node V2 siklus simulasi hujan	114
Tabel 4.20 Estimasi masa pakai baterai teoritis	118
Tabel 4.21 Statistika deskriptif baterai V1 vs V2 (Lokasi A - Terang)	129
Tabel 4.22 Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk (Lokasi A - Terang)	132
Tabel 4.23 Hasil estimasi kemiringan Theil-Sen (Lokasi A - Terang)	135
Tabel 4.24 Statistika Deskriptif Tegangan Baterai Ternormalisasi (Lokasi B - Gelap)	140
Tabel 4.25 Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk (Lokasi B - Gelap)	144
Tabel 4.26 Hasil estimasi kemiringan Theil-Sen (Lokasi B - Gelap)	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Node IoT MySalak V1 yang menggunakan pre-built components	4
Gambar 2.1 Sensor SHT20	23
Gambar 2.2 Sensor DFRobot Ambient Light	24
Gambar 3.1 Arsitektur MySalak V1	32
Gambar 3.2 Alur software MySalak V1	36
Gambar 3.3 Perancangan Power Controller	39
Gambar 3.4 Perancangan Counter untuk menghitung pulse	43
Gambar 3.5 Ilustrasi konfigurasi System Clock untuk mode hemat daya	46
Gambar 3.6 Diagram alur firmware	48
Gambar 3.7 Skematik Konfigurasi Pengujian Laboratorium	50
Gambar 3.8 Konfigurasi pengujian lapangan komparatif	53
Gambar 3.9 Dokumentasi penempatan node di lokasi atap terbuka (Gedung C)	56
Gambar 4.1 Skematik bagian power supply	75
Gambar 4.2 Skematik bagian mikrokontroler	75
Gambar 4.3 Skematik bagian sensor	76
Gambar 4.4 Skematik MPPT charger	77
Gambar 4.5 Skematik XB5350D0 untuk proteksi baterai	79
Gambar 4.6 Skematik ADC	80
Gambar 4.7 Skematik LDO MIC5219	82
Gambar 4.8 Skematik breakout sensor DRV5032	83
Gambar 4.9 Skematik counter CD4040BM dan I/O expander PCF8575	84
Gambar 4.10 Skematik timer TPL5111 dan load switch TPS22918	85
Gambar 4.11 Skematik power filter dan filter VDDA	87
Gambar 4.12 Skematik footprint kristal eksternal	88
Gambar 4.13 Skematik modul RFM95W-915S2	89
Gambar 4.14 Skematik I2C pull-up	89
Gambar 4.15 Tampilan layout PCB MySalak V2 (Top dan Bottom Layer)	92
Gambar 4.16 Visualisasi separasi power region	93
Gambar 4.17 Hasil render PCB setelah di populasi dengan komponen	95
Gambar 4.18 Hasil solder SMD dengan hot air soldering	96
Gambar 4.19 Prototipe V2 terpasang di dalam enclosure kustom	97
Gambar 4.20 Modifikasi clock dengan mengubah file generic_clock.c pada variants STM32duino	99
Gambar 4.16 Penggunaan daya ESP32 @ 240MHz dan skor CoreMark	106
Gambar 4.17 Penggunaan daya ESP32 @ 80MHz dan skor CoreMark	107
Gambar 4.18 Penggunaan daya STM32U585 @ 160MHz dan skor CoreMark	108
Gambar 4.19 Penggunaan daya STM32U585 @ 48MHz dan skor CoreMark	109
Gambar 4.20 Opsi mode Source pada perangkat lunak nRF Connect Power Profiler	110
Gambar 4.21 Profil konsumsi daya node V1 selama satu siklus	111
Gambar 4.22 Konfigurasi pengujian node dengan test jig	113
Gambar 4.23 Pulse yang terekam selama simulasi hujan node V1	114
Gambar 4.24 Modifikasi penambahan ADC pada Node V1	120

Gambar 4.25 Lokasi penempatan node di gedung C lantai 3 UMN	121
Gambar 4.27 Contoh struktur data mentah JSON yang diterima dari backend	123
Gambar 4.28 Potongan kode Python untuk pengambilan data API dan hasilnya dalam Polars DataFrame	124
Gambar 4.29 Plot perbandingan V1 dan V2 terhadap waktu (Lokasi A - Terang)	127
Gambar 4.30 Perbandingan boxplot baterai node V1 vs node V2 (Lokasi A)	128
Gambar 4.31 Plot histogram dan Q-Q plot baterai V1 dan V2 (Lokasi A - Terang)	131
Gambar 4.32 Plot Perbandingan trend penurunan V1 vs V2 dengan garis Theil-Sen (Lokasi A - Terang)	136
Gambar 4.33 Plot perbandingan V1 dan V2 terhadap waktu (Lokasi B - Gelap)	138
Gambar 4.34 Perbandingan boxplot baterai node V1 vs node V2 (lokasi B)	140
Gambar 4.35 Plot histogram dan Q-Q Plot Baterai V1 dan V2 (Lokasi B - Gelap)	144
Gambar 4.36 Plot perbandingan tren penurunan V1 vs V2 dengan garis Theil-Sen (Lokasi B - Gelap)	147



DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil Turnitin	159
2. Form Konsultasi Bimbingan Skripsi Pembimbing 1	165
3. Form Konsultasi Bimbingan Skripsi Pembimbing 2	167
4. Formulir Penggunaan Perangkat Kecerdasan Artifisial (AI)	169



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA