



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING CO₂, PM_{2.5},
KELEMBAPAN, KEBISINGAN LINGKUNGAN SECARA REAL-TIME
BERBASIS ESP32 DAN IOT 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 :

Ahmad Zailani

40040621650048

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING CO2, PM2.5, KELEMBAPAN, KEBISINGAN LINGKUNGAN SECARA REAL-TIME BERBASIS ESP32 DAN IOT MENGGUNAKAN LORA

Diajukan oleh : Ahmad Zailani
NIM : 40040621650048

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH :

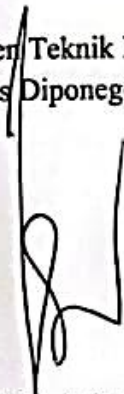
Dosen Pembimbing



Dista Yoel Tadeus S.T., M.T.
NIP. 198812282015041002

Tanggal..26...September 2025

Mengetahui
Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik
Industri
Departemen Teknik Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



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

Tanggal..26...September 2025

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING CO2, PM2.5, KELEMBAPAN, KEBISINGAN LINGKUNGAN SECARA REAL-TIME BERBASIS ESP32 DAN IOT MENGGUNAKAN LORA

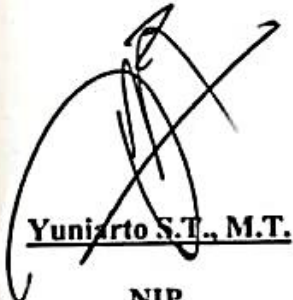
Diajukan oleh : Ahmad Zailani

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada

Hari : Jumat

Tanggal : 26 September 2025

Penguji I


Yuniarto S.T., M.T.
NIP.
197106151998021001

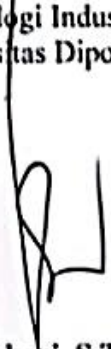
Penguji II


Fakhraddin
Mangkusasmito
S.T., M.T.
NIP.
198908202019031012

Penguji III


Dista Yoel Tadeus
S.T., M.T.
NIP.
198812282015041002

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


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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Zailani
NIM : 40040621650048
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen
Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas
Diponegoro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Monitoring Co2, Pm2.5,
Kelembapan, Kebisingan Lingkungan Secara Real-
Time Berbasis Esp32 Dan Iot 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, 26 September 2025
Yang membuat Pernyataan



Ahmad Zailani
NIM. 40040621650048

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua Orang Tua yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis dalam melaksanakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Arkhan Subari S. T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Dista Yoel Tadeus, S.T, M.T selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan dukungan dalam penyusunan laporan hingga menyetujui laporan Tugas Akhir ini.
5. Kepada kakak saya Fitri Lucyana yang telah memberikan dukungan semangat kepada penulis dalam melaksanakan proses selama ini.
6. Kepada pasangan saya Isaf Fibri Salsabilla yang telah membantu serta memberikan semangat sampai terselesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman teman 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.

ABSTRAK

Perubahan kualitas lingkungan yang dipengaruhi oleh polusi udara, tingkat kebisingan, dan kondisi atmosfer menuntut adanya sistem pemantauan yang hemat energi, andal, serta mampu beroperasi secara mandiri di berbagai lokasi. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis mikrokontroler ESP32 yang didukung dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 30 Wp, serta menggunakan modul LoRa E220-400T22D sebagai media komunikasi nirkabel jarak jauh. Sistem dilengkapi dengan sensor MH-Z19B untuk mengukur konsentrasi CO₂, ZH03B untuk mendeteksi partikulat debu halus PM2.5, DHT22 untuk suhu dan kelembapan udara, serta LM2904 untuk kebisingan lingkungan. Data hasil pengukuran dikirim secara periodik dari unit transmitter ke receiver melalui komunikasi LoRa, kemudian diteruskan ke platform IoT ThingSpeak untuk divisualisasikan dalam bentuk grafik real-time serta disimpan secara otomatis dalam format CSV. Pengujian dilakukan pada area terbuka (halaman parkir) selama periode 14 September 2025 pukul 07.00 hingga 20.00 WIB. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sensor bekerja stabil, akurat, dan mampu mendeteksi perubahan parameter lingkungan sesuai kondisi nyata di lapangan. Modul LoRa E220-400T22D mampu mengirimkan data dengan jarak efektif hingga ± 500 m dalam kondisi terbuka. Sistem catu daya berbasis panel surya 30 Wp dan baterai aki 12V 7,5Ah terbukti mampu menopang operasi sistem secara kontinu selama 24 jam penuh dengan rata-rata arus pengisian 1,05A pada siang hari dan konsumsi daya sekitar 0,8A pada malam hari. Dengan hasil ini, sistem pemantauan kualitas udara yang dikembangkan terbukti layak digunakan sebagai solusi monitoring lingkungan berbasis IoT yang mandiri, hemat energi, dan aplikatif untuk daerah perkotaan maupun wilayah terpencil yang minim akses jaringan listrik dan internet.

Kata kunci: Pemantauan Kualitas Udara, ESP32, LoRa E220, ThingSpeak, IoT, Energi Surya

ABSTRACT

Changes in environmental quality influenced by air pollution, noise levels, and atmospheric conditions require the presence of an energy-efficient, reliable, and autonomous monitoring system that can operate in various locations. This research designs and implements an air quality monitoring system based on the ESP32 microcontroller, powered by a 30 Wp solar photovoltaic system, and utilizes the LoRa E220-400T22D module as a long-range wireless communication medium. The system is equipped with the MH-Z19B sensor to measure CO₂ concentration, the ZH03B sensor for PM2.5 fine particulate detection, the DHT22 sensor for temperature and humidity, and the LM2904 sensor for environmental noise level monitoring. Measurement data are periodically transmitted from the transmitter unit to the receiver through LoRa communication, then forwarded to the ThingSpeak IoT platform for real-time visualization in graphical form and automatically stored in CSV format. The testing was conducted in an open area (parking lot) on September 14, 2025, from 07.00 to 20.00 WIB. The results show that all sensors operated stably and accurately, successfully detecting changes in environmental parameters according to actual field conditions. The LoRa E220-400T22D module was able to transmit data effectively within a distance of up to ± 500 m in open space. The power supply system, consisting of a 30 Wp solar panel and a 12V 7.5Ah lead-acid battery, proved capable of supporting the system's continuous operation for 24 hours, with an average charging current of 1.05A during the day and power consumption of around 0.8A at night. These findings confirm that the developed IoT-based air quality monitoring system is feasible to be applied as a standalone, energy-efficient, and practical environmental monitoring solution, both in urban areas and remote regions with limited access to electricity and the internet.

Keywords: Air Quality Monitoring, ESP32, LoRa E220, ThingSpeak, IoT, Solar Energy

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb

Segala puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan berkat dan rahmat-Nya kepada penulis hingga bisa menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING CO₂, PM_{2.5}, KELEMBAPAN, KEBISINGAN LINGKUNGAN SECARA REAL-TIME BERBASIS ESP32 DAN IOT MENGGUNAKAN LORA”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, Untuk itu penulisan mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas doa, bantuan dan dukungan kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan ini, yaitu kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua Orang Tua yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis dalam melaksanakan Tugas Akhir ini.
3. Prof Dr.Ir. Budiyono, M. Si selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Arkhan Subari S. T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Dista Yoel Tadeus, S.T, M.T selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan dukungan dalam penyusunan laporan hingga menyetujui laporan Tugas Akhir ini.
6. 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.
7. Kepada kakak saya Fitri Lucyana yang telah memberikan dukungan semangat kepada penulis dalam melaksanakan proses selama ini.

8. 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.

Penuh dengan kesadaran diri, bahwasanya laporan ini masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini. Sehingga menerima kritik dan saran dari semua pihak dengan

senang hati. Besar harapan agar laporan ini bermanfaat bagi pribadi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Demikian yang dapat penulis sampaikan, terima kasih.

Semarang, 26 September 2025



Ahmad Zailani

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Tugas Akhir	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Udara.....	8
2.2.2 Karbon Dioksida (CO ₂).....	9

2.2.3	Particulate Matter 2.5 (PM2.5).....	10
2.2.4	Suhu dan Kelembapan.....	11
2.2.5	Kebisingan	12
2.2.6	Module ESP 32 WROOM.....	13
2.2.7	Sensor MHZ19 (CO2).....	17
2.2.8	Sensor ZH03B (PM2.5)	19
2.2.9	Sensor DHT22.....	21
2.2.10	Sensor LM2904.....	22
2.2.11	Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	24
2.2.12	Solar Charge Controller (SCC) Tipe PWM	26
2.2.13	Baterai Aki 12 Volt	28
2.2.14	LM 2596 <i>Step Down</i>	30
2.2.15	LoRa E220 400T22D	31
2.2.16	Antena	35
2.2.17	Adaptor 5V 3A.....	36
2.2.18	LCD 16x2 I2C.....	37
2.2.19	Volt Meter	38
2.2.20	Arduino IDE.....	39
2.2.21	ThingSpeak	41
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR		43
3.1	Prosedur Pembuatan Tugas Akhir.....	43
3.2	Perancangan Perangkat Keras (Hardware).....	44
3.2.1	Diagram Blok.....	45
3.2.2	Cara Kerja Blok Diagram.....	45
3.2.3	Skematik Perangkat Keras	49

3.2.4	Skematik Step Down LM2596 dan Sistem Catu Daya	50
3.2.5	Sensor MHZ19 (CO2).....	52
3.2.6	Sensor ZH03B (PM2.5)	53
3.2.7	Sensor DHT22 (Kelembapan).....	54
3.2.8	Sensor LM2904 (Kebisingan).....	55
3.2.9	LCD 16x2 I2C.....	56
3.2.10	LoRa E220	57
3.3	Perancangan Perangkat Lunak (Software)	58
3.3.1	Flowchart Sistem Transmitter	59
3.3.2	Cara Kerja Sistem Transmitter.....	59
3.3.3	Flowchart Sistem Receiver	62
3.3.4	Cara Kerja Flowchart Sistem Receiver	62
3.3.5	Flowchart Komunikasi Data	64
3.3.6	Cara Kerja Sistem Komunikasi.....	65
3.3.7	Perancangan Visualisasi Data	66
3.3.8	Struktur Komunikasi dan Pengirim Data	67
BAB IV PEMBUATAN ALAT RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING CO2, PM2.5, KELEMBAPAN, KEBISINGAN LINGKUNGAN SECARA REAL-TIME BERBASIS ESP32 DAN IOT MENGGUNAKAN LORA		69
4.1	Pembuatan Prototipe.....	69
4.2	Alat dan Bahan	69
4.3	Pembuatan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	72
4.3.1	Desain Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	72
4.3.2	Perancangan Rangkaian	75
4.4	Pembuatan Perangkat Lunak (Software).....	81

BAB V PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA SISTEM	86
5.1 Tujuan Pengujian.....	86
5.2 Skema dan Lokasi Pengujian	86
5.2.1 Skema Lokasi Pengujian Alat	86
5.2.2 Deskripsi Lokasi Pengujian.....	87
5.3 Prosedur Pengujian.....	88
5.3.1 Setup Perangkat Keras	88
5.4 Pengujian dan Analisa Alat	91
5.4.1 Pengujian Sensor MHZ19 (CO2).....	92
5.4.2 Pengujian Sensor ZH03B (PM2.5)	93
5.4.3 Pengujian Sensor DHT22.....	94
5.4.4 Pengujian Sensor LM2904 (Kebisingan)	96
5.4.5 Pengujian Jarak Komunikasi Lora E220 400T22D	98
5.4.6 Pengujian Visualisasi Data.....	101
5.4.7 Pengujian Ketahanan Panel Surya dan Baterai	102
BAB VI KESIMPULAN	110
6.1 Kesimpulan.....	110
6.2 Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keterangan Kategori Konsentrasi CO2 [11].....	10
Tabel 2. 2 Keterangan Konsentrasi PM 2.5 di udara [13].....	11
Tabel 2. 3 Datasheet ESP 32 WROOM [19].....	17
Tabel 2. 4 Datasheet Sensor MHZ19 [22]	18
Tabel 2. 5 Datasheet Sensor ZH03B [24]	20
Tabel 2. 6 Sensor DHT22 [26]	22
Tabel 2. 7 Datasheet Sensor LM2904 [28]	23
Tabel 2. 8 Spesifikasi Umum Solar Panel [31]	25
Tabel 2. 9 Spesifikasi Umum SCC [34].....	27
Tabel 2. 10 Spesifikasi Baterai Aki [36].....	29
Tabel 2. 11 Spesifikasi LM2596 StepDown [37]	31
Tabel 2. 12 Datasheet Modul LoRa E220-400T22D [38].....	34
Tabel 3. 1 Alur Kerja dan Fungsi Komponen	51
Tabel 3. 2 Koneksi pin antara Sensor MHZ19 dan ESP32	52
Tabel 3. 3 Koneksi pin ZH03B dan ESP32	53
Tabel 3. 4 Koneksi pin DHT22 dan ESP32	54
Tabel 3. 5 Koneksi pin LM2904 dan ESP32	55
Tabel 3. 6 Koneksi pin LCD I2C dan ESP32	56
Tabel 3. 7 Koneksi pin LoRa E220 dan ESP32	58
Tabel 4. 1 Daftar Peralatan Pendukung Buat Alat	70
Tabel 4. 2 Daftar Bahan dan Komponen.....	71
Tabel 5. 1 Data Lokasi Pengujian	88
Tabel 5. 2 Data Pengujian Jarak Komunikasi Lora E220	99
Tabel 5. 3 Spesifikasi Sistem Daya.....	103
Tabel 5. 4 Kebutuhan Tegangan dan Arus pada Komponen	104
Tabel 5. 5 Hasil Pengukuran Panel Surya Charging Baterai	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Module ESP 32 WROOM.....	13
Gambar 2. 2 Konfigurasi Pin Out ESP 32 WROOM [19]	15
Gambar 2. 3 Sensor MHZ19	17
Gambar 2. 4 Sensor ZH03B	19
Gambar 2. 5 Sensor DHT22.....	21
Gambar 2. 6 Sensor LM2904	22
Gambar 2. 7 Solar Panel (PLTS).....	24
Gambar 2. 8 Solar Charge Controller (SCC)	26
Gambar 2. 9 Baterai Aki 12 Volt	28
Gambar 2. 10 Lm 2595 Step Down	30
Gambar 2. 11 LoRa E220-400T22D.....	31
Gambar 2. 12 Antena 433 MHz	35
Gambar 2. 13 Adaptor 5V 3A.....	36
Gambar 2. 14 LCD 16x2 I2C	37
Gambar 2. 15 Volt Meter	38
Gambar 2. 16 Arduino IDE.....	39
Gambar 2. 17 Struktur Tampilan Arduino IDE	40
Gambar 2. 18 ThingSpeak.....	41
Gambar 2. 19 Tampilan ThingSpeak	42
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	43
Gambar 3. 2 Diagram Blok	45
Gambar 3. 3 Skematik Transmitter Sistem Monitoring Lingkungan.....	49
Gambar 3. 4 Skematik Receiver Sistem Monitoring Lingkungan	49
Gambar 3. 5 Skematik Step Down LM2596.....	50
Gambar 3. 6 Rangkaian Sensor MHZ19	52
Gambar 3. 7 Rangkaian Sensor ZH03B.....	53
Gambar 3. 8 Rangkaian Sensor DHT22.....	54
Gambar 3. 9 Rangkaian Sensor LM2904.....	55
Gambar 3. 10 Rangkaian LCD I2C.....	56
Gambar 3. 11 Rangkaian LoRa E220	57
Gambar 3. 12 Flowchart Sistem Alat Transmitter	59
Gambar 3. 13 Flowchart Sistem Kerja Alat Receiver.....	62
Gambar 3. 14 Flowchart Komunikasi data	64
Gambar 4. 1 Desain Schematic Rangkaian Transmitter	72
Gambar 4. 2 Desain Schematic Rangkaian Receiver.....	73
Gambar 4. 3 Desain Pembuatan Perangkat Keras (Hardware)	74
Gambar 4. 4 Hasil Cetak PCB Receiver dan Transmitter	76
Gambar 4. 5 Hasil Perakitan Panel Box Transmitter	78
Gambar 4. 6 Hasil Perakitan Box Receiver	79
Gambar 4. 7 Perakitan Rangkaian Mekanik	81
Gambar 4. 8 Tampilan Awal Aplikasi Arduino IDE	82

Gambar 4. 9 Memilih Port ESP32.....	82
Gambar 4. 10 Proses Upload Library.....	83
Gambar 4. 11 Membuat Program untuk Board Esp32.....	83
Gambar 4. 12 Tampilan Setelah Compile Berhasil.....	83
Gambar 4. 13 Tampilan Buat Akun Baru ThingSpeak.....	84
Gambar 4. 14 Tampilan Buat Channel Baru.....	84
Gambar 4. 15 Program ThingSpeak ke ESP32	84
Gambar 4. 16 Tampilan Dashboard ThingSpeak Monitoring Lingkungan	85
Gambar 5. 1 Skema Penempatan Alat Transmitter dan Receiver	87
Gambar 5. 2 Posisi Sensor Dalam Box Pelindung.....	90
Gambar 5. 3 Perubahan Gas CO2 (07.00-20.00)	92
Gambar 5. 4 Perubahan Partikel Debu PM2.5 (07.00-20.00)	94
Gambar 5. 5 Perubahan Suhu dan Kelembapan (07.00-20.00).....	95
Gambar 5. 6 Perubahan Suara Kebisingan (07.00-20.00).....	97
Gambar 5. 7 Pengujian Jarak Komunikasi LoRa	99
Gambar 5. 8 Tampilan Dashboard Sistem Monitoring di ThingSpeak.....	101
Gambar 5. 9 Skematik Sistem Catu Daya.....	103
Gambar 5. 10 Perubahan Intensitas Radiasi (07.00-20.00).....	105
Gambar 5. 11 Perubahan Arus saat Charging (07.00-20.00)	106
Gambar 5. 12 Pengukuran Konsumsi Arus Beban	107

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Rangkaian Transmitter.....	116
Lampiran 2. Program Rangkaian Receiver	123
Lampiran 3. Datasheet ESP32 WROOM.....	130
Lampiran 4. Datasheet Sensor MHZ19 (CO2)	133
Lampiran 5. Datasheet Sensor ZH03B (PM2.5)	134
Lampiran 6. Datasheet DHT22 (Suhu & Kelembapan)	135
Lampiran 7. Datasheet Sensor LM2904 (Kebisingan).....	135
Lampiran 8. Datasheet LoRa E220 400T22D.....	136
Lampiran 9. Datasheet LCD I2C 16x2	136
Lampiran 10. Datasheet PLTS 30 Wp	137
Lampiran 11. Datasheet SCC PWM	137
Lampiran 12. Datasheet Baterai AKI 12V 7,5Ah	138
Lampiran 13. Datasheet StepDown LM2596.....	138
Lampiran 14. Tabel Pengujian Sensor MHZ19	139
Lampiran 15. Tabel Pengujian Sensor ZH03B	143
Lampiran 16. Tabel Pengujian Sensor DHT22	147
Lampiran 17. Tabel Pengujian Sensor LM2904	151
Lampiran 18. Tabel Dokumentasi Pengukuran Tegangan dan Arus	155
Lampiran 19. Tabel Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari	156