



**RANCANG BANGUN *WEATHER STATION* BERBASIS
MIKROKONTROLER DENGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA DAN TRANSMISI DATA MENGGUNAKAN LORA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Oleh :
Rizal Krisna Saputra
40040621650060

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2025

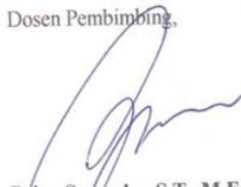
LEMBAR PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN *WEATHER STATION* BERBASIS
MIKROKONTROLER DENGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
DAN TRANSMISI DATA MENGGUNAKAN LORA

Nama : Rizal Krisna Saputra
NIM : 40040621650060

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH:

Dosen Pembimbing,



Privo Sasnoko, S.T., M.Eng.
NIP. 197009161998021001

Tanggal 1 September 2016

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Supari, S.T., M.Kom.
NIP. 197710012001121002

Tanggal 1 September 2016

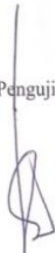
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN *WEATHER STATION* BERBASIS
MIKROKONTROLER DENGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
DAN TRANSMISI DATA MENGGUNAKAN LORA

Diajukan oleh : Rizal Krisna Saputra
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 24 Juli 2025

Penguji I



Arkhan Subari, S.T., M.Kom.
NIP.197710012001121002

Penguji II



Ir. H. Shiful Manan, MT.
NIP. 196104221987031001

Penguji III



Privo Sasnoko, ST, M.Eng
NIP.197009161998021001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP.197710012001121002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizal Krisna Saputra
NIM : 40040621650060
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun *Weather Station* Berbasis Mikrokontroler Dengan Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Transmisi Data Menggunakan LoRa

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul Tugas Akhir ini belum pernah diajukan sebelumnya untuk mendapatkan gelar keahlian di sebuah perguruan tinggi. Se jauh pengetahuan saya, tidak ada karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang saya rujuk secara tertulis dalam naskah ini dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia mendapat sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI. No.17 Tahun 2010 dan Undang- Undang yang berlaku.

Semarang, 24 Juli 2025

Yang membuat Pernyataan



Rizal Krisna Saputra
NIM. 40040621650060

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua Orang Tua tercinta yang telah memberi doa dan dukungan kepada penulis untuk selalu semangat dalam menjalani masa pendidikan hingga tuntas.
2. Bapak Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng.. Selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, bimbingan dan fasilitas kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir
3. Bapak Arkhan Subari, S.T.,M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
4. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Program Studi Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Cah Cah Sangar Sam Sugab, Sam Pipit, Sam Wildan, Sam Agung, Sam Pitrian, Sam Uqi, Sam Indra, Sam Al, Sam Cahyo, Sam Talah, Sam Iqbal, Sam Gapar yang selalu menemani progress pengerjaan Tugas Akhir penulis.
6. Mba D yang telah menjadi penyemangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Rekan-rekan Teknik Listrik Industri 2021 yang selalu berjuang bersama dari awal masa perkuliahan hingga lulus.
8. Seluruh pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
9. Serta, untuk diri saya sendiri yang telah bertahan dan terus berjuang tanpa lelah hingga tersusunnya Tugas Akhir ini.

ABSTRAK

Perubahan iklim yang semakin ekstrem menuntut adanya sistem pemantauan cuaca yang hemat energi, andal, dan mampu beroperasi secara mandiri di lokasi terpencil. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem *Weather Station* berbasis mikrokontroler ESP32 yang ditenagai oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) serta menggunakan modul LoRa sebagai media transmisi data nirkabel jarak jauh. Sistem ini dilengkapi berbagai sensor untuk mengukur suhu dan tekanan udara (BMP280), kecepatan dan arah angin (anemometer dan wind vane RS232-TTL), serta curah hujan (rain gauge tipe tipping bucket). Data sensor dikirim secara periodik ke node penerima, lalu ditampilkan dalam antarmuka *dashboard* menggunakan Node-RED dan disimpan secara otomatis dalam format CSV harian. Sistem juga dilengkapi indikator LED sebagai penanda status operasional. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu beroperasi stabil tanpa koneksi listrik atau internet selama 24 jam, dengan tingkat keberhasilan pengiriman data melebihi 90% dan jangkauan komunikasi LoRa hingga 2 km. Keandalan suplai daya dari PLTS juga terbukti mencukupi kebutuhan sistem. Dengan hasil ini, sistem yang dikembangkan layak digunakan sebagai solusi pemantauan cuaca mandiri, khususnya di wilayah terpencil yang belum terjangkau jaringan komunikasi konvensional.

Kata kunci : *Weather Station*, ESP32, LoRa, Node-RED, Sensor Cuaca, Tenaga Surya

ABTRACT

Climate change demands the development of energy-efficient and autonomous weather monitoring systems capable of operating in remote areas. This study designs and implements a weather station based on the ESP32 microcontroller, powered by a standalone solar power system (PLTS), and utilizing LoRa for long-range wireless data transmission. The system integrates several sensors to measure temperature and atmospheric pressure (BMP280), wind speed and direction (anemometer and RS232-TTL wind vane), and rainfall (tipping bucket rain gauge). Sensor data is transmitted periodically to a receiver node, displayed in real time via a Node-RED dashboard, and automatically logged in daily CSV format. The system also includes LED indicators to show operational status. Testing results demonstrate that the system can operate stably for 24 hours without access to electricity or internet, achieving over 90% data transmission success rate with a communication range of up to 2 km. The solar power system reliably meets the energy requirements of the station. These findings indicate that the developed weather station is effective and suitable for deployment as an independent weather monitoring solution, particularly in remote areas lacking conventional communication infrastructure.

Keyword : *Weather Station, ESP32, LoRa, Node-RED, Weather Sensors, Solar Power*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb

Puji syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “RANCANG BANGUN *WEATHER STATION* BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN TRANSMISI DATA MENGGUNAKAN LORA”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya atas doa, bantuan dan dukungan kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan ini. Adapun pihak-pihak tersebut antara lain :

1. Allah SWT atas segala Rahmat dan Kebaikan-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan maksimal.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiono, M.Si., Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
3. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng., selaku Dosen Wali, serta Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing penulis dalam pembuatan tugas akhir sampai dengan penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang selalu memberikan yang terbaik bagi mahasiswanya selama perkuliahan berlangsung hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Dan semua pihak yang membantu dalam pembuatan tugas akhir dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penyusun sebutkan satu per satu tidak mengurangi rasa hormat.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun agar laporan tugas akhir ini memberikan manfaat baik bagi penulis, almamater Civitas

Univeritas Diponegoro, maupun pembaca pada umumnya dan semua pihak khususnya bagi mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Semarang, 24 Juli 2025



Rizal Krisna Saputra

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GRAFIK	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	xxii
1.1 Latar Belakang	23
1.2 Rumusan Masalah	26
1.3 Tujuan Penelitian.....	26
1.4 Manfaat Penelitian	27
1.5 Batasan Masalah.....	27
1.6 Sistematika Tugas Akhir	28
BAB II LANDASAN TEORI	30
2.1 Tinjauan Pustaka	30
2.2 Dasar Teori.....	31

2.2.1	<i>Weather Station</i>	31
2.2.2	Angin	33
2.2.3	Suhu	33
2.2.4	Tekanan Udara	33
2.2.5	Curah Hujan.....	34
2.2.6	Module ESP 32 V4	34
2.2.7	Sensor BMP280	39
2.2.8	Sensor Kecepatan Angin (<i>Anemometer</i> Berbasis Sensor <i>Hall Effect</i>)..	41
2.2.9	Sensor Arah Angin (<i>Wind Vane</i> Berbasis Sensor RS232 TTL)	43
2.2.10	Sensor Curah Hujan (<i>Rain Gauge</i> Berbasis Sensor <i>Hall Effect</i>).....	44
2.2.11	Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	47
2.2.12	<i>Solar Charge Controller</i> (SCC) Tipe PWM	49
2.2.13	Baterai LiFePO ₄ (Lithium Iron Phosphate)	51
2.2.14	LM 2596 <i>Step Down</i>	53
2.2.15	LoRa	55
2.2.16	Modul LoRa RA-02.....	64
2.2.17	Antena.....	66
2.2.18	UPS Module Baterai.....	69
2.2.19	Adaptor 5V 3A Type C	70
2.2.20	Arduino IDE	71
2.2.21	MQTT Broker	76
2.2.22	Node-Red	78
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR.....		81
3.1	Prosedur Pembuatan Tugas Akhir.....	81
3.1.1	Diagram Blok	82

3.2	Cara kerja Blok Diagram.....	82
3.2.1	Input.....	83
3.2.2	Proses.....	83
3.2.3	Output	85
3.3	Perancangan Perangkat Keras	85
3.3.1	Skematik Step Down LM2596 dan Sistem Catu Daya.....	87
3.3.2	Sensor BMP280	89
3.3.3	Sensor <i>Anemometer</i>	90
3.3.4	Sensor Wind Vane	91
3.3.5	Sensor Rain Gauge	92
3.3.6	LoRa RA-02	93
3.4	Perancangan Perangkat Lunak (Software)	95
3.4.1	Flowchart Sistem Node Transmitter	95
3.4.2	Cara kerja system Transmitter	97
3.4.3	Flowchart Sistem Node Receiver	99
3.4.4	Cara Kerja Flowchart Sistem Receiver	100
3.4.5	Flowchart Komunikasi Data.....	102
3.4.6	Cara Kerja Sistem Komunikasi	103
3.4.5	Perancangan Visualisai Data.....	105
3.4.6	Stuktur Komunikasi dan Pengiriman Data	107
BAB IV PEMBUATAN ALAT RANCANG BANGUN <i>WEATHER STATION</i>		
BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN PEMBANGKIT LISTRIK		
TENAGA SURYA DAN TRANSMISI DATA MENGGUNAKAN LORA.....		
4.1	Pembuatan Perangkat Keras (Hardware).....	109
4.1.1	Desain Perangkat Keras (Hardware)	109

4.1.2	Alat dan Bahan Pembuatan Perangkat Keras (Hardware).....	116
4.1.3	Pembuatan Rangkaian Elektronika.....	121
4.1.4	Pembuatan dan Pemasangan Rangkaian Mekanik	123
4.1.5	Perakitan Alat Pada Panel Box <i>Transmitter</i>	125
4.1.6	Perakitan Alat Pada Panel Box <i>Receiver</i>	127
4.2	Pembuatan Perangkat Lunak (Software)	128
BAB V PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS SISTEM		136
5.1	Tujuan Pengujian	136
5.2	Skema dan Lokasi Pengujian.....	136
5.2.1	Skema Lokasi Pengujian	136
5.2.2	Deskripsi Lokasi Pengujian	137
5.3	Prosedur Pengujian	139
5.3.1	Setup Perangkat Keras.....	139
5.4	Pengujian Fungsional Komponen.....	143
5.4.1	Pengujian Sensor BMP280	143
5.4.2	Pengujian Sensor <i>Anemometer</i>	145
5.4.3	Pengujian Sensor <i>Wind Vane</i>	147
5.4.4	Pengujian Sensor <i>Rain Gauge</i>	149
5.4.5	Pengujian Jarak Komunikas LoRa	151
5.4.6	Pengujian Visualisasi Data	158
5.4.7	Pengujian Ketahanan Panel Surya dan Baterai.....	159
5.5	Analisis Hasil Pengujian.....	163
5.5.1	Akurasi Data Sensor BMP280.....	163
5.5.2	Analisa Hasil Pengujian Sensor <i>Anemometer</i> (Kecepatan Angin)	165
5.5.3	Analisa Hasil Pengujian Sensor <i>Wind Vane</i> (Arah Angin)	168

5.5.4	Analisa Hasil Pengujian Sensor <i>Rain Gauge</i> (Curah Hujan)	169
5.5.5	Analisa Hasil Komunikasi LoRa	171
5.5.6	Analisa Hasil Pengujian Ketahanan PLTS dan Baterai	172
5.5.7	Analisa Stabilitas Sistem Selama Pengujian	174
5.5.8	Analisis Hasil Visualisasi dan Penyimpanan Data	176
5.5.9	Evaluasi Visualisasi dan Penyimpanan.....	177
BAB VI KESIMPULAN.....		179
6.1	Kesimpulan.....	179
6.2	Saran	180
DAFTAR PUSTAKA		181
LAMPIRAN.....		185

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Module Esp 32	34
Gambar 2. 2 Pin Out Modul ESP32 DEVKITC V4.....	36
Gambar 2. 3 Sensor BMP 280.....	39
Gambar 2. 4 Sensor Anemometer	41
Gambar 2. 5 Sensor Wind Vane	43
Gambar 2. 6 Sensor Rain Gauge	44
Gambar 2. 7 Photovoltaic.....	47
Gambar 2. 8 Solar Charge Controller (SCC)	49
Gambar 2. 9 Baterai Lifepo4.....	51
Gambar 2. 10 LM 2596.....	53
Gambar 2. 11 LoRaWAN Layers	57
Gambar 2. 12 Konfigurasi End Device dan Gateway	58
Gambar 2. 13 Arsitektur LoRaWAN	60
Gambar 2. 14 Ilustrasi LoRa Chirp Spread Spectrum.....	61
Gambar 2. 15Alokasi Frekuensi LoRaWAN di Berbagai Negara.....	63
Gambar 2. 16 LoRa Ra R02.....	64
Gambar 2. 17 Antena 12DBI 433MHZ.....	67
Gambar 2. 18 Antena 8DBI 433MHZ.....	68
Gambar 2. 19 UPS Module 18650 5V 3A	69
Gambar 2. 20 Adaptor 5V Type C.....	70
Gambar 2. 21 Arduino IDE	71
Gambar 2. 22 Struktur Program Arduino IDE	73
Gambar 2. 23 MQTT Broker	76
Gambar 2. 24 MQTT Real Protocol.....	77
Gambar 2. 25 Node Red.....	78
Gambar 2. 26 Input node dan output node di Node-RED.....	80

Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	81
Gambar 3. 2 Diagram Blok.....	82
Gambar 3. 3 Skematik <i>Transmitter</i> Wetaher Station.....	86
Gambar 3. 4 Skematik <i>Receiver</i> Weather Station	87
Gambar 3. 5 Skematik Step Down LM2596.....	87
Gambar 3. 6 Rangkaian Sensor BMP 280	89
Gambar 3. 7 Rangkaian Sensor Anemometer	90
Gambar 3. 8 Rangkaian Sensor Wind Vane	91
Gambar 3. 9 Rangkaian Sensor Rain Gauge.....	92
Gambar 3. 10 Rangkaian LoRa.....	93
Gambar 3. 11 Flowchart Sistem Kerja Alat Node Transmitter	96
Gambar 3. 12 Flowchart Sistem Kerja Alat Node Receiver	99
Gambar 3. 13 Flowchart Komunikasi Data.....	102
Gambar 4. 1 Desain 2D Pembuatan Perangkat Keras (Hardware)	110
Gambar 4. 2 Breket Panel Surya	111
Gambar 4. 3 Breket Sensor	111
Gambar 4. 4 Breket Box.....	112
Gambar 4. 5 Desain Sensor BMP280	112
Gambar 4. 6 Desain Sensor Anemometer	113
Gambar 4. 7 Desain Sensor Wind Vane	113
Gambar 4. 8 Desain Sensor Rain Gauge.....	114
Gambar 4. 9 Dokumentasi Pembuatan Desain Perancangan Mekanik	114
Gambar 4. 10 Dokumentasi Pembuatan Desain 3D Pada Sensor	115
Gambar 4. 11 Desain Schematic Rangkaian Transmitter.....	115
Gambar 4. 12 Desain Schematic Rangkaian Reciver.....	116
Gambar 4. 13 Proses Penyolderan	122
Gambar 4. 14 Hasil Proses Soldering PCB.....	122
Gambar 4. 15 Proses Pembelian Bahan Kerangka Mekanik.....	123
Gambar 4. 16 Proses Pengelasan Rangkaian Mekanik	123
Gambar 4. 17 Proses Pencomponan Pada Rangkaian Mekanik.....	124

Gambar 4. 18 Proses Pengecatan	124
Gambar 4. 19 Perakitan Rangkaian Mekanik	125
Gambar 4. 20 Hasil Perakitan Panel Box Transmitter	126
Gambar 4. 21 Hasil Perakitan Box Receiver	128
Gambar 4. 22 Tampilan Awal Aplikasi Arduino IDE	128
Gambar 4. 23 Memilih Port Esp32	129
Gambar 4. 24 Proses Upload Library	129
Gambar 4. 25 Membuat Program untuk Board Esp32	129
Gambar 4. 26 Tampilan Setelah Compile Berhasil	130
Gambar 4. 27 Tampilan halaman unduhan Mosquitto pada situs resminya.....	130
Gambar 4. 28 File installer Mosquitto siap untuk dijalankan	131
Gambar 4. 29 Proses instalasi Mosquitto dengan pengaturan default	131
Gambar 4. 30 Mosquitto sudah berjalan	132
Gambar 4. 31 Membuka Command Prompt untuk instalasi Node-RED	132
Gambar 4. 32 Tampilan antarmuka Node-RED di browser	133
Gambar 4. 33 Menambahkan node “mqtt in” ke dalam flow workspace	134
Gambar 4. 34 Konfigurasi koneksi ke MQTT broker.....	134
Gambar 4. 35 Pengaturan topic MQTT untuk menerima data cuaca.....	135
Gambar 4. 36 Menghubungkan node MQTT ke debug untuk melihat data masuk	135
Gambar 4. 37 Tombol “Deploy” untuk menyimpan dan menjalankan flow.....	135

Gambar 5. 1 Skema Penempatan Alat.....	137
Gambar 5. 2 Penempatan Sensor	138
Gambar 5. 3 Posisi Sensor BMP280	140
Gambar 5. 4 Posisi Anemometer.....	141
Gambar 5. 5 Posisi Wind Vane.....	141
Gambar 5. 6 Posisi Rain Gauge	141
Gambar 5. 11 Penyimpanan Data Sensor BMP280 dalam Format CSV	145
Gambar 5. 12 Penyimpanan Data Sensor Anemometer dalam Format CSV	147
Gambar 5. 13 Penyimpanan Data Sensor Wind Vane CSV	149
Gambar 5. 14 Penyimpanan Data Sensor Rain Gauge CSV	151
Gambar 5. 15 Dashboard Weather Station	159
Gambar 5. 19 Data Referensi pada timeanddate.com	168
Gambar 5. 20 Data Referensi pada Anlisa Curah Hujan.....	169

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Datasheet ESP32	38
Tabel 2. 2 Datasheet Sensor BMP280	40
Tabel 2. 3 Kode Sinyal Digital	43
Tabel 2. 4 Spesifikasi Panel Surya	48
Tabel 2. 5 Spesifikasi Umum Pada SCC	50
Tabel 2. 6 Spesifikasi Baterai	52
Tabel 2. 7 Spesifikasi LM2596	54
Tabel 2. 8 Perbandingan LoRa dengan Teknologi Nirkabel Lainnya	56
Tabel 2. 9 Datasheet Module LoRa RA-02	65
Tabel 2. 10 Datasheet UPS Module	69
Tabel 3. 1 Alur Kerja dan Fungsi Tiap Komponen	88
Tabel 3. 2 Koneksi pin antara Sensor BMP280 dan ESP32	90
Tabel 3. 3 Koneksi pin antara Sensor Anemometer dan ESP32	91
Tabel 3. 4 Koneksi Sensor Wind Vane ke ESP32	92
Tabel 3. 5 Koneksi Sensor Rain Gauge ke ESP32	93
Tabel 3. 6 Koneksi LoRa RA-02 ke ESP32	94
Tabel 4. 1 Daftar Peralatan Pendukung Pembuatan Perangkat Keras	116
Tabel 4. 2 Daftar Bahan dan Komponen	118
Tabel 4. 3 Daftar Komponen Rangkaian Catu Daya	122
Tabel 5. 1 Data Lokasi Pengujian	138
Tabel 5. 2 Pengujian Sensor BMP280	143
Tabel 5. 3 Pengujian Sensor Anemometer	145
Tabel 5. 4 Pengujian Sensor Wind Vane	147
Tabel 5. 5 Pengujian Sensor Rain Gauge	149
Tabel 5. 6 Pengujian Jarak Komunikasi LoRa	151
Tabel 5. 7 Dokumentasi LoRa	152
Tabel 5. 8 Pengujian Visualisasi	158

Tabel 5. 9 Spesifikasi Sistem Daya	160
Tabel 5. 10 Kebutuhan Tegangan dan Arus Pada Komponen	160
Tabel 5. 11 Hasil Pengujian Ketahanan Panel Surya dan Baterai (24 Jam)	160
Tabel 5. 12 Dokumentasi Pengukuran Tegangan dan Arus.....	162
Tabel 5. 13 Hasil Pembacaan Sensor (27 Juni 2025)	164
Tabel 5. 14 Data Referensi	164
Tabel 5. 15 Perbandingan Hasil Sensor dan Data Referensi	164
Tabel 5. 16 Hasil Pembacaan Sensor Anemometer (27 Juni 2025)	166
Tabel 5. 17 Data Referensi	166
Tabel 5. 18 Data Hasil Pengujian (24 Jam) PLTS dan Baterai.....	173
Tabel 5. 19 Evaluasi Visualisasi dan Penyimpanan	177

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5 1Perubahan Suhu (06.00-18.00)	144
Grafik 5 2 Perubahan Tekanan (06.00-18.00)	144
Grafik 5 3 Perubahan Kecepatan Angin (06.00-18.00).....	146
Grafik 5. 4 Pengujian Sensor Wind Vane.....	148
Grafik 5 5 Pengujian Sensor Rain Gauge	150
Grafik 5 6 Komunikasi LoRa.....	172

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Codingan Transmitter	185
Lampiran 2 Codingan Receiver	192
Lampiran 3 Datasheet ESP32 Devkit V4.....	199
Lampiran 4 Datasheet BMP280	200
Lampiran 5 Datasheet Sensor Hall Efect	201
Lampiran 6 Datsheet PLTS INScom	202
Lampiran 7 Datasheet SCC	202
Lampiran 8 Datasheet UPS Module Baterai	202
Lampiran 9 Datasheet LoRa RA R02.....	203
Lampiran 10 Datasheet LM 2596	203