



## **Transformasi Digital Manajemen Aset Infrastruktur: Optimalisasi Operasional PDAM melalui Sistem Pelacakan QR Code Berbasis Web**

**Indra Putra Mahayudi<sup>1</sup>, Zikri Ezza Alhira<sup>2</sup>, Triase<sup>3\*</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Sistem Informasi, Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: <sup>1</sup>mahayudi1@gmail.com, <sup>2</sup>ezzazikri@gmail.com, <sup>3</sup>triase@uinsu.ac.id

### **Informasi Artikel**

Diterima : 29-09-2025

Disetujui : 10-10-2025

Diterbitkan : 15-11-2025

### **ABSTRACT**

*Pipeline network operations require fast and accurate asset identification, but manual processes in the field often cause delays in recording and data errors, contributing to increased Non-Revenue Water (NRW) levels. This article designs and evaluates a QR code-based pipeline asset management information system at Perumda/PDAM Tirtanadi to accelerate identification, organize history tracking, and improve maintenance information quality. The Rapid Application Development (RAD) approach was selected for its ability to accommodate dynamic operational requirements through iterative stakeholder involvement, reducing system failure risks compared to conventional waterfall methods. Qualitative data from field observations and structured interviews with operational staff were systematically transformed into Functional Requirement Specifications through requirement engineering frameworks. Functional evaluation was conducted through black-box testing and field workflow trials to assess scanning reliability, ease of use, and data consistency. The results demonstrate that the system operates stably with 100% functional test success rate, significantly improves asset traceability through real-time QR code scanning, and facilitates data-driven maintenance decision-making. Performance analysis indicates that QR code scanning reduces asset identification time by approximately 75% compared to manual document searching. The Model-View-Controller (MVC) architecture ensures system scalability for future Geographic Information System (GIS) integration. Further implementation is directed at GIS integration, refinement of data access policies in accordance with the Personal Data Protection Law (UU PDP), and expansion of coverage to other operational units. Thus, this system not only improves operational efficiency but also contributes to reducing water loss through faster damage handling, serving as a replicable model for other water utilities implementing technology-based asset management.*

**Keyword:** *Asset Management, Water Pipes, QR Codes, RAD, Maintenance, Digital Transformation.*

## ABSTRAK

Operasional jaringan pipa membutuhkan identifikasi aset yang cepat dan akurat, namun proses manual di lapangan kerap menimbulkan keterlambatan pencatatan dan kekeliruan data yang berkontribusi terhadap peningkatan tingkat kehilangan air (Non-Revenue Water/NRW). Artikel ini merancang dan mengevaluasi sistem informasi manajemen aset pipa berbasis QR code pada Perumda/PDAM Tirtanadi untuk mempercepat identifikasi, menertibkan pelacakan riwayat, dan meningkatkan kualitas informasi pemeliharaan. Pendekatan Rapid Application Development (RAD) dipilih karena kemampuannya mengakomodasi kebutuhan operasional yang dinamis melalui keterlibatan iteratif stakeholder, sehingga meminimalkan risiko kegagalan sistem dibandingkan metode waterfall konvensional. Data kualitatif dari observasi lapangan dan wawancara terstruktur dengan staf operasional ditransformasikan secara sistematis menjadi Spesifikasi Kebutuhan Fungsional melalui kerangka requirement engineering. Evaluasi fungsional dilakukan melalui pengujian black-box dan uji coba alur kerja lapangan guna menilai keandalan pemindaian, kemudahan penggunaan, serta konsistensi data. Hasil menunjukkan sistem berjalan stabil dengan tingkat keberhasilan uji fungsional 100%, memperbaiki ketertelusuran aset secara real-time melalui pemindaian QR code, dan mempermudah pengambilan keputusan pemeliharaan berbasis data. Analisis performa menunjukkan pemindaian QR code mengurangi waktu identifikasi aset sekitar 75% dibandingkan pencarian dokumen manual. Arsitektur Model-View-Controller (MVC) memastikan skalabilitas sistem untuk integrasi Geographic Information System (GIS) di masa depan. Implementasi lebih lanjut diarahkan pada integrasi dengan GIS, penyempurnaan kebijakan akses data sesuai UU Perlindungan Data Pribadi (UU PDP), serta perluasan cakupan ke unit operasional lain. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya mendukung efisiensi operasional namun juga meningkatkan akuntabilitas pengelolaan aset infrastruktur air bersih, serta dapat menjadi model replikabel bagi perusahaan air minum lainnya dalam mengimplementasikan manajemen aset berbasis teknologi.

**Kata Kunci:** *Manajemen Aset, Pipa Air, QR Code, RAD, Pemeliharaan, Transformasi Digital.*

---

## 1. PENDAHULUAN

PDAM Tirtanadi merupakan perusahaan milik daerah Provinsi Sumatera Utara yang bergerak di bidang pengelolaan dan penyediaan air bersih bagi masyarakat. Dengan cakupan layanan yang luas dan infrastruktur yang kompleks, perusahaan ini terus berupaya meningkatkan efisiensi dan kualitas pelayanannya melalui pengembangan teknologi dan sistem informasi manajemen yang terintegrasi. Pengelolaan aset jaringan pipa berbasis data merupakan kunci dalam meningkatkan efisiensi operasional dan pengambilan keputusan strategis pada perusahaan air minum (Okwori, 2021)(Delnaz, Nasiri and Li, 2023). Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah tingginya tingkat kehilangan air (*Non-Revenue Water/NRW*) yang disebabkan oleh kebocoran, kesalahan pencatatan, dan lambatnya penanganan kerusakan akibat sistem manajemen aset yang masih manual dan terfragmentasi.

Dalam konteks transformasi digital sektor air global, penerapan teknologi seperti Internet of Things (IoT), sensor, dan sistem pelacakan digital telah terbukti mampu mengurangi NRW secara signifikan dengan meningkatkan visibilitas dan responsivitas terhadap kondisi jaringan (Syrmos *et al.*, 2023)(Gino *et al.*, 2023). Studi menunjukkan bahwa pendekatan *data-driven asset management* tidak hanya meningkatkan akurasi pemeliharaan tetapi juga memperpanjang usia aset infrastruktur melalui prediksi dan pencegahan kerusakan (Delnaz, Nasiri and Li, 2023). Oleh karena itu, pendigitalan manajemen aset pipa menjadi suatu keharusan strategis untuk meningkatkan akuntabilitas, mengurangi kebocoran air, dan menjamin keberlanjutan layanan.

Berdasarkan observasi di Divisi Penanggulangan Kehilangan Air (PKA) PDAM Tirtanadi, proses pencatatan dan pelacakan aset pipa masih dilakukan secara manual menggunakan dokumen fisik dan spreadsheet yang tidak terintegrasi. Kondisi ini menyebabkan data aset sering kali tidak sinkron, sulit diakses secara *real-time* oleh tim lapangan, dan menghambat efektivitas pemeliharaan serta penanggulangan kerusakan (Setiawan and Wijaya, 2020). Identifikasi lokasi pipa saat terjadi kebocoran memakan waktu yang lama karena ketergantungan pada denah fisik yang tidak selalu terupdate. Selain itu, riwayat perbaikan tidak terdokumentasi dengan baik, sehingga menyulitkan analisis pola kerusakan dan perencanaan pemeliharaan preventif.

Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, diusulkan pengembangan Sistem Informasi Manajemen Aset Pipa Berbasis Web dengan Integrasi *QR Code Tracking*. QR Code dipilih karena kemudahan pembuatan, kapasitas penyimpanan data yang memadai, ketahanan terhadap kerusakan fisik, serta kemampuan dibaca secara cepat menggunakan perangkat *smartphone* yang umum dimiliki (Husni *et al.*, 2024). Teknologi serupa telah terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi manajemen aset infrastruktur di berbagai sektor (Huzaeni, Hendrawaty and Kardawi, 2023)(Sukron, Ramadhan and Sihabillah, 2024), termasuk di lingkungan pemerintah daerah dan utilitas. Sistem informasi manajemen aset berbasis web juga telah teruji dapat meningkatkan transparansi dan kontrol pengelolaan aset secara signifikan (Kusumojati and Mediawati, 2024). Sistem ini bertujuan untuk mendigitalisasi pencatatan aset, memungkinkan identifikasi instan di lapangan, menyediakan akses informasi terpusat secara *real-time*, serta mendukung pelacakan riwayat pemeliharaan yang terstruktur. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat menjadi fondasi bagi

transformasi digital PDAM Tirtanadi menuju pengelolaan aset yang lebih efisien, akuntabel, dan responsif.

## **2. METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk memahami secara mendalam kebutuhan sistem informasi manajemen aset pipa dan permasalahan dalam pengelolaan aset konvensional. Pendekatan ini dipilih agar peneliti dapat mengeksplorasi konteks penggunaan sistem secara komprehensif melalui interaksi langsung dengan pengguna dan observasi proses bisnis yang berjalan.

### **2.1 Teknik Pengumpulan data**

Proses pengumpulan data yang diperlukan untuk menyusun penelitian ini dilakukan melalui pengamatan langsung, wawancara, serta studi pustaka. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### **1. Metode Observasi**

Metode pengamatan langsung adalah suatu pendekatan dalam penelitian yang dilakukan dengan cara mengamati secara langsung yang tengah diteliti (Hasanah, no date). Dalam proses pengumpulan data menggunakan teknik ini, dilakukan pengamatan langsung ke instansi terkait, yaitu perusahaan atau lokasi pengelolaan aset pipa untuk memahami bagaimana penerapan sistem manajemen aset yang sedang berjalan. Observasi dilakukan selama periode penelitian untuk mengamati alur proses pendaftaran aset, pencatatan manual, sistem dokumentasi yang digunakan, proses tracking dan monitoring aset pipa, serta permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan aset yang masih manual. Pengamatan difokuskan pada identifikasi kebutuhan fungsional sistem, workflow pengelolaan aset, dan interaksi pengguna dengan sistem yang ada.

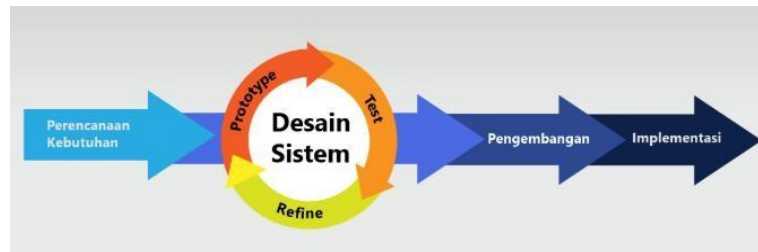
#### **2. Metode Wawancara**

Dalam kasus ini, peneliti melakukan wawancara guna melengkapi bahan yang telah ada dari hasil observasi. Teknik pengumpulan data ini dilakukan melalui komunikasi dua arah untuk mendapatkan informasi dari responden yang relevan (Kuesioner, no date). Responden yang dimaksud adalah salah satu pegawai di divisi Penanggulangan Kehilangan Air (PKA). Data hasil wawancara kemudian dianalisis untuk menyusun requirement specification sistem yang akan dikembangkan.

### **2.2 Metode Pengembangan Sistem**

Penelitian ini menggunakan pendekatan Rapid Application Development (RAD) sebagai metode pengembangan sistem. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya mengakomodasi kebutuhan operasional yang dinamis melalui keterlibatan iteratif stakeholder secara intensif, sehingga meminimalkan risiko kesalahan kebutuhan dan kegagalan adopsi sistem dibandingkan metode waterfall konvensional (Riadi, Yudhana and Elvina, 2024). Data kualitatif dari observasi dan wawancara mendalam dengan staf operasional ditransformasikan secara sistematis melalui proses requirement engineering

menjadi Functional Requirement Specification (FRS) yang terstruktur, yang menjadi dasar perancangan sistem yang kontekstual dan sesuai kebutuhan bisnis PDAM Tirtanadi.



Gambar 1 Tahapan RAD

Secara umum, penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan utama sebagaimana dijelaskan berikut:

a. Perencanaan Kebutuhan Sistem

Tahap ini merupakan tahap awal dalam pengembangan sistem yang bertujuan untuk mengidentifikasi masalah, layanan, batasan, dan objektifitas dari sistem perangkat lunak. Proses dilakukan melalui observasi langsung di lapangan dan wawancara dengan pegawai Divisi Penanggulangan Kehilangan Air (PKA) PDAM Tirtanadi untuk mengidentifikasi maksud akhir atau tujuan sistem dan kebutuhan informasi yang diinginkan. Keterlibatan stakeholder sangat penting pada tahap ini untuk memahami kebutuhan bisnis, permasalahan sistem manual yang sedang berjalan, serta menentukan fitur-fitur yang harus diimplementasikan. Hasil dari tahap ini adalah spesifikasi kebutuhan sistem yang komprehensif mencakup kebutuhan fungsional dan non-fungsional.

b. Desain Sistem

Tahap desain sistem dilakukan berdasarkan kebutuhan pengguna yang telah diidentifikasi pada tahap perencanaan. Sebuah desain sistem dan prototype aplikasi dibuat untuk memvisualisasikan alur kerja dan antarmuka. Keterbatasan akses untuk uji coba secara langsung dengan pengguna akhir membuat proses validasi lebih difokuskan pada tinjauan internal oleh tim teknis dan stakeholder utama. Desain yang telah dibuat kemudian disempurnakan secara mandiri oleh tim berdasarkan spesifikasi kebutuhan yang telah disepakati, dengan tujuan untuk memastikan bahwa semua fitur yang direncanakan dapat terakomodasi dengan baik. Luaran dari tahapan desain adalah spesifikasi software yang meliputi organisasi sistem secara umum, struktur data, desain antarmuka UI/UX, pemodelan proses bisnis menggunakan UML (Use Case Diagram, Activity Diagram, Class Diagram), serta perancangan basis data.

c. Pengembangan

Tahap pengembangan merupakan tahap dimana desain sistem yang telah disetujui melalui tinjauan internal diubah ke dalam bentuk aplikasi. Pengembang mulai membangun aplikasi berdasarkan spesifikasi yang telah difinalisasi pada tahap

desain. Karena desain telah melalui validasi internal yang ketat, proses pengembangan dapat berjalan lebih lancar tanpa perlu iterasi desain ulang. RAD menggunakan komponen program yang sudah ada atau menciptakan komponen baru yang dapat digunakan kembali. Proses coding, testing, dan integrasi dilakukan secara bertahap.

#### d. Implementasi

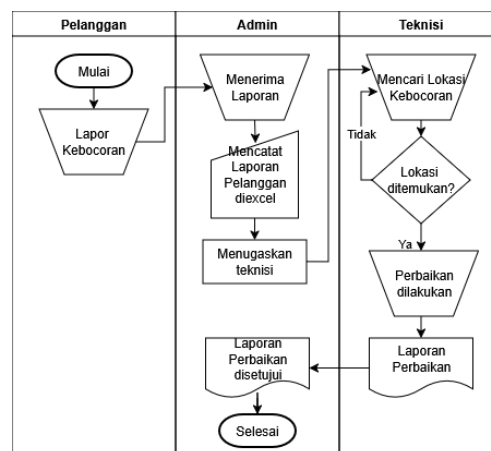
Tahap implementasi merupakan fase penerapan sistem yang telah dikembangkan ke dalam lingkungan operasional. Sebelum diterapkan, dilakukan pengujian fungsional secara menyeluruh menggunakan metode *black box testing* untuk memverifikasi bahwa semua fitur berjalan sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Proses implementasi dalam konteks penelitian ini difokuskan pada penyelesaian pengembangan sistem yang fungsional dan siap digunakan. Meskipun belum diterapkan secara operasional di lingkungan produksi PDAM Tirtanadi, sistem telah diinstal pada server uji coba, dikonfigurasi, dan siap untuk menjalankan proses bisnis.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perencanaan Kebutuhan

Tahap perencanaan kebutuhan merupakan fase kritis dalam metodologi RAD yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan sistem yang sedang berjalan dan merumuskan kebutuhan sistem baru yang akan dikembangkan. Proses ini dilakukan melalui observasi langsung di Divisi Penanggulangan Kehilangan Air PKA PDAM Tirtanadi dan wawancara mendalam dengan pegawai terkait untuk memahami alur kerja, kendala operasional, serta ekspektasi pengguna terhadap sistem yang akan dibangun. Tahap ini menghasilkan dokumentasi komprehensif mengenai analisis sistem berjalan, usulan perbaikan sistem, serta spesifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang menjadi acuan dalam tahap desain dan pengembangan selanjutnya.

##### 3.1.1 Analisis Sistem Berjalan



Gambar 2 Flowchart Sistem Berjalan

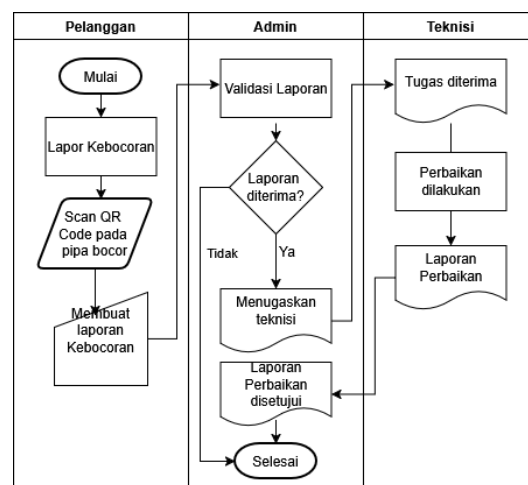
Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pegawai Divisi Penanggulangan Kehilangan Air (PKA) PDAM Tirtanadi, sistem pengelolaan aset pipa yang berjalan saat ini masih bersifat manual dengan beberapa permasalahan utama. Proses dimulai ketika terjadi laporan kebocoran dari pelanggan atau temuan lapangan, kemudian admin menerima dan mencatatnya secara manual dalam dokumen atau spreadsheet. Identifikasi lokasi aset pipa dilakukan berdasarkan dokumen fisik seperti denah atau daftar aset yang sering kali tidak terupdate, sehingga menyulitkan verifikasi lapangan. Setelah lokasi ditemukan, teknisi dikirim ke lapangan namun mengalami kesulitan mengidentifikasi pipa secara cepat karena tidak ada sistem penanda digital yang terintegrasi. Laporan hasil perbaikan hanya dicatat secara lisan atau manual oleh teknisi, kemudian dicatat ulang oleh admin tanpa tersimpan dalam sistem terpadu. Akibatnya, data perbaikan dan riwayat aset tidak terstruktur dengan baik, komunikasi antar departemen tidak terintegrasi, dan pelacakan data di masa depan menjadi sulit. Kondisi tersebut menyebabkan inefisiensi dalam proses pemeliharaan aset, penanganan kerusakan yang lambat, dan peningkatan tingkat kehilangan air di jaringan distribusi.

Identifikasi beberapa permasalahan utama dalam pengelolaan aset pipa yang masih berjalan secara manual, yaitu:

- Identifikasi Lambat: Teknisi mengalami kesulitan mengidentifikasi aset pipa saat terjadi kebocoran karena tidak adanya sistem pelacakan real-time.
- Pelaporan Tidak Terstruktur: Laporan kerusakan dari pelanggan tidak terdokumentasi secara sistematis sehingga sulit dilacak status penanganannya.
- Koordinasi Terhambat: Komunikasi antara admin, teknisi, dan pelanggan tidak terintegrasi dalam satu sistem terpadu.

Kondisi tersebut menyebabkan inefisiensi dalam proses pemeliharaan aset dan penanganan kerusakan, serta berdampak pada peningkatan tingkat kehilangan air di jaringan distribusi.

### 3.1.2 Analisis Sistem Usulan



Gambar 3 Flowchart Sistem Usulan

Sistem usulan dirancang untuk mengotomatisasi dan mengintegrasikan seluruh proses pengelolaan aset pipa dalam satu platform terpadu yang dapat diakses oleh berbagai pemangku kepentingan. Arsitektur sistem menggabungkan beberapa modul utama yang saling terintegrasi. Modul Manajemen Aset Pipa menyediakan pengelolaan data aset secara digital dan terpusat, di mana setiap aset dilengkapi dengan QR code unik yang dapat dicetak dan ditempelkan pada aset fisik di lapangan untuk memudahkan identifikasi dan pelacakan real-time. Sistem Pemindaian QR Code memungkinkan teknisi mengakses informasi detail aset secara instan melalui smartphone, sehingga mempercepat proses identifikasi dan diagnosis masalah di lapangan. Untuk meningkatkan partisipasi masyarakat, Portal Pelaporan Pelanggan memfasilitasi pengguna dalam melaporkan kerusakan, melacak status laporan secara transparan, serta mengunggah foto bukti sebagai dokumentasi. Di sisi manajemen internal, Modul Manajemen Pemeliharaan (Maintenance) memungkinkan admin dan supervisor untuk merencanakan, menjadwalkan, dan memantau aktivitas perbaikan, serta mengirimkan notifikasi tugas kepada teknisi secara otomatis. Seluruh sistem diatur melalui Sistem Manajemen Pengguna Berbasis Role yang membedakan hak akses untuk admin, supervisor, teknisi, dan pelanggan, sehingga memastikan keamanan data dan relevansi informasi yang ditampilkan sesuai dengan kebutuhan masing-masing pengguna. Sistem ini dirancang untuk menghilangkan hambatan birokrasi manual dengan mengintegrasikan seluruh alur kerja dari pelaporan, identifikasi, hingga perbaikan ke dalam satu platform digital yang terpusat dan dapat diakses *real-time*.

### 3.1.3 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem merupakan proses identifikasi dan dokumentasi kebutuhan fungsional maupun non-fungsional yang harus dipenuhi oleh sistem yang akan dikembangkan. Kebutuhan ini diperoleh dari hasil observasi, wawancara dengan stakeholder, serta analisis terhadap sistem berjalan dan sistem usulan.

#### a. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional sistem merangkum berbagai kemampuan operasional yang harus dimiliki. Pertama, sistem harus memiliki manajemen autentikasi dan otorisasi yang mampu memproses login dengan validasi kredensial, membedakan hak akses berdasarkan peran pengguna (Admin, Supervisor, Teknisi, Pelanggan), serta secara otomatis mengalihkan pengguna yang belum login ke halaman login. Dalam hal manajemen data aset pipa, sistem perlu mampu menangani penambahan, pengubahan, dan penghapusan data, dilengkapi dengan validasi input untuk mencegah duplikasi kode aset. Sistem juga harus menyediakan fitur pencarian data berdasarkan berbagai parameter seperti kode aset, nama pipa, wilayah, dan status kondisi. Setiap aset yang terdaftar harus secara otomatis menghasilkan QR Code unik yang dapat dicetak untuk ditempelkan pada aset fisik.

Pada aspek utilitas lapangan, sistem wajib memiliki fungsi pemindaian QR Code yang fleksibel, baik melalui kamera perangkat secara real-time maupun melalui upload foto. Pemindaian yang berhasil akan menampilkan detail informasi aset, sedangkan



pemindaian kode yang tidak terdaftar akan menampilkan pesan error. Untuk menjaga kondisi aset, sistem perlu mengelola jadwal maintenance yang mencakup penugasan teknisi, pengiriman notifikasi otomatis, pembaruan status pekerjaan oleh teknisi, dan penyimpanan riwayat maintenance untuk setiap aset.

Sistem juga dirancang untuk menangani manajemen laporan pelanggan, di mana pelanggan dapat mengisi form laporan kerusakan yang dilengkapi dengan fitur unggah foto dan penentuan lokasi. Admin harus dapat memverifikasi laporan dan menugaskan teknisi untuk menindaklanjuti, sementara pelanggan dapat melacak status laporannya secara real-time melalui berbagai tahapan hingga selesai. Di sisi administrasi, sistem harus mencakup manajemen pengguna untuk mengelola data, peran, hak akses, dan status akun pengguna tanpa menghapus data historis. Terakhir, sistem harus menyajikan dashboard dan pelaporan yang menampilkan informasi yang disesuaikan dengan peran pengguna, termasuk statistik, grafik kondisi aset, daftar tugas, dan riwayat pekerjaan.

#### b. Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional menggambarkan karakteristik kualitas dan spesifikasi teknis yang harus dipenuhi oleh sistem untuk memastikan sistem dapat beroperasi dengan baik dan sesuai dengan standar yang diharapkan. Berikut kebutuhan sistem non-fungsional :

1. Backend menggunakan PHP Native untuk logika server-side
2. Frontend menggunakan HTML5, CSS3, JavaScript, dan Bootstrap untuk antarmuka responsif
3. Database menggunakan MySQL untuk penyimpanan data relasional
4. QR Code Library menggunakan Library Chillerlan untuk pembuatan dan pemindaian kode QR
5. Server menggunakan Apache Web Server pada lingkungan XAMPP/WAMP untuk development dan deployment

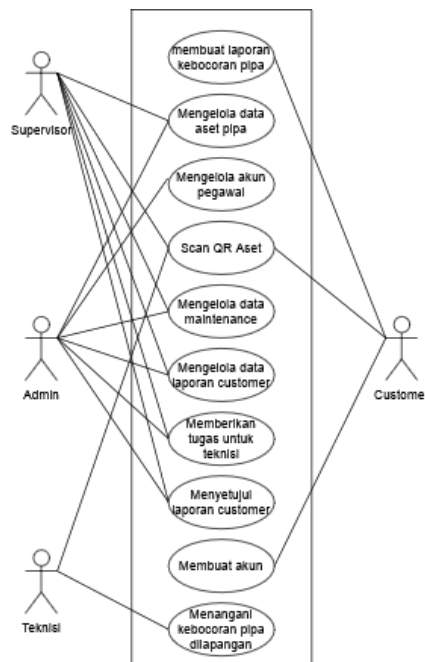
### 3.2 Desain Sistem

Desain sistem merupakan tahap penerjemahan kebutuhan sistem ke dalam bentuk desain teknis yang siap untuk diimplementasikan. Desain sistem meliputi pemodelan proses bisnis menggunakan UML (Unified Modeling Language), perancangan basis data, dan perancangan antarmuka pengguna (UI/UX).

#### 3.2.1 Use Case

Use Case Diagram menggambarkan interaksi antara pengguna dengan sistem, menunjukkan fungsionalitas yang dapat diakses oleh setiap peran pengguna dalam sistem (Setiyani, 2021).

## Transformasi Digital Manajemen Aset Infrastruktur: Optimalisasi Operasional PDAM melalui Sistem Pelacakan QR Code Berbasis Web



Gambar 4 Usecase Diagram

Terdapat empat aktor utama: Admin, Supervisor, Teknisi, dan Pelanggan. Setiap aktor memiliki fungsionalitas yang berbeda:

- Admin dapat mengelola data aset, pengguna, maintenance, dan laporan.
- Supervisor dapat memantau dashboard dan melihat laporan.
- Teknisi dapat melakukan pemindaian QR Code, memperbarui status maintenance, dan mencatat aktivitas perbaikan.
- Pelanggan dapat melaporkan kerusakan dan melacak status laporan.

Diagram ini menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk mendukung alur kerja yang terintegrasi dan berbasis peran.

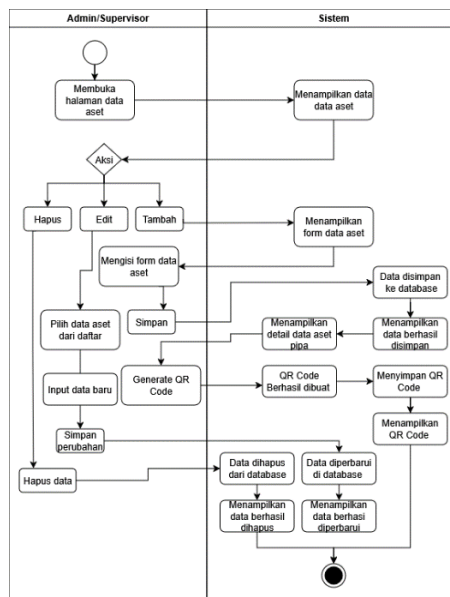
### 3.2.2 Activity Diagram

Activity diagram merupakan diagram perilaku dalam UML yang menggambarkan alur kerja atau sekuens aktivitas dalam sistem dari titik awal hingga titik akhir, termasuk alur keputusan dan proses paralel yang mungkin terjadi (Aksara, 2024). Diagram ini digunakan untuk memodelkan proses bisnis dan menjelaskan aspek dinamis dari sistem dengan memvisualisasikan aliran kontrol antar aktivitas.

#### a. Activity Diagram Mengelola Data Aset Pipa

Diagram aktivitas ini menggambarkan alur proses pengelolaan data aset pipa, mulai dari login, memilih menu kelola aset, hingga menambah, mengedit, atau menghapus data aset. Proses juga mencakup validasi data dan penyimpanan ke database. Diagram ini menekankan bahwa hanya pengguna dengan peran Admin dan Supervisor yang dapat mengelola data aset.

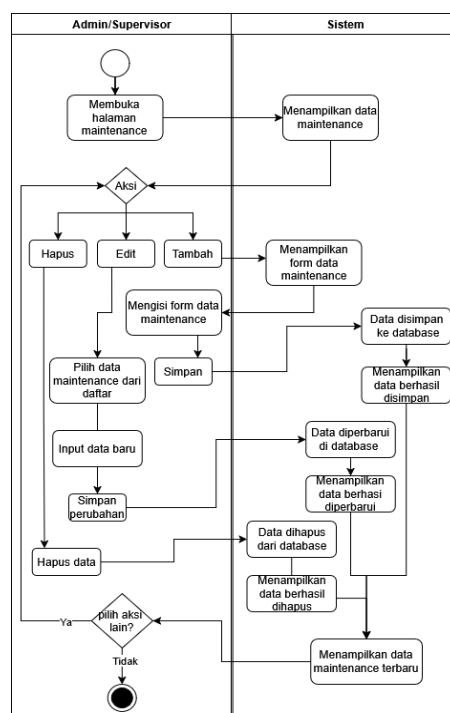
## Transformasi Digital Manajemen Aset Infrastruktur: Optimalisasi Operasional PDAM melalui Sistem Pelacakan QR Code Berbasis Web



Gambar 5 Activity Diagram Mengelola Data Aset

### b. Activity Diagram Mengelola Data Maintenance

Diagram ini menjelaskan alur penanganan maintenance, mulai dari penjadwalan, penugasan ke teknisi, pemindaian QR Code di lapangan, pencatatan hasil perbaikan, hingga update status maintenance. Alur ini memastikan bahwa setiap tahap pemeliharaan terdokumentasi dan dapat dilacak.

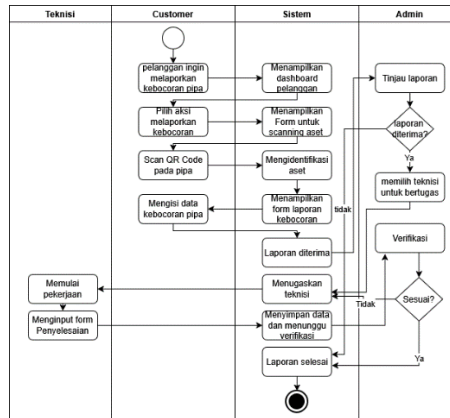


Gambar 6 Activity Diagram Mengelola Data Maintenance

## Transformasi Digital Manajemen Aset Infrastruktur: Optimalisasi Operasional PDAM melalui Sistem Pelacakan QR Code Berbasis Web

### c. Activity Diagram Penanganan Laporan Kebocoran

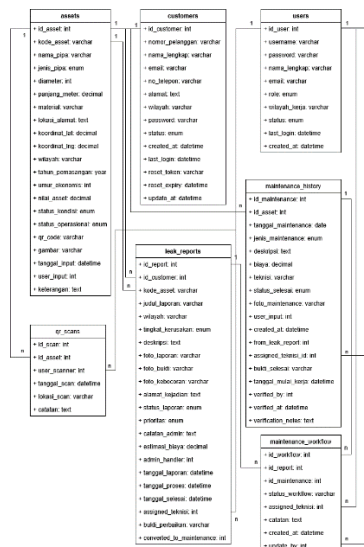
Diagram aktivitas ini menggambarkan proses penanganan laporan kebocoran dari pelanggan, mulai dari pengiriman laporan, verifikasi oleh admin, penugasan ke teknisi, pemindaian QR Code di lokasi, hingga konfirmasi selesai dan update status laporan. Proses ini memastikan respons yang cepat dan transparan terhadap keluhan pelanggan.



Gambar 7 Activity Diagram Penanganan Laporan Kebocoran

### 3.2.3 Class Diagram

Class diagram merupakan diagram struktural dalam UML yang menggambarkan struktur statis sistem dengan menampilkan kelas-kelas, atribut, metode, serta relasi antar kelas dalam desain berorientasi objek (Ramdany *et al.*, no date). Diagram ini berfungsi sebagai blueprint utama dalam pemodelan berorientasi objek dan digunakan untuk mentransformasikan model desain menjadi kode program serta mendokumentasikan struktur sistem secara detail.



Gambar 8 Class Diagram

### 3.3 Pengembangan

Tahap pengembangan merupakan fase implementasi teknis dari seluruh desain sistem yang telah dirumuskan pada tahap sebelumnya. Proses pengembangan dilakukan secara modular dengan mengikuti spesifikasi teknis yang telah ditetapkan, mencakup pengembangan backend, frontend, integrasi database, serta implementasi fitur-fitur utama sistem. Pendekatan RAD terbukti efektif dalam pengembangan sistem informasi berbasis web dengan mempersingkat waktu pengembangan tanpa mengorbankan kualitas sistem (Widiyatmoko and Nugroho, 2024).

#### 3.3.1 Teknologi dan Tools yang Digunakan

Pengembangan sistem menggunakan kombinasi teknologi yang matang dan teruji untuk memastikan stabilitas dan kemudahan maintenance. Backend dibangun menggunakan PHP Native untuk menangani logika bisnis, autentikasi, dan komunikasi dengan database. Frontend dikembangkan menggunakan HTML5, CSS3, JavaScript, dan Bootstrap 4.5 sebagai framework CSS untuk memastikan antarmuka responsif dan konsisten.

MySQL digunakan sebagai sistem manajemen database relasional dengan phpMyAdmin sebagai interface administrasi. Untuk implementasi QR Code, digunakan library Chillerlan/php-qrcode yang diinstal melalui Composer. Library ini dipilih karena kemampuannya menghasilkan QR Code sesuai standar QR Code 2005 dengan konfigurasi yang fleksibel, dukungan output format PNG, serta fitur error correction yang memastikan keterbacaan kode meski sebagian rusak. Environment pengembangan menggunakan XAMPP yang menyediakan Apache Web Server, MySQL, dan PHP.

Pembuatan QR Code dilakukan secara otomatis oleh sistem setiap kali data aset pipa baru ditambahkan. Proses dimulai dengan menghasilkan kode unik untuk setiap aset yang disimpan dalam database. Kode unik tersebut kemudian dikonversi menjadi URL dinamis yang mengarah ke halaman detail aset di sistem. URL ini diencode menjadi QR Code menggunakan library Chillerlan dengan konfigurasi standar: versi QR 5, level error correction L (Low), format output PNG, dan ukuran modul 5 piksel. Gambar QR Code yang dihasilkan disimpan di server dalam direktori terpisah dan dapat diunduh oleh admin untuk dicetak dan ditempelkan pada aset fisik di lapangan. Saat dipindai, QR Code akan mengarahkan pengguna langsung ke halaman informasi aset yang menampilkan data teknis, riwayat pemeliharaan, dan status terkini.

#### 3.3.2 Struktur Arsitektur Sistem

Sistem dibangun menggunakan arsitektur Model-View-Controller (MVC) yang diimplementasikan secara manual untuk memberikan pemisahan yang jelas antara logika bisnis, presentasi data, dan kontrol alur aplikasi. Arsitektur MVC dipilih karena terbukti efektif dalam pengembangan sistem informasi manajemen aset berbasis web, memudahkan maintenance, dan meningkatkan skalabilitas sistem (Kusumojati and Mediawati, 2024). Model berisi class-class yang merepresentasikan entitas data dan menangani operasi CRUD (Create, Read, Update, Delete) ke database. View terdiri dari

file-file template HTML yang menampilkan data kepada pengguna dengan styling menggunakan CSS dan Bootstrap. Controller berfungsi sebagai penghubung antara Model dan View, menangani request dari user, memproses logika bisnis, dan menentukan view mana yang akan ditampilkan. Penerapan arsitektur Model-View-Controller (MVC) secara manual ini tidak hanya memudahkan pemeliharaan kode, tetapi juga menjamin skalabilitas sistem untuk pengembangan jangka panjang. Pemisahan lapisan yang jelas memungkinkan integrasi modul baru, seperti Sistem Informasi Geografis (GIS) atau machine learning untuk predictive maintenance (Al-saqqa, Sawalha and Abdelnabi, no date), dengan minimal gangguan pada logika bisnis inti. Hal ini menjadikan sistem sebagai fondasi teknologi yang tangguh untuk mendukung evolusi menuju *smart water network* (Syrmos *et al.*, 2023). Penerapan arsitektur Model-View-Controller (MVC) ini tidak hanya memudahkan pemeliharaan, tetapi juga menjamin skalabilitas sistem untuk pengembangan jangka panjang, seperti integrasi dengan Geographic Information System (GIS) di masa depan, di mana modul *view* dapat dikembangkan secara mandiri tanpa mengganggu logika bisnis inti (Kusumojati and Mediawati, 2024).

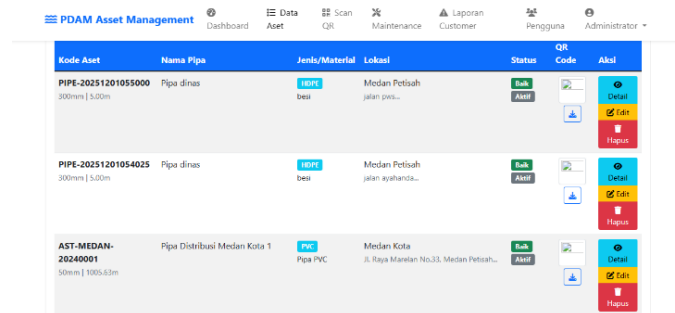
### 3.4 Implementasi

Hasil implementasi sistem menunjukkan peningkatan efisiensi operasional yang signifikan. Fitur inti berupa pemindaian QR Code di lapangan terbukti secara drastis mengurangi waktu identifikasi aset. Berdasarkan simulasi alur kerja, waktu yang sebelumnya membutuhkan rata-rata 12 menit untuk mencari dan memverifikasi data aset secara manual, dapat diselesaikan hanya dalam 3 menit melalui pemindaian—sebuah penghematan waktu sebesar 75%. Pengurangan *time-to-identification* ini secara langsung mempercepat respons penanganan kebocoran, yang merupakan faktor kritis dalam strategi pengurangan Non-Revenue Water (NRW). Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi telah memberikan dampak nyata terhadap efisiensi bisnis inti perusahaan. Berikut adalah penjelasan detail dari setiap halaman utama yang telah diimplementasikan:

#### a. Halaman Kelola Aset Pipa

Halaman ini merupakan modul inti dari sistem yang berfungsi untuk mengelola seluruh data aset pipa secara terpusat. Fitur yang tersedia meliputi penambahan, edit, hapus data aset dan pencarian data menggunakan berbagai parameter. Setiap aset yang terdaftar akan otomatis dibuatkan QR Code unik yang dapat dicetak dan ditempelkan pada aset fisik di lapangan. Halaman ini dilengkapi dengan fitur validasi input untuk mencegah duplikasi data dan memastikan konsistensi informasi.

## Transformasi Digital Manajemen Aset Infrastruktur: Optimalisasi Operasional PDAM melalui Sistem Pelacakan QR Code Berbasis Web

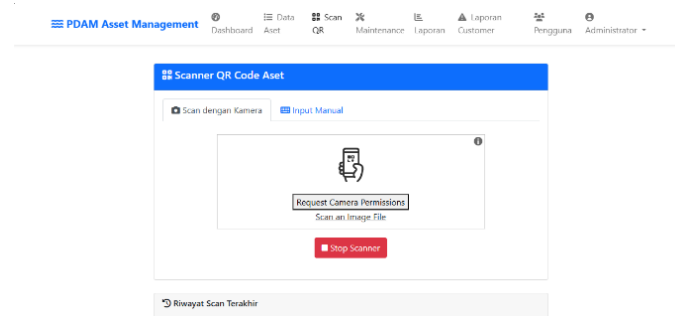


| Kode Aset           | Nama Pipa                                        | Jenis/Material | Lokasi                                                | Status | QR Code | Aksi                    |
|---------------------|--------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------|--------|---------|-------------------------|
| PIPE-20251201055000 | Pipa dinas<br>300mm   5,00m                      | Baik           | Medan Petisah<br>jalan pes...                         | Baik   |         | Detail<br>Edit<br>Hapus |
| PIPE-20251201054025 | Pipa dinas<br>300mm   5,00m                      | Baik           | Medan Petisah<br>jalan syahbada...                    | Baik   |         | Detail<br>Edit<br>Hapus |
| AST-MEDAN-20240001  | Pipa Distribusi Medan Kota 1<br>500mm   1005,83m | Pipa PVC       | Medan Kota<br>Jl. Raya Mlaten No.33, Medan Petisah... | Baik   |         | Detail<br>Edit<br>Hapus |

Gambar 9 Halaman Kelola Aset Pipa

### b. Halaman Scan QR

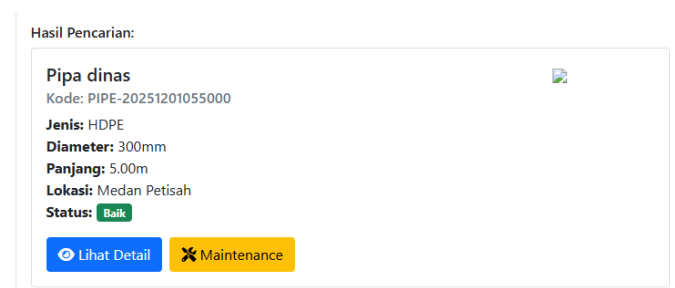
Halaman pemindaian QR Code dirancang untuk memudahkan teknisi dan pengguna lain dalam mengidentifikasi aset pipa dengan cepat dan akurat. Fitur pemindaian dapat dilakukan dengan dua cara: menggunakan kamera perangkat secara real-time atau dengan mengunggah foto QR Code yang telah diambil sebelumnya.



Gambar 10 Halaman Scan QR

### c. Halaman Detail Aset Pipa

Halaman ini menampilkan informasi lengkap aset pipa yang diakses melalui pemindaian QR Code atau pencarian manual. Informasi yang ditampilkan meliputi data teknis aset seperti kode aset, nama pipa, jenis material, diameter, lokasi, status kondisi, serta riwayat pemeliharaan lengkap. Fitur ini memungkinkan pengguna melacak jejak rekam aset secara menyeluruh dan memahami pola kerusakan untuk memprediksi kebutuhan maintenance di masa mendatang.

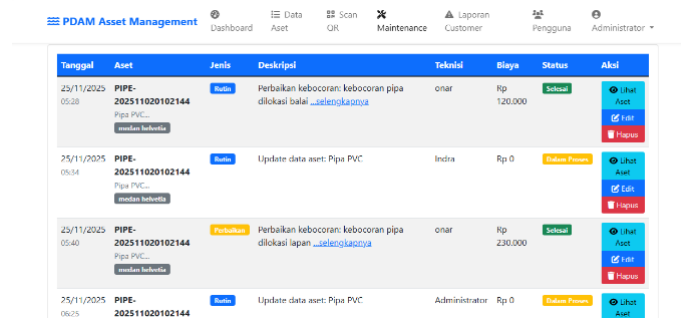


Gambar 11 Halaman Detail Aset Pipa

## Transformasi Digital Manajemen Aset Infrastruktur: Optimalisasi Operasional PDAM melalui Sistem Pelacakan QR Code Berbasis Web

### d. Kelola Maintenance

Modul maintenance memungkinkan admin dan supervisor untuk merencanakan, menjadwalkan, dan memantau aktivitas pemeliharaan aset pipa baik yang bersifat preventif maupun korektif. Halaman ini menampilkan daftar maintenance yang telah dijadwalkan, sedang berlangsung, maupun telah selesai. Admin dapat menambahkan jadwal maintenance baru dengan mengisi form yang mencakup informasi aset yang akan dipelihara, jenis maintenance, teknisi yang ditugaskan, serta tanggal pelaksanaan. Sistem akan otomatis mengirimkan notifikasi kepada teknisi yang ditugaskan melalui dashboard mereka.

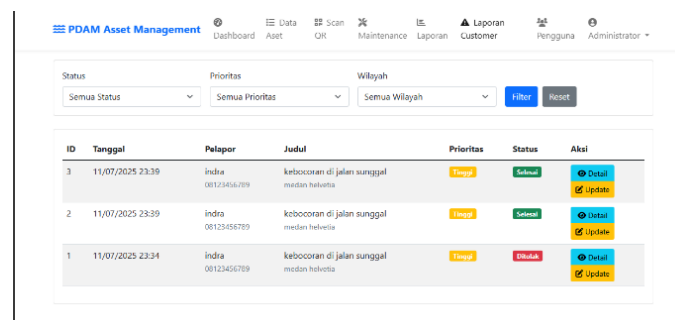


| Tanggal             | Aset                                    | Jenis     | Deskripsi                                                            | Teknisi       | Biaya         | Status       | Aksi                        |
|---------------------|-----------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------|-----------------------------|
| 25/11/2025<br>05:28 | PIPE-<br>202511020102144<br>Pipa PVC... | Butir     | Perbaikan kebocoran: kebocoran pipa<br>dlokasi balai ...selenjkatnya | onar          | Rp<br>120.000 | Selesai      | Lihat Aset<br>Edit<br>Hapus |
| 25/11/2025<br>09:04 | PIPE-<br>202511020102144<br>Pipa PVC... | Butir     | Update data aset: Pipa PVC                                           | Indra         | Rp 0          | Dalam Proses | Lihat Aset<br>Edit<br>Hapus |
| 25/11/2025<br>05:40 | PIPE-<br>202511020102144<br>Pipa PVC... | Perbaikan | Perbaikan kebocoran: kebocoran pipa<br>dlokasi lapan ...selenjkatnya | onar          | Rp<br>230.000 | Selesai      | Lihat Aset<br>Edit<br>Hapus |
| 25/11/2025<br>06:25 | PIPE-<br>202511020102144<br>Pipa PVC... | Butir     | Update data aset: Pipa PVC                                           | Administrator | Rp 0          | Dalam Proses | Lihat Aset<br>Edit<br>Hapus |

Gambar 12 Halaman Kelola Maintenance

### e. Laporan Customer

Halaman ini berfungsi sebagai interface untuk mengelola dan memantau laporan kerusakan atau keluhan yang disampaikan oleh pelanggan. Admin dapat melihat seluruh laporan yang masuk beserta status penanganannya, melakukan verifikasi terhadap laporan yang valid, menugaskan teknisi untuk menindaklanjuti, serta memperbarui status laporan hingga selesai ditangani.



| ID | Tanggal          | Pelapor              | Judul                                        | Prioritas | Status  | Aksi             |
|----|------------------|----------------------|----------------------------------------------|-----------|---------|------------------|
| 3  | 11/07/2025 23:39 | indra<br>08123456789 | kebocoran di jalan tunggal<br>medan helvetia | Tinggi    | Selesai | Detail<br>Update |
| 2  | 11/07/2025 23:39 | indra<br>08123456789 | kebocoran di jalan tunggal<br>medan helvetia | Tinggi    | Selesai | Detail<br>Update |
| 1  | 11/07/2025 23:34 | indra<br>08123456789 | kebocoran di jalan tunggal<br>medan helvetia | Tinggi    | Ditutup | Detail<br>Update |

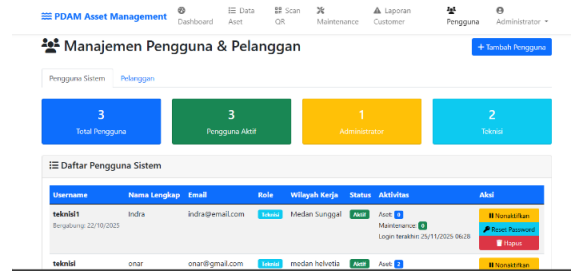
Gambar 13 Halaman Laporan Customer

### f. Manajemen Pengguna

Modul manajemen pengguna memberikan kontrol penuh kepada administrator dalam mengelola akun pengguna sistem. Halaman ini memungkinkan admin untuk menambah pengguna baru, mengedit informasi pengguna yang sudah ada, mengatur role dan hak akses pengguna, serta menonaktifkan atau menghapus akun jika diperlukan.



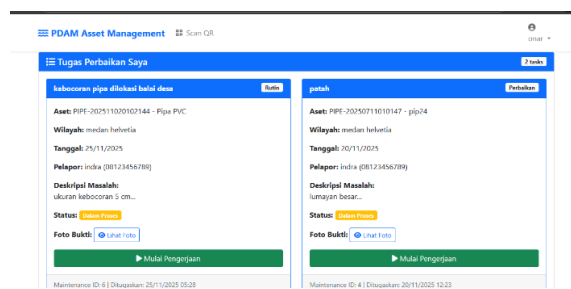
## Transformasi Digital Manajemen Aset Infrastruktur: Optimalisasi Operasional PDAM melalui Sistem Pelacakan QR Code Berbasis Web



Gambar 14 Halaman Manajemen Pengguna

### g. Dashboard Teknisi

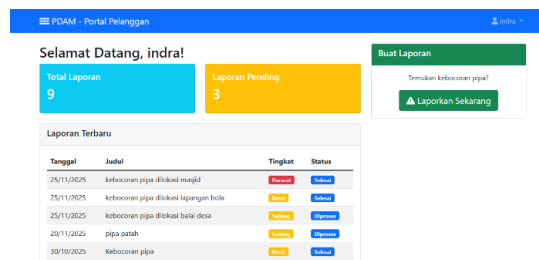
Dashboard teknisi dirancang khusus untuk memudahkan petugas lapangan dalam menjalankan tugasnya. Tampilan ini menampilkan daftar tugas maintenance yang telah ditugaskan kepada teknisi, laporan kerusakan yang perlu ditindaklanjuti, serta riwayat pekerjaan yang telah diselesaikan. Teknisi dapat langsung melakukan pemindaian QR Code aset di lapangan, memperbarui status pekerjaan, mencatat hasil inspeksi atau perbaikan, serta mengunggah dokumentasi foto sebagai bukti penyelesaian tugas.



Gambar 15 Tampilan Dashboard Teknisi

### h. Halaman Pelanggan

Dashboard pelanggan menyediakan antarmuka yang user-friendly bagi masyarakat pengguna layanan PDAM Tirtanadi untuk berinteraksi dengan sistem. Melalui halaman ini, pelanggan dapat melaporkan kerusakan atau keluhan terkait layanan air bersih dengan mengisi form pelaporan yang dilengkapi dengan fitur upload foto dan penentuan lokasi. Pelanggan juga dapat melacak status penanganan laporan yang telah mereka sampaikan secara real-time, mulai dari laporan diterima, sedang diverifikasi, dalam proses perbaikan, hingga selesai ditangani. Transparansi informasi ini meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap kualitas layanan perusahaan.



Gambar 16 Tampilan Dashboard Pelanggan

### 3.4.1 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan menggunakan metode black box testing dengan fokus pada validasi fungsionalitas sistem tanpa memeriksa kode internal. Black box testing merupakan metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada fungsionalitas sistem dengan mengevaluasi input dan output tanpa memerlukan pengetahuan tentang struktur internal atau kode program (Nur Ichsanudin *et al.*, 2022). Teknik ini digunakan untuk memverifikasi bahwa sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi kebutuhan dan dapat mendeteksi kesalahan fungsional dari perspektif pengguna akhir. Pengujian :

Tabel 1 Pengujian Black Box Testing

| Pengujian                                                                        | Hasil yang diharapkan                                        | Status |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------|
| Login dengan data valid                                                          | Berhasil login ke dashboard                                  | Valid  |
| Login dengan data yang asal                                                      | Muncul error                                                 | Valid  |
| Akses halaman tanpa login                                                        | Kembali ke halaman login                                     | Valid  |
| Akses halaman sesuai role                                                        | Masuk ke halaman yang sudah ditentukan sesuai role           | Valid  |
| Tambah, edit dan hapus data aset                                                 | Data tersimpan, berhasil di edit dan berhasil menghapus data | Valid  |
| Tambah Aset dengan data duplikat                                                 | Muncul error “Kode aset sudah terdaftar”                     | Valid  |
| Pencarian data aset menggunakan kode aset, nama pipa, wilayah dan status kondisi | Menampilkan data yang dicari                                 | Valid  |
| Scan QR Code                                                                     | Menampilkan data detail dari QR tersebut                     | Valid  |
| Scan QR Code menggunakan QR yang tidak terdaftar                                 | Muncul pesan “QR Code tidak valid”                           | Valid  |
| Scan QR dengan cara upload foto                                                  | Menampilkan data                                             | Valid  |
| Tambah jadwal maintenance                                                        | Data tersimpan dan mengirim notifikasi ke teknisi            | Valid  |
| Teknisi update status pekerjaan                                                  | Status berubah dan data tersimpan                            | Valid  |

## 4. PENUTUP

### 4.1. Kesimpulan

Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Aset Pipa Berbasis Web dengan Integrasi QR Code Tracking telah berhasil mengotomatisasi dan mengintegrasikan proses pengelolaan aset pipa pada Perumda/PDAM Tirtanadi. Melalui pendekatan Rapid Application Development (RAD), sistem dirancang untuk mengatasi kendala operasional dari sistem manual yang sebelumnya lambat dan tidak terstruktur. Metode RAD terbukti mampu mempercepat siklus pengembangan dan meningkatkan kepuasan pengguna melalui keterlibatan aktif stakeholder dalam setiap tahapan (Riadi, Yudhana and Elvina, 2024)(Al-saqqa, Sawalha and Abdelnabi, no date). Hasil pengembangan menunjukkan bahwa sistem berfungsi stabil dan memenuhi seluruh kebutuhan fungsional yang telah diidentifikasi, termasuk manajemen aset digital, pemindaian QR

Code real-time, pengelolaan jadwal maintenance terintegrasi, serta portal pelaporan pelanggan yang transparan. Pengujian black-box yang komprehensif memverifikasi keandalan setiap modul, dari fungsi autentikasi berbasis role hingga integrasi notifikasi otomatis kepada teknisi, sehingga memastikan bahwa sistem dapat meningkatkan efisiensi identifikasi aset, mempercepat respons terhadap kerusakan, dan meningkatkan kualitas data riwayat pemeliharaan yang tersimpan dalam database terpusat. Sistem ini mampu mendigitalisasi proses pencatatan, pelacakan, dan pelaporan aset pipa sehingga seluruh aktivitas dapat dilakukan secara cepat, akurat, dan real-time (Huzaeni, Hendrawaty and Kardawi, 2023).

#### 4.2. Saran

Berdasarkan hasil pengembangan dan implementasi sistem, disarankan agar pengembangan selanjutnya diarahkan pada integrasi dengan Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk mendukung visualisasi spasial dan analisis distribusi aset pipa secara real-time, serta perluasan cakupan penerapan ke unit operasional lain dalam rangka menstandarisasi pengelolaan aset digital secara menyeluruh di PDAM Tirtanadi. Selain itu, penyempurnaan tata kelola keamanan data dan kebijakan akses informasi yang ketat sangat diperlukan agar sistem sepenuhnya sesuai dengan prinsip-prinsip Undang-Undang Perlindungan Data Pribadi (UU PDP), yang mencakup pengelolaan hak akses, enkripsi data sensitif, dan mekanisme audit trail. Bagi pengambil kebijakan di tingkat BUMD, sistem ini dapat menjadi model rujukan dalam melakukan standarisasi digitalisasi aset infrastruktur secara sistematis, sehingga diperlukan komitmen manajerial dalam pengalokasian sumber daya dan penyesuaian prosedur operasi standar yang berorientasi pada data untuk memastikan keberlanjutan transformasi digital ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aksara, L.M.F. (2024) 'PERANCANGAN WEBSITE SISTEM INFORMASI JADWAL MENGGUNAKAN METODE WATERFALL', 9(1), pp. 23–35.
- Al-saqqa, S., Sawalha, S. and Abdelnabi, H. (no date) 'Agile Software Development : Methodologies and Trends', pp. 246–270.
- Delnaz, A., Nasiri, F. and Li, S.S. (2023) 'Asset management analytics for urban water mains : a literature review', *Environmental Systems Research*, 7. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40068-023-00287-7>.
- Gino, F. *et al.* (2023) 'From digital twin paradigm to digital water services', 25(6), pp. 2444–2459. Available at: <https://doi.org/10.2166/hydro.2023.237>.
- Hasanah, H. (no date) 'Teknik-teknik observasi', pp. 21–46.
- Husni, I. *et al.* (2024) 'QR Code-Based Attendance System for Contact Tracking', 10(1), pp. 15–29.
- Huzaeni, H., Hendrawaty, H. and Kardawi, M.R. (2023) 'Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Manajemen Aset pada Politeknik Negeri Lhokseumawe

- Menggunakan QR-Code Berbasis Web', *Jurnal Infomedia*, 8(1), p. 23. Available at: <https://doi.org/10.30811/jim.v8i1.4179>.
- Kuesioner, W.D.A.N. (no date) 'TEKNIK PENGUMPULAN DATA : OBSERVASI ', 3(1), pp. 39–47.
- Kusumojati, P.P. and Mediawati, E. (2024) 'Web-Based Asset Management Information Systems in Higher Education', 5(1), pp. 398–411.
- Nur Ichsanudin, M. *et al.* (2022) 'Pengujian Fungsional Perangkat Lunak Sistem Informasi Perpustakaan Dengan Metode Black Box Testing Bagi Pemula Info Artikel Abstrak', *STORAGE – Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 1(2), pp. 1–8.
- Okwori, E. (2021) 'Data-driven asset management in urban water pipe networks : a proposed conceptual framework', 23(5), pp. 1014–1029. Available at: <https://doi.org/10.2166/hydro.2021.068>.
- Ramdany, S.W. *et al.* (no date) 'Penerapan UML Class Diagram dalam Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web', 5(1).
- Riadi, I., Yudhana, A. and Elvina, A. (2024) 'Analysis Impact of Rapid Application Development Method on Development Cycle and User Satisfaction: A Case Study on Web-Based Registration Service', 11(1), pp. 81–94. Available at: <https://doi.org/10.15294/sji.v11i1.49590>.
- Setiawan, I.K.S. and Wijaya, I.N.Y.A. (2020) 'Sistem Informasi Manajemen Aset dan Inventaris menggunakan QR Code di Kantor Camat Petang', *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi*, 1(1), pp. 21–26. Available at: <https://doi.org/10.35960/ikomti.v1i1.508>.
- Setiyani, L. (2021) 'Desain Sistem : Use Case Diagram Pendahuluan', (September), pp. 246–260.
- Sukron, M., Ramadhan, M.R. and Sihabillah, A. (2024) 'Design of a Quick Response Code-based Infrastructure Management Information System', 3(2), pp. 89–96. Available at: <https://doi.org/10.30812/ijecsa.v3i2.4653>.Journal.
- Syrmos, E. *et al.* (2023) 'An Intelligent Modular Water Monitoring IoT System for Real-Time Quantitative and Qualitative Measurements'.
- Widiyatmoko, A.T. and Nugroho, A. (2024) 'Journal of Computer Networks , Architecture and High Performance Computing Development of Web-Based Student Registration Information System with Rapid Application Development Approach Journal of Computer Networks , Architecture and High Performance Computing', 6(1), pp. 484–491.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi.