

PROTOTIPE SISTEM MONITORING AIR LIMBAH MENGUNAKAN SCADA BERBASIS IoT

Ainur Fikhi Abdus Syukur¹, Aryuanto Soetedjo²

Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

¹ainurfikhias@gmail.com, ²aryuanto@lecturer.itn.ac.id

Abstrak—Air limbah merupakan salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan yang perlu dipantau secara berkala. Pemantauan secara manual membutuhkan waktu dan biaya yang besar. Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang sebuah prototipe sistem monitoring air limbah berbasis SCADA dan Internet of Things (IoT) untuk memantau parameter kualitas air secara real-time. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan beberapa sensor, yaitu sensor TDS, pH, DO, turbidity, serta sensor gas dari kelompok TGS, MQ, dan MG. Data dari masing-masing sensor dikirimkan melalui protokol komunikasi Modbus TCP/IP dan ditampilkan pada antarmuka SCADA Haiwell Cloud dalam bentuk angka, grafik, dan histori data. Sistem terdiri dari tiga unit ESP32, masing-masing berperan membaca dan mengirim data sensor air serta sensor gas ke SCADA. Pengujian dilakukan pada sampel air bersih dan air limbah untuk mengamati respons sensor dan kestabilan data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sensor dapat membaca dan mengirim data dengan baik, serta sistem SCADA mampu menampilkan dan menyimpan data secara real-time. Sistem ini telah berhasil menampilkan data sensor sesuai kebutuhan pemantauan.

Kata Kunci : SCADA, IoT, Air limbah Sensor, Modbus TCP /IP.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya vital bagi kehidupan dan digunakan dalam berbagai sektor seperti rumah tangga, pertanian, dan industri. Oleh karena itu, menjaga kualitas air sangat penting[1]. Sayangnya, ketersediaan air bersih semakin berkurang akibat polusi dan kerusakan ekosistem, salah satunya dari limbah rumah tangga [2]. limbah ini sering dibuang langsung ke sungai tanpa pengolahan, padahal belum tentu sesuai dengan baku mutu[3].

Dalam menghadapi tantangan ini, penerapan teknologi modern menjadi kebutuhan yang mendesak. Di era Industri 4.0, penggunaan teknologi digital dan otomatisasi telah berkembang pesat dalam berbagai sektor, termasuk dalam pengelolaan lingkungan. Sayangnya, dalam konteks pemantauan kualitas air limbah, masih banyak proses yang dilakukan secara manual. Umumnya, pemantauan dilakukan melalui pengambilan sampel di lapangan yang kemudian dikirim ke laboratorium untuk dianalisis. Proses ini memerlukan waktu yang lama, antara 10 hingga 30 hari, serta biaya operasional dan tenaga kerja yang tidak sedikit[4].

Sebagai solusi, diperlukan sistem pemantauan kualitas air yang mampu bekerja secara otomatis dan real-time. Salah satu

teknologi yang dapat digunakan adalah SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), yaitu sistem kendali berbasis komputer yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian proses dari berbagai lokasi melalui antarmuka HMI[5]. SCADA dapat mengumpulkan dan menyimpan data dari sensor secara otomatis, tetapi tetap memiliki kelemahan dari sisi keamanan jaringan[6].

Di sisi lain, teknologi Internet of Things (IoT) turut menjadi pendukung utama dalam pengembangan sistem pemantauan modern. IoT memungkinkan pengumpulan dan pengiriman data secara otomatis dan jarak jauh, serta mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia. Hal ini menjadikannya solusi yang efisien dan hemat biaya dalam mendukung pengelolaan kualitas air.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas sistem pemantauan kualitas air berbasis sensor dan IoT. Penelitian oleh Ach. Rosyidi, Riza Alfita, dan Koko Joni merancang sistem pemantauan kualitas air sungai dengan sensor pH, sensor gas MQ136 (SO₂), dan sensor TDS. Data diolah menggunakan logika fuzzy, dengan akurasi sensor pH mencapai 95,11% dibandingkan alat digital [2].

Penelitian oleh P. Paryanto, Resqilla Subarkah, dan Rusnaldy mengembangkan alat pemantauan air limbah industri berbasis IoT menggunakan Arduino dan platform Blynk. Alat ini mampu membaca parameter DO, pH, kekeruhan, dan TSS secara realtime. Dari hasil pengukuran, diketahui bahwa air limbah dari industri farmasi, tekstil, dan minyak goreng telah melampaui ambang batas mutu yang ditetapkan[4].

Dalam penelitian ini, penulis mengembangkan sistem pemantauan air limbah berbasis SCADA dan IoT dengan teknologi multi sensor. Sensor-sensor terhubung ke mikrokontroler ESP32, lalu data dikirim melalui protokol MODBUS TCP/IP dan ditampilkan secara realtime di sistem SCADA. Sistem ini mampu memantau berbagai parameter air limbah secara terus-menerus, sehingga meningkatkan efisiensi dan menghemat waktu dalam proses pengawasan.

2. KAJIAN PUSTAKA

A. Tinjauan Dari Sistem Yang Ada

Penelitian oleh Ach. Rosyidi, Riza Alfita, dan Koko Joni berjudul *Rancang Bangun Smart River System untuk*

Menentukan Kualitas Air Sungai menghasilkan sistem pemantauan kualitas air sungai dengan sensor pH, TDS, dan MQ136 untuk mendeteksi SO₂. Data dianalisis menggunakan metode Fuzzy Logic dan ditampilkan pada LCD. Sistem ini belum menggunakan teknologi IoT sehingga tidak dapat diakses dari jarak jauh[2].

Penelitian oleh Nur Rahmani, Sukmawaty, dan Guyup Mahardian Dwi Putra berjudul *Desain Sistem Pemantauan Kualitas Air Limbah pada Alat Filtrasi Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno* merancang sistem pemantauan dengan sensor pH, LDR, MQ135, dan HC-SR04. Sistem menampilkan perubahan kualitas air sebelum dan sesudah filtrasi melalui LCD. Namun, sistem belum terintegrasi dengan IoT[3].

Penelitian oleh P. Paryanto, Resqilla Subarkah, dan Rusnaldy berjudul *Perancangan Prototype dan Evaluasi Alat Pemantauan Air Limbah Industri Berbasis IoT* merancang alat berbasis Arduino dan platform Blynk untuk memantau parameter DO, pH, kekeruhan, dan TSS secara realtime. Hasil menunjukkan bahwa limbah industri farmasi, tekstil, dan minyak goreng melebihi ambang batas mutu. Sistem ini telah memanfaatkan IoT, tetapi jumlah sensor yang digunakan masih terbatas[4].

Penelitian oleh Satmoko Yudo berjudul *Pengembangan Sistem Pemantauan Kualitas Air untuk Memantau Air Limbah Industri Secara Online* menggunakan sensor pH, DO, dan COD dalam sistem berbasis web. Keunggulan sistem ini terletak pada akurasi dan kemudahan akses data secara realtime, tetapi masih terbatas pada parameter tertentu dan memerlukan infrastruktur komunikasi yang dapat diandalkan[8].

Penelitian oleh Andhika Dwipradipta, Aris Triwiyatno, dan Budi Setiyono dengan judul *Perancangan Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) pada Plant Sistem Pengolahan Air Limbah* membahas penggunaan mikrokontroler ATmega8535 dan komunikasi serial. Sistem mampu menampilkan nilai sensor pH, tekanan, dan level air serta memberikan alarm. Kekurangannya adalah masih menggunakan software Visual Basic 6.0 dan komunikasi serial sederhana [9].

B. Air Limbah

Air limbah merupakan air sisa dari aktivitas rumah tangga, perkantoran, dan industri. Umumnya, air ini telah tercemar oleh zat seperti limbah organik, deterjen, minyak, atau bahan kimia, sehingga tidak dapat langsung digunakan kembali tanpa pengolahan.

C. SCADA

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk memantau, mengontrol, dan mengelola berbagai proses kerja dari jarak jauh. Teknologi ini banyak diterapkan dalam bidang industri untuk mengawasi dan mengatur jalannya suatu sistem agar dapat beroperasi dengan efisien[10].

D. TCP/IP

Transmission Control Protocol (TCP) dan Internet Protocol (IP) adalah dua protokol yang bekerja bersama untuk mengirim

data di internet. Saat data Modbus dikirimkan lewat Modbus TCP, data itu diteruskan ke TCP dengan menggunakan alamat IP. Selanjutnya, IP menjadikan data tersebut menjadi paket agar bisa dikirimkan melalui jaringan.

E. HMI Haiwell



Gambar 1. HMI Haiwell B7H-W

Haiwell HMI (Human Machine Interface) adalah perangkat antarmuka yang menghubungkan manusia dengan mesin. Teknologi ini ditampilkan dalam bentuk visual atau antarmuka grafis (Graphical User Interface/GUI) yang dapat diakses melalui layar komputer. Haiwell HMI yang digunakan dengan tipe B7H-W, dengan spesifikasi yang disajikan pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi HMI Haiwell

Model	B7H – W
TFT Screen	7” 1024” 600 HD
Storage	4 GB + 512 M
LAN + COM	1 + 2
Voice	2
Wifi	Yes
Wireless	-
Cutout Size	193 x 139 mm Chamfer : (R3.5mm)
Dimension	200 x 146 x 37 mm

Tabel 1 menunjukkan spesifikasi dari HMI Haiwell B7H-W yang digunakan dalam sistem pemantauan SCADA. HMI ini memiliki layar TFT 7 inci dengan resolusi tinggi, memori internal 4 GB, serta mendukung konektivitas LAN dan komunikasi serial (COM). Fitur Wi-Fi pada perangkat ini memungkinkan akses data secara nirkabel, sehingga cocok untuk implementasi sistem monitoring berbasis IoT

F. Software Haiwell Cloud SCADA

Haiwell Cloud SCADA merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Xiamen Haiwell Technology Co., Ltd. dengan memanfaatkan framework .NET. [11].

G. Sensor TDS



Gambar 2. Sensor TDS

Pada Gambar 2, sensor TDS digunakan untuk mengukur jumlah zat padat terlarut (Total Dissolved Solids) dalam air. Nilai yang ditampilkan dalam satuan mg/L menunjukkan

seberapa bersih atau tercemarnya air. Sensor ini penting dalam menentukan kualitas air, baik untuk air bersih maupun limbah

H. *Sensor pH (SEN0161)*



Gambar 3. Sensor PH

Gambar 3 menunjukkan sensor pH yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air. Sensor ini memiliki rentang pengukuran dari 0 hingga 14. pH di bawah 7 bersifat asam, pH 7 netral, dan di atas 7 bersifat basa.

I. *Sensor Turbidity*



Gambar 4. Sensor Turbidity

Gambar 4 merupakan sensor turbidity yang digunakan untuk mengukur seberapa keruh air. Semakin banyak partikel yang mengambang dalam air, maka semakin tinggi nilai kekeruhannya. Satuan yang digunakan adalah NTU

J. *Sensor DO*



Gambar 5. Sensor DO

Gambar 5 merupakan Sensor DO (Dissolved Oxygen) mengukur berapa banyak oksigen yang larut dalam air. Ini penting untuk memastikan air cukup baik untuk kehidupan ikan dan organisme lain, serta untuk proses pengolahan limbah.

K. *Sensor TGS 813*



Gambar 6. Sensor TGS 813

Sensor TGS 813 pada Gambar 6 digunakan untuk mendeteksi gas-gas seperti LPG, propana, dan metana. Biasanya digunakan untuk memantau kebocoran gas. Cara kerja sensor TGS 813 yaitu mengandalkan perubahan nilai resistansi sesuai tingkat konsentrasi gas yang terdeteksi.

L. *Sensor TGS 822*



Gambar 7. Sensor TGS 822

Gambar 7, sensor TGS 822 digunakan untuk mendeteksi gas dari bahan pelarut seperti toluena, xilena, dan aseton. Biasanya digunakan di laboratorium atau industri kimia.

M. *Sensor TGS 2611*

Gambar 8 menampilkan sensor TGS 2611 mendeteksi gas metana (CH₄) dan sering digunakan di area penyimpanan gas atau pipa bawah tanah.



Gambar 8. Sensor TGS 2611

N. *Sensor TGS 2602*



Gambar 9. Sensor TGS 2602

Sensor TGS 2602 pada Gambar 9 digunakan untuk memantau kualitas udara dalam ruangan dengan mendeteksi berbagai gas polutan, seperti VOC (senyawa organik volatil), amonia (NH₃), hidrogen sulfida (H₂S), dan asap rokok.

O. *Sensor TGS 2600*



Gambar 10. Sensor TGS 2600

Gambar 10 ditunjukkan Sensor TGS 2600 mendeteksi gas-gas seperti hidrogen dan karbon monoksida. Umumnya digunakan di tempat yang rawan kebocoran gas.

P. *Sensor MQ 139*



Gambar 11. Sensor MQ 139

Gambar 11 menunjukkan sensor MQ 139 yang digunakan untuk mendeteksi formaldehida, amonia, alkohol, dan asap. Biasanya dipakai untuk memantau udara dalam ruangan.

Q. Sensor MQ 3



Gambar 12. Sensor MQ 3

Gambar 12 merupakan sensor MQ 3 yang digunakan untuk mendeteksi kadar alkohol seperti etanol. Umumnya digunakan dalam alat pendeteksi alkohol (breathalyzer).

R. Sensor MQ 5



Gambar 13. Sensor MQ 5

Gambar 13 memperlihatkan sensor MQ 5 bisa mendeteksi gas seperti LPG, metana, dan hidrogen. Cocok digunakan untuk sistem keamanan gas.

S. Sensor MQ 8



Gambar 14. Sensor MQ 8

Sensor MQ 8 pada Gambar 14 digunakan untuk mendeteksi gas hidrogen (H_2). Umumnya dipakai di laboratorium atau tempat penyimpanan hidrogen.

T. Sensor MG 811



Gambar 15. Sensor MG 811

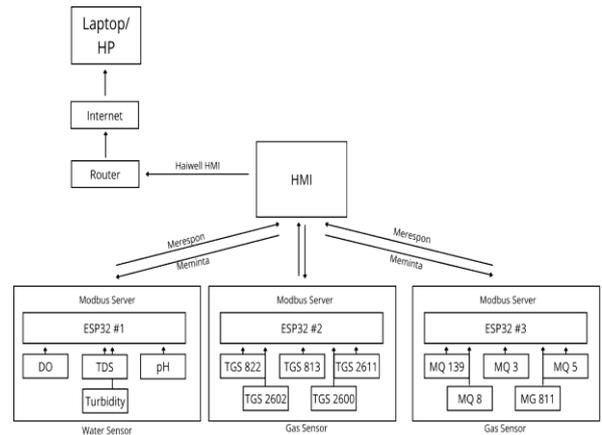
Gambar 15 menunjukkan sensor MG 811 digunakan untuk mengukur kadar karbon dioksida (CO_2) dalam udara. Biasanya digunakan untuk pemantauan udara di rumah kaca atau sistem ventilasi.

U. ESP 32

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler dengan sistem chip tunggal (SoC) yang sudah dilengkapi dengan konektivitas WiFi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2. ESP32 memiliki prosesor, memori, dan berbagai port GPIO (General Purpose Input Output) yang membuatnya dapat digunakan sebagai alternatif dari Arduino, dengan keunggulan dapat terhubung langsung ke internet maupun digunakan dalam berbagai proyek IoT.

3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Perancangan Keseluruhan



Gambar 16. Rancangan Keseluruhan Sistem

Pada penelitian ini, sistem monitoring air limbah dirancang untuk dapat memantau nilai parameter air dan gas secara real-time. Sistem terdiri dari berbagai perangkat sensor, ESP32 sebagai mikrokontroler, komunikasi Modbus TCP/IP, dan SCADA sebagai antarmuka monitoring.

Berdasarkan Gambar 16, sistem terdiri dari tiga unit ESP32. ESP32 pertama digunakan untuk membaca sensor air (DO, pH, TDS, dan Turbidity), ESP32 kedua untuk sensor gas TGS, dan ESP32 ketiga untuk sensor gas MQ dan MG. Masing-masing ESP32 mengirimkan data sensor ke SCADA melalui komunikasi Modbus TCP/IP, dan nilai-nilai tersebut dapat diakses dari laptop atau perangkat lain yang terhubung ke jaringan.

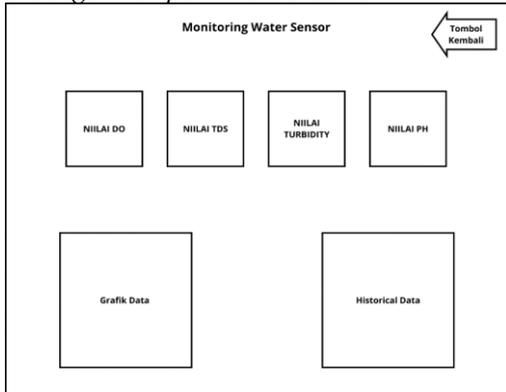
B. Perancangan Tampilan Awal Scada



Gambar 17. Tampilan Awal Scada

Pada Gambar 17, tampilan awal SCADA terdiri dari tiga menu, yaitu menu Water Sensor, Gas Sensor #1, dan Gas Sensor #2. Ketika masing-masing menu diklik, maka SCADA akan menampilkan halaman terkait.

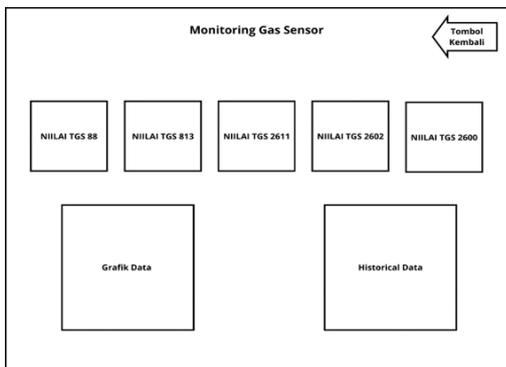
C. Perancangan Tampilan Kedua Scada



Gambar 18. Perancangan Tampilan Kedua Scada

Pada Gambar 18, jika pengguna menekan menu Water Sensor dari Gambar 17, maka SCADA akan menampilkan nilai-nilai dari sensor air, yaitu DO, TDS, pH, dan Kekeruhan. Tampilan juga dilengkapi dengan grafik data dan historical data.

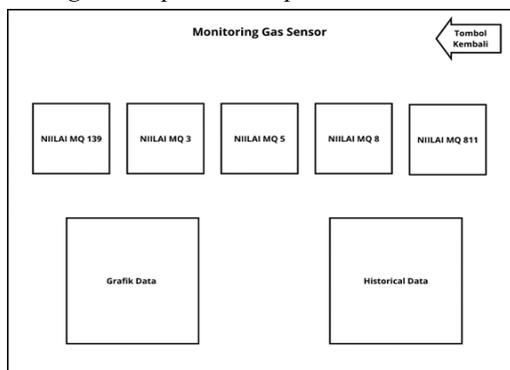
E. Perancangan Tampilan Ketiga Scada



Gambar 19. Perancangan Tampilan Ketiga Scada

Pada Gambar 19, jika menu Gas Sensor #1 dari Gambar 17 diTEKAN, SCADA akan menampilkan nilai dari sensor gas TGS (TGS 822, TGS 813, TGS 2611, TGS 2602, dan TGS 2600). Tampilan juga terdiri dari grafik data dan historical data.

F. Perancangan Tampilan Keempat Scada



Gambar 20. Tampilan Keempat Scada

Pada Gambar 20, jika menu Gas Sensor #2 dari Gambar 19 diklik, SCADA akan menampilkan nilai dari sensor gas MQ

(MQ 139, MQ 3, MQ 5, MQ 8, dan MG 811). Tampilan juga terdiri dari nilai sensor, grafik data, dan historical data.

G. Perancangan Sistem Scada

Tabel 2. Alamat Device

Modbus Device	Protocol	Port	IP Address
ESP #1	TCP	502	10.10.5.11
ESP #2			10.10.5.12
ESP #3			10.10.5.13

Pada perancangan sistem SCADA dijelaskan rincian alamat masing-masing perangkat, yaitu ESP #1, ESP #2, ESP #3, dan Tabel 2 menunjukkan konfigurasi dari tiga ESP32 yang digunakan sebagai perangkat Modbus TCP. ESP #1, ESP #2, dan ESP #3 masing-masing berkomunikasi dengan SCADA melalui port standar Modbus, yaitu port 502. Alamat IP dari masing-masing perangkat juga dijelaskan, yaitu ESP #1 dengan IP 10.10.5.11, ESP #2 dengan IP 10.10.5.12, dan ESP #3 dengan IP 10.10.5.13. Dengan konfigurasi ini, komunikasi data dari ESP ke SCADA dapat berlangsung dengan lancar.

Tabel 3. Konfigurasi Function Code Pada Scada

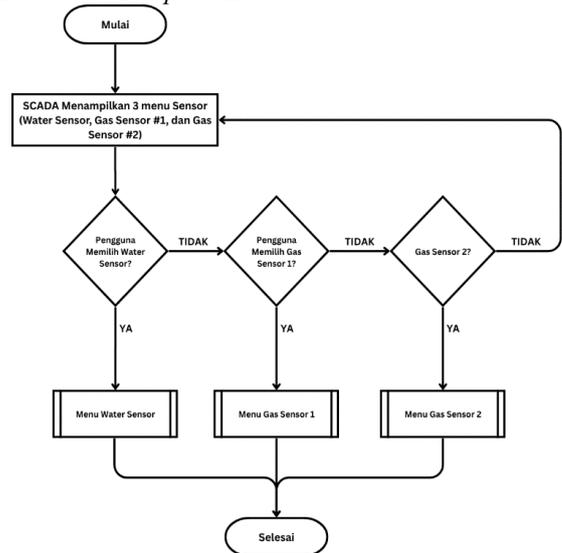
Device	Station Addr	Var Name	Reg Type	Reg Addr	Addr Length	Information
ESP #1	1	DO	Analog Output FC: 03 06	0	1	Parameter Sensor Dissolved Oxygen
		TDS	Analog Output FC: 03 06	1	1	Parameter Sensor Dissolved Oxygen
		PH	Analog Output FC: 03 06	2	1	Parameter Sensor PH
		Turbidity	Analog Output FC: 03 06	3	1	Parameter Sensor Turbidity
ESP #2	1	TGS 822	Analog Output FC: 03 06	0	1	Parameter Sensor TGS 822
		TGS 813	Analog Output FC: 03 06	1	1	Parameter Sensor TGS 813

		TGS 2611	Analog Output FC: 03 06	2	1	Parameter Sensor TGS 2611
		TGS 2602	Analog Output FC: 03 06	3	1	Parameter Sensor TGS 2602
		TGS 2600	Analog Output FC: 03 06	4	1	Parameter Sensor TGS 2600
ESP #3	1	MQ 139	Analog Output FC: 03 06	0	1	Parameter Sensor MQ 139
		MQ 3	Analog Output FC: 03 06	1	1	Parameter Sensor MQ 3
		MQ 5	Analog Output FC: 03 06	2	1	Parameter Sensor MQ 5
		MQ 8	Analog Output FC: 03 06	3	1	Parameter Sensor MQ 8
		MG 811	Analog Output FC: 03 06	4	1	Parameter Sensor MG 811

Tabel 3 menjelaskan pengaturan komunikasi antara perangkat ESP32 dan SCADA melalui Modbus TCP/IP. Kolom *Device* menunjukkan nama perangkat, *Station Addr* adalah alamat Modbus tiap ESP32, *Var Name* berisi nama parameter sensor, dan *Regis Addr* menunjukkan lokasi register penyimpanan data. Semua sensor menggunakan *Addr Length* sebesar 1 register (16 bit). Kolom *Information* memberi deskripsi singkat tentang fungsi tiap variabel. Pengaturan ini memastikan data terbaca dengan benar oleh SCADA secara realtime.

H. Flowchart Scada

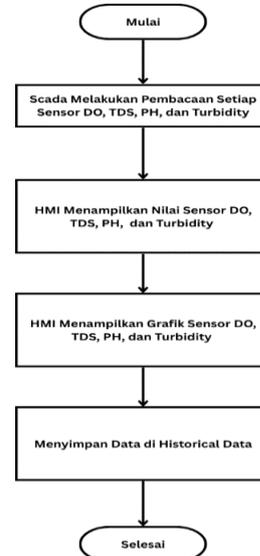
1) Flowchart Tampilan Awal Scada



Gambar 21. Flowchart Tampilan Awal Scada

Gambar 21 menunjukkan saat sistem SCADA dijalankan, maka akan muncul tiga tombol utama pada tampilan awal, yaitu tombol *Water Sensor*, *Gas Sensor #1*, dan *Gas Sensor #2*. Tombol-tombol ini berfungsi sebagai menu utama yang dapat dipilih oleh pengguna.

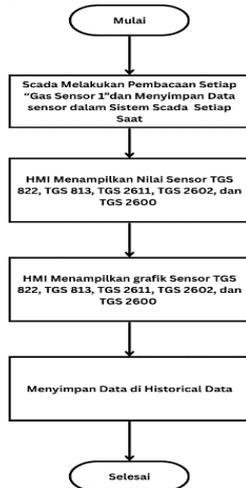
2) Flowchart Water Sensor



Gambar 22. Flowchart Water Sensor

Saat menu *Water Sensor* dipilih, berdasarkan gambar 22, maka SCADA akan menampilkan halaman data dari sensor air. Halaman ini akan menampilkan nilai realtime dari sensor DO, pH, TDS, dan Turbidity, serta grafik pemantauan dan histori data yang sudah tersimpan. Setelah data ditampilkan dengan lengkap, proses dianggap selesai.

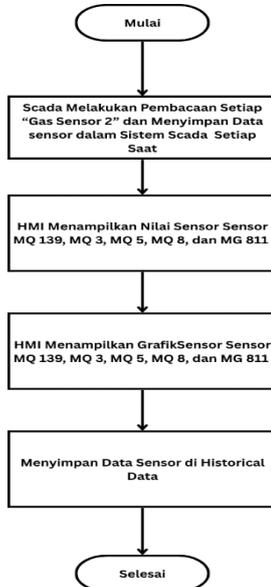
3) Flowchart Gas Sensor 1



Gambar 23. Flowchart Gas Sensor 1

Saat menu Gas Sensor #1 dipilih, berdasarkan gambar 22, maka SCADA akan menampilkan halaman pembacaan sensor gas TGS. Sensor yang ditampilkan yaitu TGS 822, TGS 813, TGS 2611, TGS 2602, dan TGS 2600. Tampilan yang muncul mencakup nilai realtime, grafik pemantauan, dan histori.

4) Flowchart Gas Sensor 2

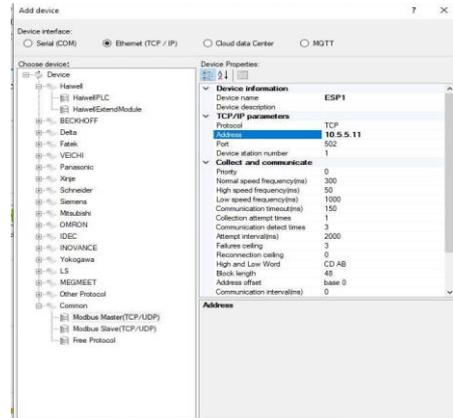


Gambar 24. Flowchart Gas Sensor 2

Saat menu Gas Sensor #2 dipilih, berdasarkan Gambar 24, maka SCADA akan menampilkan data dari sensor gas MQ dan MG. Sensor yang ditampilkan antara lain MQ 139, MQ 3, MQ 5, MQ 8, dan MG 811. Sama seperti halaman lainnya, data ditampilkan dalam bentuk angka, grafik, dan histori.

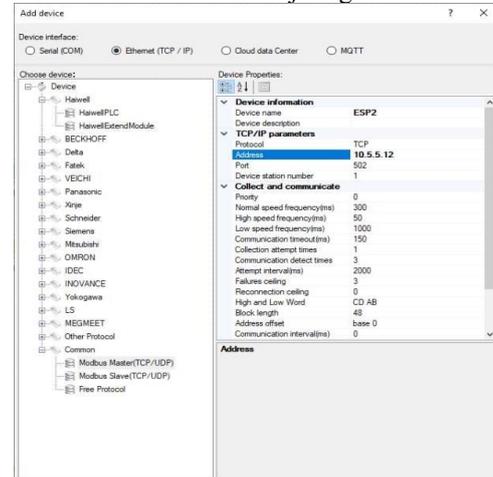
4. SIMULASI DAN ANALISA

A. Konfigurasi Device



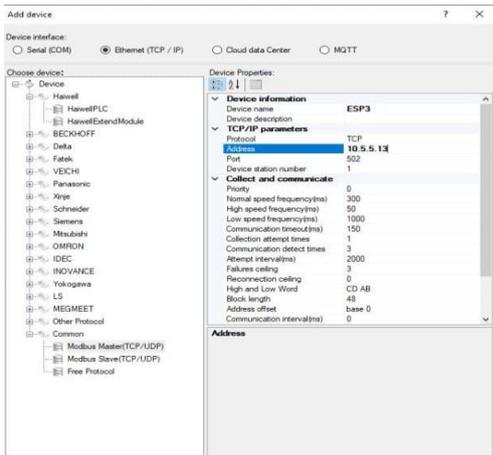
Gambar 25. Konfigurasi ESP 1

Pada Gambar 25, dijelaskan pengaturan device ESP1 di Haiwell SCADA Cloud, dengan IP address 10.5.5.11, Port 502, dan Device Station Number 1. SCADA dikonfigurasi sebagai Modbus Master (TCP/UDP) sesuai pengaturan di menu Common, sedangkan ESP1 berfungsi sebagai Slave yang mengirimkan nilai sensor sesuai request dari SCADA. Dengan pola komunikasi ini, nilai dari sensor dapat diambil dan ditampilkan secara realtime melalui jaringan IP.



Gambar 26. Konfigurasi ESP 2

Pada Gambar 26, dijelaskan pengaturan device ESP2 dengan IP address 10.5.5.12, Port 502, dan Device Station Number 1. SCADA juga dikonfigurasi sebagai Modbus Master (TCP/UDP) sesuai pengaturan di menu Common, sehingga dapat membaca nilai dari ESP2 sebagai Slave.



Gambar 27. Konfigurasi ESP 3

Pada Gambar 27, dijelaskan pengaturan device ESP3 dengan IP address 10.5.5.13, Port 502, dan Device Station Number 1. SCADA juga dikonfigurasi sebagai Modbus Master (TCP/UDP) sesuai dengan pengaturan di menu Common, sehingga dapat membaca nilai dari ESP3 sebagai Slave.

B. Konfigurasi Register Address pada Scada

Variable name	Register type	Address format	Register address	Address length	Data type	The mode of reading and writing	Collect frequency	Variable description	Min
1 TDS	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	0	1	Integer	Read and write	Normal		
2 PH	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	1	1	Integer	Read and write	Normal		
3 TURBIDITY	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	2	1	Integer	Read and write	Normal		
4 DO	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	3	1	Integer	Read and write	Normal		

Gambar 28. Konfigurasi Register Address ESP 1

Pada Gambar 28 dijelaskan konfigurasi register SCADA untuk membaca nilai dari sensor air. Ada empat sensor yang digunakan, yaitu pH dengan Register Address 1, DO dengan Register Address 3, TDS dengan Register Address 0, dan Turbidity dengan Register Address 2. Seluruh sensor dikonfigurasi dengan Register Type “4X (Analog Output)” dan Function Code “03 06” untuk membaca nilai dari register Modbus. Panjang data (Address Length) masing-masing sensor adalah 1, dengan Data Type berupa Integer, dan status mode Read and Write.

Variable name	Register type	Address format	Register address	Address length	Data type	The mode of reading and writing	Collect frequency	Variable description	Min
1 TGS822	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	0	1	Integer	Read and write	Normal		
2 TGS813	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	1	1	Integer	Read and write	Normal		
3 TGS2611	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	2	1	Integer	Read and write	Normal		
4 TGS2602	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	3	1	Integer	Read and write	Normal		
5 TGS2600	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	4	1	Integer	Read and write	Normal		

Gambar 29. Konfigurasi Register Address ESP 2

Pada Gambar 29 dijelaskan konfigurasi register SCADA untuk membaca nilai dari sensor gas TGS, yaitu TGS822 dengan Register Address 0, TGS813 dengan Register Address 1, TGS2611 dengan Register Address 2, TGS2602 dengan Register Address 3, dan TGS2600 dengan Register Address 4. Seluruh sensor dikonfigurasi dengan Register Type “4X

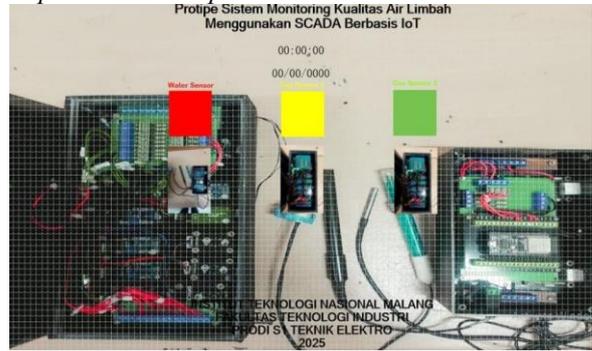
(Analog Output)” dan Function Code “03 06” untuk membaca nilai dari register Modbus. Panjang data masing-masing sensor adalah 1, dengan Data Type berupa Integer, dan status mode Read and Write.

Variable name	Register type	Address format	Register address	Address length	Data type	The mode of reading and writing	Collect frequency	Variable description	Min
1 MQ139	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	0	1	Integer	Read and write	Normal		
2 MQ3	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	1	1	Integer	Read and write	Normal		
3 MQ5	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	2	1	Integer	Read and write	Normal		
4 MQ8	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	3	1	Integer	Read and write	Normal		
5 MG811	4X(Analog output,Function code 03 06)	Decimal	4	1	Integer	Read and write	Normal		

Gambar 30. Konfigurasi Register Address ESP 3

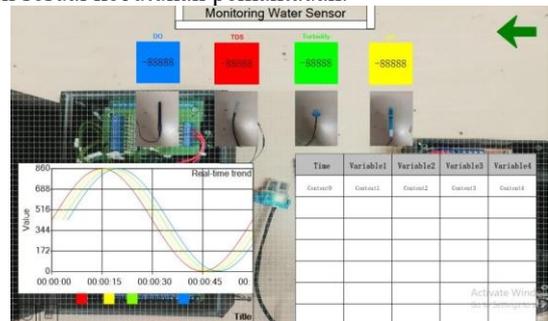
Pada Gambar 30 dijelaskan konfigurasi register SCADA untuk membaca nilai dari sensor gas MQ dan MG, yaitu MQ-139 dengan Register Address 0, MQ-3 dengan Register Address 1, MQ-5 dengan Register Address 2, MQ-8 dengan Register Address 3, dan MG-811 dengan Register Address 4. Seluruh sensor dikonfigurasi dengan Register Type “4X (Analog Output)” dan Function Code “03 06” dengan panjang data (Address Length) sebesar 1, Data Type Integer, dan status mode Read and Write.

C. Implementasi Tampilan



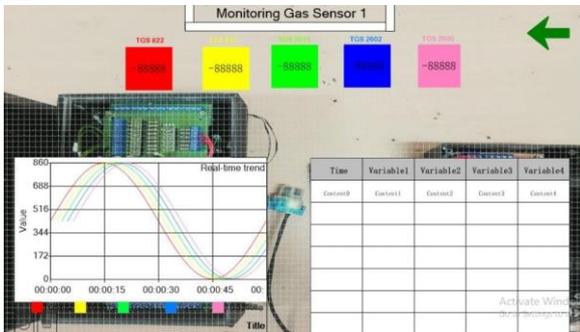
Gambar 31. Tampilan Awal Scada

Pada Gambar 31 dijelaskan bahwa SCADA terdiri dari tiga menu utama yang dapat diakses oleh user, yaitu menu Water Sensor untuk nilai sensor air (pH, DO, TDS, dan Turbidity), menu Gas Sensor 1 untuk nilai sensor gas kelompok pertama (TGS), dan menu Gas Sensor 2 untuk nilai sensor gas kelompok kedua (MQ dan MG). User dapat berpindah antar menu dengan mudah sesuai kebutuhan pemantauan.



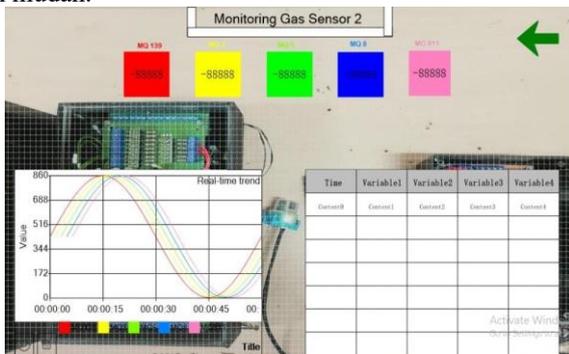
Gambar 32. Tampilan Kedua Scada

Pada Gambar 32 dijelaskan bahwa halaman Sensor Water SCADA menampilkan nilai dari masing-masing sensor air, termasuk nilai angka sensor, grafik nilai dari waktu ke waktu, dan area untuk melihat data historis guna mempermudah analisis pola perubahan nilai dari masing-masing parameter air. Dengan fitur ini, user dapat memantau nilai sensor air secara realtime dan menganalisis pola perubahan nilai dengan lebih mudah.



Gambar 33. Tampilan Ketiga Scada

Pada Gambar 33 dijelaskan bahwa halaman Gas Sensor 1 SCADA menampilkan nilai dari masing-masing sensor gas, yaitu nilai dari sensor TGS822, TGS813, TGS2611, TGS2602, dan TGS2600. Tampilan terdiri dari nilai angka sensor, grafik nilai dari waktu ke waktu, dan area data historis untuk mempermudah analisis pola perubahan nilai dari masing-masing sensor gas. Dengan demikian, nilai gas dapat dipantau secara realtime dan pola perubahannya dapat dianalisis dengan lebih mudah.



Gambar 34. Tampilan Keempat Scada

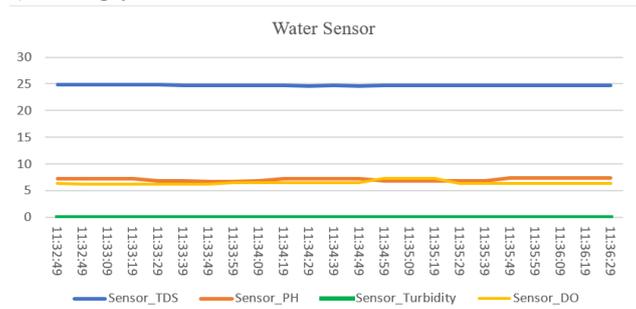
Pada Gambar 34 dijelaskan bahwa halaman Gas Sensor 2 SCADA menampilkan nilai dari masing-masing sensor gas, yaitu nilai dari sensor MQ-139, MQ-3, MQ-5, MQ-8, dan MG-811. Tampilan terdiri dari nilai angka sensor, grafik nilai dari waktu ke waktu, dan area data historis untuk mempermudah analisis pola perubahan nilai dari masing-masing sensor gas. Dengan begitu, nilai gas dapat dipantau secara realtime dan pola perubahannya dapat dianalisis dengan lebih mudah.

D. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk menampilkan data dari masing-masing sampel air. Sampel air yang digunakan dalam pengujian kali ini yaitu air bersih, dan air selokan. Tujuan dari pengujian ini hanya menampilkan nilai dari masing-masing sensor air, sensor gas 1 (TGS), dan sensor gas 2 (MQ).

1) Pengujian Sistem dengan Air Bersih

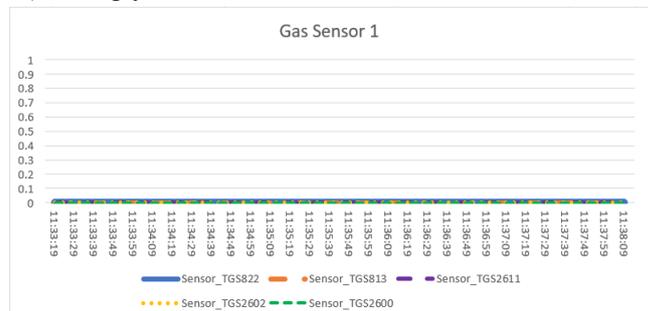
a) Pengujian Water Sensor



Gambar 35. Grafik Water Sensor

Berdasarkan Gambar 35. Grafik Water Sensor, pengukuran TDS menunjukkan kestabilan pada kisaran 24.62 hingga 24.81 ppm, menandakan rendahnya kandungan padatan terlarut. pH berada di rentang 6.7–7.74, mendekati nilai netral. Turbidity tercatat 0 NTU selama pengujian, yang berarti tidak ada kekeruhan. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa sensor dan sistem SCADA dapat saling terhubung dan bekerja dengan baik, di mana setiap nilai yang terbaca berhasil ditampilkan dan tersimpan oleh sistem

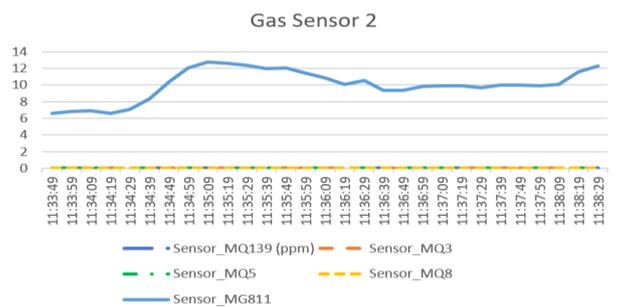
b) Pengujian Gas Sensor 1



Gambar 36. Grafik Gas Sensor 1

Berdasarkan Gambar 36. Grafik Gas Sensor 1, seluruh sensor pada kelompok TGS (TGS822, TGS813, TGS2611, TGS2602, dan TGS2600) menunjukkan nilai 0 selama pengujian. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa sensor dan sistem SCADA dapat saling terhubung dan bekerja dengan baik, di mana setiap nilai yang terbaca berhasil ditampilkan dan tersimpan oleh sistem.

c) Pengujian Gas Sensor 2

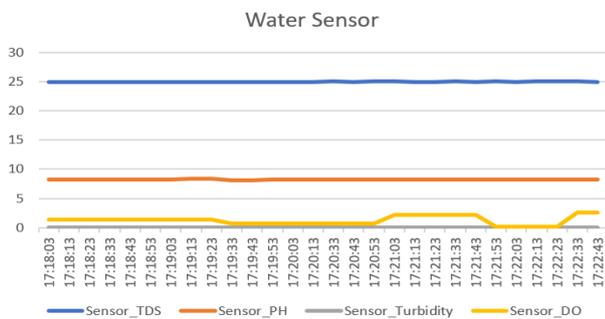


Gambar 37. Grafik Gas Sensor 2

Berdasarkan Gambar 37. Grafik Gas Sensor 2, sensor MQ139, MQ3, MQ5, dan MQ8 mencatat nilai 0 sepanjang pengujian. Sensor MG811 menunjukkan nilai bervariasi antara 6.55 hingga 12.71 ppm, yang mengindikasikan adanya sedikit fluktuasi kadar gas (CO₂) pada lingkungan pengujian. Secara keseluruhan, data dari sensor berhasil dikirim, ditampilkan, dan disimpan oleh sistem SCADA.

2) Pengujian Sistem dengan Air Sabun

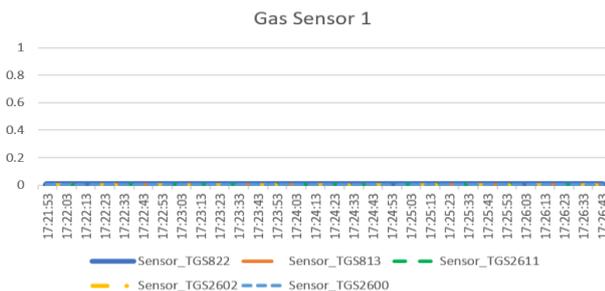
a) Pengujian Water Sensor



Gambar 38. Grafik Water Sensor

Berdasarkan Gambar 38. Grafik Water Sensor, nilai TDS didominasi angka 24.93 ppm, dengan beberapa pembacaan mencapai 25 ppm. pH berkisar 8.1–8.43, menunjukkan sifat basa. Turbidity tercatat 0 NTU, kemungkinan karena partikel sabun tidak terdeteksi oleh sensor. DO sangat rendah, antara 0.73 hingga 2.64 mg/L, menandakan rendahnya kadar oksigen terlarut. Seluruh data berhasil ditampilkan dan tersimpan di sistem SCADA selama proses pengujian berlangsung.

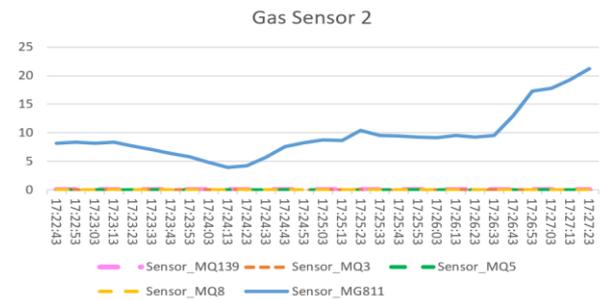
b) Pengujian Gas Sensor 1



Gambar 39. Grafik Gas Sensor 1

Berdasarkan Gambar 39. Grafik Gas Sensor 1, semua sensor TGS (TGS822, TGS813, TGS2611, TGS2602, dan TGS2600) menunjukkan angka 0 selama pengujian, menandakan tidak adanya gas yang terdeteksi pada sampel air sabun. Semua data berhasil ditampilkan dan disimpan oleh sistem SCADA.

c) Pengujian Gas Sensor 2

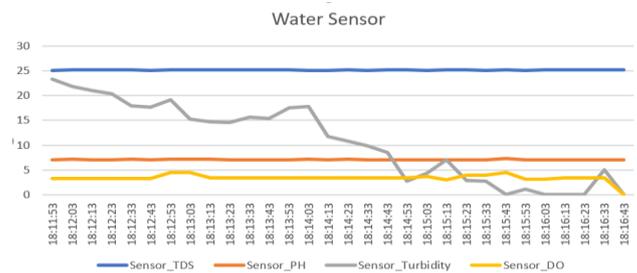


Gambar 40. Grafik Gas Sensor 2

Berdasarkan Gambar 40. Grafik Gas Sensor 2, sensor MQ139, MQ3, MQ5, dan MQ8 tetap menunjukkan angka 0. Sensor MG811 mencatat nilai antara 3.98 hingga 21.22 ppm, memperlihatkan adanya perubahan kadar gas selama pengujian. Seluruh sensor berhasil terhubung dan datanya ditampilkan serta disimpan oleh sistem SCADA.

3) Pengujian Sistem dengan Air Sawah

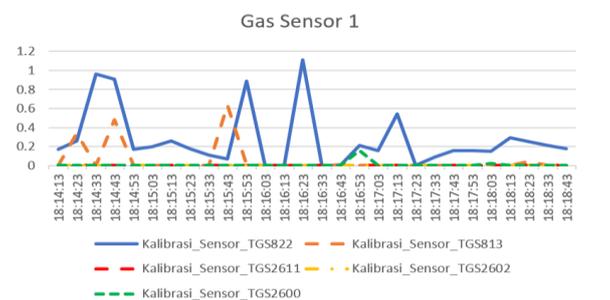
a) Pengujian Water Sensor



Gambar 41. Grafik Water Sensor

Berdasarkan Gambar 41. Grafik Water Sensor, TDS tercatat antara 25.18 hingga 25.25 ppm, sedikit lebih tinggi dibanding air bersih. pH berada di kisaran 7.01–7.29, mendekati netral. Turbidity bervariasi antara 0 hingga 23.26 NTU, menunjukkan adanya partikel padat seperti lumpur. DO memiliki variasi besar, mulai dari 0 hingga 14.5 mg/L. Seluruh data dari sensor berhasil ditampilkan dan disimpan oleh sistem SCADA selama pengujian.

b) Pengujian Gas Sensor 1

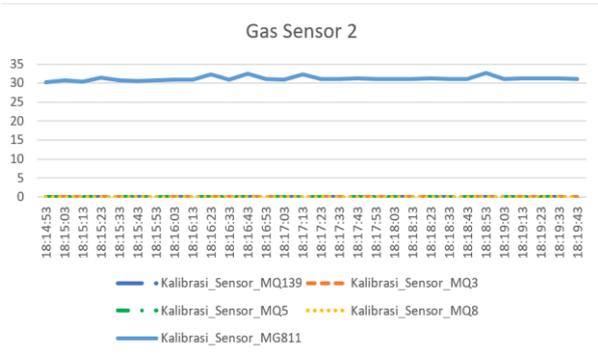


Gambar 42. Grafik Gas Sensor 1

Berdasarkan Gambar 42. Grafik Gas Sensor 1, sensor TGS822 menunjukkan nilai 0 hingga 1.11 ppm. TGS813 mencatat 0 hingga 0.64 ppm. Sensor TGS2611 dan TGS2602 selalu menunjukkan 0, sedangkan TGS2600 mencatat hingga 0.16 ppm. Nilai ini menunjukkan adanya

deteksi gas dalam jumlah sangat kecil. Seluruh sensor berhasil mengirimkan data ke sistem SCADA.

c) *Pengujian Gas Sensor 2*

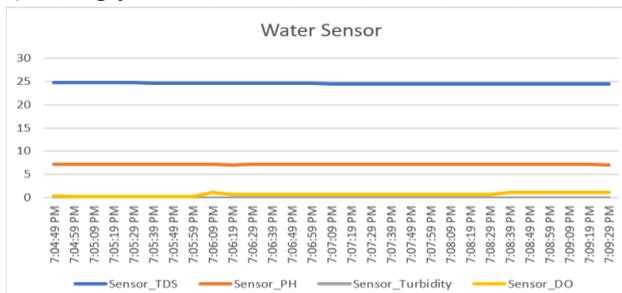


Gambar 43. Grafik Gas Sensor 2

Berdasarkan Gambar 42. Grafik Gas Sensor 1, sensor MQ139, MQ3, MQ5, dan MQ8 tetap 0 selama pengujian. MG811 menunjukkan nilai stabil antara 30.24 hingga 32.7 ppm. Seluruh sensor berhasil mengirimkan data ke sistem SCADA dengan baik.

4) *Pengujian Sistem dengan Air Limbah*

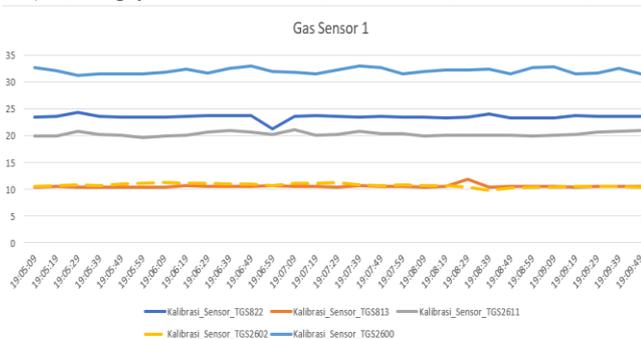
a) *Pengujian Water Sensor*



Gambar 44. Grafik Water Sensor

Berdasarkan Gambar 44. Grafik Water Sensor, TDS berada di kisaran 24.37–24.75 ppm dengan perubahan yang kecil. pH relatif stabil pada 7.09–7.25. Turbidity selalu 0 NTU. DO sangat rendah, hanya 0.2 hingga 1.2 mg/L, mengindikasikan minimnya oksigen terlarut di air limbah., seluruh data yang ditampilkan pada sistem scada menunjukkan bahwa sistem SCADA berhasil menyimpan serta menampilkan seluruh hasil pembacaan.

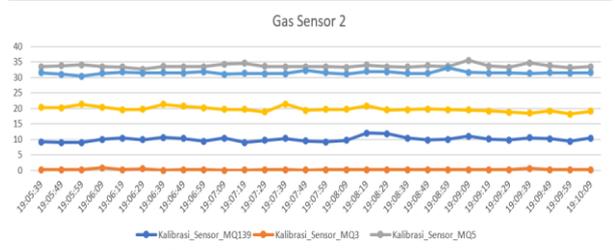
b) *Pengujian Gas Sensor 1*



Gambar 45. Grafik Gas Sensor 1

Berdasarkan Gambar 45. Grafik Gas Sensor 1, Sensor TGS822 mencatat 21.19–24.41 ppm. TGS813 menunjukkan 10.34–11.81 ppm. TGS2611 memiliki 19.64–21.13 ppm, TGS2602 berada pada 9.89–11.23 ppm, dan TGS2600 mencatat 30.95–33.06 ppm. Semua sensor menunjukkan adanya kandungan gas yang cukup signifikan pada air limbah. Semua nilai yang terbaca muncul secara berurutan dan berhasil ditampilkan melalui grafik.

c) *Pengujian Gas Sensor 2*



Gambar 46. Grafik Gas Sensor 2

Berdasarkan Gambar 46. Grafik Gas Sensor 2, Sensor MQ139 berada di 8.95–11.98 ppm. MQ3 mencatat 0–0.75 ppm. MQ5 menunjukkan 32.63–35.5 ppm, MQ8 berada di kisaran 18.15–21.35 ppm, sedangkan MG811 menunjukkan 30.38–33.08 ppm. Data ini menunjukkan keberadaan berbagai jenis gas terdeteksi dalam air limbah.. Semua sensor dalam kelompok ini dapat memberikan data yang terbaca oleh sistem, dan hasil pembacaan berhasil ditampilkan serta tersimpan dengan baik di dalam sistem SCADA.



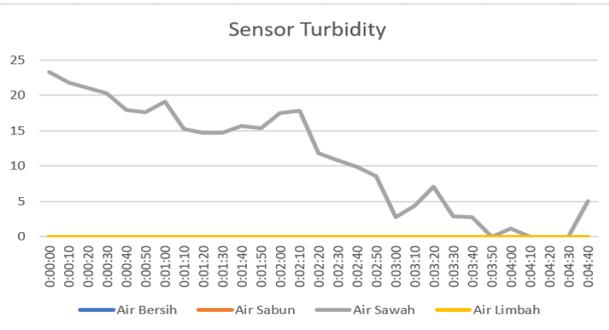
Gambar 47. Tampilan Monitoring Gas Sensor 2

Gambar 47 dibawah ini, menunjukkan tampilan antarmuka SCADA yang berisi data pembacaan sensor, grafik pemantauan, serta tabel penyimpanan data secara real-time. Gambar ini menjadi bukti bahwa sistem telah berhasil menampilkan data dari sensor.

5) *Perbandingan Kandungan Parameter Air Berdasarkan Hasil Pembacaan Sensor*

Subbab ini membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap empat jenis air untuk mengetahui kandungan zat terlarut dan karakteristiknya.

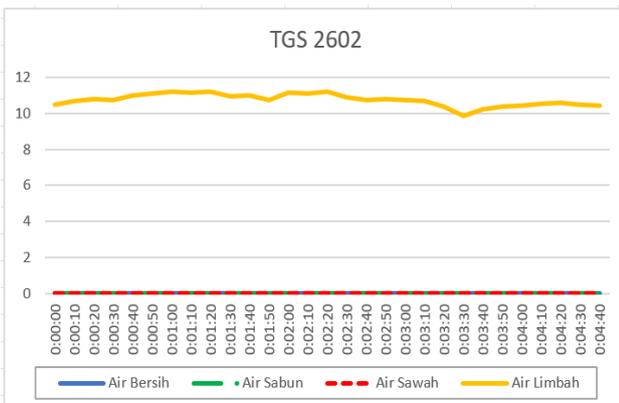
a) *Sensor Turbidity*



Gambar 48. Grafik Sensor Turbidity

Sensor turbidity berfungsi mengukur tingkat kekeruhan air dengan mendeteksi cahaya yang tersebar akibat partikel tersuspensi seperti lumpur, tanah, atau sisa tanaman. Berdasarkan Gambar 48 Grafik Sensor Turbidity, hasil pengujian menunjukkan bahwa air bersih memiliki nilai 0 NTU, air sabun memiliki nilai 0 NTU, air limbah memiliki nilai 0 NTU, dan air sawah memiliki nilai antara 0 hingga 23.26 NTU. Nilai kekeruhan tertinggi terdapat pada air sawah dengan pembacaan 23.26 NTU, yang menandakan adanya kandungan lumpur atau partikel tanah di dalamnya.

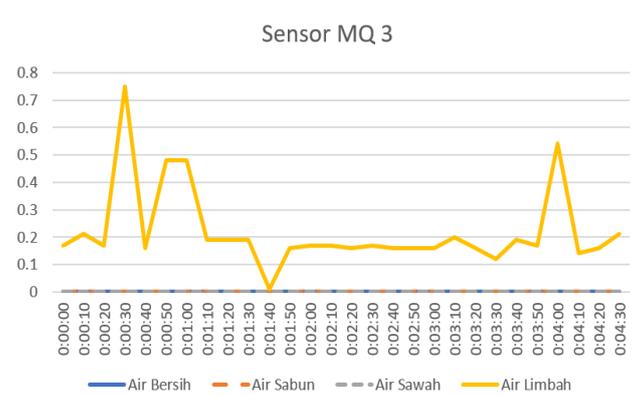
b) *Sensor TGS 2602*



Gambar 49. Grafik Sensor TGS 2602

Sensor TGS2602 berfungsi mendeteksi gas seperti amonia (NH_3), hidrogen sulfida (H_2S), dan senyawa volatil berbau menyengat. Berdasarkan Tabel 4.20 dan Grafik 4.20, hasil pengujian menunjukkan bahwa air bersih, air sabun, dan air sawah memiliki nilai 0.00 ppm, sedangkan air limbah berada pada kisaran 9.89 hingga 11.23 ppm. Nilai tertinggi terdapat pada air limbah, yang kemungkinan besar melepaskan senyawa seperti amonia, sulfida, dan VOC yang berasal dari limbah rumah tangga maupun bahan organik.

a) *Sensor MQ 3*



Gambar 50. Grafik Sensor MQ 3

Sensor MQ3 digunakan untuk mendeteksi uap alkohol seperti etanol dan metanol. Berdasarkan Tabel 4.23 dan Grafik 4.23, hasil pengujian menunjukkan bahwa air bersih, air sabun, dan air sawah memiliki nilai 0.00 ppm, sedangkan air limbah berada pada kisaran 0.00 hingga 0.75 ppm. Nilai tertinggi terdapat pada air limbah sebesar 0.75 ppm, yang mengindikasikan adanya kandungan alkohol atau senyawa organik volatil dalam jumlah kecil.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Telah berhasil dirancang sistem monitoring air limbah berbasis SCADA dan IoT yang mampu membaca parameter air seperti TDS, pH, DO, dan turbidity secara real-time. Sistem juga dilengkapi sensor gas kelompok TGS, MQ, dan MG untuk mendeteksi kandungan gas dalam lingkungan air limbah.
2. Sistem yang telah dibuat mampu menampilkan hasil pengukuran sensor ke dalam antarmuka SCADA berupa angka, grafik, dan histori data. Seluruh data ditransmisikan melalui protokol komunikasi Modbus TCP/IP dan ditampilkan secara langsung di sistem SCADA. Sistem ini juga telah mendukung akses melalui perangkat lain seperti smartphone, meskipun fitur tersebut belum sepenuhnya diuji dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. A. Sukarno, S. Hidayat, A. M. Putri, P. M. Bandung, and J. Barat, "SISTEM MONITORING KUALITAS AIR LIMBAH RUMAH TANGGA BERBASIS IOT," vol. 13, no. 1, pp. 1399–1406, 2025.
- [2] A. Rosyidi, R. Alfita, and K. Joni, "Rancang Bangun Smart River System Untuk Menentukan Kualitas Air Sungai," *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, vol. 2, no. 1, pp. 11–17, 2019, doi: 10.26740/inajet.v2n1.p11-17.
- [3] G. M. D. P. Nur Rahmani, Sukmawaty, "DESAIN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR LIMBAH

- PADA ALAT FILTRASI BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO Nur,” pp. 17–23, 2023.
- [4] P. Paryanto, R. Subarkah, and Rusnaldy, “Perancangan Prototype dan Evaluasi Alat Pemantauan Air Limbah Industri Berbasis IoT,” vol. 24, pp. 50–57, Jan. 2022.
- [5] I. diah PK, I. Winarno, B. Yan Dewantara, Tri Rusti Maydrawati, and Daeng Ramatullah, “Pengembangan Cloud SCADA 1.3 sebagai otomasi industri jarak jauh,” *Cyclotron*, vol. 7, no. 01, pp. 71–75, 2024, doi: 10.30651/cl.v7i01.20522.
- [6] M. Alfa, Z. Fikri, A. Soetedjo, and Y. Limpraptono, “Perancangan Scada Untuk Sistem Otomasi Energi Listrik Dgedung Laboratorium Teknik Elektro Itn Malang,” vol. 08, pp. 1–11, 2023.
- [7] T. Wulandari, M. Rahmaniah, and R. Munandar, Rifki Arief, Rizki, Perkasa Pajri, Moch Juang, Rachmat, “Rancang Bangun Sistem Pengolahan Air Limbah Ekstraksi Berbasis Internet of Things di PT Sari Alam Sukabumi,” vol. 3, pp. 12779–12795, 2024.
- [8] S. Yudo, “Pengembangan Sistem Pemantauan Kualitas Air untuk Memantau Air Limbah Industri Secara Online Development of Water Quality Monitoring Online System for Wastewater Industrial Monitoring Online,” *Jurnal Air Indonesia (JAI)*, vol. 9, no. 1, pp. 89–98, 2016.
- [9] A. Dwipradipta, A. Triwiyatno, and B. Setiyono, “Perancangan Supervisory Control and Data Acquisition (Scada) Pada Plant Sistem Pengolahan Air Limbah,” *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 130–137, 2013, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/2210>
- [10] D. R. Setiawan, A. Soetedjo, R. Putra, and M. D. Labib, “DESAIN SISTEM MONITORING PERTUMBUHAN TANAMAN DAN PARAMETER TANAH SCADA,” 2024.
- [11] I. Ubedillah, “METODE PERANCANGAN SISTEM SCADA PADA SISTEM KELISTRIKAN UNTUK MENGHADAPI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0,” 2021. [Online]. Available: <https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/eeict>

7. BIODATA PENULIS



Ainur Fikhi Abdus Syukur, lahir di Gresik, Jawa Timur, 12 Juni 2003 Penulis menyelesaikan pendidikan di MI NU Trate Putra Gresik pada tahun 2015, melanjutkan ke SMP IT AL-IBRAH Gresik pada tahun 2018, dan lulus dari SMA NU 1 Gresik pada tahun 2021. Saat ini, penulis sedang menempuh pendidikan S-1 Teknik Elektro dengan konsentrasi Teknik Elektronika Kendali dan Instrumentasi di Institut Teknologi Nasional Malang