

Implementasi Sistem Pencatatan Dan Monitoring Kekeruhan Air Berbasis IoT Pada lembaga Penyedia Air

Fachrul Sukmadinata¹, Pradita Eko Prasetyo Utomo², Muhammad Razi A³

^{1,2,3} Sistem Informasi, Universitas Jambi

Email: ¹fahrulsukma10@gmail.com, ²pradita.eko@unja.ac.id, ³muhammadrazi@unja.ac.id

Abstrak

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi masyarakat dan harus dikelola dengan baik untuk menjamin ketersediaan serta kualitasnya. Pengelolaan layanan air bersih umumnya dilakukan oleh lembaga penyedia air, salah satunya adalah PAM Tirta Tempino. Namun dalam operasionalnya, lembaga ini masih menghadapi kendala pada proses pencatatan pemakaian air, pengelolaan data pelanggan, dan penanganan pengaduan yang masih dilakukan secara manual. Kondisi ini berpotensi menimbulkan keterlambatan informasi, ketidaktepatan data, dan kurangnya transparansi layanan. Selain itu, belum tersedia sistem yang mampu memantau tingkat kekeruhan air secara realtime. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem informasi berbasis web yang terintegrasi dengan sensor kekeruhan untuk mendukung proses kerja PAM Tirta Tempino. Pengembangan dilakukan menggunakan metode Rapid Application Development melalui beberapa iterasi. Sistem yang dihasilkan menyediakan fitur pencatatan pemakaian air, pengelolaan pelanggan, pengaduan, pembayaran, serta monitoring kekeruhan air secara realtime. Hasil pengujian Black Box Testing menunjukkan bahwa seluruh 31 fungsi sistem berjalan dengan tingkat keberhasilan 100%. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan akurasi pencatatan, efisiensi operasional, dan kualitas layanan pada PAM Tirta Tempino.

Kata Kunci: Pencatatan Pemakaian Air, Sistem Informasi, Sensor Kekeruhan, IoT, Rapid Application Development

Abstract

Clean water is an essential resource that must be properly managed to ensure its availability and quality for the community. Water service management is commonly handled by public water supply institutions, one of which is PAM Tirta Tempino. However, the institution still faces several operational challenges, particularly in recording water usage, managing customer data, and handling complaints, all of which are conducted manually. These conditions may lead to delayed information, inaccurate records, and low service transparency. In addition, there is no system available to monitor water turbidity levels in realtime. This study aims to develop a web-based information system integrated with a turbidity sensor to support the operational needs of PAM Tirta Tempino. The system was developed using the Rapid Application Development method through several iterative stages. The resulting system provides features for water usage recording, customer management, complaint handling, payment processing, and realtime turbidity monitoring. Black Box Testing shows that all 31 system functions operate with a 100% success rate. These findings indicate that the system improves the accuracy of data recording, operational efficiency, and service quality at PAM Tirta Tempino.

Keywords: Water Usage Recording, Information System, Turbidity Sensor, IoT, Rapid Application Development

1. PENDAHULUAN

Air adalah salah satu sumber daya alam yang penting bagi kelangsungan hidup manusia. Dalam kehidupan sehari-hari, air digunakan untuk berbagai keperluan, seperti mencuci, memasak, menyiram tanaman, mandi, dan berbagai aktivitas lainnya [1]. Tetapi tidak semua sumber air dapat digunakan oleh manusia. Hanya air yang memenuhi standar kualitas dan kesehatan yang dapat dimanfaatkan secara aman oleh manusia [2]. Namun, memperoleh air bersih kerap menjadi tantangan, khususnya di daerah yang jauh dari sumber mata air, apalagi bagi mereka yang hanya mengandalkan sumur pribadi. Sering kali air dari sumur keruh dan memiliki pH yang tidak memenuhi batas normal [3]. Dalam mengelola sistem penyediaan air minum, peran PDAM sangat penting untuk memastikan pelayanan kebutuhan air minum bagi masyarakat [4]. Namun, di sisi lain, pengelolaan air bersih oleh lembaga ini juga masih menghadapi berbagai tantangan, seperti pencatatan penggunaan air yang tidak terstruktur dan pemantauan kualitas air yang belum memadai. Tanpa sistem yang efisien, lembaga penyedia layanan air bersih sering kesulitan menjaga konsistensi data dan memastikan kualitas air yang sesuai dengan standar.

PAMTIRTA Tempino, sebagai salah satu penyedia air bersih di wilayah Tempino, saat ini masih mengelola pencatatan data penggunaan air pelanggan secara manual. Petugas melakukan pencatatan langsung di lapangan dengan membaca angka pada meteran air dan mendokumentasikannya di buku catatan. Pendekatan ini tidak hanya memakan waktu tetapi juga berpotensi menimbulkan kesalahan, seperti kesalahan dalam membaca angka atau mencatat data. Selain itu, belum tersedianya teknologi untuk memonitor parameter kualitas air, seperti tingkat kekeruhan, menyulitkan upaya memastikan standar kualitas air tetap terpenuhi. Bahkan, petugas harus memeriksa kualitas air secara manual dengan memanjat menara penyimpanan air. Hal ini menjadi semakin penting karena monitoring kualitas air merupakan proses pengambilan sampel secara berkala untuk menganalisis kondisi air dan karakteristiknya [5].

Kemajuan teknologi, terutama dalam bidang Internet of Things (IoT), menawarkan solusi untuk mengatasi tantangan pengelolaan air bersih. IoT memungkinkan pengintegrasian sensor dan perangkat cerdas untuk melakukan pemantauan secara langsung. IoT adalah sebuah sistem embedded yang dirancang untuk memperluas penggunaan konektivitas internet

yang terhubung secara kontinu [6]. IoT memungkinkan komunikasi antara mesin dengan mesin (M2M), manusia dengan manusia, atau manusia dengan komputer, dengan menggunakan informasi atau data yang dipertukarkan melalui internet [7]. Penerapan teknologi IoT diharapkan dapat meningkatkan ketepatan dalam memantau kualitas air, sehingga dapat memastikan air yang dikonsumsi aman dan memenuhi standar kelayakan [8]. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, parameter penting seperti kekeruhan air dapat dilakukan otomatis secara langsung. Hal ini memungkinkan penyedia layanan seperti PAMTIRTA Tempino untuk meningkatkan akurasi data dan merespon permasalahan kualitas air lebih cepat. Selain itu, pencatatan penggunaan air oleh pelanggan dapat dilakukan oleh petugas melalui sistem berbasis web, yang menggantikan metode manual yang rawan kesalahan. Kombinasi sistem otomatis untuk pemantauan dan sistem digital untuk pencatatan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas layanan.

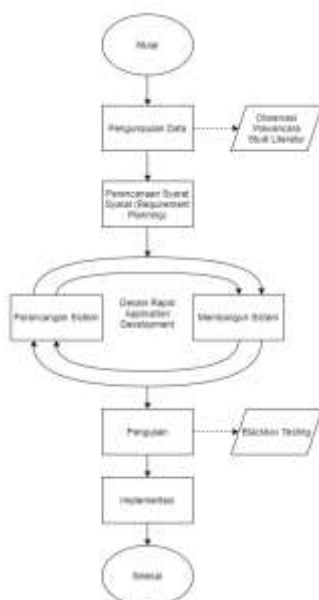
Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas penerapan Internet of Things (IoT) dalam monitoring kualitas air. Febrianti mengembangkan sistem IoT untuk memantau kualitas air dan administrasi pelanggan, namun penelitian tersebut belum berfokus pada parameter kekeruhan air menggunakan turbidity sensor [3]. Arsyad merancang sistem monitoring kekeruhan air berbasis IoT dengan sensor turbidity dan ESP8266, tetapi hanya mencakup aspek monitoring tanpa integrasi dengan sistem administrasi pelanggan [9]. Wardana mengembangkan webserver monitoring kualitas air pada perangkat filtrasi portable berbasis IoT, namun penelitian ini berfokus pada sistem portable dan tidak menyediakan fitur pencatatan pemakaian air [10]. Sasmoko membangun sistem monitoring kekeruhan air pada tandon dengan fitur otomatisasi pembersihan dan notifikasi, tetapi tidak menyediakan integrasi dengan sistem informasi pelanggan [11]. Putra dan Setiawan mengembangkan monitoring kualitas air berbasis IoT menggunakan beberapa sensor, namun sistem tersebut hanya menampilkan parameter air dan tidak mencakup pengelolaan data administrasi maupun pencatatan pemakaian air [12].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem berbasis IoT dan aplikasi web yang mampu memantau kualitas air secara realtime serta menggantikan proses pencatatan pemakaian air pelanggan yang sebelumnya dilakukan secara manual, sehingga proses pengelolaan layanan air di PAM Tirta Tempino menjadi lebih efisien, terstruktur, dan akurat. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menghasilkan sistem yang optimal dan memberikan kontribusi dalam pengelolaan air di PAMTIRTA Tempino.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Metode Rapid Application Development (RAD) dipilih karena memberikan fleksibilitas dan kecepatan dalam pengembangan. Metode ini memungkinkan pengembangan sistem secara iteratif dengan melibatkan pengguna sejak tahap awal, sehingga sistem yang dihasilkan lebih sesuai dengan kebutuhan dan meminimalkan risiko kesalahan. Adapun tahapan penelitian dilaksanakan sebagai berikut :



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan studi literatur untuk memahami kebutuhan sistem dan permasalahan operasional di PAMTIRTA Tempino. Observasi dilakukan secara langsung untuk melihat alur pencatatan pemakaian air dan proses pemantauan kualitas air yang masih dilakukan secara manual. Wawancara dengan Ketua dan petugas lapangan digunakan untuk menggali informasi mengenai kendala yang dihadapi serta fitur sistem yang

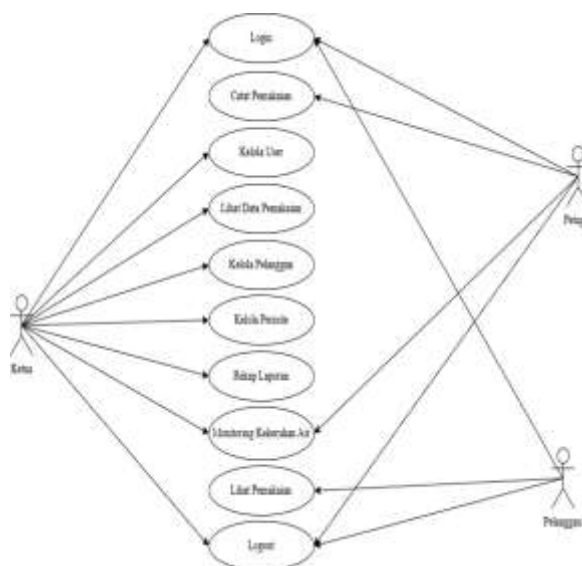
dibutuhkan. Selain itu, studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori terkait sistem informasi berbasis web, monitoring kualitas air menggunakan sensor IoT, konsep Internet of Things, dan metode pengembangan RAD. Hasil dari tahapan ini menjadi dasar dalam merancang sistem yang sesuai kebutuhan dan kondisi di lapangan.

2.3 Perencanaan Syarat-Syarat (*Requirement Planning*)

Pada tahap *requirement planning* dilakukan analisis untuk mengidentifikasi tujuan sistem serta merumuskan kebutuhan yang harus dipenuhi agar sistem dapat mendukung pencatatan pemakaian air, monitoring kualitas air, dan pengelolaan data pelanggan secara efektif. Kebutuhan sistem disusun berdasarkan hasil wawancara dengan Ketua dan Petugas PAM Tirta Tempino yang mencakup kebutuhan pengguna, yaitu Ketua, Petugas, dan Pelanggan, seperti fitur login, dashboard, pengelolaan data pelanggan, pencatatan pemakaian air, akses riwayat pemakaian, serta monitoring kekeruhan air. Kebutuhan fungsional mencakup mekanisme autentikasi, pengelolaan data master, pencatatan dan penyajian data pemakaian air, monitoring kekeruhan air secara realtime, serta pembuatan laporan pemasukan. Kebutuhan non-fungsional meliputi kompatibilitas sistem dengan berbagai browser, konektivitas internet untuk sinkronisasi data, serta keandalan perangkat IoT. Selain itu, sistem memerlukan sensor turbidity dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai komponen IoT yang berfungsi membaca nilai kekeruhan air dan mengirimkan data ke server melalui protokol MQTT secara realtime.

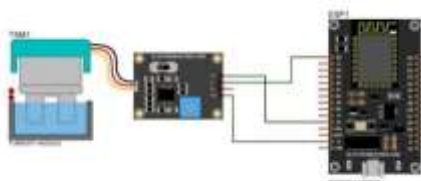
2.4 Workshop Desain Rapid Application Development

Tahap *Workshop Design* dilakukan dengan melibatkan Ketua dan Petugas PAMTIRTA Tempino untuk merancang alur sistem serta tampilan antarmuka yang sesuai kebutuhan operasional. Pada tahap ini dilakukan penyusunan rancangan proses pencatatan pemakaian air, alur monitoring kekeruhan air, serta struktur menu untuk masing-masing pengguna. Prototipe awal sistem disusun dalam bentuk rancangan interface dashboard, halaman pencatatan pemakaian air, dan halaman monitoring kualitas air berbasis IoT. Setiap rancangan dievaluasi bersama pengguna untuk memastikan kesesuaian fungsi, kemudahan penggunaan, serta kejelasan informasi yang disajikan. Hasil dari workshop ini menjadi acuan dalam pengembangan sistem pada tahap implementasi. Berikut merupakan use case diagram berdasarkan kebutuhan fungsional yang telah dianalisis dari tahapan *requirement planning* :



Gambar 2. Use Case Diagram PAMTIRTA Tempino

Selain itu, pada tahap ini juga disusun skema rancangan sensor kekeruhan air, berikut merupakan skema rancangan sensor kekeruhan air :



Gambar 3. Skema Rancangan Sensor Kekeruhan

2.5 Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem pencatatan pemakaian air dan monitoring kekeruhan air berbasis IoT berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan menggunakan metode *black-box testing* untuk memverifikasi setiap fitur utama pada sisi Ketua, Petugas, dan Pelanggan, termasuk proses login, pengelolaan data, pencatatan pemakaian air, serta tampilan dashboard. Selain itu, dilakukan pengujian perangkat IoT dengan memvalidasi pembacaan sensor turbidity, kestabilan pengiriman data melalui protokol MQTT, serta ketepatan data yang tampil pada aplikasi web secara realtime.

2.5 Implementasi

Pada tahap ini, sistem mulai diterapkan pada lingkungan operasional PAMTIRTA Tempino untuk digunakan oleh Ketua dan Petugas sesuai perannya masing-masing. Implementasi mencakup penerapan website yang telah dikembangkan meliputi modul pencatatan pemakaian air, pengelolaan data pelanggan, serta monitoring kekeruhan air agar dapat digunakan secara langsung dalam kegiatan operasional. Tahap ini bertujuan memastikan bahwa seluruh fitur bekerja secara konsisten di lingkungan nyata, baik dari sisi aplikasi web maupun integrasi data IoT, sehingga sistem dapat mendukung proses kerja PAMTIRTA Tempino dengan optimal sesuai tujuan awal pengembangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil implementasi dan pembahasan perkembangan sistem melalui pendekatan Rapid Application Development (RAD). Proses pengembangan dilakukan dalam tiga iterasi, di mana setiap iterasi menghasilkan penambahan fitur sesuai kebutuhan PAMTIRTA Tempino.

3.1 Iterasi Pertama

Bagian ini menyajikan hasil implementasi dan pembahasan perkembangan sistem melalui pendekatan Rapid Application Development (RAD). Proses pengembangan dilakukan dalam tiga iterasi, di mana setiap iterasi menghasilkan penambahan fitur sesuai kebutuhan PAMTIRTA Tempino. Berdasarkan evaluasi tersebut, dilakukan penyempurnaan sistem dengan menambahkan fitur Pengaduan. Fitur ini memungkinkan pelanggan menyampaikan keluhan langsung melalui sistem, sementara Ketua dan Petugas dapat memantau serta memproses pengaduan secara lebih terstruktur.

3.1.1 Implementasi Sistem Iterasi Pertama

a. Halaman Login & Register

Halaman login digunakan untuk mengautentikasi pengguna sebelum masuk ke sistem. Pengguna memasukkan email dan kata sandi untuk masuk ke sistem. Pada halaman registrasi, pengguna harus terlebih dahulu mengisi nama lengkap, email, password dan nomor handphone. Fitur ini dikembangkan menggunakan *framework* Laravel dengan menggunakan roles setiap user untuk membedakan hak akses antara admin, petugas, dan pelanggan.

b. Halaman Dashboard

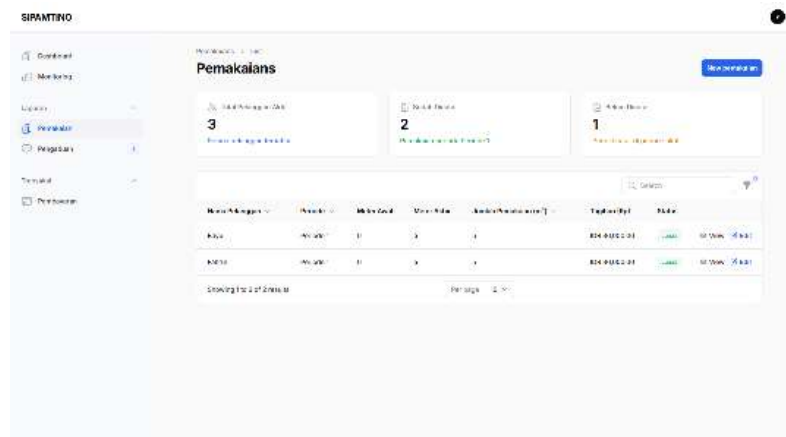
Halaman dashboard diimplementasikan sebagai tampilan utama yang memberikan ringkasan informasi sesuai peran pengguna. Ketua, Petugas, dan Pelanggan dapat melihat data penting seperti pemakaian air, status layanan, dan informasi sistem lainnya. Dashboard dirancang sederhana dan informatif agar setiap pengguna dapat memantau kebutuhan operasional maupun layanan secara cepat dan efisien.

c. Halaman Kelola Pelanggan

Halaman Kelola Pelanggan berfungsi untuk mengatur data pelanggan oleh admin atau ketua pengelola air bersih. Melalui halaman ini, admin dapat melakukan berbagai aktivitas manajemen pengguna seperti menambahkan, mengubah, melihat, dan menghapus data pelanggan yang terdaftar dalam sistem.

d. Halaman Pemakaian air pelanggan

Halaman pemakaian diimplementasikan untuk mencatat pemakaian air setiap pelanggan pada periode berjalan. Petugas dapat memasukkan angka meteran terbaru, dan sistem otomatis menghitung jumlah pemakaian berdasarkan selisih meteran sebelumnya. Halaman ini juga menampilkan daftar pelanggan yang belum dicatat pemakaiannya, sehingga petugas dapat melakukan pencatatan secara tepat waktu dan mengurangi risiko data yang terlewat.



Gambar 4. Halaman Pemakaian air pelanggan

- e. **Halaman Kelola User**
Halaman Kelola User berfungsi untuk mengelola user seperti petugas, admin dapat menambahkan, mengedit dan menghapus petugas jika petugas tidak bekerja sebagai petugas pamtirta tempino di halaman ini. Dengan halaman ini, administrator dapat mengelola siapa saja yang memiliki akses ke sistem, menambah petugas baru, mengubah informasi atau peran, serta menghapus petugas yang sudah tidak aktif.
- f. **Halaman Rekap Laporan**
Halaman Rekap Laporan merupakan fitur untuk melihat dan mencetak laporan pemakaian air pelanggan berdasarkan periode tertentu. Dengan halaman ini, pengelola dapat membuat laporan pemakaian air untuk periode tertentu, melihat ringkasan data pelanggan, dan mengunduh laporan dalam format PDF (Portable Document Format) untuk keperluan dokumentasi atau pelaporan ke pihak terkait.
- g. **Halaman Kelola Periode**
Halaman Kelola Periode merupakan fitur untuk mengelola data periode pelaporan atau periode akademik. Bagian utama halaman ini menampilkan tabel yang berisi daftar periode dengan informasi nama periode, bulan, tahun, tanggal pembuatan, dan status. Status periode ditampilkan dalam bentuk label berwarna, hijau untuk periode yang sedang aktif dan merah untuk periode yang nonaktif. Sistem dirancang agar hanya satu periode yang dapat aktif dalam satu waktu. Dengan halaman ini, pengelola dapat membuat periode baru setiap bulan atau tahun, mengaktifkan periode yang sesuai untuk pencatatan pemakaian, dan mengelola data periode yang ada dalam sistem.
- h. **Halaman Pengaduan**
Fitur Pengaduan digunakan untuk memproses laporan keluhan dari pelanggan. Pelanggan dapat membuat pengaduan melalui sistem, Petugas dan ketua menangani dan memperbarui status pengaduan, dan memantau seluruh pengaduan yang masuk. Status pengaduan ditampilkan dengan label warna untuk membedakan pengaduan yang sudah selesai dan yang belum diproses, sehingga penanganan keluhan menjadi lebih terarah dan terpantau.

3.1.2 Implementasi Sensor Turbidity dan Perangkat IoT

Sensor turbidity yang digunakan merupakan sensor analog berbasis IR LED dan photodiode yang menghasilkan tegangan berbeda sesuai tingkat hamburan cahaya pada air. Tegangan analog tersebut dibaca oleh ADC (Analog-to-Digital Converter) pada NodeMCU ESP8266 untuk kemudian diproses menjadi nilai digital.

Sensor ditempatkan di dalam bak penampungan pada menara air, karena posisi ini memungkinkan sensor melakukan kontak langsung dengan aliran air yang diukur. Sensor dihubungkan ke NodeMCU melalui kabel yang dimasukkan ke dalam pipa PVC untuk melindungi jalur kabel, sementara NodeMCU dan rangkaian elektronik lainnya ditempatkan di dalam project box agar terlindung dari lingkungan luar. Komponen yang digunakan pada implementasi sensor meliputi:

- a. Sensor turbidity analog
- b. NodeMCU ESP8266
- c. Base Plate Board ESP-0009
- d. Adaptor 12V/3A
- e. Project box
- f. Pipa PVC
- g. Kabel jumper

Berikut merupakan gambar implementasi sensor kekeruhan yang telah dibuat:



Gambar 5. Implementasi Alat sensor kekeruhan air

Pada tahap pengujian awal, sensor diuji menggunakan tiga sampel air dengan tingkat kekeruhan berbeda, yaitu air mineral, larutan kopi, dan larutan detergen. Air mineral digunakan sebagai sampel dengan tingkat kejernihan sangat tinggi, sedangkan kopi dan detergen digunakan sebagai sampel dengan tingkat kekeruhan lebih tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai NTU yang dihasilkan sensor konsisten dengan kondisi visual masing-masing sampel. Air mineral memiliki nilai NTU paling rendah, larutan detergen menghasilkan nilai NTU menengah, sedangkan larutan kopi menghasilkan nilai NTU paling tinggi. Hal ini sesuai dengan karakteristik sensor turbidity analog, di mana nilai NTU yang rendah menunjukkan kondisi air jernih dan nilai NTU yang tinggi menunjukkan air yang semakin keruh.

Untuk memastikan akurasi pembacaan sensor, pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil sensor dengan alat turbidity meter sebagai alat uji pembanding. Nilai NTU dari alat uji dan sensor kemudian dihitung selisihnya serta persentase error. Hasil pengujian disajikan pada Tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Turbidity

No	Sampel Air	Alat uji	Sensor	Akurasi
1	Air Mineral	0	0	100%
2	Kopi	89	91.30	97.5%
3	Detergen	91	93.54	97.3%

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor turbidity memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi kekeruhan air. Sampel kopi dan detergen menunjukkan tingkat akurasi di atas 97%, yang menandakan bahwa pembacaan sensor sangat mendekati alat turbidity meter. Pada sampel air mineral, pembacaan sensor sebesar 0.69 NTU dibulatkan menjadi 0 NTU karena nilai tersebut masih berada pada rentang 0–1 NTU yang dikategorikan sebagai air sangat jernih, sehingga dianggap setara dengan alat uji. Hal ini wajar mengingat sensor turbidity analog memiliki keterbatasan dalam mencapai nilai 0 NTU absolut akibat adanya noise optik dan ketidakstabilan ADC. Berikut merupakan implementasi halaman monitoring kekeruhan air :



Gambar 6. Halaman Monitoring Kekeruhan Air

3.2 Iterasi kedua

Pada iterasi kedua, peneliti melakukan validasi kepada Ketua PAMTIRTA Tempino untuk memperoleh umpan balik terkait kesesuaian kebutuhan pengguna. Berdasarkan evaluasi, dilakukan penyempurnaan sistem dengan menambahkan fitur Calon Pelanggan dan fitur Pembayaran.

3.2.1 Implementasi Sistem Iterasi Pertama

- a. Halaman Calon Pelanggan
Melalui halaman ini, sistem menampilkan daftar seluruh calon pelanggan yang telah melakukan pendaftaran secara daring. Setiap entri data calon pelanggan menampilkan informasi seperti nama lengkap, alamat email, nomor telepon, tarif, status verifikasi, serta tanggal pendaftaran.
- b. Halaman Pembayaran
Fitur ini dirancang untuk membantu petugas dalam melakukan pencatatan transaksi pembayaran pelanggan secara digital dan terintegrasi dengan sistem. Melalui halaman ini, proses pembayaran dapat dilakukan dengan lebih cepat, akurat, dan terdokumentasi secara otomatis di dalam basis data.

3.3 Pengujian Black Box

Pengujian fungsionalitas sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* dengan melibatkan lima penguji, yang terdiri dari satu Ketua, dua Petugas, dan dua Pelanggan. Masing-masing penguji menilai fungsi sesuai hak akses role yang dimiliki. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 untuk role Ketua, Petugas, dan Pelanggan.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Black Box Testing* untuk role Ketua

No	Fungsi	Hasil	Valid	
			Berhasil	Gagal
1	Login	Berhasil mengarahkan user ke halaman dashboard	✓	
2	Tambah data pelanggan	Data pelanggan berhasil ditambah ke sistem	✓	
3.	Merubah data pelanggan	Data pelanggan berhasil dirubah	✓	
4.	Hapus data pelanggan	Data pelanggan berhasil dihapus	✓	
5.	Tambah data user	Data user berhasil ditambahkan ke sistem	✓	
6.	Merubah data user	Data user berhasil dirubah	✓	
7.	Menghapus data user	Data user berhasil dihapus	✓	
8.	Setujui calon pelanggan	Calon Pelanggan berhasil disetujui	✓	
9.	Tolak calon pelanggan	Calon pelanggan berhasil ditolak	✓	
10.	Hapus calon pelanggan	Calon pelanggan berhasil dihapus	✓	
11.	lihat detail pengaduan	Berhasil beralih ke halaman detail pengaduan	✓	
12.	Selesaikan pengaduan	Pengaduan berhasil diselesaikan	✓	
13.	Mengakses halaman data pemakaian	Berhasil beralih ke halaman data pemakaian pelanggan	✓	
14.	Tambah periode	Periode berhasil ditambahkan ke sistem	✓	
15.	Aktifkan Periode	Periode berhasil di aktifkan	✓	
16.	Hapus periode	Periode berhasil dihapus	✓	
17.	Memproses Pembayaran	Pembayaran berhasil di selesaikan	✓	
18.	Mengakses halaman riwayat pembayaran	Berhasil beralih ke halaman riwayat pembayaran	✓	
19.	Mengakses halaman monitoring kekeruhan air	Berhasil beralih ke halaman monitoring kekeruhan air	✓	

Tabel 3. Hasil Pengujian *Black Box Testing* untuk role Petugas

No	Fungsi	Hasil	Valid	
			Berhasil	Gagal
1	Login	Berhasil mengarahkan user ke halaman dashboard	✓	
2	Tambah data pemakaian air pelanggan	Data pemakaian air pelanggan berhasil dibuat	✓	
3	Ubah data pemakaian air pelanggan	Berhasil merubah data pemakaian air pelanggan	✓	

4	Lihat detail pengaduan	Berhasil beralih ke halaman detail pengaduan	✓
5	Selesaikan pengaduan	Pengaduan berhasil diselesaikan	✓
6	Memproses Pembayaran	Pembayaran berhasil di selesaikan	✓
7	Mengakses halaman riwayat pembayaran	Berhasil beralih ke halaman riwayat pembayaran	✓
8.	Mengakses halaman monitoring kekeruhan air	Berhasil beralih ke halaman monitoring kekeruhan air	✓

Tabel 4. Hasil Pengujian *Black Box Testing* untuk role Pelanggan

No	Fungsi	Hasil	Valid	
			Berhasil	Gagal
1	Login	Berhasil mengarahkan user ke halaman dashboard	✓	
2	Lihat data pemakaian air	Data pemakaian air pelanggan berhasil dibuat	✓	
3	Tambah pengaduan	Pengaduan berhasil ditambahkan ke sistem	✓	
4	Lihat detail pengaduan	Berhasil beralih ke halaman detail pengaduan	✓	

Pada tabel 1,2,3 ditampilkan fungsi yang ada pada sistem. Perhitungannya dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Presentase Skor} = \frac{\text{Jumlah Test case berhasil}}{\text{Total Test case}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan rumus:

Presentase Skor = Hasil perhitungan dihitung dalam persentase

Jumlah Test case berhasil = total test case yang berhasil

Total Test case = Seluruh test case yang dilakukan

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil dan diperoleh fungsi yang berjalan dengan baik $19+8+4 = 31$ fungsi. Sehingga jika dimasukkan dalam rumus perhitungan, total keseluruhan hasilnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Presentase Skor} = \frac{\text{Jumlah Test case berhasil}}{\text{Total Test case}} \times 100\%$$

$$\text{Presentase Skor} = \frac{31}{31} \times 100\%$$

$$\text{Presentase Skor} = 100\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan seluruh fungsi yang diuji tanpa ditemukan kegagalan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem informasi PAMTIRTA Tempino telah memenuhi aspek kelayakan fungsional berdasarkan pengujian *Black Box Testing*, karena seluruh *test case* memberikan hasil yang valid. Nilai validasi sebesar 100% mengindikasikan bahwa sistem berada dalam kondisi sangat baik dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

3.4 Implementasi

Pada tahap implementasi, sistem SIPAMTINO berhasil diterapkan pada lingkungan operasional PAM Tirta Tempino dan mulai digunakan oleh Ketua serta Petugas. Seluruh modul utama, seperti pencatatan pemakaian air, pengelolaan pelanggan, pengaduan, pembayaran, dan monitoring kekeruhan air berbasis IoT, berjalan dengan baik setelah diunggah ke server. Nilai kekeruhan dari sensor turbidity dapat tampil secara realtime pada dashboard, dan seluruh fitur berfungsi stabil selama masa penggunaan awal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat mendukung aktivitas operasional PAM Tirta Tempino sesuai tujuan pengembangan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pencatatan pemakaian air dan monitoring kekeruhan air berbasis IoT yang diterapkan pada PAMTIRTA Tempino. Sistem dibangun menggunakan metode Rapid Application Development (RAD) melalui proses iteratif yang melibatkan Ketua dan Petugas untuk memastikan kesesuaian kebutuhan di lapangan. Implementasi sensor turbidity berbasis NodeMCU ESP8266 mampu menampilkan data kekeruhan air secara realtime, sementara aplikasi web mendukung pengelolaan pelanggan, pencatatan pemakaian air, pembayaran, serta layanan pengaduan. Hasil pengujian black-box testing menunjukkan tingkat validitas 100%, yang menandakan seluruh fungsi berjalan sesuai harapan tanpa ditemukan kegagalan. Dengan demikian, sistem ini dinilai layak digunakan dan mampu meningkatkan efisiensi operasional serta kualitas layanan PAMTIRTA Tempino.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua, Petugas, dan Pelanggan PAMTIRTA Tempino yang telah memberikan dukungan, waktu, serta data yang dibutuhkan selama proses penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang turut berkontribusi hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Gunawan, T. Akbar, and M. Giyandhi Ilham, "Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.29408/jit.v3i1.1789.
- [2] J. A. Y. Wattimena, "Pemenuhan Hak atas Air Bersih dan Sehat, Serta Hak Menggugat Masyarakat," *Balobe Law J.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.47268/balobe.v1i1.497.
- [3] F. Febrianti, S. Adi Wibowo, and N. Vendyansyah, "IMPLEMENTASI IoT(Internet Of Things) MONITORING KUALITAS AIR DAN SISTEM ADMINISTRASI PADA PENGELOLA AIR BERSIH SKALA KECIL," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 171–178, 2021, doi: 10.36040/jati.v5i1.3249.
- [4] N. Khoirunnisa, "Peran Penyelenggara Air Minum dalam Meningkatkan Sistem Penyediaan Air Minum," *Ina. Pap.*, no. July 8, 2019.
- [5] T. D. Hendrawati, N. Maulana, and A. R. Al Tahtawi, "Sistem Pemantauan Kualitas Air Sungai di Kawasan Industri Berbasis WSN dan IoT," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 4, no. 2, p. 283, 2019, doi: 10.31544/jtera.v4.i2.2019.283-292.
- [6] F. Susanto, N. K. Prasiani, and P. Darmawan, "Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari," *J. Imagine*, vol. 2, no. 1, pp. 35–40, 2022, doi: 10.35886/imagine.v2i1.329.
- [7] S. Gitakarma, "Peranan Internet of Things Dan Kecerdasan Buatan Dalam Teknologi Saat Ini," *J. Komput. dan Teknol. Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [8] M. F. R. Kamil, B. Rahmat, and O. M. Primadianti, "Perancangan Dan Implementasi Web Server," *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 6, pp. 3515–3522, 2022.
- [9] Yunita Arsyad, Benediktus Yoseph Bhae, and Kristianus Jago Tute, "Sistem Monitoring Kekurangan Air Berbasis IoT (Studi Kasus: Perumda Ende)," *SATESI J. Sains Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 133–139, 2022, doi: 10.54259/satesi.v2i2.1137.
- [10] P. Y. Wardana, D. Minggu, I. Mahfudi, P. T. Telekomunikasi, and P. N. Malang, "PERANCANGAN WEBSERVER SEBAGAI MONITORING KUALITAS DESIGN OF A WEBSERVER FOR MONITORING WATER QUALITY ON A," vol. 7, pp. 38–47, 2024.
- [11] D. Sasmoko, H. Rasmino, and A. Rahmadani, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kekurangan Air Berbasis IoT pada Tandon Air Warga," *J. Inform. Upgris*, vol. 5, no. 1, pp. 25–34, 2019, doi: 10.26877/jiu.v5i1.2993.
- [12] O. M. Febriani, A. S. Putra, and R. P. Prayogie, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Sirkulasi Obat Pada Pedagang Besar Farmasi (PBF) Di Kota Bandar Lampung Berbasis Web," pp. 122–132, 2020.