



**Institut Teknologi Nasional Malang**

**SKRIPSI – ELEKTRONIKA**  
**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING**  
**KUALITAS AIR PADA IPAL TIRTARONA**  
**TLOGOMAS KOTA MALANG MENGGUNAKAN**  
**IoT BERBASIS LoRa**

**M. Fadhli Roby**  
**NIM 1812075**

**Dosen Pembimbing**  
**Dr.Eng. Aryuanto Soetedjo, ST.,MT**  
**Irmalia Suryani, ST.,MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA S-1**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Nasional Malang**  
**Juli 2022**



**Institut Teknologi Nasional Malang**

**SKRIPSI - ELEKTRONIKA**

**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING  
KUALITAS AIR PADA IPAL TIRTARONA  
TLOGOMAS KOTA MALANG MENGGUNAKAN  
IoT BERBASIS LoRa**

**M. Fadhli Roby  
NIM 1812075**

**Dosen Pembimbing  
Dr.Eng. Aryunto Soetedjo, ST.,MT  
Irmalia Suryani, ST.,MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA S-1  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Juli 2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING**  
**KUALITAS AIR PADA IPAL TIRTARONA**  
**TLOGOMAS KOTA MALANG MENGGUNAKAN IoT**  
**BERBASIS LoRa**

**SKRIPSI**

**M. Fadhli Roby**

**NIM : 1812075**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi Teknik Elektro S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa dan Disetujui :

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr.Eng. Arvanto Soetedjo, ST.,MT.**

**Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.**

**NIP. P. 1030800417**

**NIP. P. 1030100365**

**Mengetahui:**  
**Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1**

**Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.**

**NIP. P. 1030100361**

**MALANG**

**Juli, 2022**

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur Saya panjatkan atas segala berkat, rahmat, dan hidayah Allah SWT. Disertasi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada tahun 2021 s/d 2022 periode genap di Institut Teknologi Nasional Malang. pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kekuatan, kesabaran serta kemudahan sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
2. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan dukungan moral, doa serta semangat dalam menyelesaikan Skripsi.
3. Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati , ST, MT. Selaku Dosen Wali
4. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak. Dr.Eng. Aryunto Soetedjo, ST.,MT selaku Dosen pembimbing I.
6. Ibu Irmalia Suryani, ST.,MT selaku Dosen pembimbing II.
7. Kepada kekasih hatiku Izzatul Islamiyah yang selalu memberikan dukungan dan melengkapi keseharianku, menjadi sepasang salah yang menolak kalah dari kata sudah.
8. Seluruh teman –teman di kampus ITN Teknik Elektro Angkatan 2018 dan Angkatan 2019.
9. Kepada Pengurus Yayasan IPAL Tirtarona Tlogomas Kota Malang

Namun demikian, jika ada kekurangan atau kesalahan dalam penyusunan karya ini, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan laporan akhir ini. Ini sangat berguna bagi siswa lain dan pembaca lainnya.

Malang,      Juli 2022

Penulis

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Fadhli Roby  
NIM : 1812075  
Jurusan / Konsentrasi : Teknik Elektro S-1 / Elektronika  
ID KTP / Paspor : 3528081302990003  
Alamat : Dsn batu Putih, Larangan Dalam,  
Pamekasan, Madura, Jawa Timur.  
Judul Skripsi : PENGEMBANGAN SISTEM  
MONITORING KUALITAS AIR PADA  
IPAL TIRTARONA TLOGOMAS KOTA  
MALANG MENGGUNAKAN IoT  
BERBASIS LoRa

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, Juli 2022

Yang membuat pernyataan

  
M. Fadhli Roby  
NIM. 1812075

# **PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA IPAL TIRTARONA TLOGOMAS KOTA MALANG MENGGUNAKAN IoT BERBASIS LoRa**

**M. Fadhli Roby, Aryuanto Soetedjo, Irmalia Suryani Faradisa  
fadhliroby@gmail.com**

## **ABSTRAK**

IPAL (Instalasi pembuangan air limbah) merupakan sebuah struktur bangunan, yang bertujuan untuk mengurangi sebuah pencemaran yang terkandung pada air limbah, peneliti sebelumnya merancang alat monitoring dengan beberapa sensor yaitu diantaranya sensor pH, DO, Turbidity dan DS18B20 terhadap webserver menggunakan modem GSM pada setiap alat yang terdiri dari 4 (empat) *Node*, hal ini membuat kurangnya efisiensi penggunaan konsumsi daya yang tinggi serta stabilitas pengiriman data, oleh sebab itu dilakukan pengembangan alat monitoring sebelumnya dengan pemanfaatan modul LoRa SX1278, sistem ini memiliki 1 (satu) Master *Node/Gateway* dan 4 (empat) *Transmitter Node*, dari hasil pengujian disimpulkan bahwa sistem *transmitter node* dapat ter integrasi dengan sensor yang telah dirancang oleh peneliti sebelumnya pada setiap node 1,2,3 dan 4, sistem ini dapat melakukan pengiriman data *sensing* menggunakan modul lora dengan RSSI rata-rata *Node 1* -80 dBm, *Node2* -77 dBm, *Node3* -86 dBm, *Node 4* -82 dBm dan penggunaan konsumsi daya rendah serta efisiensi stabilitas jaringan pengiriman data berdasarkan jumlah data dan durasi pengiriman selama batas waktu pengujian yang dikirimkan pada webserver thingspeak, sistem ini dapat mengirimkan hasil visualisasi data terhadap webserver thingspeak yang dapat di monitoring secara real time.

Kata Kunci— IPAL, LoRa, Modul Lora SX1278, Thingspeak, IoT.

# **DEVELOPMENT OF WATER QUALITY MONITORING *SYSTEM* AT TIRTARONA TLOGOMAS WWTP MALANG CITY USING IoT BASED ON LoRa**

**M. Fadhli Roby, Aryunto Soetedjo, Irmalia Suryani Faradisa  
fadhlirobby@gmail.com**

## **ABSTRACT**

WWTP (Wastewater Treatment Plant) is a building structure, which aims to reduce a building structure, which aims to reduce contained in wastewater, previous researchers designed a monitoring tool with several sensors, including pH, DO, Turbidity and DS18B20 sensors on a web server using a GSM modem on each device consisting of 4 (four) *Nodes*, this makes the lack of efficient use of power consumption and stability of data transmission, therefore the previous monitoring tool was developed using the LoRa SX1278 module, this *system* has 1 (one) Master *Node/Gateway* and 4 (four) *Transmitter Nodes*, from the test results it is concluded that the transmitter node system can be integrated with sensors that have been designed by previous researchers at each node 1,2,3 and 4. This *system* can transmit data *sensing* using the lora module with an average RSSI of 1 -80 dBm *Node*, *Node2* -77 dBm, *Node3* -86 dBm, *Node* 4 -82 dBm and and the use of low power consumption and efficiency of data transmission network stability based on the amount of data and duration of delivery during the test time limit sent to the Thingspeak webserver, this system can send data visualization results to the Thingspeak webserver which can be monitored in real time.

Keywords— WWTP, LoRa, Lora SX1278 Module, Thingspeak, IoT.

# Daftar Isi

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>Daftar Isi.....</b>	<b>viii</b>
<b>Daftar Gambar .....</b>	<b>xii</b>
<b>Daftar Tabel .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Batasan Masalah .....	4
1.4    Tujuan Penelitian .....	4
1.5    Manfaat Penelitian .....	4
1.6    Sistematika penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1    Tinjauan pustaka .....	7
2.1.1    Jurnal Penelitian .....	7
2.2    Landasan Teori.....	8
2.2.1    IPAL.....	8
2.2.2    PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya ) .....	11
2.2.3    IoT .....	12
2.2.4    LoRa.....	13
2.2.5    Thingspeak.....	14
2.2.6    PV ( <i>Photovoltaic</i> ).....	15



2.2.7	<i>NodeMCU</i> ESP8266 ESP8266.....	15
2.2.8	Arduino Nano.....	19
2.2.9	Sensor pH Air.....	22
2.2.10	Sensor DO (Dissolved Oxygen) .....	22
2.2.11	Sensor Turbidity .....	23
2.2.12	Sensor DS18B20 .....	24
2.2.13	Modul Lora (Long Range) SX1278.....	25
2.2.14	Modul TP4056.....	26
2.2.15	Mini Photovoltaic .....	26
2.2.16	Battery Lippo 18650.....	27
2.2.17	Baterai/Aki 12 V .....	28
2.2.18	SCC ( <i>Solar Charge Controller</i> ) .....	29
2.2.19	Timer Switch Analog .....	29
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>31</b>
3.1	Pendahuluan .....	31
3.2	Perancangan Sistem .....	31
3.3	Prinsip Kerja Sistem.....	34
3.4	Perancangan Perangkat Keras .....	34
3.4.1	Perancangan <i>Receiver</i> Master <i>Node/Gateway</i> Lora....	34
3.4.2	Perancangan <i>Node Transmitter</i> Lora.....	39
3.5	Perancangan Perangkat Lunak .....	44
3.5.1	Flowchart perancangan sistem <i>software</i> .....	45
3.5.2	Perancangan perangkat lunak ( <i>Software</i> ) <i>Receiver</i> master <i>Node/ Gateway</i> Lora.....	48
3.5.3	Perancangan perangkat lunak ( <i>Software</i> ) <i>Transmitter Node (Sender)</i> .....	49

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
4.1	Pendahuluan ..... 51
4.2	Pengujian sistem kerja mikrokontroller Arduino nano sebagai <i>Transmitter Node</i> ..... 51
4.2.1	Peralatan yang digunakan..... 52
4.2.2	Metode Pengujian..... 52
4.2.3	Hasil pengujian..... 53
4.2.4	Analisa pengujian ..... 54
4.3	Pengujian sistem kerja mikrokontroller <i>NodeMCU ESP8266</i> sebagai <i>receiver Node</i> ..... 54
4.3.1	Peralatan yang digunakan..... 54
4.3.2	Metode yang digunakan ..... 55
4.3.3	Hasil pengujian..... 56
4.3.4	Analisa pengujian ..... 57
4.4	Pengujian kinerja modul lora SX1278 <i>Transmitter Node</i> ... 57
4.4.1	Peralatan yang digunakan..... 58
4.4.2	Peralatan yang digunakan..... 58
4.4.3	Metode pengujian ..... 58
4.4.4	Hasil Pengujian..... 60
4.4.5	Analisa pengujian ..... 64
4.5	Pengujian pada kinerja modul Lora SX1278 <i>receiver Node</i> . . ..... 64
4.5.2	Metode pengujian ..... 65
4.5.3	Hasil pengujian..... 66
4.5.4	Analisa pengujian ..... 67
4.6	Pengujian sistem Secara keseluruhan..... 68

4.6.1	Pengujian Integrasi Mikrokontroler Arduino nano , modul lora SX1278, Sensor pH, DSB18B20, Turbdity, dan DO ( <i>Transmitter Node</i> ) .....	68
4.6.2	Pengujian Konsumsi daya Lora ( <i>Transmitter Node</i> ) .	90
4.6.3	Pengujian Integrasi Mikrokontroler <i>NodeMCU</i> ESP8266 , modul lora SX1278, ( <i>receiver Node</i> ) .....	93
4.6.4	Pengujian Kekuatan sinyal (RSSI) sistem komunikasi lora berdasarkan jarak dan elevasi ( <i>Receiver Node</i> ) .....	97
4.6.5	Pengujian stabilitas jaringan sistem komunikasi lora ( <i>receiver Node</i> ) .....	114
4.6.6	Pengujian kinerja <i>self powered</i> ( <i>Receiver Node</i> ).....	116
4.6.7	Pengujian Hasil Visualisasi Webserver Thingspeak	120
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>125</b>
5.1	Kesimpulan .....	125
5.2	Saran .....	126
<b>Daftar Pustaka .....</b>		<b>131</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>134</b>

## Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Diagram Skematik di IPAL Tritarona Tlogomas Kota Malang.....	9
Gambar 2. 2 Denah Lokasi IPAL Tirtarona Tlogomas Kota Malang ...	10
Gambar 2. 3 Denah Lokasi Implementasi Alat Monitoring IPAL peneliti sebelumnya.....	10
Gambar 2. 4 PLTS.....	12
Gambar 2. 5 Konsep IoT.....	12
Gambar 2. 6 Lo-Ra (Long Range).....	13
Gambar 2. 7 Thingspeak.....	14
Gambar 2. 8 Photovoltaic.....	15
Gambar 2. 9 <i>NodeMCU</i> ESP8266.....	16
Gambar 2. 10 Konfigurasi PIN <i>NodeMCU</i> ESP8266.....	17
Gambar 2. 11 Arduino Nano.....	19
Gambar 2. 12 Sensor pH Air.....	22
Gambar 2. 13 Sensor DO.....	23
Gambar 2. 14 Sensor turbidity.....	24
Gambar 2. 15 Sensor DSB18B20.....	24
Gambar 2. 16 Modul Lora SX1278.....	25
Gambar 2. 17 Modul TP4056.....	26
Gambar 2. 18 Mini Photovoltaic.....	27
Gambar 2. 19 Baterai Lippo 18650.....	28
Gambar 3. 1 Blok Diagram Keseluruhan Sistem.....	31
Gambar 3. 2 Blok Diagram Inti Sistem(Processing Data Sensor).....	33
Gambar 3. 3 Rangkaian Perancangan Master <i>Node/ Gateway</i> Lora.....	35
Gambar 3. 4 Perancangan Alat <i>Transmitter Node</i> Lora.....	39
Gambar 3. 5 Arduino IDE.....	44
Gambar 3. 6 Flowchart perancangan software alat.....	46
Gambar 4. 1 Pengujian Mikrokontroller Transmitter Node.....	52
Gambar 4. 2 Hasil Visualisasi Serial monitor arduino IDE.....	53
Gambar 4. 3 Hasil uji indikator running pada arduino nano.....	54

Gambar 4. 4 Pengujian mikrokontroller NodeMCU ESP8266 receiver node .....	55
Gambar 4. 5 Hasil pengujian kinerja mikrkokntroller NodeMCU sebagai Receiver Node .....	56
Gambar 4. 6 Hasil pengujian mikrokontroller nodemcu esp8266 sebagai receiver node .....	57
Gambar 4. 7 Pengujian terhadap kinerja perancangan modul SX1278 pada trasnmmitter node.....	58
Gambar 4. 8 Rancang Modul LoRa SX1278 untuk di integrasikan pada trasnmmitter node .....	59
Gambar 4. 9 Hasil kinerja Modul SX1278 pada pengiriman data dari Transmitter Node 1 dari Arduino IDE terhadap Receiver Node.....	60
Gambar 4. 10 Hasil kinerja Modul SX1278 pada pengiriman data dari Transmitter Node 2 dari Arduino IDE terhadap Receiver Node.....	61
Gambar 4. 11 Hasil kinerja Modul SX1278 pada pengiriman data dari Transmitter Node 3 dari Arduino IDE terhadap Receiver Node.....	61
Gambar 4. 12 Hasil kinerja Modul SX1278 pada pengiriman data dari Transmitter Node 4 dari Arduino IDE terhadap Receiver Node.....	62
Gambar 4. 13 Grafik Nilai rata-rata hasil uji pengiriman data sensing Transmitter Node .....	63
Gambar 4. 14 metode pengujian receiver Node.....	65
Gambar 4. 15 Metode pengujian kinerja modul lora receiver Node .....	65
Gambar 4. 16 Hasil Uji kinerja modul lora sx1278 pada receiver Node .....	66
Gambar 4. 17 Hasil uji kinerja modul lora sx1278 sebagai receiver node .....	66
Gambar 4. 18 Hasil kinerja modul lora sx1278 sebagai receiver Node .....	67
Gambar 4. 19 Transmitter Node .....	69
Gambar 4. 20 Sensor IPAL.....	70
Gambar 4. 21 Integrasi Program Arduino Nano dengan Sensor Transmitter Node 1,2,3 dan 4 .....	71
Gambar 4. 22 Hasil uji pengiriman data sensing receiver node pada webserver thingspeak .....	92
Gambar 4. 24 Persiapan upload program master node/ receiver node Lora .....	94
Gambar 4. 25 Receiver Node Tampak Samping .....	94

Gambar 4. 26 Receiver Node Tampak Dalam .....	95
Gambar 4. 27 Receiver Node Tampak Atas .....	95
Gambar 4. 28 Hasil Uji mikrkontroller Upload Program .....	97
Gambar 4. 29 Percobaan kualitas sinyal Lora Jarak 7m , elevasi 531m .....	98
Gambar 4. 30 Penentuan Titik observasi untuk pengujian kualitas sinyal pada jarak 7m .....	99
Gambar 4. 31 Percobaan kualitas sinyal Lora Jarak 13m , elevasi 532 m .....	100
Gambar 4. 32 Penentuan Titik observasi untuk pengujian kualitas sinyal pada jarak 13m .....	100
Gambar 4. 33 Percobaan kualitas sinyal Lora Jarak 16m , elevasi 532 m .....	101
Gambar 4. 34 Penentuan Titik observasi untuk pengujian kualitas sinyal pada jarak 16m .....	102
Gambar 4. 35 Percobaan kualitas sinyal Lora Jarak 19m , elevasi 531 m .....	103
Gambar 4. 36 Penentuan Titik observasi untuk pengujian kualitas sinyal pada jarak 19m .....	103
Gambar 4. 37Percobaan kualitas sinyal Lora Jarak 28m , elevasi 530 m .....	104
Gambar 4. 38 Penentuan Titik observasi untuk pengujian kualitas sinyal pada jarak 28m .....	105
Gambar 4. 39 Percobaan kualitas sinyal Lora Jarak 152m , elevasi 626m .....	106
Gambar 4. 40 Penentuan Titik observasi untuk pengujian kualitas sinyal pada jarak 152m.....	106
Gambar 4. 41 Hasil Nilai rata-rata RSSI pada jarak 7m.....	109
Gambar 4. 42 Hasil Nilai rata-rata RSSI pada jarak 13m.....	110
Gambar 4. 43 Hasil Nilai rata-rata RSSI pada jarak 16m.....	111
Gambar 4. 44 Hasil Nilai rata-rata RSSI pada jarak 19m.....	112
Gambar 4. 45 Hasil Nilai rata-rata RSSI pada jarak 28m.....	113
Gambar 4. 46 Hasil Nilai rata-rata RSSI pada jarak 152m.....	113
Gambar 4. 47 Pengujian komparasi receiver node lora .....	114
Gambar 4. 48 Pengujian terhadap komponen penyusun sistem self powered pada receiver node .....	117

Gambar 4. 49 Pengujian kinerja integrasi mini solar panel dengan modul TP4056 .....	117
Gambar 4. 50 pengujian kinerja pada komponen baterai lippo 18650	118
Gambar 4. 51 Hasil uji kinerja pada mini solar panel.....	118
Gambar 4. 52 pengujian pada sistem self powered pada receiver node .....	119
Gambar 4. 53 Hasil visualisasi thingspeak Node 1.....	121
Gambar 4. 54 Hasil visualisasi thingspeak node 2 .....	122
Gambar 4. 55 Hasil visualisasi thingspeak node 3 .....	122
Gambar 4. 56 Hasil visualisasi thingspeak node 4 .....	123

## Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Spesifikasi <i>NodeMCU</i> ESP8266 .....	17
Tabel 2. 2 Konfigurasi pin Arduino Nano .....	20
Tabel 3. 1Integrasi PIN Data <i>Receiver Node NodeMCU</i> ESP8266 dan Modul Lora SX1278 .....	36
Tabel 3. 2Integrasi PIN Data <i>Receiver Node / Gateway Lora NodeMCU</i> ESP8266 dan Modul TP4056 .....	36
Tabel 3. 3 Integrasi PIN Data <i>Receiver Node/ Gateway Lora NodeMCU</i> ESP8266 dan Push Button Reset 2 pin .....	37
Tabel 3. 4 Integrasi PIN Data <i>Receiver Node/ Gateway Lora NodeMCU</i> ESP8266 dan LED.....	37
Tabel 3. 5 Integrasi PIN Data <i>Receiver Node/ Gateway Lora</i> Modul TP4056 Modul Panel Surya 5V .....	37
Tabel 3. 6 Integrasi PIN Data <i>Receiver Node/ Gateway Lora</i> Modul TP4056 dan Baterai Lippo 18650.....	38
Tabel 3. 7 Integrasi PIN Data <i>Receiver Node/ Gateway Lora</i> Modul TP4056 dan baterai Lippo 18650 dan Sakelar .....	38
Tabel 3. 8 Integrasi PIN Data <i>Receiver Node/ Gateway Lora</i> Modul indicator level battery dan baterai lippo 18650.....	39
Tabel 3. 9 Integrasi PIN Data <i>Transmitter Node</i> pada mikrokontroller Arduino Nano dan Modul Lora SX1278 .....	40
Tabel 3. 10 Integrasi PIN Data <i>Transmitter Node</i> pada mikrokontroller Arduino Nano dan Sensor pH.....	41
Tabel 3. 11 Integrasi PIN Data <i>Transmitter Node</i> pada mikrokontroller Arduino Nano dan Sensor Turbidity.....	41
Tabel 3. 12 Integrasi PIN Data <i>Transmitter Node</i> pada mikrokontroller Arduino Nano dan Sensor DO .....	41
Tabel 3. 13 Integrasi PIN Data <i>Transmitter Node</i> pada mikrokontroller Arduino Nano dan Sensor DSB18B20 .....	42
Tabel 3. 14 Integrasi PIN Data <i>Transmitter Node</i> pada mikrokontroller Arduino Nano dan DC-DC Converter .....	42



Tabel 3. 15 Integrasi PIN Data <i>Transmitter Node</i> pada mikrokontroller Timer Analog dan Modul DC-DC Converter .....	42
Tabel 3. 16 Integrasi PIN Data <i>Transmitter Node</i> pada mikrokontroller Timer Analog dan Modul SCC .....	43
Tabel 3. 17 Integrasi PIN Data <i>Transmitter Node</i> pada mikrokontroller Baterai 12V/ Aki dan Modul SCC .....	43
Tabel 3. 18 Integrasi PIN Data <i>Transmitter Node</i> pada mikrokontroller Panel Surya dan Modul SCC .....	44
Tabel 4. 1 Hasil uji Pengiriman hasil data sensing pada setiap sensor Transmitter Node .....	63
Tabel 4. 2 Hasil data sensing Integrasi Sensor dengan ArduinoNano sebagai Transmitter Node 1 .....	72
Tabel 4. 3 Hasil data sensing Integrasi Sensor dengan ArduinoNano sebagai Transmitter Node 2 .....	74
Tabel 4. 4 Hasil data sensing Integrasi Sensor dengan ArduinoNano sebagai Transmitter Node 3 .....	76
Tabel 4. 5 Hasil data sensing Integrasi Sensor dengan ArduinoNano sebagai Transmitter Node 4 .....	78
Tabel 4. 6 nilai data rata-rata pada integrasi sensor pH transmitter node .....	80
Tabel 4. 7 nilai data rata-rata pada integrasi sensor DSB18B20 transmitter node .....	80
Tabel 4. 8 nilai data rata-rata pada integrasi sensor Turbidity transmitter node .....	81
Tabel 4. 9 nilai data rata-rata pada integrasi sensor Dissolved Oxygen transmitter node .....	81
Tabel 4. 10 Hasil thingspeak data sensing node 1 .....	82
Tabel 4. 11 Hasil thingspeak data sensing node 2 .....	83
Tabel 4. 12 Hasil thingspeak data sensing node 3 .....	85
Tabel 4. 13 Hasil thingspeak data sensing node 4 .....	87
Tabel 4. 14 Hasil rekapitulasi nilai rata-rata hasil pembacaan sensor pada semua literasi .....	88
Tabel 4. 15 Hasil Uji Data Konsumsi Daya .....	90
Tabel 4. 16 Nilai Rata-Rata Komparasi Konsumsi Daya .....	91

Tabel 4. 17 Hasil Uji transmisi data lora berdasarkan jarak dan elevasi .....	108
Tabel 4. 18 Tabel standarisasi signal strenght menurut TIPHON .....	109
Tabel 4. 19 Hasil uji nilai pada komparasi receiver node dengan alat sebelumnya.....	115