ISSN: 3090-5958, Volume 2 Issue 3 (2026) Pages 154-164

JURNAL SINTIKA
Jurnal Sistem Informasi, Teknik Informatika, dan Sistem Komputer
Published by Yasin Publisher (Yayasan Amal Sosial Islami Nahdliyin)
Journal homepage: https://yasiinpublisher.org/

Design and Development of a PAMSIMAS Water Consumption Monitoring System Prototype Using a Smart Water Meter and LoRa

Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Air PAMSIMAS Berbasis *Smart Water Meter* Menggunakan LoRa

Anafis Al Ghani[1*], Rabby Nazli[2*], Jamaluddin[3]

[1.2.3]Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Indonesia
*Correspondence: E-mail: anafis34yo@gmail.com

Abstract

The main problem in the PAMSIMAS water management system is the continued use of manual recording methods, which may lead to recording errors, delayed information, and the absence of a real-time monitoring system. This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based water usage monitoring system using a flow sensor to measure water flow rate and volume, and a turbidity sensor to measure water turbidity. The data are processed using an ESP32 microcontroller and transmitted through a LoRa module to a gateway for display on a web-based monitoring dashboard. The test results show that the LoRa RA-02 communication system achieves an optimal range of approximately 250–300 meters under line-of-sight (LOS) conditions in open areas, but its performance decreases in environments with physical obstacles. Thirteen flow sensor tests resulted in an average error of 1.44%, corresponding to an accuracy of 98.56%, which is below the commonly used tolerance limit of 5%. Meanwhile, the turbidity sensor was able to detect water quality effectively, with test readings of 45.06 NTU (very clear) and 315.02 NTU (turbid), and was able to classify water conditions according to the applicable Indonesian Ministry of Health standards. Based on these results, the developed system is capable of monitoring water usage and quality in real time with adequate accuracy and efficiency. The system is expected to assist PAMSIMAS managers in improving the efficiency, transparency, and quality of clean water distribution services to the community.

Article Information

Article History:
Received: 26/07/2026
First Revised: 29/08/2026
Accepted: 06/09/2026
Publication Date: 17/09/2026

Keywords:
PAMSIMAS, Smart Water Meter, Internet of Things (IoT), LoRa, Flow Sensor, Turbidity Sensor.

Copyright (c) 2026 Anafis Al Ghani, et al.

Abstrak

Permasalahan utama pada sistem PAMSIMAS di lingkungan masyarakat adalah masih digunakannya metode pencatatan manual, yang berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan, keterlambatan informasi, serta tidak tersedianya sistem monitoring secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring penggunaan air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor flow untuk mengukur debit dan volume air, serta sensor turbidity untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Data diproses menggunakan mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan melalui modul LoRa menuju gateway untuk ditampilkan pada dashboard monitoring berbasis web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem komunikasi LoRa RA-02 memiliki jangkauan optimal pada kondisi line-of-sight (LOS) di area terbuka hingga ±250–300 meter, namun mengalami penurunan performa pada lingkungan dengan banyak hambatan fisik. Pengujian sensor flow sebanyak 13 kali menunjukkan nilai rata-rata error sebesar 1,44% dengan tingkat akurasi mencapai 98,56%, yang berada di bawah batas toleransi umum sebesar 5%. Sementara itu, sensor turbidity mampu mendeteksi kualitas air dengan baik, dengan nilai pengujian sebesar 45,06 NTU (sangat jernih) dan 315,02 NTU (keruh), serta mampu mengklasifikasikan kondisi air sesuai dengan standar Permenkes RI. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan mampu melakukan monitoring penggunaan dan kualitas air secara real-time, akurat, dan efisien. Sistem ini diharapkan dapat membantu pengelola PAMSIMAS dalam meningkatkan efisiensi, transparansi, dan kualitas layanan distribusi air bersih kepada masyarakat.

Artikel Info

Riwayat Artikel:
Diterima: 26/07/2026
Direvisi: 29/08/2026
Disetujui: 06/09/2026
Dipublikasikan: 17/09/2026

Kata Kunci:
PAMSIMAS, Smart Water Meter, Internet of Things (IoT), LoRa, Flow Sensor, Turbidity Sensor.

Copyright (c) 2026 Anafis Al Ghani, et al.

1. Pendahuluan

Air bersih merupakan komoditas vital yang menjadi fondasi kesehatan masyarakat serta penggerak aktivitas ekonomi, terutama di wilayah pedesaan yang pengelolaannya sering dilakukan secara mandiri melalui Program Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (PAMSIMAS) (Ainaini & Dewi, 2025). Dalam implementasinya, PAMSIMAS dituntut untuk menjaga keberlanjutan sumber daya air sekaligus memastikan distribusi yang adil dan merata kepada seluruh pelanggan. Namun, pada kenyataannya, sistem pengelolaan operasional PAMSIMAS masih didominasi oleh metode konvensional yang rentan terhadap berbagai inefisiensi.

Ketergantungan pada tenaga manusia dalam melakukan pencatatan debit dan volume air secara manual menyebabkan proses pengumpulan data menjadi lambat dan kurang akurat (Vinchi et al., 2023). Kondisi ini semakin diperparah oleh faktor geografis wilayah pedesaan yang umumnya memiliki sebaran pemukiman luas dengan medan yang sulit dijangkau,

sehingga beban kerja petugas menjadi tidak sebanding dengan kualitas data yang diperoleh. Selain itu, tanpa adanya sistem pemantauan yang terintegrasi, pengelola PAMSIMAS mengalami kesulitan dalam melakukan perencanaan distribusi air secara tepat dan efisien (Hamid et al., 2025).

Permasalahan yang muncul dari sistem manual tidak hanya terbatas pada aspek teknis, tetapi juga berdampak pada transparansi dan aspek finansial organisasi. Proses pencatatan dan input data yang masih dilakukan secara manual berpotensi menimbulkan kesalahan manusia (human error) (Yadi et al., 2025), yang dapat memicu ketidaksesuaian data dan sengketa tagihan antara pengelola dan pelanggan. Di sisi lain, ketiadaan sistem monitoring yang berkelanjutan menyebabkan kebocoran pada jaringan distribusi air (non-revenue water) sulit terdeteksi secara dini (Abueltayef et al., 2023). Kondisi ini tidak hanya menimbulkan kerugian ekonomi, tetapi juga mengancam ketersediaan air bagi masyarakat (Mustakim & Pratama, 2020).

Seiring dengan perkembangan teknologi Internet of Things (IoT), sistem monitoring berbasis sensor dan komunikasi nirkabel menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut (Danu et al., 2025). Salah satu teknologi yang relevan adalah Long Range (LoRa), yang mampu mentransmisikan data pada jarak jauh hingga beberapa kilometer dengan konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat sesuai untuk wilayah pedesaan dengan keterbatasan infrastruktur jaringan internet (Rahmansyah & Murdiyat, 2025). Selain itu, LoRa memiliki kemampuan menembus hambatan fisik seperti bangunan dan vegetasi, serta tidak memerlukan biaya operasional tinggi seperti jaringan seluler (Ilmiah et al., 2025).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring penggunaan air pada PAMSIMAS berbasis Internet of Things menggunakan metode smart water meter dengan protokol komunikasi LoRa. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor aliran air (flow sensor) untuk mengukur debit dan volume penggunaan air, serta sensor kekeruhan (turbidity sensor) untuk memantau kualitas air (Kautsar et al., 2015). Data yang diperoleh diproses menggunakan mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan melalui modul LoRa menuju gateway untuk kemudian ditampilkan pada dashboard monitoring berbasis web secara real-time (Lora et al., 2025).

Dengan adanya sistem ini, diharapkan pengelolaan distribusi air pada PAMSIMAS dapat menjadi lebih efisien, transparan, dan akurat, serta mampu meningkatkan kualitas pelayanan kepada masyarakat.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model ADDIE sebagai kerangka pengembangan sistem. Model ADDIE terdiri dari lima tahap yaitu Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate (Mental et al., 2025). Tahap analyze dilakukan untuk mengidentifikasi masalah dan merumuskan solusi terkait sistem monitoring penggunaan dan kualitas air PAMSIMAS, tahap design untuk merancang sistem sesuai kebutuhan, tahap develop untuk merealisasikan rancangan menjadi produk yang dapat digunakan, tahap implement untuk menerapkan dan menguji sistem dalam kondisi nyata, serta tahap evaluate untuk menilai kesesuaian dan efektivitas sistem yang telah dibangun. Model ADDIE dipilih karena menyediakan kerangka pengembangan yang terstruktur dan evaluatif sehingga cocok untuk pengembangan sistem berbasis teknologi Implementasi Pengembangan Model ADDIEpada Dunia Pendidikan.

Berdasarkan kerangka tersebut, sistem monitoring penggunaan air PAMSIMAS dikembangkan melalui serangkaian tahapan teknis yang meliputi perancangan hardware, integrasi sensor flow dan sensor turbidity, pemrograman mikrokontroler, pengujian akurasi pembacaan sensor, serta pengiriman data hasil pengukuran melalui protokol LoRa ke sistem monitoring (Bakti et al., 2025). Sensor flow digunakan untuk mengukur laju aliran dan volume air yang mengalir pada sistem PAMSIMAS (Muamaroh & Christanto, 2024), sedangkan sensor turbidity digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air sebagai indikator kualitas air yang didistribusikan (Nabila et al., 2023). Pengujian sistem dilakukan di laboratorium untuk

memperoleh data pembacaan kedua sensor pada kondisi yang terkontrol, sebelum dilakukan analisis tingkat akurasi terhadap hasil pengukuran manual sebagai pembanding. Adapun tahapan dalam metode ADDIE pada penelitian ini ditunjukan pada gambar 1.

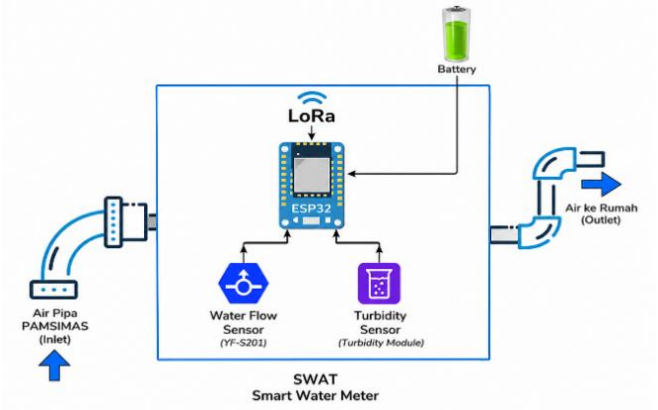
Gambar 1. Alur Metode

***Analysis* (Analisis)**

Tahap analisis merupakan tahap awal yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan serta kebutuhan sistem yang akan dikembangkan. Pada tahap ini dilakukan pengamatan langsung terhadap sistem pengelolaan dan pencatatan penggunaan air bersih pada PAMSIMAS yang masih dilakukan secara manual. Proses pencatatan manual tersebut berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan, keterlambatan informasi, serta kurang efisien dalam pengelolaan data penggunaan air.

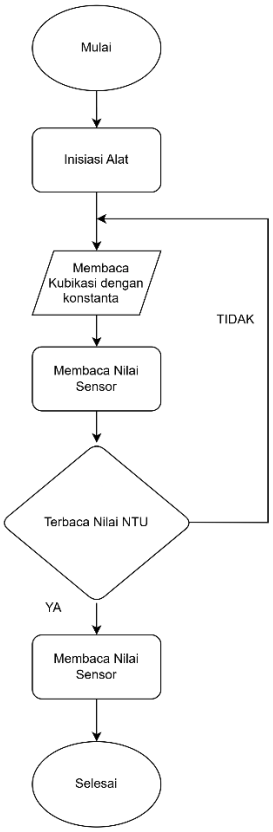
***Design* (Perancangan)**

Tahap perancangan bertujuan untuk merancang sistem berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan. Pada tahap ini disusun rancangan arsitektur sistem monitoring penggunaan air bersih PAMSIMAS secara keseluruhan. Perancangan meliputi desain perangkat keras, perangkat lunak, serta alur komunikasi data menggunakan protokol LoRa.

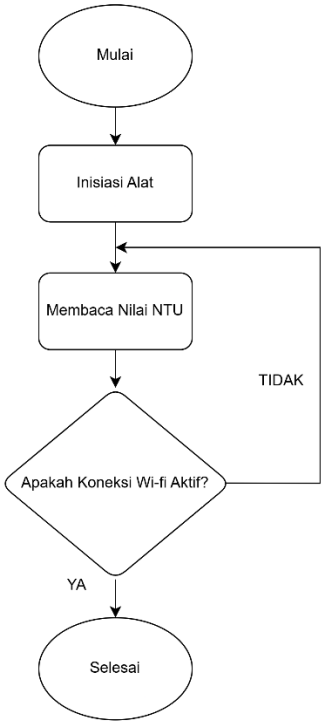


Gambar 2. Desain Perancangan Perangkat

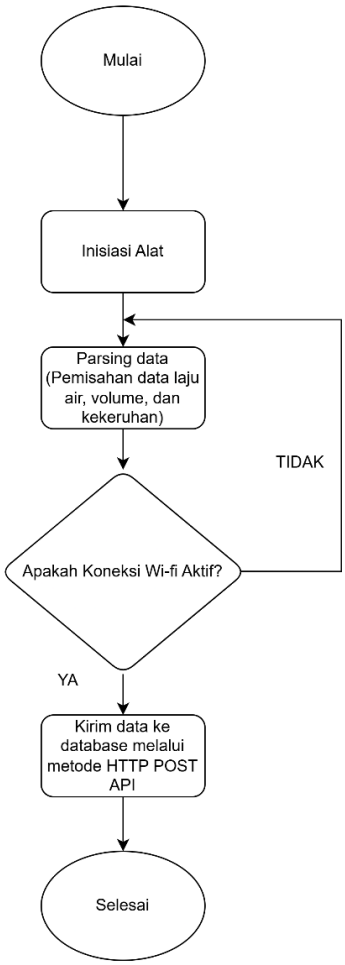
Flowchart berperan penting dalam memutuskan sebuah langkah atau fungsionalitas dari sebuah proyek pembuatan program yang melibatkan banyak orang sekaligus. Selain itu dengan menggunakan bagan alur proses dari sebuah program akan lebih jelas, ringkas, dan mengurangi kemungkinan untuk salah penafsiran. Pada penelitian kali ini *flowchart* digunakan sebagai gambaran rancangan kerja sensor *waterflow*, Turbidity dan Lora yang tersaji berikut ini:



Gambar 3. Flowchart Pembacaan Waterflow Sensor



Gambar 4. Flowchart Pembacaan Turbidy Sensor

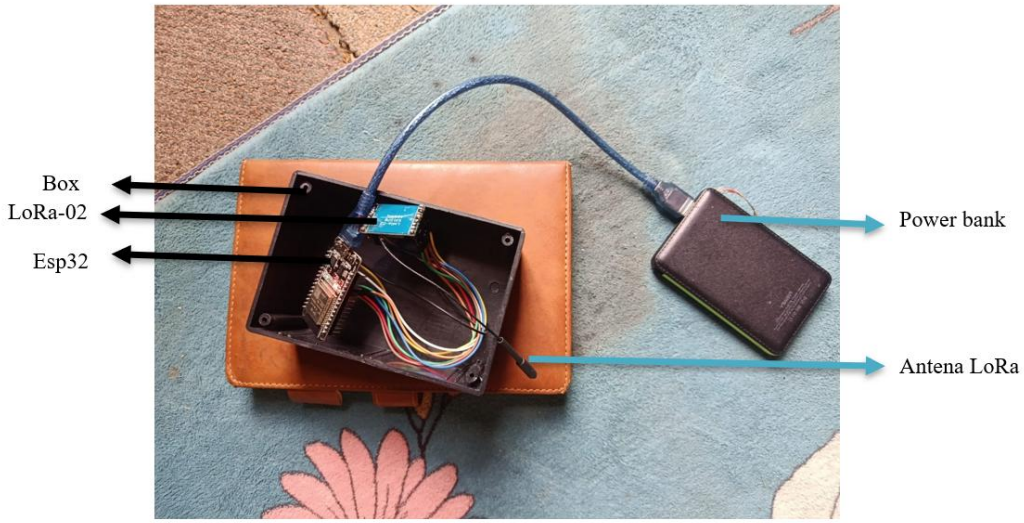


Gambar 5. Tahapan mekanisme kerja sistem gateway

***Development* (Pengembangan)**

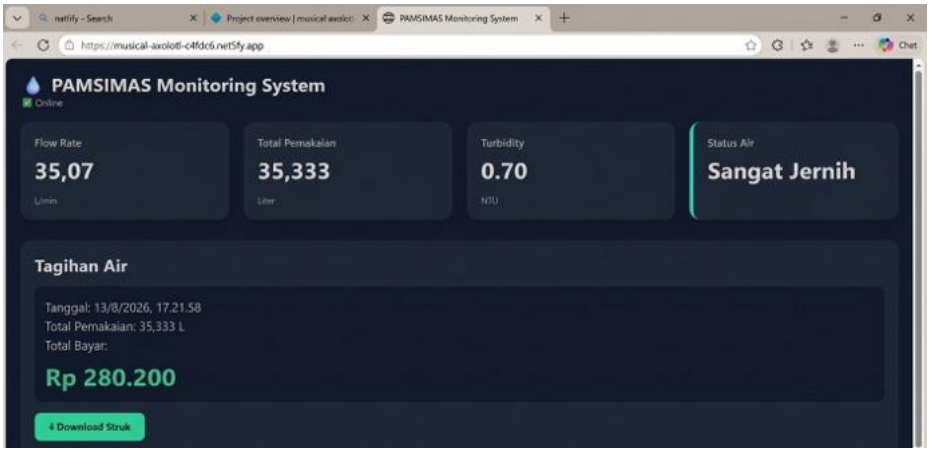
Pada tahap ini dilakukan pembuatan sistem baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Perangkat keras dirakit dengan mengintegrasikan sensor dengan mikrokontroler, sedangkan perangkat lunak dikembangkan untuk membaca, mengolah, dan mengirim data.

Gambar 6. Unit Pengirim yang dirakit



Gambar 7. Unit penerima yang dirakit

Pembuatan web interface dilakukan untuk memudahkan untuk melihat hasil nilai baca sensor. Web yang digunakan untuk memonitoring *Smart Water Meter* disajikan pada Gambar 8. Web ini memiliki fitur untuk melihat hasil baca meteran air yang memiliki tampilan user friendly sehingga pengelola pamsimas dapat memantau kualitas air dan total pemakaian.



Gambar 8. Interface monitoring berbasis web

***Implementation* (Implementasi)**

Tahap implementasi merupakan perwujudan nyata dari pengujian fungsionalitas sistem Smart Water Meter (SWAT) yang telah dikembangkan secara utuh. Proses implementasi dilakukan secara laboratorium. Skenario implementasi dan pengumpulan data kuantitatif dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga fokus pengujian, yaitu: Implementasi Pengujian Komunikasi Jaringan LoRa-02, Implementasi Pengujian Akurasi Sensor Aliran Air (*Water* Flow), Implementasi Pengujian Kualitas Fisik Air (Turbidity Sensor).

***Evaluation* (Evaluasi)**

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem, meliputi pengujian akurasi flow sensor, pembacaan turbidity, serta kestabilan komunikasi LoRa. Hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem.

3. Hasil dan Pembahasan

Dilakukan analisa penggunaan sensor dengan kombinasi developer board dan modul LoRa untuk memperoleh nilai baca sensor dan akurasi akuisisi data bacaan sensor dan dapat memperoleh informasi penggunaan air dan monitoring kualitas air. Berikut adalah hasil uji setiap sensor yang digunakan:

3.1 Hasil Pengujian Sensor Flow

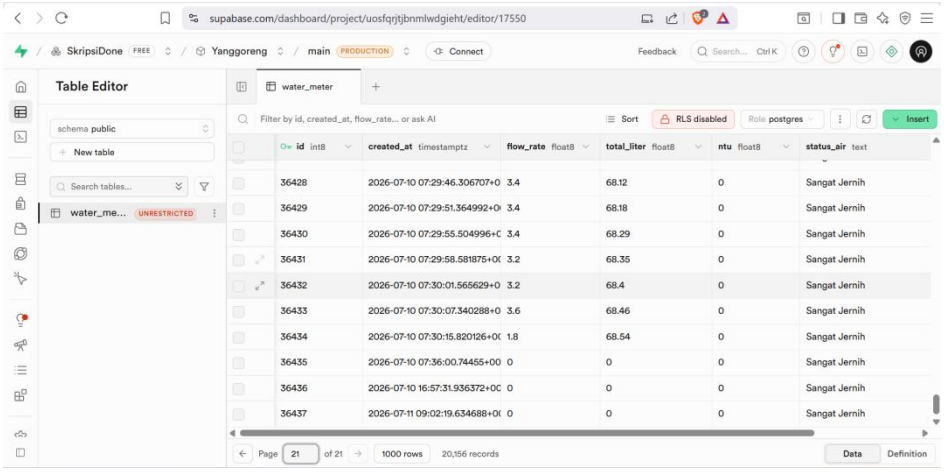
Pengujian sensor flow dilakukan sebanyak 13 kali pada tanggal 15–16 Juni 2026, dengan cara membandingkan volume air yang terbaca oleh sensor (Hs) terhadap volume air hasil pengukuran manual (Hm). Hasil pengujian selengkapnya disajikan pada Tabel 2.

.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Flow

No	Flow Sensor (L/menit)	Volume Sensor – Hs (Liter)	Volume Manual – Hm (Liter)	Selisih (Liter)	Error (%)
1	4,80	77,72	79,10	1,38	1,74%
2	4,99	100,70	102,10	1,40	1,37%
3	5,19	101,03	102,50	1,47	1,43%
4	5,19	103,53	105,00	1,47	1,40%
5	5,19	104,45	106,00	1,55	1,46%
6	5,19	101,77	103,20	1,43	1,38%
7	5,19	101,18	102,60	1,42	1,38%
8	5,19	103,17	104,70	1,53	1,46%
9	5,19	102,88	104,30	1,42	1,36%
10	5,19	102,99	104,50	1,51	1,44%
11	5,29	103,27	104,80	1,53	1,46%
12	5,29	103,59	105,10	1,51	1,44%
13	5,29	103,91	105,40	1,49	1,41%

Berdasarkan Tabel 2, laju aliran air pada pengujian berkisar antara 4,80 hingga 5,29 L/menit, dengan selisih volume antara pembacaan sensor dan pengukuran manual berkisar antara 1,138 hingga 1,55 liter. Persentase error yang diperoleh berkisar antara 1,36% hingga 1,74%, dengan rata-rata error keseluruhan sebesar 1,44%. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor flow yang digunakan pada sistem monitoring memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam membaca volume aliran air, dengan penyimpangan yang relatif kecil dan konsisten pada setiap pengujian.

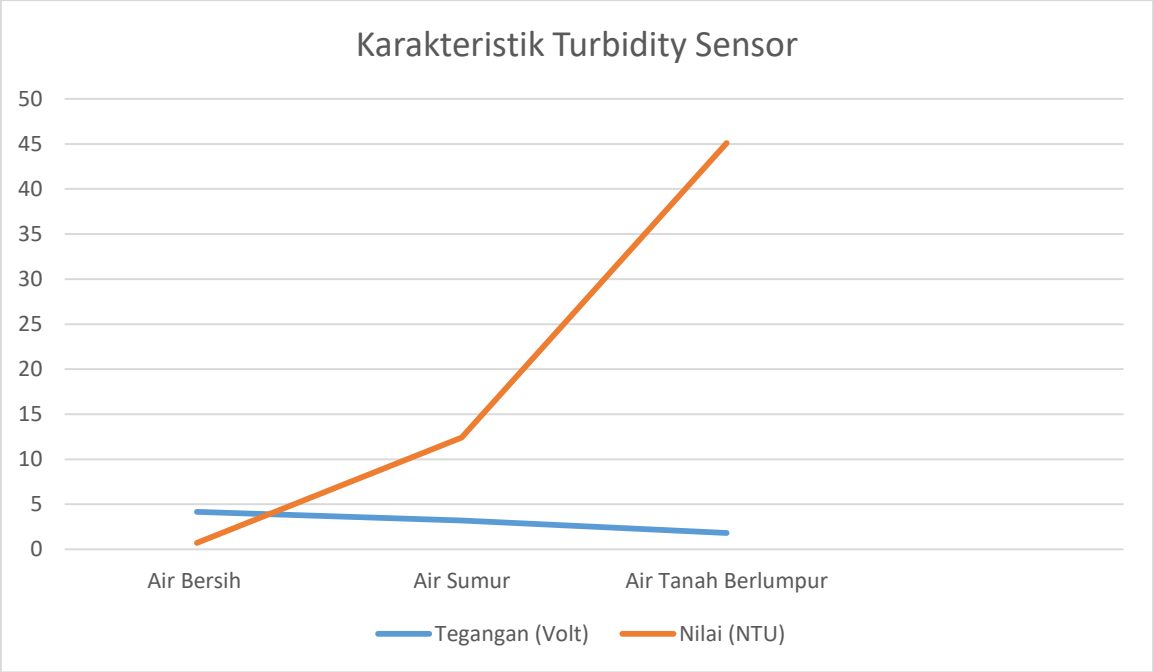


Gambar 9. Database

3.2 Hasil Pengujian Sensor Turbidity

1. Uji Karakteristik Sensor

Pengujian karakteristik sensor turbidity dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tegangan keluaran sensor dan nilai kekeruhan (NTU) pada tiga kondisi sampel, yaitu air bersih, air sumur, dan air tanah berlumpur. Hasil pengujian disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Turbidty Sensor

Gambar 10. Karakteristik hubungan tegangan keluaran sensor terhadap nilai NTU pada tiga kondisi sampel air, Berdasarkan Gambar 10, tegangan keluaran sensor menurun seiring meningkatnya nilai kekeruhan (NTU) sampel air. Pada sampel air bersih, sensor menghasilkan tegangan tertinggi dengan nilai NTU terendah, sedangkan pada sampel air tanah berlumpur, nilai NTU meningkat signifikan diikuti penurunan tegangan keluaran sensor. Pola ini menunjukkan hubungan berbanding terbalik antara tegangan dan tingkat kekeruhan, sehingga sensor mampu membedakan tingkat kekeruhan air berdasarkan variasi tegangan yang dihasilkan.

2. Uji Fungsional Sensor

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Flow

No.	Kondisi Sampel Air	Nilai ADC	Tegangan (Volt)	Nilai NTU	Klasifikasi
1	Air jernih (wadah akrilik)	1767	1,424	45,06	Sangat Jernih
2	Air keruh (gelas + tanah)	1499	1,208	315,02	Keruh

Tabel 3 menunjukkan bahwa sampel air jernih menghasilkan nilai ADC sebesar 1767 dengan tegangan 1,424 Volt dan nilai kekeruhan 45,06 NTU, sedangkan sampel air keruh menghasilkan nilai ADC lebih rendah (1499) dengan tegangan 1,208 Volt namun nilai NTU jauh lebih tinggi (315,02). Hasil ini konsisten dengan pola pada Gambar 1, yaitu semakin tinggi kekeruhan air, semakin rendah nilai ADC dan tegangan yang dihasilkan sensor.

4. Simpulan

Sistem monitoring penggunaan air PAMSIMAS berbasis *smart water meter* dengan protokol LoRa yang dikembangkan menggunakan metode ADDIE terbukti mampu mengukur volume

dan kualitas air secara akurat serta mentransmisikan data secara andal pada jarak menengah tanpa koneksi internet. Integrasi sensor flow dan turbidity memungkinkan pemantauan kuantitas sekaligus kualitas air secara bersamaan, sementara performa transmisi LoRa yang stabil menunjukkan kelayakan sistem untuk diterapkan pada jaringan PAMSIMAS di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur internet. Sistem ini berpotensi menjadi solusi pemantauan air yang efisien, real-time, dan hemat biaya bagi pengelola PAMSIMAS di berbagai daerah.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, dosen pembimbing, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini selesai.

6. Daftar Pustaka

A. Hamid, H. Yelmi, I. Fadhillah, and R. Putra, “Evaluasi Tingkat Kecukupan Pasokan Air PAMSIMAS Pokmas Tambiliok Jaya Desa Muara Jalai dan Ketepatan Distribusinya Bagi Warga Masyarakat Sekitar,” vol. 3, no. September, 2025.

D. Nabila, N. Pangestu, and U. Semarang, “PENGENDALIAN DAN MONITORING KUALITAS AIR PADA BAK PENAMPUNGAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (WATER QUALITY CONTROL AND MONITORING IN STORAGE BASED ON INTERNET OF THINGS) Deti Nabila Novi Pangestu,” pp. 1–9, 2023.

F. Rahmansyah and P. Murdiyat, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Pertanian Cerdas Berbasis LoRa Untuk Pemantauan Kondisi,” vol. xx, no. xx, pp. 50–62, 2025.

H. T. Abueltayef, K. S. Abualhin, and K. M. Alastal, “Addressing non-revenue water as a global problem and its interlinkages with sustainable development goals,” Water Pract. Technol., vol. 18, no. 12, pp. 3175–3202, 2023, doi: 10.2166/wpt.2023.157. http://transukma.uniba-bpn.ac.id/index.php/transukma/article/view/68

J. R. Ilmiah, P. Sistem, P. Kebakaran, R. Peringatan, D. Menggunakan, and T. Lora, “SENTRI :,” vol. 4, no. 12, pp. 4446–4464, 2025.

M. Danu, F. Mawasandi, Z. N. Aziz, and M. F. G. Rosyadi, “Transformasi Manajemen Rantai Pasokan Berbasis Internet of Things (IoT): Tinjauan Literatur,” vol. 4, no. 1, pp. 32–44, 2025.

M. K. Lora, I. Irmayani, E. Nadine, and M. F. Abdillah, “Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Peminjaman Arsip Berbasis ESP32,” no. 2, pp. 1–11, 2025.

M. Kautsar, R. R. Isnanto, and E. D. Widianto, “Sistem Monitoring Digital Penggunaan dan Kualitas Kekeruhan Air PDAM Berbasis Mikrokontroler ATMega328 Menggunakan Sensor Aliran Air dan Sensor Fotodiode,” vol. 3, no. 1, 2015.

Mustakim and D. T. Pratama, “Analisis Non Revenue Water (NRW) Pada Jaringan Pipa Air Bersih PDAM Kota Balikpapan,” J. Penelit. TRANSUKMA, vol. 03, no. 1, pp. 25–33, 2020, [Online]. Available:

N. Ainaini and R. Dewi, “Efektivitas Penyaluran Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (PAMSIMAS) di Desa Tabing Kecamatan Koto Kampar Hulu Kabupaten Kampar,” vol. 2, no. 1, pp. 13–22, 2025.

N. Muamaroh and W. Christanto, “Pengukur Penggunaan Air Otomatis Menggunakan WaterFlow Sensor YF-S201 Dan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT IoT Based Automatic Water Usage Measurement System Using YF-S201 WaterFlow Sensor and NodeMCU ESP8266,” no. 1, pp. 88–99, 2024, doi: 10.26798/jiko.v8i1.1104.

N. Yadi, M. Belladona, and E. Dwiantoro, “Analisa Tingkat Kehilangan Air (Water Losses) pada Jaringan Distribusi PDAM Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu Tahun 2024,” RIGGS J. Artif. Intell. Digit. Bus., vol. 4, no. 3, pp. 2280–2290, 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i3.2302.

P. K. Mental, L. An-nisa, I. A. Farida, N. Eva, D. A. Apsari, and H. B. Utomo, "Implementasi Model ADDIE dalam Media Edukasi sebagai," vol. 18, no. 1, pp. 41–46, 2025, doi: 10.35134/jpsy165.v18i1.466.

V. K. Bakti, Abdul Basit, Rais, and Wiwit Suryanto, "Sistem Monitoring Kapasitas dan Kualitas Air dengan Metode SWAT (Smart Water Meter) menggunakan Protokol Lora berbasis IoT," Komputika J. Sist. Komput., vol. 14, no. 1, pp. 1–9, 2025, doi: 10.34010/komputika.v14i1.15051.

Vinchi et al., "Pemanfaatan Iot Untuk Pemantauan Debit Air," vol. 13, no. 3, 2023.