



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN DAN
KONTROL AIR LIMBAH BERBASIS IOT PADA
PT GRAHA SARANA DUTA**

SKRIPSI

HANI SALSABILAH

2103421012

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN DAN
KONTROL AIR LIMBAH BERBASIS IOT PADA
PT GRAHA SARANA DUTA**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hani Salsabilah 2103421012

**PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Hani Salsabilah

NIM : 2103421012

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juni 2025



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Hani Salsabilah
NIM : 2103421012
Program Studi : Broadband Multimedia
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Kontrol Air Limbah Berbasis IoT pada PT Graha Sarana Duta

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 30 Juni 2025 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing: Agus Wag yana, S.T., M.T
NIP. 196808241999031002

Depok, 21 Juli 2025

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Kontrol Air Limbah Berbasis IoT pada PT Graha Sarana Duta" dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat menyelesaikan program studi Broadband Multimedia di Politeknik Negeri Jakarta. Dalam penyusunannya, penulis menyadari banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan bimbingan.

1. Agus Wagya, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang konstruktif dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Seluruh dosen dan staff Program Studi Broadband Multimedia yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman selama masa perkuliahan.
3. Ayah, Bunda dan Adik penulis yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Sahabat-sahabat seperjuangan penulis terkhusus untuk Audrey, Vivi, Faras, dan Hanun yang telah memberikan semangat dan bantuan selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 26 Juni 2025

Penulis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

*Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Kontrol Air Limbah Berbasis IoT pada
PT Graha Sarana Duta*

ABSTRAK

Air limbah domestik yang tidak memenuhi baku mutu lingkungan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem perairan dan kesehatan masyarakat. PT Graha Sarana Duta menghadapi keterbatasan sistem pemantauan manual yang hanya dilakukan sekali sehari dengan potensi human error dan keterlambatan deteksi anomali. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan dan kontrol air limbah berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat bekerja secara otomatis dan real-time. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan sensor pH 4502C dan sensor suhu DS18B20 untuk monitoring kualitas air limbah hasil pengolahan Sewage Treatment Plant (STP). Komunikasi data menggunakan protokol MQTT melalui platform Adafruit IO dengan dashboard monitoring berbasis web menggunakan framework Flask dan database MySQL. Sistem kontrol otomatis menggunakan relay SSR untuk mengoperasikan pompa dosing larutan kaporit ketika nilai pH berada di luar rentang normal. Hasil evaluasi menunjukkan sensor pH memiliki akurasi 96,72% dan sensor suhu 99,35%. Sistem komunikasi MQTT berhasil mentransmisikan data dengan publish latency 400ms, subscribe latency 1,5 detik, dan keandalan 100%. Hasil functional testing pada website monitoring memiliki skor 100%. Sistem kontrol menunjukkan detection rate 100% dengan response time ≤ 2 detik. Implementasi berhasil meningkatkan frekuensi monitoring yang sebelumnya hanya 1 kali dalam sehari menjadi 10 detik dalam 24/7 yang dapat memastikan kepatuhan terhadap Peraturan Menteri LHK No. P.68/2016.

Kata kunci: air limbah, ESP32, IoT, kontrol otomatis, monitoring real-time, MQTT, pH, sensor suhu

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

*IoT-Based Wastewater Monitoring and Control System Design
for PT Graha Sarana Duta*

ABSTRACT

Domestic wastewater that does not meet environmental quality standards can cause negative impacts on aquatic ecosystems and public health. PT Graha Sarana Duta faces limitations with its manual monitoring system, which is only conducted once daily with potential for human error and delayed anomaly detection. This research aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based wastewater monitoring and control system that can operate automatically and in real-time. The system was developed using ESP32 microcontroller with pH 4502C and DS18B20 temperature sensors for monitoring the quality of treated wastewater from Sewage Treatment Plant (STP). Data communication uses MQTT protocol through Adafruit IO platform with web-based monitoring dashboard using Flask framework and MySQL database. The automatic control system uses SSR relay to operate chlorine solution dosing pump when pH values are outside the normal range. Evaluation results show that the pH sensor achieved 96.72% accuracy and the temperature sensor achieved 99.35% accuracy. The MQTT communication system successfully transmitted data with 400ms publish latency, 1.5-second subscribe latency, and 100% reliability. The monitoring website achieved a 100% functional testing score. The control system demonstrated a 100% detection rate with response time ≤ 2 seconds. Implementation successfully increased monitoring frequency by 8,640 times, ensuring 100% compliance with Ministry of Environment and Forestry Regulation No. P.68/2016, and providing an effective and sustainable wastewater management solution.

Keywords: automatic control, ESP32, IoT, MQTT, pH, real-time monitoring, temperature sensor, wastewater



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Perumusan Masalah.....	17
1.3 Tujuan.....	17
1.4 Luaran.....	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	19
2.1 Air limbah.....	19
2.2 STP	22
2.3 ESP32	24
2.4 Sensor Suhu DS18B20	25
2.5 Sensor pH 4502C.....	26
2.6 Relay SSR.....	28
2.7 Kalibrasi	29
2.8 MQTT.....	30
2.9 Website	31
2.9.1 Flask.....	32
2.9.2 MySQL	34
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	36
3.1 Perancangan Alat.....	36
3.1.1 Deskripsi Alat	38
3.1.2 Cara Kerja Alat	40
3.1.3 Spesifikasi Alat	45
3.1.4 Diagram Blok Sistem.....	48
3.2 Protokol Telekomunikasi	50
3.2.1 Perencanaan Implementasi Komunikasi pada Alat pemantauan	50
3.2.2 Perancangan Arsitektur Komunikasi	51
3.2.3 Mekanisme Publish and Subscribe	52



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2.4 Implementasi Komunikasi pada Alat pemantauan	53
3.2.5 Integrasi dengan Alat kontrol	54
3.2.5 Koneksi dengan <i>Website</i> Dashboard.....	55
3.3 Perancangan Aplikasi <i>Website</i>	56
3.3.1 Deskripsi <i>Website</i>	57
3.3.2 Spesifikasi <i>Website</i>	59
3.3.3 Diagram Blok Aplikasi <i>Website</i>	60
3.3.4 Perancangan Mockup Aplikasi <i>Website</i>	60
3.5 Perancangan Program Arduino	69
3.6 Perancangan Program Aplikasi <i>Website</i>	79
3.6.1 Persiapan Instalasi Software	80
3.6.2 Perancangan Mockup <i>Website</i>	82
3.6.3 Pembuatan Database	82
3.7 Realisasi Desain Hasil dan Implementasi Program.....	84
BAB IV PEMBAHASAN.....	92
4.1 Pengujian Sensor pH 4502C.....	92
4.1.1 Deskripsi Pengujian	92
4.1.2 Prosedur Pengujian	93
4.1.3 Data Hasil Pengujian	94
4.1.4 Analisis Data / Evaluasi	95
4. 2 Pengujian Sensor DS18B20	95
4.2.1 Deskripsi Pengujian	95
4.2.2 Prosedur Pengujian	96
4.2.3 Data Hasil Pengujian	97
4.2.4 Analisis Data / Evaluasi.....	98
4.3 Pengujian <i>Publish Latency</i> Broker MQTT	99
4.3.1 Deskripsi Pengujian	99
4.3.2 Prosedur Pengujian	99
4.3.3 Data Hasil Pengujian.....	100
4.3.2 Analisis Data / Evaluasi.....	101
4.4 Pengujian <i>Subscribe Latency</i> Broker MQTT	101
4.4.1 Deskripsi Pengujian	102
4.4.2 Prosedur Pengujian	102
4.4.3 Data Hasil Pengujian	103
4.4.2 Analisis Data / Evaluasi.....	104
4.5 Pengujian <i>Website</i> Dengan <i>Fungsional Testing</i>	104



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5.1 Deskripsi Pengujian	105
4.5.2 Prosedur Pengujian	105
4.5.3 Data Hasil	106
Analisis Data / Evaluasi	108

BAB V PENUTUP	109
----------------------------	------------

5.1 Kesimpulan.....	109
5.2 Saran	110

DAFTAR PUSTAKA	112
-----------------------------	------------

DAFTAR RIWAYAT HIDUP	116
-----------------------------------	------------

LAMPIRAN.....	117
----------------------	------------





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur proses pengolahan Sewage Treatment Plant.....	23
Gambar 2.2 ESP32 dengan 38 Pin	25
Gambar 2.3 Sensor Suhu DS18B20	26
Gambar 2.4 Sensor pH dengan Modul pH-4502C	27
Gambar 2.5 Relay Solid State	29
Gambar 2.6 Logo Framework Flask	32
Gambar 2.7 Logo MySQL	34
Gambar 3.1 Flowchart Sistem Pemantauan dan Kontrol Air Limbah	41
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem	48
Gambar 3.3 Kode Inisialisasi WiFi dan MQTT dengan Port 8883 pada Arduino IDE	51
Gambar 3.4 Topologi Jaringan Telekomunikasi MQTT.....	52
Gambar 3.5 Diagram Blok Arsitektur Komunikasi MQTT	52
Gambar 3.6 Topik pada Broker MQTT	53
Gambar 3.7 Format Payload JSON Data Sensor ke MQTT Broker	54
Gambar 3.8 Topik pada Feed Status	55
Gambar 3.9 Library Paho-MQTT	55
Gambar 3.10 Alur Kerja Sistem.....	60
Gambar 3.11 Mockup Halaman Home	61
Gambar 3.12 Mockup Halaman Dashboard.....	62
Gambar 3.13 Mockup Halaman History	62
Gambar 3.14 Tampilan Halaman Help	63
Gambar 3.15 Mockup Halaman Tentang	63
Gambar 3.16 Skematik Alat pemantauan Air Limbah.....	65
Gambar 3.17 Skematik Alat kontrol Air Limbah.....	68
Gambar 3.18 Program Awal Alat Pemantauan Air Limbah	70
Gambar 3.19 Program Kalibrasi Sensor pH.....	70
Gambar 3.20 Program Buzzer Sebagai Indikator Lokal	72
Gambar 3.21 Program untuk Sistem Indikator Visual	73
Gambar 3.22 Implementasi koneksi Adafruit IO	74
Gambar 3.23 Parameter Kontrol Otomatis Sistem.....	75
Gambar 3.24 Algoritma Kontrol Pompa Air.....	76
Gambar 3.25 Algoritma Evaluasi pH.....	77
Gambar 3.26 Program Komunikasi Antar Perangkat	78
Gambar 3.27 Tahapan Pembuatan Aplikasi Website	79
Gambar 3.28 Perintah Instalasi Python.....	80
Gambar 3.29 Perintah Instalasi Framework Flask	81
Gambar 3.30 Perintah Instalasi MySQL Connector untuk Python	81
Gambar 3.31 Struktur Database dan Tabel di DBeaver	83
Gambar 3.32 Tampilan Halaman Home	85
Gambar 3.33 Program untuk Tampilan Halaman Home.....	85
Gambar 3.34 Tampilan Halaman Dashboard	86
Gambar 3.35 Implementasi Program Halaman Dashboard.....	87
Gambar 3.36 Tampilan Halaman History	87
Gambar 3.37 Implementasi Kode Program Halaman History	88
Gambar 3.38 Tampilan Halaman Help	89
Gambar 3.39 Implementasi Kode Program Halaman	89

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.40 Tampilan Halaman <i>About</i>	90
Gambar 3.41 Implementasi Kode Program Halaman <i>About</i>	91
Gambar 4.1 Pengujian Sensor pH 4502C pada Air Limbah	93
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan pH Meter dan Sensor pH 4502C.....	94
Gambar 4.3 Pengujian Sensor Suhu DS18B20 di Air Limbah	96
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Termometer dan Sensor suhu DS18B20.....	97
Gambar 4.5 Grafik Latency Hasil Pengujian Publish Broker MQTT.....	100
Gambar 4.6 Grafik Latency Hasil Pengujian Subscribe Broker MQTT.....	103
Gambar 4.7 Tampilan Aplikasi <i>Website</i> pada Laptop	107
Gambar 4.8 Tampilan Aplikasi <i>Website</i> pada Mobile	107





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Domestik di DKI Jakarta Berdasarkan Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005	21
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat pemantauan Air Limbah	46
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat kontrol Air Limbah.....	47
Tabel 3.3 Spesifikasi Protokol Telekomunikasi.....	56
Tabel 3.4 Spesifikasi Aplikasi <i>Website</i>	59
Tabel 3.5 Alokasi Pin pada Alat pemantauan Air Limbah	66
Tabel 3.6 Alokasi Pin Alat kontrol Air Limbah.....	68
Tabel 4.1 Alat dan Bahan Pengujian Sensor pH 4502C	92
Tabel 4.2 Hasil Pengujian sensor pH 4502C	94
Tabel 4.3 Alat dan Bahan Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	96
Tabel 4.4 Hasil Pengujian sensor DS18B20	97
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Publish Latency Broker MQTT	100
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Subscribe Latency Broker MQTT	103
Tabel 4.7 Hasil Pengujian <i>Website</i> Dengan Fungsional Testing	106

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Era digitalisasi telah menghadirkan transformasi signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, di mana kegiatan yang sebelumnya dilakukan secara manual kini dapat diselesaikan dengan lebih efisien melalui otomatisasi. Kemajuan teknologi digital ini telah mendorong berbagai sektor industri untuk mengadopsi sistem berbasis teknologi guna meningkatkan produktivitas dan efektivitas operasional. Salah satu teknologi yang berperan krusial dalam transformasi digital ialah *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan perangkat saling terhubung dan berbagi data secara *real-time* untuk mendukung pengawasan, otomatisasi dan optimalisasi proses berbagai sektor industri.

Pengelolaan air limbah domestik merupakan salah satu aspek penting yang memerlukan perhatian serius dalam konteks keberlanjutan lingkungan dan kesehatan masyarakat. *Sewage Treatment Plant* (STP) atau instalasi pengolahan air limbah domestik adalah fasilitas yang dirancang khusus untuk mengolah air limbah domestik yang berasal dari aktivitas rumah tangga, perkantoran, dan komersial sebelum dibuang ke lingkungan. STP beroperasi melalui serangkaian proses fisik, biologis, dan kimia yang bertujuan untuk menghilangkan kontaminan organik dan anorganik dari air limbah. Proses pengolahan dalam STP umumnya terdiri dari tiga tahap utama: pengolahan primer (*primary treatment*) untuk menghilangkan padatan tersuspensi dan material kasar, pengolahan sekunder (*secondary treatment*) untuk menguraikan bahan organik melalui proses biologis, dan pengolahan tersier (*tertiary treatment*) untuk menghilangkan nutrient dan patogen yang tersisa (Zevhiana & Rosariwari, 2023).

Efektivitas STP dalam menghasilkan *effluen* (air limbah yang telah diolah oleh STP) yang memenuhi standar kualitas lingkungan sangat bergantung pada pemantauan yang kontinu terhadap parameter-parameter kunci seperti pH dan suhu. Parameter pH menjadi indikator penting karena mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam proses biologis pengolahan limbah, sementara suhu berpengaruh terhadap laju reaksi biokimia dalam sistem pengolahan (Sulaeman, et al., 2023).



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Meskipun telah melalui proses pengolahan dalam STP, air limbah yang dihasilkan (*effluen*) masih berpotensi memiliki nilai parameter di luar ambang batas yang telah ditetapkan. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain fluktuasi beban organik yang masuk ke sistem STP, gangguan operasional pada unit pengolahan, perubahan karakteristik air limbah *influent*, atau penurunan efisiensi proses biologis akibat faktor lingkungan. Oleh karena itu, monitoring berkelanjutan terhadap kualitas efluen STP menjadi suatu keharusan untuk memastikan bahwa air limbah yang dibuang ke lingkungan benar-benar sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Dinas Lingkungan Hidup. Pemantauan yang tidak memadai dapat mengakibatkan penurunan kinerja STP dan berpotensi menghasilkan *effluen* yang tidak memenuhi baku mutu lingkungan, yang pada akhirnya dapat menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem perairan dan kesehatan masyarakat.

Dalam konteks regulasi lingkungan di Indonesia, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik menetapkan standar yang ketat untuk parameter kualitas air limbah yang dapat dibuang ke lingkungan. Regulasi ini menetapkan rentang pH yang diperbolehkan antara 6,0-9,0. Kepatuhan terhadap standar ini bukan hanya merupakan kewajiban hukum, tetapi juga bentuk tanggung jawab sosial perusahaan dalam menjaga kelestarian lingkungan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, parameter air limbah domestik yang harus dipantau. Namun, pemantauan manual konvensional yang dilakukan sekali sehari terbukti memiliki keterbatasan dalam mendeteksi fluktuasi kualitas air limbah yang dapat terjadi sepanjang hari seiring dengan variasi beban operasional.

Implementasi monitoring ketat terhadap air limbah yang telah diolah oleh STP merupakan langkah wajib yang harus dilakukan oleh setiap perusahaan untuk memenuhi kewajiban regulasi dan menjalankan peraturan yang telah diterapkan. Monitoring ini tidak hanya berfungsi sebagai alat kontrol kualitas, tetapi juga sebagai sistem verifikasi untuk memastikan bahwa proses pengolahan dalam STP berjalan optimal dan menghasilkan *effluen* yang aman bagi lingkungan. Tanpa



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

monitoring yang memadai, risiko pelanggaran terhadap baku mutu lingkungan akan meningkat, yang dapat berujung pada sanksi administratif hingga dikenakan denda.

PT Graha Sarana Duta, yang beroperasi dengan merek dagang Telkom Property, merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manajemen gedung dan properti. Perusahaan ini mengelola berbagai fasilitas komersial dan perkantoran yang menghasilkan air limbah domestik dalam jumlah signifikan. Saat ini, sistem pemantauan kualitas air limbah di fasilitas Telkom Property yang berlokasi di Gambir masih dilakukan secara manual dengan pengambilan sampel sekali sehari pada sore hari. Proses manual ini meliputi pengukuran parameter pH dan suhu menggunakan termometer dan pH meter konvensional, pencatatan hasil secara manual, serta evaluasi kesesuaian dengan baku mutu yang ditetapkan Dinas Lingkungan Hidup.

Sistem pemantauan manual ini memiliki beberapa keterbatasan signifikan, antara lain: keterbatasan frekuensi pemantauan yang hanya dilakukan sekali per hari, padahal kondisi kualitas air limbah dapat berfluktuasi sepanjang hari seiring dengan variasi beban operasional gedung, potensi *human error* dalam pengukuran dan pencatatan data, keterlambatan deteksi jika terjadi penyimpangan kualitas air limbah di luar jam pemantauan, dan kesulitan dalam melakukan analisis tren dan pola kualitas air limbah dalam jangka panjang.

Transformasi menuju sistem pemantauan digital berbasis IoT menawarkan solusi komprehensif untuk mengatasi keterbatasan sistem manual. Implementasi sensor IoT memungkinkan pemantauan kontinyu terhadap parameter kualitas air limbah dengan akurasi tinggi dan transmisi data *real-time* ke sistem monitoring terpusat. Sistem ini dapat memberikan peringatan dini ketika parameter kualitas air limbah mendekati atau melampaui batas baku mutu memungkinkan tindakan korektif yang lebih cepat dan tepat sasaran (Sulaeman, et al., 2023).

Berdasarkan kondisi dan kebutuhan, Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat mengoptimalkan proses pemantauan STP secara *real-time*, memastikan kepatuhan terhadap standar baku mutu lingkungan, serta mendukung pengelolaan air limbah yang lebih efisien dan berkelanjutan. Implementasi sistem IoT dengan teknologi sensor pintar dan monitoring kontinyu menjadi solusi strategis untuk



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mengatasi keterbatasan sistem manual, sekaligus mendukung transformasi digital dalam pengelolaan lingkungan yang responsif dan akurat.

1.2 Perumusan Masalah

- 1) Bagaimana merancang sistem IoT yang mampu memantau parameter pH dan suhu air limbah hasil olahan STP secara *real-time* dan terintegrasi dengan platform monitoring terpusat di PT Graha Sarana Duta?
- 2) Bagaimana mengimplementasikan protokol komunikasi MQTT untuk transmisi data sensor?
- 3) Bagaimana membandingkan kinerja sistem IoT dengan sistem manual dalam hal akurasi pengukuran, frekuensi pemantauan, dan kecepatan respons terhadap perubahan kualitas air limbah?

1.3 Tujuan

- 1) Merancang dan mengimplementasikan sistem IoT untuk memantau parameter pH dan suhu air limbah hasil olahan STP secara otomatis dengan akurasi tinggi dan responsif terhadap perubahan kualitas air limbah di PT Graha Sarana Duta.
- 2) Mengimplementasikan protokol komunikasi MQTT untuk transmisi data *real-time* antara sensor IoT dan platform monitoring, serta melakukan validasi sistem sensor untuk memastikan akurasi pengukuran sesuai dengan standar baku mutu lingkungan.
- 3) Mengevaluasi integrasi sistem IoT dengan platform digital dalam pemantauan kualitas air limbah secara *real-time* dan menganalisis efektivitas sistem terhadap peningkatan kinerja pengelolaan air limbah.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.4 Luaran

- 1) Alat Pemantauan dan Pengontrolan Otomatis
Perangkat IoT terintegrasi untuk memantau parameter pH dan suhu air limbah yang telah diolah Sewage Treatment Plant menggunakan sensor pH (DS18B20) dan sensor suhu (pH-4502C) dengan sistem kontrol otomatis berbasis protokol komunikasi MQTT untuk memastikan kesesuaian dengan baku mutu lingkungan di PT Graha Sarana Duta.
- 2) Dashboard Monitoring Berbasis Web
Platform digital berbasis web untuk monitoring dan reporting data kualitas air limbah secara *real-time* yang menampilkan grafik tren pH dan suhu, status alarm sistem, data historis pemantauan, notifikasi peringatan dini, dan laporan kepatuhan terhadap baku mutu lingkungan dalam format harian, mingguan, dan bulanan.
- 3) Laporan Skripsi
Dokumen komprehensif yang memuat metodologi penelitian, perancangan sistem IoT, implementasi protokol MQTT, pengujian validasi sensor, analisis hasil pemantauan, evaluasi kinerja sistem, dan kesimpulan penelitian mengenai efektivitas sistem pemantauan air limbah berbasis IoT.
- 4) Publikasi Ilmiah
Artikel ilmiah yang dipresentasikan pada Seminar Nasional Inovasi Vokasi (SNIV) dengan fokus pada implementasi teknologi IoT untuk pemantauan kualitas air limbah domestik dan evaluasi efektivitasnya dalam meningkatkan kepatuhan terhadap standar lingkungan.
- 5) Submit Jurnal Ilmiah
Artikel ilmiah yang disubmit ke jurnal nasional terakreditasi dimuat pada Journal of Engineering, Electrical and Informatics dengan fokus pada implementasi teknologi IoT untuk pemantauan kualitas air limbah domestik dan evaluasi efektivitasnya dalam meningkatkan kepatuhan terhadap standar lingkungan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem pemantauan dan kontrol air limbah berbasis IoT pada PT Graha Sarana Duta, dapat disimpulkan:

1. Sistem IoT untuk pemantauan parameter pH dan suhu air limbah secara *real-time* telah dirancang dan diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor pH 4502C, dan sensor suhu DS18B20, di mana data sensor dikirim melalui protokol MQTT ke broker, diteruskan ke database MySQL, dan ditampilkan secara terintegrasi pada platform monitoring berbasis *website* menggunakan *framework* Flask dan bahasa pemrograman Python. Sistem yang telah dibuat ini akan diterapkan di lingkungan PT Graha Sarana Duta.
2. Protokol komunikasi MQTT telah berhasil diimplementasikan dengan menggunakan model *publish-subscribe*, di mana Adafruit IO berperan sebagai broker. Protokol ini feed pada broker, yaitu `/feeds/username/pH` untuk data dari sensor pH 4502C dan `/feeds/username/temperature` untuk data dari sensor suhu DS18B20.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang baik, dengan akurasi sensor pH sebesar 96,72% dan sensor suhu sebesar 99,35% dibandingkan dengan alat ukur standar. Sistem ini juga mampu meningkatkan frekuensi pemantauan secara signifikan, dari yang sebelumnya dilakukan secara manual satu kali sehari menjadi pemantauan otomatis setiap 10 detik. Selain itu, sistem dilengkapi dengan kontrol otomatis yang dapat merespons perubahan kualitas air limbah secara *real-time*, khususnya saat nilai pH berada di luar ambang batas baku mutu, yaitu rentang 6,0–9,0. Dari sisi kecepatan, waktu pengiriman data dari sensor ke broker MQTT memiliki rata-rata 0,4 detik, dan hingga tersimpan di database *website*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

memerlukan waktu sekitar 1,5 detik. Selama pengujian, tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 100%, yang berarti tidak terdapat kehilangan data.

Dari rancangan dan implementasi alat yang dibuat sistem terbukti efektif dan sesuai dengan Peraturan Menteri LHK No. P.68/2016. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi air limbah di luar ambang batas pH (6,0–9,0). Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional dibandingkan metode manual, tetapi juga membantu PT Graha Sarana Duta dalam memenuhi kepatuhan terhadap regulasi lingkungan yang berlaku.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem pemantauan kualitas air limbah berbasis IoT, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Penggunaan sensor kualitas air tambahan, seperti TDS (*Total Dissolved Solids*), DO (*Dissolved Oxygen*), dan ORP (*Oxidation Reduction Potential*) untuk memperluas parameter monitoring dan memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kualitas air limbah.
2. Integrasi sistem alert berbasis SMS atau WhatsApp agar petugas dapat menerima notifikasi secara langsung tanpa harus membuka dashboard, sehingga meningkatkan responsivitas dalam penanganan kondisi abnormal.
3. Penggunaan broker MQTT lokal untuk mengurangi ketergantungan pada konektivitas internet dan meningkatkan keandalan sistem dalam kondisi jaringan terbatas atau tidak stabil.
4. Implementasi kalibrasi berkala dan sistem diagnostik mandiri untuk memantau performa sensor secara otomatis, sehingga dapat menjaga akurasi pengukuran dalam jangka panjang dan mendeteksi kerusakan sensor secara dini.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Pengembangan aplikasi mobile sebagai alternatif tampilan monitoring untuk memperluas aksesibilitas pengguna lapangan dan memudahkan monitoring dari berbagai lokasi.
6. Penambahan fitur data logging dengan kapasitas penyimpanan yang lebih besar untuk analisis historis dan pelaporan yang lebih komprehensif kepada pihak regulator.
7. Implementasi sistem backup power seperti UPS (*Uninterruptible Power Supply*) atau panel surya untuk memastikan kontinuitas operasi sistem saat terjadi pemadaman listrik.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Alzahrani, A. I., Chauhdary, S. H., & Alshdadi, A. A. (2023). Internet of Things (IoT)-Based Wastewater Management in Smart Cities. *electronics*, 14.
- Atmojo, W. P., Susanto, E., & Pangaribuan, P. (2024). Pengujian dan Kalibrasi Sensor Sistem kendali untuk PH, Temperatur, dan Kadar Oksigen pada Kolam Ikan . *Journal Tel-U*, 6.
- Atmoko. (2017). IoT real time data acquisition using MQTT protocol. *PURPOSE-LED PUBLISHING*, doi :10.1088/1742-6596/853/1/012003, 7.
- Bahri, S. (2020). Rancang Bangun Sistem Informasi Berbasis Web pada Teaching Factory Bakery SMK Putra Anda Binjai. *Jurnal ULB*, 6.
- Bramanta, H. R., Siswoyo, & Santosa, Y. (2024). Rancang Bangun Modul Pengoperasian Motor Induksi dan Beban Resistif Menggunakan Solid State Relay (SSR) . *Jurnal.polban.ac.id*, 7.
- Chuzaini, F., & Dzulkiflih. (2022). IoT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH, . *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI) Volume 11* , 11.
- Corporation, L. E. (den 15 January 2024). *The Importance of pH Control in Biological Wastewater Treatment*. Hämtat från <https://www.lakeside-equipment.com/>: <https://www.lakeside-equipment.com/the-importance-of-ph-control-in-biological-wastewater-treatment/>
- Evan, D. J., & Saian, P. O. (2023). Implementasi Python Framework Flask pada Mpdul Transfer Out di PT Xyz. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 11.
- Gea, J., & Susetyo, Y. A. (2023). Implementasi Framework Flask pada Modul Beta-App pada Aplikasi Sistem informasi Helpdesk (SIH) Studi Kasus PT Xyz. *Jurnal Informatika*, 16.
- Hartati, E. (2022). Sistem Informasi Transaksi Gudang Berbasis Website pada CV.Asyura. *Jurnal Ilmu Komputer*, 7.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Ikhsan, R. N., & Syafitri, N. (2021). Pemanfaatan Sensor Suhu DS18B20 sebagai Penstabil Suhu Air Budidaya Ikan Hias. *Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi SNETO*.
- Jibral, A. (2024). *Perencanaan Daur Ulang Air Limbah Domestik Menjadi Air Bersih Untuk Kebutuhan Industri di PT X, Kabupaten Bekasi*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Kehutanan, K. L. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kristianto, E. H., & Seriyawati, N. (2021). Pembangunan Aplikasi Virtual Inventory System (VIS) Berbasis Web Menggunakan Flask Framework (studi Kasus: PT Xyz). *MNEMONIC*, 8.
- Kustiawan, E. (2018). Meningkatkan Efisiensi Peralatan dengan Menggunakan Solid State Relay (SSR) dalam Pengaturan Suhu Pack Pre-Heating Oven (PHO). *Jurnal STT Yuppentek*, 6.
- Medina, J., Barros, K., Charmorro, W., & Ramirez, J. (2024). Design and Construction of a Controlled Solid-State Relay with Variable Duty Ratio for DOMOTIC Applications. *Engineering Proceedings*, 11.
- Miftahuljannah, V., & Suharso, A. (2023). Pengimplementasian Berbagai Web Berdasarkan Kebutuhan Pengguna dengan menggunakan Metode Systematic Literature Review. *infotech journal*, 5.
- Ningtyas, F. D., & Setiyawati, N. (2021). Implementasi Flask Framework pada Pembangunan Aplikasi Purchasing Approval Request . *Jurnal Janitra Informatika dan Sistem Informasi* , 16.
- Nurlailah, E., & Wardani, K. R. (2023). Perancangan Website sebagai Media Informasi dan Promosi Oleh-Oleh Khas Kota Pagaralam . *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 11.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Pratama, N. P., & Susetyo, Y. A. (2024). Implementasi Python API dengan Framework Flask sebagai Cloud Run Service Untuk Proses Update di PT. XYZ . *KESATRIA: Jurnal Penerapan Sistem Informasi*, 8.
- Rahman, M. T. (2021). Analisa Sistem Pengering Padi Otomatis Berbasis Sensor Suhu DS18B20. *Seminar NASional Forte Regional* 7, 4.
- Roudlotul , M. B. (2022). Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan sensor DS18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino. *JRM. Volume 07 Nomor 02 Tahun 2022*, 18 – 23 , 6.
- Sa'diyah, K., Syarwani, M., & Udjiana, S. S. (2018). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Kombinasi Settlement Tank dan Fixed-Bed Coloumn Up-Flow. *J. Tek. Kim. Ling*, 5.
- Sarjerao, B. S., & Prakasarao, A. (2018). A Low Cost Smart Pollution Measurement System Using REST API and ESP32. *3rd International Conference for Convergence in Technology (I2CT)* , 5.
- Sinlae, F., Maulana, I., Setiyansyah, F., & Ihsan, M. (2024). Pengenalan Pemrograman Web: Pembuatan Aplikasi Web Sederhana Dengan PHP dan MYSQL . *Jurnal Siber Multi Disiplin*, 15.
- Sulistia, S., & Septisya, A. C. (2019). Analisis Kualitas Air Limbah domestik Perkantoran. *p-ISSN : 2085.38616* , 17.
- Tama, M. A., Putro, R. K., & Reinelda, E. (2024). Pemanfaatan Air Limbah Domestik Effluent Sewage Treatment Plant (STP) Untuk Pemanfaatan Air Limbah Domestik Effluent Sewage Treatment Plant (STP) Untuk. *EnviroUS*, 7.
- Umam, M. S., Wibowo, A. S., & Prananto, Y. A. (2023). Implementasi Protokol Mqtt Pada Aplikasi Smart Garden . *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* , Vol. 7 No. 1, 8.
- Yudha, P. S., & Sani, R. A. (2017). Implementasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Sebagai Sensor . *JURNAL EINSTEIN* , 8.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Zevhiana, A. A., & Rosariwari, F. (2023). Upaya Pengolahan Dan Pemanfaatan Air Limbah Domestik Pada Industri . *CHEMVIRO: Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan* , 11.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Hani Salsabilah, lahir pada 31 Agustus 2002 dan merupakan pertama ketiga dari tiga bersaudara. Memulai pendidikan dasar di SDN 04 Kalisari Pagi. Selanjutnya, melanjutkan studi di Pondok Pesantren Daarussalaam Depok hingga tahun 2018. Setelah itu, melanjutkan pendidikan di MAN 14 Jakarta dan lulus pada tahun 2021. Saat ini, sedang menempuh pendidikan tinggi di Politeknik Negeri Jakarta,





LAMPIRAN

Lampiran -1 Kode program Arduino Alat Pemantauan Air Limbah

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <AdafruitIO_WiFi.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <time.h>

#define WIFI_SSID "Dholpus"
#define WIFI_PASSWORD "xxxx"
#define IO_USERNAME "xxx"
#define IO_KEY "aio_xxx"

#define MQTT_SERVER "io.adafruit.com"
#define MQTT_PORT 8883
#define MQTT_USERNAME "xx"
#define MQTT_KEY "aio_xxx"
#define MQTT_TOPIC "xxxx"

const char* ntpServer = "pool.ntp.org";
const long gmtOffset_sec = 25200;
const int daylightOffset_sec = 0;

#define PH_SENSOR_PIN 35
#define RED_PIN 12
#define GREEN_PIN 13
#define BLUE_PIN 14
#define BUZZER_PIN 15
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

float pH7_voltage = 1.405;
float pH4_voltage = 1.918;
float m = (4 - 7) / (pH4_voltage - pH7_voltage);
float b = 7 - m * pH7_voltage;

const int samplingInterval = 20;
const int displayInterval = 10000;
const int transmissionInterval = 10000;
const int arrayLength = 40;

int pHArray[arrayLength];
int pHArrayIndex = 0;
bool pumpStatus = false;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
OneWire oneWire(4);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

WiFiClient wifiClient;
WiFiClientSecure mqttWifiClientSecure;
PubSubClient mqttClient(mqttWifiClientSecure);

AdafruitIO_WiFi      io(IO_USERNAME,      IO_KEY,      WIFI_SSID,
WIFI_PASSWORD);
AdafruitIO_Feed *phFeed = io.feed("ph");
AdafruitIO_Feed *tempFeed = io.feed("temperature");
AdafruitIO_Feed *sensorStatusFeed = io.feed("sensor_status");
AdafruitIO_Feed *statusFeed = io.feed("status");

String getTimestamp() {
    struct tm timeinfo;
  
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (!getLocalTime(&timeinfo)) {
    return "TIME_ERROR";
}

char timestamp[30];
sprintf(timestamp, "%04d-%02d-%02d %02d:%02d:%02d",
    timeinfo.tm_year + 1900,
    timeinfo.tm_mon + 1,
    timeinfo.tm_mday,
    timeinfo.tm_hour,
    timeinfo.tm_min,
    timeinfo.tm_sec);

return String(timestamp);
}

double averageArrayFiltered(int* arr, int number) {
    if (number <= 0) return 0;

    int i;
    int max, min;
    long sum = 0;

    if (number < 5) {
        for (i = 0; i < number; i++) sum += arr[i];
        return (double)sum / number;
    } else {
        max = arr[0];
        min = arr[0];
        for (i = 0; i < number; i++) {
            if (arr[i] > max) max = arr[i];
            if (arr[i] < min) min = arr[i];
        }
    }
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

sum += arr[i];
}
return (double)(sum - max - min) / (number - 2);
}

float voltageToPH(float voltage) {
    return m * voltage + b;
}

String getPHStatus(float pHValue) {
    if (pHValue < 6.0) {
        return "ASAM";
    } else if (pHValue > 9.0) {
        return "BASA";
    } else {
        return "NORMAL";
    }
}

String getPumpStatus() {
    return pumpStatus ? "ON" : "OFF";
}

void handleStatusMessage(AdafruitIO_Data *data) {
    String status = data->toString();
    pumpStatus = (status == "ON");
}

void connectToMQTT() {
    mqttWifiClientSecure.setInsecure();
    mqttClient.setServer(MQTT_SERVER, MQTT_PORT);

```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (mqttClient.connect("ESP32_Sensor_Simple", MQTT_USERNAME,
MQTT_KEY)) {
}

bool sendToAdafruitIO(float pHValue, float temperature) {
    if (io.status() < AIO_CONNECTED) {
        return false;
    }

    pHFeed->save(pHValue);
    delay(50);
    tempFeed->save(temperature);
    delay(50);

    String sensorStatus = "pH:" + String(pHValue, 2) +
        "|Temp:" + String(temperature, 1) +
        "|Status:" + getpHStatus(pHValue);
    sensorStatusFeed->save(sensorStatus);

    return true;
}

bool sendToMQTTBroker(float pHValue) {
    if (!mqttClient.connected()) {
        connectToMQTT();
    }

    if (mqttClient.connected()) {
        String payload = String(pHValue, 2);
        return mqttClient.publish(MQTT_TOPIC, payload.c_str());
    }
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

}

return false;
}

void updateRGBLED(float pHValue) {
    if (pHValue > 9) {
        digitalWrite(RED_PIN, HIGH);
        digitalWrite(GREEN_PIN, LOW);
        digitalWrite(BLUE_PIN, LOW);
    } else if (pHValue < 6) {
        digitalWrite(RED_PIN, HIGH);
        digitalWrite(GREEN_PIN, HIGH);
        digitalWrite(BLUE_PIN, LOW);
    } else {
        digitalWrite(RED_PIN, LOW);
        digitalWrite(GREEN_PIN, HIGH);
        digitalWrite(BLUE_PIN, LOW);
    }
}

void updateLCD(float pHValue, float temperature) {
    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("pH: ");
    lcd.print(pHValue, 2);

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Suhu: ");
    lcd.print(temperature, 1);
    lcd.print(" C");

```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

}

void controlBuzzer(float pHValue) {
    static unsigned long lastBuzzerTime = 0;
    static bool buzzerState = false;
    unsigned long currentTime = millis();

    if (pHValue < 6.0) {
        if (!buzzerState && (currentTime - lastBuzzerTime >= 400)) {
            digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
            buzzerState = true;
            lastBuzzerTime = currentTime;
        } else if (buzzerState && (currentTime - lastBuzzerTime >= 150)) {
            digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
            buzzerState = false;
            lastBuzzerTime = currentTime;
        }
    } else if (pHValue > 9.0) {
        if (!buzzerState && (currentTime - lastBuzzerTime >= 800)) {
            digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
            buzzerState = true;
            lastBuzzerTime = currentTime;
        } else if (buzzerState && (currentTime - lastBuzzerTime >= 1200)) {
            digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
            buzzerState = false;
            lastBuzzerTime = currentTime;
        }
    } else {
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
        buzzerState = false;
    }
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
void printSimpleStatus(float pHValue, float temperature, String timestamp) {
    Serial.print(timestamp);
    Serial.print(" | pH: ");
    Serial.print(pHValue, 2);
    Serial.print(" | Suhu: ");
    Serial.print(temperature, 1);
    Serial.print("°C | Status: ");
    Serial.print(getpHStatus(pHValue));
    Serial.print(" | Pompa: ");
    Serial.println(getPumpStatus());
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(1000);

    Serial.println("ESP32 pH Monitoring System");
    Serial.println("=====");

    sensors.begin();

    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("pH Monitor");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Starting...");
    delay(2000);
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
pinMode(RED_PIN, OUTPUT);
pinMode(GREEN_PIN, OUTPUT);
pinMode(BLUE_PIN, OUTPUT);
pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

Serial.println("Connecting to WiFi...");
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && millis() < 20000) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    Serial.println("\nWiFi Connected!");
} else {
    Serial.println("\nWiFi Failed!");
}

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    Serial.println("Connecting to Adafruit IO...");
    io.connect();

    statusFeed->onMessage(handleStatusMessage);

    while (io.status() < AIO_CONNECTED && millis() < 35000) {
        delay(1000);
        Serial.print(".");
    }

    if (io.status() >= AIO_CONNECTED) {
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.println("\nAdafruit IO Connected!");
statusFeed->get();
} else {
    Serial.println("\nAdafruit IO Failed!");
}
}

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    connectToMQTT();
}

configTime(gmtOffset_sec, daylightOffset_sec, ntpServer);
delay(2000);

Serial.println("=====");
Serial.println("Format: Time | pH | Temp | Status | Pompa");
Serial.println("=====");
}

void loop() {
    static unsigned long samplingTime = millis();
    static unsigned long displayTime = millis();
    static unsigned long transmissionTime = millis();

    if (millis() - samplingTime > samplingInterval) {
        pHArray[pHArrayIndex++] = analogRead(PH_SENSOR_PIN);
        if (pHArrayIndex == arrayLength) pHArrayIndex = 0;
        samplingTime = millis();
    }

    if (millis() - displayTime > displayInterval) {
        String timestamp = getTimestamp();

```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

float voltage = averageArrayFiltered(pHArray, arrayLength) * 3.3 / 4095.0;
float pHValue = voltageToPH(voltage);

sensors.requestTemperatures();
float temperature = sensors.getTempCByIndex(0);

printSimpleStatus(pHValue, temperature, timestamp);

updateLCD(pHValue, temperature);
updateRGBLED(pHValue);
controlBuzzer(pHValue);

displayTime = millis();
}

if (millis() - transmissionTime > transmissionInterval) {
    float voltage = averageArrayFiltered(pHArray, arrayLength) * 3.3 / 4095.0;
    float pHValue = voltageToPH(voltage);

    sensors.requestTemperatures();
    float temperature = sensors.getTempCByIndex(0);

    if (io.status() >= AIO_CONNECTED) {
        sendToAdafruitIO(pHValue, temperature);
    }

    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        sendToMQTTBroker(pHValue);
    }

    transmissionTime = millis();
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (io.status() >= AIO_CONNECTED) {
    io.run();
}

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && !mqttClient.connected()) {
    static unsigned long lastReconnect = 0;
    if (millis() - lastReconnect > 30000) {
        connectToMQTT();
        lastReconnect = millis();
    }
}

if (mqttClient.connected()) {
    mqttClient.loop();
}

delay(10);
}

```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran -2 Kode program Arduino Alat Kontrol Air Limbah

```
#include <AdafruitIO_WiFi.h>
#include <WiFi.h>
#include <time.h>

#define WIFI_SSID "Dholpus"
#define WIFI_PASSWORD "xxx"
#define IO_USERNAME "xxx"
#define IO_KEY "aio_xxx"

#define SSR_PIN 5
#define GREEN_LED_PIN 4
#define TEST_BUTTON_PIN 0

#define PH_MIN_THRESHOLD 6.0
#define PH_MAX_THRESHOLD 9.0
#define SOLENOID_ON_DURATION 180000
#define PH_DATA_TIMEOUT 600000
#define PH_NORMAL_STOP_DELAY 5000
#define PH_STABLE_COUNT 3

float currentpH = 7.0;
float previouspH = 7.0;
bool solenoidActive = false;
bool systemEnabled = true;
unsigned long solenoidStartTime = 0;
unsigned long lastpHUpdateTime = 0;
unsigned long pHNormalDetectedTime = 0;
bool dataReceived = false;
bool pHNormalStopPending = false;
int pHNormalStableCount = 0;
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
enum pHControlState {
    PH_MONITORING,
    PH_CORRECTING,
    PH_STABILIZING,
    PH_NORMAL_CONFIRMED
};

pHControlState currentState = PH_MONITORING;

AdafruitIO_WiFi io(IO_USERNAME, IO_KEY, WIFI_SSID,
WIFI_PASSWORD);
AdafruitIO_Feed *phFeed = io.feed("ph");
AdafruitIO_Feed *statusFeed = io.feed("status");
AdafruitIO_Feed *controlLogFeed = io.feed("control_log");

String getTimestamp() {
    struct tm timeinfo;
    if (!getLocalTime(&timeinfo)) return "TIME_ERROR";

    char timestamp[30];
    sprintf(timestamp, "%04d-%02d-%02d %02d:%02d:%02d",
        timeinfo.tm_year + 1900, timeinfo.tm_mon + 1, timeinfo.tm_mday,
        timeinfo.tm_hour, timeinfo.tm_min, timeinfo.tm_sec);
    return String(timestamp);
}

bool isPHNormal(float pH) {
    return (pH >= PH_MIN_THRESHOLD && pH <= PH_MAX_THRESHOLD);
}

String getpHConditionText(float pH) {
    if (pH < PH_MIN_THRESHOLD) {
        return "ASAM";
    }
}
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    } else if (pH > PH_MAX_THRESHOLD) {
        return "BASA";
    } else {
        return "NORMAL";
    }
}

String getStateText(pHControlState state) {
    switch (state) {
        case PH_MONITORING: return "MONITORING";
        case PH_CORRECTING: return "CORRECTING";
        case PH_STABILIZING: return "STABILIZING";
        case PH_NORMAL_CONFIRMED: return "CONFIRMED";
        default: return "UNKNOWN";
    }
}

void activateSSRSolenoid(String reason = "") {
    if (!systemEnabled || solenoidActive) return;

    String timestamp = getTimestamp();

    pHNormalStopPending = false;
    pHNormalStableCount = 0;
    pHNormalDetectedTime = 0;
    currentState = PH_CORRECTING;

    digitalWrite(SSR_PIN, HIGH);
    digitalWrite(GREEN_LED_PIN, HIGH);

    solenoidActive = true;
    solenoidStartTime = millis();
  
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.print(timestamp);
Serial.print(" | SSR: ON | pH: ");
Serial.print(currentpH, 2);
Serial.print(" | Status: ");
Serial.print(getpHConditionText(currentpH));
Serial.print(" | State: ");
Serial.println(getStateText(currentState));

if (io.status() >= AIO_CONNECTED) {
    statusFeed->save("ON");
    String logMessage = "SSR_ON|pH:" + String(currentpH, 2) + "|" +
getpHConditionText(currentpH) + "|" + timestamp;
    controlLogFeed->save(logMessage);
}
}

void stopSSRSolenoid(String reason = "") {
    if (!solenoidActive) return;

    String timestamp = getTimestamp();
    unsigned long runtimeSeconds = (millis() - solenoidStartTime) / 1000;

    digitalWrite(SSR_PIN, LOW);
    digitalWrite(GREEN_LED_PIN, LOW);

    solenoidActive = false;
    pHNormalStopPending = false;
    pHNormalStableCount = 0;
    currentState = PH_MONITORING;

    Serial.print(timestamp);
  
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.print(" | SSR: OFF | pH: ");
Serial.print(currentpH, 2);
Serial.print(" | Status: ");
Serial.print(getpHConditionText(currentpH));
Serial.print(" | Runtime: ");
Serial.print(runtimeSeconds);
Serial.println("s");

if (io.status() >= AIO_CONNECTED) {
    statusFeed->save("OFF");
    String logMessage = "SSR_OFF|pH:" + String(currentpH, 2) + "|" + reason +
"Runtime:" + String(runtimeSeconds) + "s|" + timestamp;
    controlLogFeed->save(logMessage);
}
}

void checkpHNormalStop() {
    if (!solenoidActive) return;

    if (ispHNormal(currentpH)) {
        if (!pHNormalStopPending) {
            pHNormalStopPending = true;
            pHNormalDetectedTime = millis();
            pHNormalStableCount = 1;
            currentState = PH_STABILIZING;
            return;
        }

        if (pHNormalStopPending) {
            pHNormalStableCount++;

            if ((millis() - pHNormalDetectedTime >= PH_NORMAL_STOP_DELAY) ||

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
(pHNormalStableCount >= PH_STABLE_COUNT)) {

    currentState = PH_NORMAL_CONFIRMED;
    stopSSRSolenoid("pH normalized (auto-stop)");
}
}
} else {
    if (pHNormalStopPending) {
        pHNormalStopPending = false;
        pHNormalStableCount = 0;
        currentState = PH_CORRECTING;
    }
}
}

void evaluatePHCondition() {
    if (!systemEnabled) return;

    if (solenoidActive) {
        checkpHNormalStop();
    } else {
        if (!ispHNormal(currentpH)) {
            activateSSRSolenoid("pH out of normal range");
        } else {
            currentState = PH_MONITORING;
        }
    }
}

void handlePhMessage(AdafruitIO_Data *data) {
    float newpH = data->toFloat();
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (newpH >= 0 && newpH <= 14) {
    previouspH = currentpH;
    currentpH = newpH;
    lastpHUpdateTime = millis();
    dataReceived = true;

    evaluatepHCondition();
}

void printSystemStatus() {
    String timestamp = getTimestamp();
    Serial.print(timestamp);
    Serial.print(" | pH: ");
    Serial.print(currentpH, 2);
    Serial.print(" | Status: ");
    Serial.print(getpHConditionText(currentpH));
    Serial.print(" | SSR: ");
    Serial.print(solenoidActive ? "ON" : "OFF");
    Serial.print(" | State: ");
    Serial.println(getStateText(currentState));

    if (solenoidActive) {
        unsigned long runtimeSeconds = (millis() - solenoidStartTime) / 1000;
        Serial.print("Runtime: ");
        Serial.print(runtimeSeconds);
        Serial.println(" seconds");
    }
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

delay(2000);

Serial.println("ESP32 pH Control System");
Serial.println("=====");

pinMode(SSR_PIN, OUTPUT);
pinMode(GREEN_LED_PIN, OUTPUT);
pinMode(TEST_BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);

digitalWrite(SSR_PIN, LOW);
digitalWrite(GREEN_LED_PIN, LOW);

Serial.println("Hardware: SSR GPIO5, LED GPIO4");
Serial.println("Control: Start pH<6.0 or >9.0, Stop pH 6.0-9.0");
Serial.println("Safety: Max 3 minutes runtime");

if (digitalRead(TEST_BUTTON_PIN) == LOW) {
  Serial.println("Testing SSR...");
  digitalWrite(SSR_PIN, HIGH);
  digitalWrite(GREEN_LED_PIN, HIGH);
  delay(10000);
  digitalWrite(SSR_PIN, LOW);
  digitalWrite(GREEN_LED_PIN, LOW);
  Serial.println("Test complete");
}

Serial.println("Connecting to WiFi...");
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && millis() < 20000) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}

```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    Serial.println("\nWiFi Connected!");

    Serial.println("Connecting to Adafruit IO...");
    io.connect();
    phFeed->onMessage(handlePhMessage);

    while (io.status() < AIO_CONNECTED && millis() < 35000) {
        delay(1000);
        Serial.print(".");
    }

    if (io.status() >= AIO_CONNECTED) {
        Serial.println("\nAdafruit IO Connected!");
        phFeed->get();
    }
}

configTime(25200, 0, "pool.ntp.org");

Serial.println("=====");
Serial.println("Format: Time | pH | Status | SSR | State");
Serial.println("=====");
}

void loop() {
    static unsigned long lastStatus = 0;

    if (io.status() >= AIO_CONNECTED) {
        io.run();
    }

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (solenoidActive && (millis() - solenoidStartTime >=
SOLENOID_ON_DURATION)) {
    stopSSRSolenoid("3-minute safety timeout");
}

if (dataReceived && (millis() - lastpHUpdateTime > PH_DATA_TIMEOUT))
{
    if (solenoidActive) stopSSRSolenoid("pH data timeout");
}

if (millis() - lastStatus > 30000) {
    printSystemStatus();
    lastStatus = millis();
}

if (digitalRead(TEST_BUTTON_PIN) == LOW) {
    static unsigned long lastPress = 0;
    if (millis() - lastPress > 3000) {
        Serial.println("Manual test...");

        bool wasActive = solenoidActive;
        if (solenoidActive) {
            stopSSRSolenoid("Manual test");
            delay(1000);
        }

        digitalWrite(SSR_PIN, HIGH);
        digitalWrite(GREEN_LED_PIN, HIGH);
        delay(10000);
        digitalWrite(SSR_PIN, LOW);
        digitalWrite(GREEN_LED_PIN, LOW);
    }
}

```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (wasActive && !ispHNormal(currentpH)) {
    delay(2000);
    evaluatepHCondition();
}

lastPress = millis();
}
}

delay(100);
}
  
```

Lampiran - 3 Alat Pemantauan Air Limbah





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran - 4 Alat Kontrol Air Limbah



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta