

SISTEM MONITORING PENGUNAAN DEBIT AIR PDAM MENGUNAKAN NODEMCU ESP32 BERBASIS INTERNET OF THINGS

Adzra' Labiibah 'Aathifah¹, Mohammad Fadhli², Lindawati³

Politeknik Negeri Sriwijaya

E-mail: lindawati@polsri.ac.id³

Abstrak

PDAM merupakan sebuah perusahaan daerah air minum yang bertanggung jawab atas distribusi air bersih di wilayah tertentu. Peran PDAM sangat penting dalam memastikan pasokan air bersih yang aman dan layak konsumsi bagi masyarakat di wilayah tersebut. Dengan jaringan distribusi yang luas dan sistem pengelolaan yang baik, PDAM berperan dalam memenuhi kebutuhan air sehari-hari serta memberikan pelayanan yang berkualitas kepada pelanggannya. Namun, sampai saat ini para pegawai PDAM masih melakukan pemantauan pemakaian air di rumah pelanggan secara manual. Pada Penelitian ini dilakukan perancangan sistem untuk memantau penggunaan air PDAM berbasis Internet of Things. Perancangan sistem ini menggunakan sensor water flow, sensor turbidity, dan NodeMCU ESP32 yang kemudian akan terhubung ke Aplikasi Android dan LCD. Pada Aplikasi Android dan LCD akan menampilkan debit aliran air, tingkat kekeruhan air, dan biaya yang dikenakan. Sehingga pegawai PDAM dapat memantau penggunaan air PDAM di rumah pelanggan secara realtime.

Kata Kunci — Penggunaan Air PDAM, Monitoring, Sensor Water Flow, Sensor Turbidity, Internet Of Things.

Abstract

Public Water Supply Companies (PDAM) play a crucial role in ensuring the availability of safe and potable drinking water for communities. However, manual monitoring of water usage at customer premises remains a common practice, leading to inefficiencies and potential discrepancies. To address this issue, this study proposes an Internet of Things (IoT) based water usage monitoring system for PDAM. The proposed system utilizes a water flow sensor, a turbidity sensor, and a NodeMCU ESP32 microcontroller to collect realtime water usage data. This data is then transmitted to an Android Application and an LCD display, providing users with realtime information on water flow rate, water turbidity, and associated costs. This system enables PDAM personnel to remotely monitor water usage patterns and identify potential water leaks or excessive consumption.

Keywords — PDAM Water Usage, Monitoring, Water Flow Sensor, Turbidity Sensor, Internet Of Things.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber kehidupan yang memiliki peranan sangat penting untuk kehidupan makhluk hidup terutama manusia. Manajemen sumber daya

air juga berperan penting dalam upaya mendistribusikan pengelolaan air bersih kepada masyarakat. Secara umum, pelayanan air bersih atau PAM disediakan oleh PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum). PDAM merupakan badan usaha yang dimiliki oleh pemerintah daerah yang bertanggung jawab [1].

Kemajuan teknologi yang memasuki revolusi industri 4.0 yang asrtinya sebuah teknologi yang memiliki konsep mengutamakan efisiensi dan memudahkan manusia dalam melakukan suatu pekerjaan [2]. Salah satu perkembangan teknologi yang pesat terlihat pada bidang Internet of Things (IoT). Internet of Things (IoT) adalah suatu konsep dimana objek tertentu punya kemampuan untuk mentransfer data lewat jaringan tanpa memerlukan adanya internet dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer [3].

Pemanfaatan IoT sebagai suatu sistem monitoring penggunaan debit air telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya [1][3][4][5][6]. Pada penelitian [1] membuat rancang bangun sebuah sistem monitoring berbasis IoT menggunakan Arduino Uno, Sensor Flow-meter dan juga Bot Telegram. Pada penelitian [3] dilakukan sistem monitoring konsumsi air konsumen secara real time melalui platform IoT webserver Thingspeak tanpa perlu mengunjungi konsumen PDAM.

Pada penelitian [4] dilakukan perancangan alat yang dapat mendeteksi sekaligus monitoring ketinggian air yang dapat terhubung dengan smartphone, sehingga dapat dengan mudah untuk mengetahui kondisi jarak air dari permukaan. Pada penelitian [5] menggagas penelitian terkait rancang bangun sistem monitoring pulsa air prabayar berbasis IoT (Internet of Things). Pada penelitian [6] membangun sistem kontrol penggunaan air pada pelanggan layanan penyedia air berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan modul ESP8266.

Pada penelitian ini akan dibuat sistem monitoring penggunaan debit air PDAM menggunakan sensor water flow sebagai pemantau penggunaan debit air. Dengan menambahkan pembaharuan dari penelitian sebelumnya berupa sensor turbidity sebagai pemantau kekeruhan air PDAM dengan berbasis IoT. Sistem monitoring pada penelitian penggunaan air PDAM ini menggunakan modul NodeMCU ESP32, sensor turbidity sebagai sensor untuk mengukur kekeruhan air, dan sensor water flow meter sebagai pengukuran debit air dan nilai volume air yang mengalir.

Pada penelitian [7] membuat sistem monitoring untuk memantau kekeruhan air pada akuarium dengan menggunakan sensor turbidity. Pada penelitian [8] membuat suatu sistem filter air tangki menggunakan sensor kekeruhan berbasis arduino via sms untuk memperoleh air jernih yang dapat digunakan.

Pada penelitian [9] merancang suatu sistem sensor turbidity untuk mengetahui kekeruhan air tanah yang dapat dikonsumsi dengan menggunakan metode nephelometri. Pada penelitian [10] telah dilakukan perancangan sebuah sistem untuk mengetahui dan mengendalikan jumlah air bersih yang terpakai dengan menggunakan sensor pH dan flowmeter.

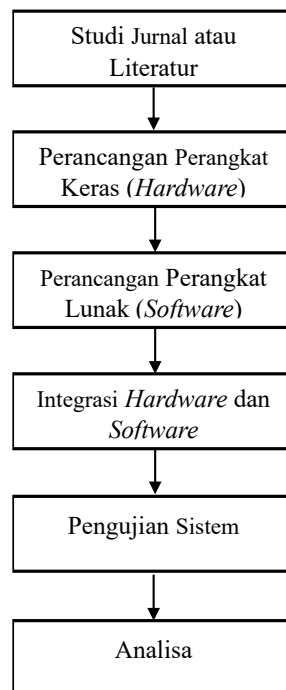
Sistem monitoring pada penelitian penggunaan air PDAM ini dapat membantu dalam mencegah terjadinya pemborosan. Dengan menggunakan NodeMCU ESP32, sensor turbidity, dan sensor water flow meter dapat dirancang sebuah sistem monitoring dengan menampilkan data aplikasi android

dan LCD berupa jumlah penggunaan debit air PDAM, tingkat kekeruhan air, dan biaya yang dikenakan oleh pelanggan.

2. METODE PENELITIAN

Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan. Bentuk diagram keseluruhan pada tahapan penelitian ini akan menghasilkan suatu sistem yang dapat bekerja dengan baik. Pada Gambar 3.1 menunjukkan kerangka keseluruhan penelitian ini.



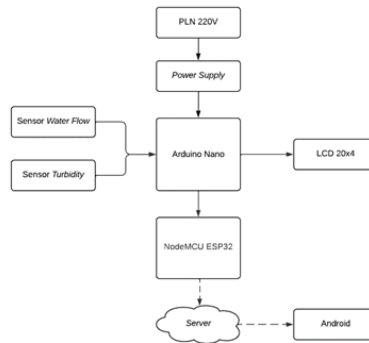
Gambar 1 Kerangka Penelitian

Studi Jurnal atau Literatur

Studi Jurnal atau literatur adalah tahapan pertama yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang ada. Studi literatur dilakukan dengan cara menelusuri sumber-sumber penelitian sebelumnya, baik dari buku, jurnal terakreditasi, maupun internet. Pada tahap ini diketahui masalah pada sistem monitoring penggunaan air PDAM yang masih dilakukan secara manual oleh petugas PDAM. Maka dari itu dengan studi literatur, dapat dilakukan pembaharuan dari penelitian sebelumnya.

Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Perancangan perangkat merupakan perancangan perangkat yang akan dibuat. Komponen yang digunakan harus diperhatikan untuk menghindari terjadinya kerusakan suatu pengujian sistem. Komponen tersebut seharusnya memiliki karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan pembuatan alat. Perancangan perangkat diawali dengan membuat blok diagram pada Gambar 2



Gambar 2 Blok Diagram Rangkaian Perangkat Keras (Hardware)

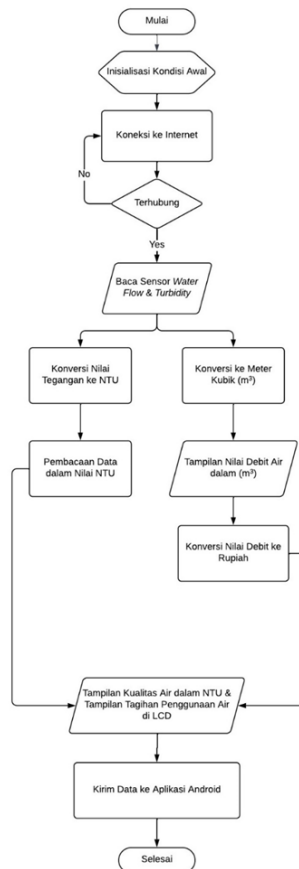
Sistem pemantauan penggunaan debit air PDAM ini menggunakan modul NodeMCU ESP32 yang terhubung dengan dua sensor yaitu sensor water flow dan sensor turbidity. Data dari kedua sensor tersebut dikirim ke NodeMCU ESP32 yang kemudian memprosesnya dan meneruskannya ke aplikasi android dan layar LCD. Sehingga, data tersebut dapat dilihat dan dipantau secara real time melalui aplikasi android dan juga ditampilkan pada layar LCD untuk memudahkan pemantauan di lokasi.

Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perancangan perangkat lunak (software) dilakukan untuk mengontrol sistem dan pengolahan matematis dari keseluruhan program. Sistem monitoring penggunaan air PDAM ini dirancang agar dapat mengetahui pemakaian dan kualitas air PDAM secara real time menggunakan aplikasi android sehingga dapat memudahkan petugas PDAM untuk mendapatkan informasi penggunaan air di setiap rumah warga.

Program Cara Kerja Keseluruhan

Sistem kerja alat tersebut dimulai dari pengaktifan jaringan internet untuk koneksi ke alat, kemudian baru on switch alat setelah beberapa detik akan terhubung ke aplikasi android yang didesain menggunakan platform MIT. Setelah alat ready maka alat Perancangan Sistem Monitoring Penggunaan Air PDAM menggunakan modul NodeMCU ESP32 Berbasis Internet of Things sudah siap disimulasikan. Sensor water flow dan sensor turbidity akan membaca inputan data yang di proses oleh mikrokontroler yang mana data tersebut berdasarkan pembacaan aliran air yang mengalir melewati sensor dan pembacaan kualitas air apakah jernih atau keruh. Hasil pembacaan sensor tersebut akan dikonversi kedalam satuan m3 untuk sensor water flow dan satuan NTU untuk sensor turbidity. Kemudian hasil akhir dari pembacaan sensor tersebut akan tampil di LCD dan aplikasi android.



Gambar 3 Flowchart Cara Kerja Keseluruhan

Proses perhitungan kalibrasi sensor turbidity dari nilai tegangan ke NTU dapat menggunakan rumus sebagai berikut: [11]

$$y = 100,00 - (v/5) \times 100,00 \quad (3.1)$$

Dimana :

y : Nilai kekeruhan dalam NTU

v : Nilai tegangan output sensor (volt)

Sensor water flow umumnya tidak langsung menampilkan pembacaan dalam meter kubik (m³). Biasanya sensor ini akan menampilkan laju aliran air dalam satuan volume per waktu (L/m). Sebelum melakukan proses perhitungan biaya, satuan sensor harus dikonversikan ke satuan meter kubik (m³) dengan menggunakan rumus sebagai berikut: [10]

$$Volume \left(\frac{L}{m} \right) = debit \times waktu \quad (3.2) \quad Volume \left(\frac{m^3}{menit} \right) = Volume \left(\frac{L}{m} \right) \times (1m^3/1000L) \quad (3.3)$$

Proses perhitungan dari pembacaan sensor water flow ke rupiah perlu mengetahui terlebih dahulu biaya per unit air PDAM. Biaya per unit air bisa diperoleh dari tagihan air atau penetapan Pemerintah Daerah setempat. Setiap daerah memiliki ketentuan golongan dan harga per kubik yang berbeda-beda. Pada penelitian ini akan dilakukan di Kota Palembang, sehingga penentuan golongan dan harga per kubik mengikuti ketentuan Pemerintah Kota Palembang. Sesuai dengan Surat Keputusan Walikota Palembang Nomor 303/KPTS/V/2023 Tanggal 29 Agustus 2023, Tentang Tarif Air Minum Perusahaan Umum Daerah Tirta Musi Palembang diberlakukan tarif air bersih sebagai berikut:

Tabel 1 Tarif Air Minum Perusahaan Umum Daerah Tirta Musi Palembang

No.	Kelompok Pelanggan	Pemakaian dalam meter kubik (m ³ /Rp)			
		0-10	11-20	21-30	>30
1	I.A	681	681	681	681
2	I.B	900	1.125	1.508	1.800
3	I.C	1.052	1.699	2.042	2.723
4	I.D	1.125	2.053	2.723	3.403
5	I.E	1.508	2.424	3.403	4.084
6	II.A	1.794	2.723	3.403	4.084
7	II.B	2.122	3.134	3.818	4.870
8	II.C	2.720	3.818	4.175	5.566
9	II.D	4.157	4.870	6.601	7.642
10	II.E	4.870	5.566	6.958	8.683
11	III.A	5.323	6.392	7.109	10.651
12	III.B	6.210	6.745	7.808	12.244
13	III.C	6.745	7.190	8.871	12.784

Konversi dari pembacaan sensor water flow ke rupiah dapat menggunakan rumus sebagai berikut: [10]

$$Total\ Biaya\ (Rp) = Volume(m^3) \times tarif(Rp) \quad (3.4)$$

Program Aplikasi Android

Data dari hasil pembacaan sensor pada sistem monitoring penggunaan debit air PDAM ini akan ditampilkan pada aplikasi android buatan sendiri yang dirancang melalui platform MIT App Inventor. Pada aplikasi android ini akan menampilkan data dari hasil pembacaan kedua sensor tersebut berupa tingkat kualitas air PDAM, jumlah debit air yang digunakan, dan biaya pemakaian.



Gambar 4 Flowchart pada Aplikasi Android

Pengujian Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan untuk mengetahui alur sistem monitoring penggunaan air PDAM dengan ESP32 berbasis Internet of Things. Dalam pengujian sistem ini akan dimulai dengan pengujian setiap komponen individual yaitu mikrokontroler ESP32, sensor water flow, sensor turbidity, dan komponen lainnya untuk memastikan bahwa komponen dapat mendeteksi dan mengukur parameter air dengan akurat. Kemudian dilakukan pengujian integrasi perangkat keras dan lunak untuk memastikan bahwa semua komponen perangkat keras dapat berfungsi secara terintegrasi dengan program perangkat lunak dan dapat berkomunikasi dengan baik. Selanjutnya dilakukan uji sistem untuk melihat seberapa baik sistem dalam menangani pemantauan secara real time dan mentransmisikan data dalam kondisi beban tertentu. Melalui aplikasi sistem monitoring yang telah didesain menggunakan platform MIT, hasil pemantauan akan tampil berupa nilai debit air, kualitas air, dan biaya yang dikenakan sehingga memudahkan petugas PDAM dalam memantau dan mengolah data penggunaan air di setiap rumah pelanggan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Sistem Monitoring PDAM.

Hasil dari perancangan sistem monitoring PDAM ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu hasil perancangan perangkat keras (hardware) dan hasil perancangan perangkat lunak (software).

Hasil Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Perancangan perangkat keras (hardware) pada sistem monitoring penggunaan debit air PDAM ini diimplementasikan pada sebuah box. Perangkat keras sistem monitoring penggunaan debit air PDAM ini telah berhasil dibuat berdasarkan sketsa rancangan alat. Berikut adalah hasil perancangan perangkat keras (hardware) yang telah dibuat:



Gambar 1 Perangkat Keras (Hardware)



Gambar 2 Tampak Depan Box

Hasil Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pada perangkat lunak (software), data informasi dari NodeMCU akan ditampilkan pada aplikasi dan LCD. Data yang akan ditampilkan pada

aplikasi dan LCD tersebut berupa data dari hasil sensor water flow dan sensor turbidity yang diperoleh berupa informasi kualitas air, nilai debit air, dan biaya yang dikenakan. Data tersebut juga dihubungkan ke server firebase sehingga dapat terhubung dengan aplikasi android.



Gambar 3 Tampilan Aplikasi Android

Hasil Pengujian Perangkat

Pada proses pengujian perangkat ini, pengambilan data dilakukan untuk mengetahui hasil dari perancangan aplikasi sistem monitoring menggunakan program android yang terintegrasi dengan hardware sebanyak dua buah node sensor. Pengujian ini dilakukan selama 24 jam dengan pengambilan data 2 jam sekali. Semua data dari hasil monitoring ini ditampilkan pada aplikasi android secara realtime sesuai dengan alat yang dirancang dan data tersebut tersimpan pada webserver platform ThingSpeak.

Akurasi Sensor Water Flow

Pengecekan akurasi alat merupakan proses yang dilakukan untuk menentukan sejauh mana hasil pengukuran alat sesuai dengan nilai yang sebenarnya. Pada percobaan ini, pengecekan akurasi terdiri dari pengecekan akurasi sensor dan akurasi biaya. Pengecekan akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan nilai volume air secara aktual dengan nilai volume air yang terdeteksi oleh sensor. Berikut data hasil percobaan pengecekan akurasi alat :

Tabel 1 Akurasi Sensor Water Flow

No	Percobaan	Waktu (menit)	Volume aktual (L)	Volume terukur (alat debit / L)	Selisih (L)	Flow meter (mL/min)	Error	Akurasi
1.	Percobaan 1	00.28	4 L	3.95 L	0.05	98.09	1.26%	98,74%
2.	Percobaan 2	00.52	8 L	8.05 L	0.05	101.19	0.62%	99,38%
3.	Percobaan 3	02.12	12 L	12.04 L	0.04	99.83	0,33%	99,67%
4.	Percobaan 4	02.39	16 L	16.02 L	0.02	93.34	0,12%	99,88%
5.	Percobaan 5	02.51	20 L	19,92 L	0,08	96.92	0,40%	99,06%
Rata – rata							0,54%	99,46%

Berdasarkan hasil percobaan yang terdapat pada tabel 3.1 dapat diuraikan bahwa alat sensor water flow memiliki rata—rata nilai error sebesar 0,54%,

serta rata – rata nilai akurasi sebesar 99,46%.

Pengecekan akurasi biaya dilakukan dengan cara membandingkan total biaya pemakaian air pada sensor dengan total biaya pemakaian air pada tagihan PDAM golongan IIA dalam 1 bulan. Berikut data hasil total biaya pemakaian air pada sensor selama 1 bulan :

Tabel 2 Biaya

No.	Percobaan	Jam	Debit Air	Sensor Water Flow	Kekeruhan Air	Biaya
1.	Percobaan 1	0 – 2	102.26 L	98.18 mL/min	10.00 NTU	Rp. 2045.02
2.	Percobaan 2	3 – 4	142.24 L	94.71 mL/min	10.00 NTU	Rp. 2844.08
3.	Percobaan 3	5 – 6	166.16 L	94.62 mL/min	10.00 NTU	Rp. 3323.02
4.	Percobaan 4	7 – 8	178.18 L	100.01 mL/min	9.00 NTU	Rp. 3563.06
5.	Percobaan 5	9 – 10	254.06 L	102.19 mL/min	10.00 NTU	Rp. 5081.02
6.	Percobaan 6	11 – 12	276.69 L	101.71 mL/min	10.00 NTU	Rp. 5533.08
7.	Percobaan 7	13 – 14	296.54 L	101.43 mL/min	10.00 NTU	Rp. 5930.08
8.	Percobaan 8	15 – 16	304.94 L	100.11 mL/min	10.00 NTU	Rp. 6098.08
9.	Percobaan 9	17 – 18	304.94 L	0.00 mL/min	11.00 NTU	Rp. 6098.08
10.	Percobaan 10	19 – 20	304.94 L	0.00 mL/min	11.00 NTU	Rp. 6098.08
11.	Percobaan 11	21 – 22	304.94 L	0.00 mL/min	11.00 NTU	Rp. 6098.08
12.	Percobaan 12	23 – 24	350.94 L	98.71 mL/min	10.00 NTU	Rp. 7018.80
Total biaya selama 30 hari (1 bulan)						Rp. 210.564

Berdasarkan data hasil percobaan yang diketahui pada sensor bahwa total biaya pemakaian air PDAM selama 1 bulan sebesar Rp. 215.640, sedangkan total pemakaian air pada tagihan air bulanan PDAM dalam 1 bulan yaitu sebesar Rp. 209.680. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan nilai error sebesar 0,42%, serta nilai akurasi biaya sebesar 99,58%.

Akurasi Sensor Turbidity

Akurasi sensor turbidity menunjukkan seberapa akurat hasil pengukuran kekeruhan air oleh sensor sesuai dengan nilai kekeruhan sebenarnya. Sebagai data pembanding keakurasian sensor turbidity, digunakan data pembanding dari 3 sampel air yaitu air PDAM, air jeruk dan air kopi.

Tabel 3 kekeruhan air

No.	Jenis Air	Volume Aktual (L)	Kekeruhan Air (NTU)	Tingkat Klasifikasi
1.	Air PDAM	1 L	5.00 NTU	Sedang
2.	Air Tanah	1 L	39.00 NTU	Tinggi
3.	Air Kopi	1 L	59.00 NTU	Tinggi

Berdasarkan data hasil percobaan tingkat kekeruhan air pada (tabel 4.3) dengan membandingkan 3 sampel air, maka air yang paling layak di konsumsi sesuai dengan Peraturan Menteri Perindustrian RI No. 78 tahun 2016 yaitu air PDAM dengan tingkat kekeruhan sebesar 5.00 NTU. Bila tingkat kekeruhan air melebihi 25 NTU atau nilai minimumnya dibawah 5 NTU, maka air tidak dapat dikonsumsi oleh masyarakat.

Tingkat Presisi Sensor Water Flow

Tingkat presisi sensor merujuk pada konsistensi dan ketepatan hasil pengukuran sensor. Semakin tinggi tingkat keakuratan sensor, semakin konsisten dan dekat dengan hasil pengukuran sensor tersebut. Berikut data hasil perhitungan kalibrasi nilai presisi sensor :

Tabel 4 Perhitungan Kalibrasi Nilai Presisi Sensor Water flow

Pengujian Ke- Volume Terukur (L)

Pengujian Ke-	Volume Terukur (L)				
	4L	8L	12L	16L	20L
1	3.95	8.05	12.04	16.02	19.92
2	3.99	8.04	11.98	15.98	20.03
3	4.06	8.02	12.06	16.01	20.04
4	4.06	7.98	12.03	16.00	20.00
5	3.98	8.06	11.98	15.96	19.96
$\bar{x}$	4,01	8,03	12,02	15,99	19,99

$(x^i - \bar{x})$	-0,01	-0,03	-0,02	0,01	0,01
$(\sum(x^i - \bar{x})^2)$	0,0001	0,0009	0,0004	0,0001	0,0001
SR	0,004	0,013	0,008	0,004	0,004
%SR	0,09%	0,16%	0,06%	0,02%	0,02%
Presisi	99,91%	99,84%	99,94%	99,98%	99,98%
Rata – Rata Presisi			99,93%		

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka didapatkan rata – rata nilai presisi pada sensor water flow sebesar 99,93%.

Tingkat Presisi Sensor Turbidity

Tingkat presisi pada sensor turbidity menggambarkan kekonsistenan dan akurasi pengukuran kekeruhan air oleh sensor tersebut. Berikut data hasil perhitungan nilai presisi pada sensor turbidity :

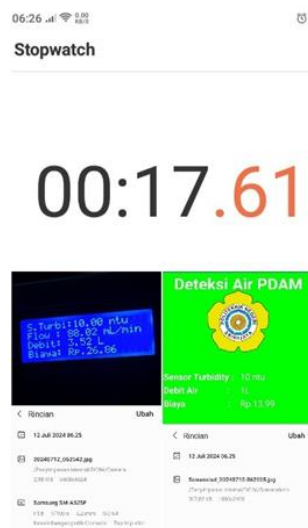
Tabel 5 Perhitungan Nilai Presisi Sensor Turbidity

Pengujian Ke-	Kekeruhan Air (NTU)				
	4L	8L	12L	16L	20L
1	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU
2	10.00 NTU	10.00 NTU	9.00 NTU	9.00 NTU	10.00 NTU
3	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU
4	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU
5	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU	10.00 NTU
Presisi	100%	100%	98%	98%	100%
Rata – Rata Presisi			99,02%		

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada (tabel 4.5), maka didapatkan rata – rata nilai presisi pada sensor turbidity sebesar 99,02%.

Waktu Respons Sensor

Waktu respons sensor adalah waktu yang diperlukan oleh sensor untuk merespons perubahan yang terjadi. Waktu respons sensor diukur dalam detik (s), milidetik (ms), atau mikrodetik (μ s). Pada percobaan ini waktu respons sensor diambil berdasarkan waktu yang dibutuhkan alat untuk dapat terhubung dengan aplikasi.



Gambar 4 Waktu Respons Sensor

Berdasarkan (Gambar 3.4) dapat diketahui bahwa selisih waktu respons pada sensor dengan waktu respons pada aplikasi yang dihitung menggunakan stopwatch yaitu 17.61 detik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari evaluasi setelah dilakukan pengujian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah dihasilkan sebuah sistem monitoring penggunaan debit air PDAM dengan menggunakan NodeMCU ESP32 berbasis Internet of Things yang dapat diakses secara realtime.
2. Kinerja sistem monitoring penggunaan debit air PDAM dengan menggunakan NodeMCU ESP32 berbasis Internet of Things telah memenuhi tingkat akurasi dan waktu respons yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- A. F. Fernanda, "Sistem Monitoring Kualitas Air Menggunakan Sensor Turbidity Metode Nephelometri Berbasis Raspberry PI 3," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 23–29, 2020, doi: 10.34010/telekontran.v8i1.3070.
- B. Reforma, A. Ma'arif, and S. Sunardi, "Alat Pengukur Kualitas Air Bersih Berdasarkan Tingkat Kekeruhan dan Jumlah Padatan Terlarut," *J. Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 2, p. 66, 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i2.002.
- D. Darso, Muhammad Habib Al Hudry, Firman Fathoni, Yuntafa Ulkhaq, Pras Tio Rifki Wijaya, and Muhammad Arkan H, "Perancangan Sistem Pendeteksi dan Monitoring Ketinggian Air Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP8266," *STORAGE J. Ilm. Tek. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 3, pp. 87–93, 2023, doi: 10.55123/storage.v2i3.2307.
- faizal Fatturahman and I. Irawan, "Monitoring Filter Pada Tangki Air Menggunakan Sensor Turbidity Berbasis Arduino Mega 2560 Via Sms Gateway," *J. Komputasi*, vol. 7, no. 2, pp. 19–29, 2019, doi: 10.23960/komputasi.v7i2.2422.
- K. Masykuroh, F. T. Syifa, and F. A. Pamungkas, "Rancang Bangun Prototipe Pemantau Kekeruhan Air dan Pengaturan Pakan Ikan pada Akuarium Menggunakan Nodemcu ESP32," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 31–40, 2023, doi: 10.20895/jtece.v5i1.917.
- M. A. R. Maulidin, T. N. Ali, and M. I. Mustofa, "Perancangan Sistem Monitoring Penggunaan Air Pam Berbasis Iot Dengan Bot Telegram," *Indones. J. Technol. Informatics Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 46–50, 2020, doi: 10.24176/ijtis.v2i1.5627.
- N. Imansyah and S. H. Widiastuti, "Sistem Kontrol dan Monitoring Penggunaan Air Berbasis IoT Menggunakan Modul ESP8266," *J. Inf. dan Teknol.*, vol. 4, no. 2, pp. 108–113, 2022, doi: 10.37034/jidt.v4i3.207.
- N. N. Naim, R. F. Mohammad, and I. Taufiqurrahman, "Sistem Monitoring Penggunaan Debit Air Konsumen Di Perusahaan Daerah Air Minum Secara Real Time Berbasis Arduino Uno," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–39, 2020, doi: 10.37058/jeee.v2i1.2176.
- Normah, B. Rifai, S. Vambudi, and R. Maulana, "Analisa Sentimen Perkembangan Vtuber Dengan Metode Support Vector Machine Berbasis SMOTE," *J. Tek. Komput. AMIK BSI*, vol. 8, no. 2, pp. 174–180, 2022, doi: 10.31294/jtk.v4i2.
- T. Sutikno, D. R. Susanto, and H. S. Purnama, "Sistem Monitoring Debit Air Berbasis Internet of Things pada Saluran Air," vol. 22, no. 2, pp. 159–164, 2023.
- Yonathan D. Pandiangan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pulsa Air Prabayar Berbasis Iot (Internet of Things)," *Politek. Negeri Medan*, vol. 5, no. 1, pp. 1–87, 2019.