

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN PENGOLAHAN
AIR LIMBAH BERBASIS LORAWAN MENGGUNAKAN ESP32
DAN PLATFORM ANTARES**

Tugas Akhir

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

Oleh

Abrar Zuhdi Akbar

220441001



**PROGRAM STUDI D4 TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Rancang Bangun Sistem Pemantauan Pengolahan Air Limbah Berbasis
LoRaWAN menggunakan ESP32 dan Platform Antares**

Oleh:

Abrar Zuhdi Akbar

220441001

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

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 23 Desember 2024

Disetujui,

Pembimbing I,



Hadi Supriyanto, S.T., M.T.

NIP. 196911081993031002

Pembimbing II,

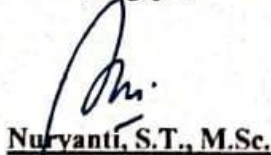


Abdur Rohman Harits Martawireja S.Si., M.T.

NIP. 198803132019031009

Disahkan,

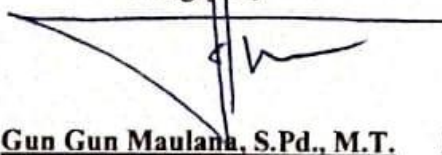
Penguji I,



Nurvanti, S.T., M.Sc.

NIP. 19760426200912202

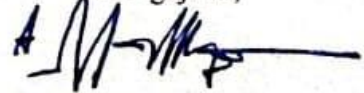
Penguji II,



Gun Gun Maulana, S.Pd., M.T.

NIP. 198204272014041001

Penguji III,



Dr. Narwikant Indroasyoko, M.Pd.

NIP. 196705092000031001

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama	:	Abrar Zuhdi Akbar
NIM	:	220441001
Jurusan	:	Teknik Rekayasa Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	Rancang Bangun Sistem Pemantauan Pengolahan Air Limbah Berbasis LoRaWAN menggunakan ESP32 dan Platform Antares

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 : 07 – 1 – 2025
Yang Menyatakan,

(Abrar Zuhdi Akbar)
NIM 220441001

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama	:	Abrar Zuhdi Akbar
NIM	:	220441001
Jurusan	:	Teknik Rekayasa Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	Rancang Bangun Sistem Pemantauan Pengolahan Air Limbah Berbasis LoRaWAN menggunakan ESP32 dan Platform Antares

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 : 07 – 01 – 2025
Yang Menyatakan,

(Abrar Zuhdi Akbar)
NIM 220441001

MOTO PRIBADI

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا ۚ لَهَا مَا كَسَبَتْ وَعَلَيْهَا مَا
 اكْتَسَبَتْ ۗ رَبَّنَا لَا تُؤَاخِذْنَا إِنْ نَسِينَا أَوْ خَطَأْنَا ۗ رَبَّنَا وَلَا
 تَحْمِلْ عَلَيْنَا إَصْرًا كَمَا حَمَلْتَهُ عَلَى الَّذِينَ مِنْ قَبْلِنَا
 رَبَّنَا وَلَا تُحَمِّلْنَا مَا لَا طَاقَةَ لَنَا بِهِ ۖ وَاعْفُ عَنَّا وَاعْفُ لَنَا
 ءَوَارِ حَمْنًا ۚ أَنْتَ مَوْلَانَا فَانصُرْنَا عَلَى الْقَوْمِ الْكَافِرِينَ

“Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya. Baginya ada sesuatu (pahala) dari (kebajikan) yang diusahakannya dan terhadapnya ada (pula) sesuatu (siksa) atas (kejahatan) yang diperbuatnya. (Mereka berdoa,) “Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami salah. Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau bebani kami dengan beban yang berat sebagaimana Engkau bebani kepada orang-orang sebelum kami. Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tidak sanggup kami memikulnya. Maafkanlah kami, ampunilah kami, dan rahmatilah kami. Engkaulah pelindung kami. Maka, tolonglah kami dalam menghadapi kaum kafir.”

Q.S Al-Baqarah ayat 286

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 sembahyan 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 Sistem Pemantuan Pengolahan Air Limbah Berbasis LoRaWAN Menggunakan ESP32 dan Platform Antares”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, 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. Tuhan yang maha kuasa, Allah SWT.
2. Orang Tua dan adik penulis, Asty Purnamawati, Pulung Pradipto, dan Khansa Isnaeni Rafifah yang telah mendukung setiap langkah penulis terkhusus pada pembuatan tugas akhir dari awal hingga akhir pelaksanaan.
3. Untuk keluarga besar Bapak Paidi Harjoistanto dan Bapak Barjo, yang telah memberikan dukungan secara moral dan materil dalam kehidupan penulis selama hidup hingga saat ini.

4. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.AB.
5. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim, S.T., M.T.
6. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Ibu Nuryanti, S.T., M Sc.
7. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Hadi Supriyanto, S.T., M.T. Dan Bapak Abdur Rohman Harits Martawireja S.Si., M.T.
8. Para Penguji sidang tugas akhir Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc., Bapak Gun Gun Maulana, S.Pd., M.T., dan Bapak Dr. Narwikant Indroasyoko, M.Pd.
9. Panitia Tugas Akhir reguler dan perpanjangan tahun 2023 / 2024.
10. Untuk rekan-rekan kelas AEC / AEB-1 yang telah membantu dan membersamai penulis dalam berkuliah hingga pembuatan tugas akhir ini.
11. Untuk rekan-rekan Mahasiswa Politeknik Manufaktur Bandung yang telah bersama-sama menyelesaikan program studi masing-masing dengan bersungguh-sungguh.
12. Seluruh pihak lainnya yang tidak bisa penulis ucapkan satu persatu.

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, Januari 2025

Penulis

ABSTRAK

Dalam proses pengolahan air limbah, perlu adanya pemantauan terhadap kualitas air secara berkala. Parameter untuk pemenuhan baku mutu air dapat diamati dengan menggunakan sensor. Nilai yang diperoleh dapat ditransmisikan dengan memanfaatkan teknologi komunikasi jarak jauh. Proses pemantauan dilaksanakan di *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) dengan menggunakan jaringan sensor yang terintegrasi dengan IoT sehingga dapat dilihat oleh pengguna. Penelitian ini akan berfokus pada penggunaan komunikasi jaringan LoRaWAN dalam pemantauan pengolahan air limbah yang terintegrasi dengan platform Antares dan Node-Red. Pemantauan informasi berupa data logger tersimpan pada *SD Card* serta dikirimkan secara berkala berupa riwayat pembacaan sensor. Hasilnya, sensor pH dan TDS dapat dikirim dengan nilai penyimpangan berturut-turut 2.503% dan 2.905%. Implementasi LoRaWAN menghasilkan nilai rata-rata RSSI -115 dan SnR -7.09 serta, memiliki jarak efektif pengiriman sejauh 1-2 Km untuk menghindari *Packet Loss*. Data juga berhasil disimpan pada basis data MySQL untuk ditampilkan pada Node-red dengan *delay* maksimal 2 detik dari Antares.

Kata kunci: Antares, Komunikasi Data, LoRaWAN, Penjernihan Air, WWTP

ABSTRACT

In the process of wastewater treatment, it is necessary to monitor water quality regularly. Parameters for meeting water quality standards can be observed using sensors. The values obtained can be transmitted by utilizing remote communication technology. The monitoring process is carried out at the Waste water Treatment Plant (WWTP) using a sensor network integrated with IoT so that it can be seen by users. This research will focus on the use of LoRaWAN network communication in monitoring wastewater treatment integrated with the Antares and Node-Red platforms. Monitoring information in the form of data loggers is stored on SD cards and sent periodically in the form of sensor reading history. As a result, the pH and TDS sensors can be sent with an average error of 2.503% and 2.905% respectively. The implementation of LoRaWAN produces an average value of RSSI -115 and SnR -7.09 and, has an effective distance of sending as far as 1-2 Km to avoid Packet Loss. Data is also successfully stored in the MySQL database to be displayed on the Red Node with a maximum delay of 2 seconds from Antares.

Keywords: Antares, Data Communication, LoRaWAN, Water Quality, WWTP

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
I BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
I.5 Sistematika Penulisan.....	4
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Tinjauan Teori	5
II.1.1 Air Limbah	5
II.1.2 Wastewater Treatment plant (WWTP)	5
II.1.3 Kualitas Mutu Air	6
II.1.4 PID.....	7
II.1.5 Data logger	8
II.1.6 Wireless sensor network (WSN)	9
II.1.7 LoRa	9
II.1.8 LoRaWAN.....	10
II.1.9 MQTT.....	11
II.2 Tinjauan Alat.....	12
II.2.1 Sensor Gravity TDS Meter 1.0	12
II.2.2 Sensor SEN0819.....	12
II.2.3 Sensor PH-4502C	13
II.2.4 Modul LoRA RFM95W	13

II.2.5	Modul Mirco SD <i>Card Reader</i> for Arduino	14
II.2.6	Motor Driver L298N	14
II.2.7	Pompa 12V DC.....	15
II.2.8	ESP32	15
II.2.9	Antares IoT Platform	16
II.2.10	Node-red	16
II.3	Studi Penelitian Terdahulu	16
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	21
III.1	Metode penyelesaian masalah	21
III.2	<i>Requirements</i>	22
III.3	<i>System Design</i>	23
III.3.1	Gambaran Umum Sistem.....	23
III.3.2	Diagram alir Sistem Alat	25
III.3.3	Diagram Alir Data Logger dan Pengiriman Data	26
III.4	<i>Domain Spesific Design</i>	27
III.4.1	Perancangan Sistem Mekanik.....	27
III.4.2	Perancangan Sistem Elektrik	29
III.4.3	Perancangan Sistem Informatik.....	32
III.4.4	Rancangan Penyimpanan dan Pengiriman Data	33
III.4.5	Rancangan Sistem Kendali	34
III.5	<i>System Integration</i>	34
III.6	<i>Product</i>	35
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
IV.1	Implementasi Hasil Perancangan	36
IV.1.1	Implementasi rancangan mekanik	36
IV.1.2	Implementasi rancangan elektrik.....	36
IV.1.3	Implementasi Perancangan Informatik.....	38
IV.2	Pengujian Parameter Sensor dan Sistem Elektrik.....	39
IV.2.1	Kalibrasi dan Pengujian Sensor pH	39
IV.2.2	Kalibrasi dan Pengujian Sensor TDS	41
IV.2.3	Pengujian Komponen pada PCB	42
IV.3	Pengujian Kendali Sistem.....	43
IV.3.1	Pengujian Proses Sedimentasi	43
IV.3.2	Pengujian Proses Filtrasi	44
IV.3.3	Pengujian Kendali pH dengan metode On Off	44
IV.3.4	Pengujian Kendali pH dengan metode PID	45

IV.4	Pengujian Komunikasi Data	46
IV.4.1	Pengujian pengiriman data pada platform Antares.....	46
IV.4.2	Pengujian nilai RSSI dan SNR	50
IV.4.3	Pengujian nilai <i>Packet loss</i> terhadap jarak pengiriman data	54
IV.4.4	Pengujian Besar Pengiriman Data Logger.....	55
IV.5	Pengujian Integrasi dan Antarmuka.....	57
IV.5.1	Pengujian Fungsi Antarmuka	57
IV.5.2	Pengujian <i>Delay Timestamp</i>	58
IV.5.3	Pengujian Parsing Data.....	61
V	BAB V PENUTUP	63
V.1	Kesimpulan.....	63
V.2	Saran	63
	DAFTAR PUSTAKA	64
	LAMPIRAN.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel II.1.1 Baku mutu sesuai ketentuan pemerintah [16]	7
Tabel II.3.1 Penelitian terdahulu	17
Tabel III.2.1 Domain Sistem	22
Tabel III.4.1 Fungsi Komponen elektrik.....	29
Tabel IV.2.1 Pengujian Sensor pH.....	40
Tabel IV.2.2 Pengujian sensor TDS.....	42
Tabel IV.2.3 Status Komponen	42
Tabel IV.3.1 Perubahan nilai TDS pada proses Sedimentasi.....	43
Tabel IV.3.2 Perubahan nilai TDS	44
Tabel IV.3.3 Perubahan nilai pH dengan Kendali On Off.....	45
Tabel IV.3.4 Pengujian kendali PID	45
Tabel IV.4.1 Spesifikasi pengujian LoRa	46
Tabel IV.4.2 Data pengujian Node 1	47
Tabel IV.4.3 Data pengujian Node 2	48
Tabel IV.4.4 Data pengujian Node 3	49
Tabel IV.4.5 Data pengujian nilai RSSI terhadap jarak.....	51
Tabel IV.4.6 Data Pengujian nilai SNR terhadap jarak	52
Tabel IV.4.7 Data pengujian <i>Packet loss</i>	55
Tabel IV.4.8 Pengujian banyak data logger	56
Tabel IV.5.1 Tampilan antarmuka pada Node-red.....	57
Tabel IV.5.2 Pengujian Fungsi antar muka.....	58
Tabel IV.5.3 Perbandingan <i>Delay Timestamp</i> Node 1.....	59
Tabel IV.5.4 Perbandingan <i>Delay Timestamp</i> Node 2.....	59
Tabel IV.5.5 Perbandingan <i>Delay</i> Node 3	60
Tabel IV.5.6 Pengiriman dan penempatan data	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1.1 Diagram WWTP untuk mengolah padatan tersuspensi, material organik, patogen dan penggunaan sludge	5
Gambar II.1.2 Blok kendali sistematis dari PID	8
Gambar II.1.3 Jenis Komunikasi pada <i>Wireless Sensor Network</i>	9
Gambar II.1.4 Perbandingan fitur kelas pada LoRaWAN	10
Gambar II.2.1 Sensor Gravity TDS Meter	12
Gambar II.2.2 Sensor SEN0189.....	13
Gambar II.2.3 Sensor pH PH-4502c	13
Gambar II.2.4 Modul LoRa RFM95W	14
Gambar II.2.5 Modul Micro SD Card.....	14
Gambar II.2.6 L298N Driver Motor DC.....	15
Gambar II.2.7 Pompa 12V DC.....	15
Gambar II.2.8 <i>Pinout</i> ESP32.....	16
Gambar III.1.1 Metode VDI2206	21
Gambar III.3.1 Gambaran Umum Sistem	23
Gambar III.3.2 Diagram Alir Sistem Pengolahan Air.....	25
Gambar III.3.3 Diagram Alir pengambilan data	26
Gambar III.4.1 P&ID dari perancangan mekanik	27
Gambar III.4.2 Perancangan tiga dimensi dari keseluruhan rangkaian mekanik..	28
Gambar III.4.3 Arsitektur konektivitas antar komponen Node 1 dan 2.....	30
Gambar III.4.4 Arsitektur konektivitas antar komponen Node 3	30
Gambar III.4.5 <i>Schematic</i> dari rangkaian pada PCB	31
Gambar III.4.6 Rangkaian Board dari PCB	31
Gambar III.4.7 Rancangan Tampilan Dashboard	32
Gambar III.4.8 Rancangan Tampilan LoRa Record	32
Gambar III.4.9 Rancangan Tampilan Node record.....	33
Gambar III.4.10 Block Diagram sistem Kendali	34
Gambar IV.1.1 Implementasi rancangan mekanik dan perpipaan	36
Gambar IV.1.2 Implementasi PCB	37
Gambar IV.1.3 Implementasi rancangan elektrik	37
Gambar IV.1.4 Implementasi tampilan antarmuka dashboard.....	38
Gambar IV.1.5 Implementasi tampilan antarmuka LoRa Record	38
Gambar IV.1.6 Implementasi antarmuka Node record	38
Gambar IV.2.1 Proses pengujian sensor pH	39
Gambar IV.2.2 Perhitungan pada Excel terkait persamaan garis.....	40
Gambar IV.2.3 Proses Pengujian sensor TDS	41
Gambar IV.4.1 Bentuk data terkirim di Platform Antares	50
Gambar IV.4.2 Daerah tempat <i>gateway</i> Antares	51
Gambar IV.4.3 Grafik nilai RSSI.....	52
Gambar IV.4.4 Grafik Nilai SNR	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Datasheet ESP32.....	68
Lampiran 2 TDS Sensor Datasheet.....	68
Lampiran 3 Sensor pH datasheet.....	69
Lampiran 4 Node Red	69

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

ADC : *analog-to-digital Converter*
 CSS : *Chrip spread spectrum*
 dBi : *Decibels relative to isotropic*
 IoT : *Internet of Things*
 IPAL : *Instalasi Pengolahan Air Limbah*
 JSON : *JavaScript Object Notation*
 Kbps : *Kilobits per second*
 LoRa : *Long Range*
 LoRaWAN : *Long Range Wide Area Network*
 MHz : *Mega Hertz*
 MISO : *Master In Slave Out*
 MOSI : *Master Out Slave In*
 MQTT : *Message Queue Telemetry Transport*
 PCB : *Printed Circuit Board*
 pH : *Potential of Hydrogen*
 PID : *Proprtional-Integral-Derrivative*
 PPM : *Part Per Million*
 PWM : *Pulse Width Module*
 RSSI : *Recived Signal Strength Indictor*
 RTC : *Real time Clock*
 SCL : *Serial Clock Line*
 SDA : *Serial Data Line*
 SF : *Spreading Factor*
 SNR : *Signal to Noise Ratio*
 SPI : *Serial Pheriperal Interface*
 TDS : *Total Dissolve Solid*
 TSS : *Total Suspended Solid*
 WAN : *Wide Area Network*
 WSN : *Wireless Sensor Netwrok*
 WWTP : *Waste Water Treatment Plant*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pengolahan air limbah adalah metode untuk memperbaiki dan memurnikan air limbah, yaitu air yang atau cairan yang dihasilkan dari sebuah kegiatan dan mengandung kotoran serta polutan berfasa padat, cair dan gas. Apabila air limbah tidak diolah dan dibuang ke sumber air, maka dapat berpotensi mencemari dan menurunkan kualitas air [1]. Pengolahan air limbah secara umum, terdapat 3 jenis metode pengolahan air dengan menggunakan metode fisika, kimia dan biologi yang terbagi dalam 5 langkah yaitu *Pretreatment*, *Primary Treatment*, *Secondary Treatment*, *Tertiary Treatment* dan *Treatment of Sludge* [2]. Pada bagian pretreatment, terdapat proses sedimentasi atau pengendapan. Sedimentasi adalah proses yang melibatkan pembuangan padatan tersuspensi dari bagian air dengan cara mengendapkannya menggunakan gaya gravitasi. Proses lainnya yang cukup umum adalah filtrasi yang berfungsi untuk menghilangkan padatan yang terlarut dan tidak terlarut. Selain kedua proses tersebut, dalam langkah selanjutnya yaitu netralisasi yang diperlukan untuk menyesuaikan nilai pH sesuai dengan ketentuan [3].

Dalam proses pengolahan air limbah, diperlukan adanya teknologi pemantauan. Proses ini memantau parameter influen dan effluen pada WWTP dengan tujuan memberikan informasi kondisi pengolahan pada operator dan memastikan parameter air telah sesuai dengan baku mutu. Beberapa contoh parameter yang dapat dilihat adalah kadar pH, kadar kekeruhan dan *Total Dissolved Solid* (TDS)[4]. Sistem pintar atau IoT dapat digunakan dalam proses pengolahan air sebagaimana digunakan untuk menunjang pengambilan data kualitas air pada sistem terintegrasi. Pengambilan data dapat menggunakan sensor yang dapat terintegrasi dengan pengambilan aksi atau sistem otomasi [5]. Pengambilan data pada setiap Node secara bersamaan dapat dilakukan menggunakan jenis *Wireless Sensor Network* (WSN) [6]. Salah satu protokol jaringan dengan cakupan jarak cukup luas atau dengan tipe WSN adalah LoRaWAN. LoRaWAN atau *Long Range Wide area network* adalah jenis protokol jaringan yang dibuat berdasarkan teknologi LoRa.

Protokol jaringan ini menggunakan topologi Star yaitu setiap Node terhubung dengan *Base Station* atau pada LoRaWAN disebut sebagai *gateway*[7] . Diharapkan, dengan adanya sistem pengolahan air yang terintegrasi dengan sistem pemantauan berbasis IoT, nilai parameter baku mutu air dapat dipantau .

Dengan berbagai macam proses penjernihan air, beberapa proses telah terbukti berhasil menjernihkan air limbah dalam berbagai paramater. Proses filtrasi sebelumnya pernah dilakukan dengan media kerikil, ijuk, pasir zeolit dan arang aktif. Salah satu hasilnya, nilai kekeruhan berkurang sebesar 41,67%[8]. Adapun berbagai proses lainnya yaitu sedimentasi, adsorpsi dan fitoremediasi berhasil meningkatkan pH dari 2 ke 7,3 dan nilai TDS dari 5300 menuju 1530[9]. Dalam paramater pH, dengan larutan asam sulfat dan Almunium Chlorida, telah berhasil dilakukan netralisasi menuju pH 7[10].

Proses pemantauan parameter air dengan berbagai teknologi terutama LoRa telah dilaksanakan. Pemantauan nilai pH, kekeruhan dan suhu air menggunakan komunikasi LoRa mendapatkan nilai rata-rata *error* 2.10% pada sensor pH dan 1.24% pada sensor kekeruhan [11]. Parameter lainnya, yaitu TDS juga pernah diuji pada pemantauan air kolam berbasis IoT dengan *error* sebesar 7.94%[12]. Implementasi LoRaWAN pada pengiriman data air juga telah berhasil dilakukan dengan mengintegrasikan LoRaWAN dan MQTT dengan platform Grafana[13].

Berdasarkan keterangan di atas, tugas akhir ini menggabungkan LoRaWAN, Platform Antares, dan Node-red pada sistem pemantauan pengolahan air limbah yang menggunakan tahapan sedimentasi, filtrasi dan netralisasi pH. Penelitian ini mencakup performa dari penggunaan LoRaWAN sebagai sistem *Low Power Wide area network* (LPWAN) untuk protokol jaringan antar sensor serta pengiriman *data logger*, Antares yang merupakan platform *gateway* resmi LoRaWAN di Indonesia dan integrasi antara Antares dan *Node-red*. Dengan integrasi teknologi ini, diharapkan dapat memberi gambaran terkait performa dari LoRAWAN dalam proses komunikasi pada pengolahan air limbah.

I.2 Rumusan Masalah

Dari kondisi permasalahan yang telah dipetakan pada bagian latar belakang, berikut rumusan masalah yang didapatkan :

1. Bagaimana perancangan dan implementasi dari LoRaWAN pada sistem prototype pemantauan pengolahan air yang memiliki lebih dari satu Node menggunakan platform Antares ?
2. Bagaimana kinerja pengiriman data menggunakan tipe komunikasi LoRaWAN dengan parameter sensor pH dan TDS pada rancang bangun alat pengolahan limbah ?
3. Bagaimana kinerja platform IoT Antares dalam menyediakan layanan komunikasi LoRaWAN serta integrasi sistem menggunakan komunikasi MQTT dengan platform Node-red ?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, untuk memastikan penelitian terarah dan memiliki lingkup yang tepat, lingkup batasan masalah :

1. Menggunakan sensor pH, TDS dan kekeruhan selama proses berlangsung.
2. Sistem kendali *closed loop* digunakan hanya pada proses netralisasi PH. Sistem lainnya menggunakan sistem kendali *Open Loop*.
3. Modul LoRa yang digunakan adalah RFM95W.
4. Penggunaan Antares pada konektivitas IoT dan penyediaan Platform IoT untuk diintegrasikan pada platform pemantauan lainnya.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Dari kondisi permasalahan yang telah dipetakan pada bagian latar belakang, berikut tujuan yang ingin dicapai yaitu :

1. Melaksanakan perancangan dan aktualisasi dari pembuatan sistem *prototype* pemantauan pengolahan air berbasis LoRaWAN dengan menggunakan ESP32 dan platform Antares.
2. Mengetahui kinerja pengiriman data menggunakan tipe komunikasi LoRaWAN dalam sistem monitoring parameter sensor pada rancang bangun alat pengolahan limbah.
3. Mengetahui kinerja platform IoT Antares dalam menyediakan layanan komunikasi LoRaWAN serta integrasi sistem dengan komunikasi MQTT dengan Node-red.

Manfaat yang ingin dicapai pada penelitian kali ini yaitu :

1. Mengetahui protokol komunikasi untuk kondisi yang memerlukan spesifikasi sistem *Wide area network* (WAN) pada lebih dari satu Node.
2. Mengetahui fungsionalitas dari platform Antares sebagai platform IoT yang berasal dari Indonesia.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika Karya tulis ilmiah 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 HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi analisis serta penyelesaian atas rumusan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan dan saran dari karya tulis ilmiah yang dibuat.