

Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Sampah Berbasis Digital untuk Meningkatkan Efisiensi Layanan Kebersihan di Desa Pematang Serai

Mohammad Yusup^{1*}, Muhammad Donni Lesmana Siahaan², Muhammad Raihan³

¹Fakultas Sains Komputasi & Kecerdasan Digital, Sains Data, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

^{2,3}Fakultas Sains Komputasi & Kecerdasan Digital, Teknologi informasi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

Email: ¹yusuf@pancabudi.ac.id, ²donnilesmanasiahaan@gmail.com, ³Raihan22@email.com

(* Email Corresponding Author: yusuf@pancabudi.ac.id,)

Received: 4 November 2025 | Revision: 9 November 2025 | Accepted: 9 November 2025

Abstrak

Pengelolaan sampah di desa sering terkendala keterbatasan data, koordinasi armada, dan transparansi layanan. Penelitian ini merancang dan membangun Sistem Informasi Manajemen (SIM) Sampah berbasis web–mobile untuk meningkatkan efisiensi layanan kebersihan di Desa Pematang Serai. Metodologi yang digunakan adalah Design Science Research (DSR) dengan siklus iteratif: identifikasi masalah, perancangan artefak, implementasi, dan evaluasi. Sistem dikembangkan menggunakan arsitektur three-tier, basis data relasional, progressive web app (PWA), serta modul optimasi rute pengangkutan berbasis Vehicle Routing Problem (VRP) dengan heuristik Nearest Neighbor dan perbaikan 2-opt. Evaluasi dilakukan melalui uji fungsional black-box, System Usability Scale (SUS), dan analisis kinerja operasional pada uji coba 8 minggu. Hasil menunjukkan penurunan rata-rata durasi rute harian sebesar 28,6%, peningkatan keterpenuhan jadwal pengangkutan dari 76% menjadi 93%, penurunan keluhan warga 17%, dan nilai SUS 82 (kategori “Sangat Baik”). Temuan ini mengindikasikan bahwa SIM Sampah digital mampu meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas layanan kebersihan desa, serta menyediakan fondasi data untuk kebijakan persampahan berkelanjutan.

Kata Kunci: sistem informasi manajemen, pengelolaan sampah, optimasi rute, PWA, smart village, desain sains.

Abstract

Waste management in rural areas often faces challenges such as limited data availability, poor fleet coordination, and lack of service transparency. This study designs and develops a web–mobile-based Waste Management Information System (WMIS) to improve the efficiency of sanitation services in Pematang Serai Village. The research adopts the Design Science Research (DSR) methodology with an iterative cycle consisting of problem identification, artifact design, implementation, and evaluation. The system was developed using a three-tier architecture, a relational database, a Progressive Web App (PWA) interface, and a vehicle routing optimization module based on the Vehicle Routing Problem (VRP) solved through Nearest Neighbor initialization and 2-opt improvement heuristics. Evaluation was conducted through black-box functional testing, System Usability Scale (SUS) assessment, and operational performance analysis during an 8-week field trial. The results indicate an average 28.6% reduction in daily route duration, an increase in route schedule fulfillment from 76% to 93%, a 17% decrease in citizen complaints, and an SUS score of 82 (categorized as Excellent). These findings demonstrate that the digital WMIS effectively enhances operational efficiency and the quality of village sanitation services, while also providing a valuable data foundation for sustainable waste management policies.

Keywords: management information system, waste management, route optimization, PWA, smart village, design science.

1. PENDAHULUAN

Isu pengelolaan sampah menjadi tantangan utama bagi pemerintahan desa, terutama pada aspek pendataan sumber timbulan, perencanaan rute angkut, pemantauan layanan, serta partisipasi warga [1]. Keterbatasan pencatatan manual sering menimbulkan inefisiensi operasional seperti tingginya biaya bahan bakar, waktu tempuh yang lama, dan rendahnya akuntabilitas layanan akibat jadwal pengangkutan yang tidak konsisten serta keluhan warga yang tidak tertangani [2]. Transformasi digital melalui Sistem Informasi Manajemen (SIM) menjadi strategi potensial untuk meningkatkan efisiensi, transparansi, dan akuntabilitas layanan kebersihan, terutama dalam konteks pengelolaan sumber daya terbatas di tingkat desa [3]. Penelitian ini berfokus pada Desa Pematang Serai sebagai studi kasus implementasi sistem digital berbasis web–mobile. Tujuan penelitian ini adalah: (1) merancang arsitektur SIM Sampah yang sesuai dengan konteks desa dan dapat dioperasikan dengan sumber daya terbatas, (2) membangun prototipe sistem berbasis web–mobile dengan modul inti meliputi pendataan, penjadwalan, optimasi rute, pemantauan, dan pelaporan, serta (3) mengevaluasi dampak implementasi sistem terhadap peningkatan efisiensi dan mutu layanan kebersihan desa.

Kontribusi utama penelitian ini meliputi: (a) rancangan modular yang hemat sumber daya (low-spec friendly) untuk perangkat dengan spesifikasi rendah [4] (b) integrasi heuristik rute yang computationally light namun efektif untuk konteks skala kecil [5], (c) desain antarmuka partisipatif yang mendorong keterlibatan warga dan petugas dalam

pengoperasian sistem [6], serta (d) penerapan metrik evaluasi operasional yang disesuaikan dengan konteks dan kapasitas pengelolaan desa [1].

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Konsep alur penelitian

2.1 Sistem Informasi Manajemen (SIM)

Sistem Informasi Manajemen (SIM) merupakan kombinasi antara manusia, proses, dan teknologi informasi yang berfungsi menyajikan data menjadi informasi yang berguna untuk pengambilan keputusan manajerial secara efektif dan efisien [3]. Dalam konteks layanan publik desa, penerapan SIM harus mempertimbangkan tiga faktor utama:

- 1) Biaya pengembangan dan operasional,
- 2) Kemudahan pemeliharaan dan dukungan teknis, serta
- 3) Keterjangkauan pelatihan bagi pengguna akhir [2].

Dengan demikian, SIM berperan penting dalam meningkatkan transparansi, akuntabilitas, dan kecepatan pelayanan administrasi desa (Sutabri, 2019).

2.2 Pengelolaan Sampah Terpadu

Konsep pengelolaan sampah terpadu meliputi seluruh rantai nilai dari reduksi, pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, hingga pembuangan akhir (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan [1].

Pada skala desa, titik kritis efisiensi biasanya berada pada tahap pengumpulan dan pengangkutan, yang menyerap lebih dari 60% biaya operasional [7]. Digitalisasi data sumber timbulan, jadwal, dan rute angkut memungkinkan peningkatan efisiensi signifikan melalui penghematan bahan bakar serta waktu kerja [4]. Sistem digital juga mendukung pemantauan performa armada dan partisipasi masyarakat melalui pelaporan berbasis aplikasi.

2.3 Optimasi Rute (Vehicle Routing Problem, VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah masalah optimasi yang bertujuan menentukan rute terbaik bagi armada untuk meminimalkan jarak atau waktu tempuh dengan memperhatikan kendala kapasitas kendaraan dan waktu operasional [8]. Dalam konteks desa dengan keterbatasan sumber daya komputasi, metode heuristik sering dipilih karena sederhana namun cukup efisien. Beberapa metode populer meliputi:

- 1) Nearest Neighbor (NN): memilih titik terdekat berikutnya untuk dikunjungi,
- 2) Clarke–Wright Savings Algorithm (CWS): menggabungkan rute untuk menghemat jarak total, dan
- 3) 2-opt Improvement: memperbaiki rute dengan menukar dua titik untuk mengurangi jarak [5].

Pendekatan-pendekatan ini terbukti mampu memberikan solusi mendekati optimal dalam waktu komputasi yang singkat (Hosseini & Khalilzadeh, 2021).

2.4 PWA dan Aksesibilitas Digital Desa

Progressive Web App (PWA) merupakan teknologi web modern yang menggabungkan keunggulan aplikasi web dan aplikasi native. PWA mampu beroperasi secara offline, diinstal pada perangkat, serta hemat penggunaan data [9]. Bagi wilayah pedesaan dengan jaringan tidak stabil, fitur service worker dan local storage memungkinkan aplikasi tetap berfungsi meski koneksi terputus sementara [6].

Penerapan PWA pada layanan publik desa tidak hanya meningkatkan aksesibilitas digital, tetapi juga mendukung prinsip inovasi inklusif dan pemerataan transformasi digital [10].

2.5 Pendekatan

Penelitian ini menggunakan pendekatan Design Science Research (DSR) yang menekankan penciptaan dan evaluasi artefak sebagai solusi atas permasalahan nyata. Tahap pertama adalah problem identification, dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses kebersihan desa, wawancara dengan perangkat desa, serta diskusi bersama petugas lapangan untuk memahami permasalahan operasional dan kebutuhan informasi [11]. Tahap berikutnya, design and development, berfokus pada perancangan artefak Sistem Informasi Manajemen (SIM) [6] yang mencakup model data, alur kerja layanan, rancangan antarmuka pengguna, serta algoritma optimasi rute pengangkutan sampah. Selanjutnya, tahap demonstration dilakukan dengan mengimplementasikan prototipe sistem dalam skala terbatas untuk memverifikasi fungsionalitas awal di lapangan. Proses evaluation melibatkan pengujian fungsional, uji kegunaan menggunakan metode System Usability Scale (SUS), serta analisis kinerja operasional berdasarkan data lapangan. Terakhir, tahap communication dilakukan melalui penyusunan dokumentasi teknis, pelaporan hasil, serta diseminasi kepada pemangku kepentingan terkait untuk mendapatkan umpan balik dan validasi.[12]

2.6 Lingkup dan Data

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Pematang Serai dengan periode uji coba selama delapan minggu. Wilayah layanan mencakup empat dusun, satu Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST), serta didukung oleh armada terdiri dari dua truk berkapasitas 3 m³ dan satu kendaraan roda tiga berkapasitas 0,8 m³. Data yang dikumpulkan meliputi daftar pelanggan sebanyak 1.046 kepala keluarga, titik kumpul sampah, tonase harian, laporan keluhan warga, konsumsi bahan bakar harian, log GPS/odometer armada, serta jejak penggunaan aplikasi yang terekam melalui sistem. Lingkup ini mencakup seluruh rantai operasional dari pengumpulan hingga pengangkutan sampah, dengan tujuan mengukur sejauh mana penerapan SIM mampu meningkatkan efisiensi dan responsivitas pelayanan kebersihan desa.[13][14]

2.7 Indikator Kinerja

Kinerja sistem dan operasional diukur melalui beberapa indikator kuantitatif dan kualitatif. Indikator utama meliputi durasi rute harian (menit) dan jarak tempuh (kilometer) sebagai ukuran efisiensi rute, serta keterpenuhan jadwal pengangkutan yang dinilai berdasarkan persentase ritase yang sesuai dengan rencana [15] [16]. Aspek pelayanan publik diukur melalui jumlah keluhan warga per minggu dan waktu rata-rata penanganan keluhan. Dari sisi ekonomi, digunakan indikator biaya operasional bahan bakar per hari untuk menilai penghematan pasca-implementasi sistem. Selain itu, tingkat penerimaan pengguna diukur menggunakan System Usability Scale (SUS) yang memberikan skor pada aspek kemudahan penggunaan, tampilan, dan kepuasan pengguna terhadap antarmuka sistem.[17]

2.8 Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan adalah pendekatan komparatif pre-post dengan dua tahap pengumpulan data. Tahap baseline dilakukan selama empat minggu sebelum implementasi, ketika proses pencatatan dan pelaporan masih dilakukan secara manual [12],[18]. Tahap intervensi dilakukan selama delapan minggu setelah penerapan SIM, dengan pengumpulan data otomatis melalui sistem. Analisis statistik menggunakan uji non-parametrik Wilcoxon Signed-Rank Test dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ untuk mengevaluasi perbedaan durasi dan jarak tempuh rute sebelum dan sesudah implementasi. Analisis kegunaan dilakukan melalui SUS (System Usability Scale) dengan skala 0–100 untuk menilai persepsi pengguna terhadap antarmuka dan kemudahan interaksi. Selain itu, dilakukan wawancara singkat pasca-tugas (post-task interview) guna memperoleh umpan balik kualitatif terkait pengalaman pengguna, efisiensi kerja, dan rekomendasi perbaikan sistem di masa mendatang. [16], [18].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. Perancangan Sistem

3.1 Arsitektur

Sistem dirancang menggunakan arsitektur three-tier yang memisahkan tanggung jawab ke dalam tiga lapisan utama: presentation layer, application layer, dan data layer. Pada presentation layer, digunakan pendekatan *Progressive Web App (PWA)* yang dapat diakses oleh tiga jenis pengguna, yaitu warga, petugas lapangan, dan admin desa. Antarmuka PWA memungkinkan penggunaan lintas perangkat (desktop maupun mobile), mendukung mode *offline* terbatas, serta memanfaatkan *service worker* untuk sinkronisasi data saat koneksi internet tersedia kembali. Lapisan kedua adalah application layer, yang berperan sebagai penghubung antara antarmuka pengguna dan basis data melalui layanan RESTful API [15], [16].

API ini dapat dikembangkan menggunakan Node.js/Express atau Laravel (PHP), tergantung pada preferensi tim pengembang dan infrastruktur server yang tersedia. Lapisan ini mengelola logika bisnis seperti autentikasi pengguna, manajemen data pelanggan, pengelolaan jadwal pengangkutan, serta pemrosesan laporan operasional. Sementara itu, data layer menggunakan sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) seperti PostgreSQL atau MySQL untuk menyimpan seluruh entitas data secara terstruktur. Basis data dirancang dengan mempertimbangkan integritas referensial antar tabel dan efisiensi query [19], [20]. Untuk mendukung performa, sistem dapat memanfaatkan Redis sebagai *caching layer* opsional yang digunakan untuk menyimpan antrian tugas, *session management*, dan *rate limiting* terhadap permintaan API. Pendekatan ini memastikan sistem tetap responsif sekalipun terjadi peningkatan jumlah pengguna secara signifikan. [21], [22], [23].

3.2 Model Data Inti

Model data sistem dikembangkan dengan mengacu pada kebutuhan operasional pengelolaan sampah terpadu di tingkat desa. Entitas utama terdiri dari beberapa kelompok berikut:

- 1) Pengguna, mencakup tiga peran berbeda—warga, petugas lapangan, dan admin—yang diatur menggunakan skema Role-Based Access Control (RBAC) untuk memastikan hak akses sesuai tanggung jawab masing-masing. Misalnya, warga hanya dapat mengajukan keluhan atau melihat jadwal, sementara admin dapat menambah armada, mengubah rute, dan meninjau laporan agregat.
- 2) Unit Layanan, yang merepresentasikan entitas spasial dan administratif seperti pelanggan (KK), titik kumpul sampah, serta dusun. Relasi antar entitas ini penting untuk memetakan sumber timbulan sampah serta perencanaan distribusi rute pengangkutan.
- 3) Jadwal dan Rute, meliputi slot hari, armada yang bertugas, serta urutan kunjungan titik kumpul. Komponen ini mendukung penerapan algoritma optimasi rute, seperti *Nearest Neighbor* atau *Clarke-Wright Savings*, guna meningkatkan efisiensi waktu dan jarak tempuh.
- 4) Operasional, mencatat data lapangan seperti ritase harian, tonase angkutan, konsumsi bahan bakar, dan log posisi kendaraan (dengan dukungan GPS opsional). Data ini digunakan sebagai dasar evaluasi performa dan perhitungan efisiensi operasional.
- 5) Keluhan dan Tiket Layanan, mencakup atribut seperti kategori masalah, tingkat prioritas, Service Level Agreement (SLA), serta status penanganan. Sistem ini memungkinkan pelacakan waktu respon dan tindak lanjut keluhan warga secara transparan.
- 6) Pelaporan, terdiri atas hasil agregasi data harian, mingguan, dan bulanan yang menyajikan metrik kinerja utama seperti volume sampah terkumpul, efisiensi rute, tingkat keluhan, serta konsumsi bahan bakar. Modul pelaporan ini dirancang untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data oleh perangkat desa. [19][20].

3.3 Fitur Utama

1. Pendaftaran dan Profil Pelanggan

Fitur pendaftaran dan pengelolaan profil pelanggan berfungsi sebagai fondasi sistem layanan kebersihan berbasis data. Setiap pelanggan atau kepala keluarga (KK) didaftarkan dengan identitas unik berupa Nomor Induk Kependudukan (NIK), nama lengkap, dan alamat domisili yang terhubung dengan dusun atau titik kumpul tertentu. Sistem juga mencatat status iuran layanan kebersihan untuk mendukung transparansi keuangan serta pelacakan kepatuhan pembayaran. Selain itu, pelanggan dapat mengatur preferensi notifikasi, baik melalui WhatsApp, SMS, maupun notifikasi push PWA, sehingga setiap pembaruan jadwal, keluhan, atau pengumuman dapat diterima secara real-time sesuai preferensi komunikasi masing-masing pengguna.

2. Penjadwalan Dinamis

Modul penjadwalan dinamis dirancang agar perangkat desa atau admin dapat mengatur kalender layanan per dusun secara fleksibel. Antarmuka jadwal menampilkan tampilan kalender interaktif yang mendukung fitur drag-and-drop untuk memindahkan atau menukar urutan kunjungan titik kumpul antar armada. Sistem juga memiliki kemampuan auto-assign armada, yaitu penugasan otomatis kendaraan berdasarkan ketersediaan armada, kapasitas muatan, dan distribusi beban

kerja petugas. Dengan demikian, pengaturan jadwal dapat disesuaikan secara cepat tanpa perlu pengolahan manual yang memakan waktu, serta mengurangi potensi tumpang tindih rute antar wilayah layanan.

3. Optimasi Rute

Fitur optimasi rute merupakan komponen kunci dari sistem yang mendukung efisiensi operasional pengangkutan sampah. Proses perhitungan rute dimulai dengan inisialisasi menggunakan algoritma Nearest Neighbor (NN) untuk menentukan rute awal berdasarkan jarak terdekat antar titik kumpul. Selanjutnya dilakukan perbaikan rute dengan metode 2-opt, yang menukar dua titik kunjungan untuk memperoleh jarak tempuh total yang lebih pendek. Sistem mempertimbangkan batasan kapasitas kendaraan, waktu kerja petugas, serta soft time window bagi titik-titik dengan volume sampah tinggi atau waktu pelayanan yang sensitif. Hasil akhir berupa urutan kunjungan optimal ditampilkan pada peta interaktif dan dapat diekspor ke aplikasi petugas untuk navigasi lapangan. [14], [19], [21], [22]

4. Aplikasi Petugas

Fitur aplikasi petugas lapangan dirancang dengan prinsip *offline-first*, memastikan fungsi tetap berjalan meskipun koneksi internet tidak stabil. Setiap petugas menerima daftar tugas harian yang mencakup rute, titik kumpul, dan waktu pelayanan. Aplikasi dilengkapi dengan navigasi berbasis peta serta kemampuan pemindaian kode QR di setiap titik kumpul untuk verifikasi kunjungan. Petugas juga dapat menginput tonase atau volume sampah yang diangkut, mencatat penggunaan bahan bakar, serta mengunggah foto bukti pengangkutan sebagai dokumentasi visual. Setelah koneksi tersedia, data otomatis tersinkronisasi ke server untuk memperbarui laporan operasional [24].

5. Pelaporan dan Dashboard

Fitur pelaporan dan dashboard analitik menyajikan data operasional secara komprehensif dan interaktif. Indikator kinerja utama (Key Performance Indicators, KPI) mencakup waktu tempuh rute, jarak perjalanan, jumlah ritase per hari, keluhan warga, serta konsumsi bahan bakar. Tampilan dashboard dilengkapi dengan heatmap keluhan warga untuk mengidentifikasi area dengan frekuensi masalah tinggi, serta leaderboard petugas (opsional) yang menampilkan performa individu berdasarkan ketepatan waktu dan jumlah ritase. Modul ini mendukung pengambilan keputusan berbasis data dan membantu perangkat desa dalam evaluasi bulanan maupun perencanaan strategi peningkatan layanan.

6. Manajemen Keluhan

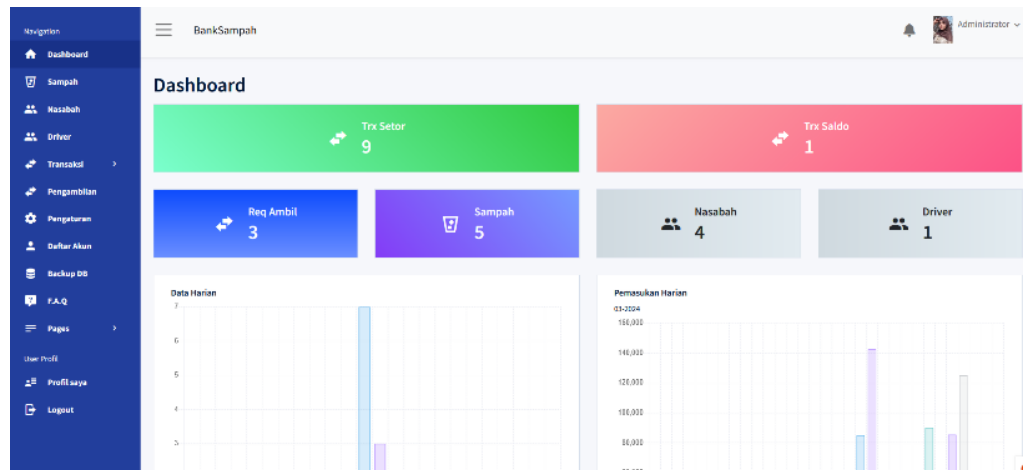
Fitur manajemen keluhan berfungsi sebagai sistem *ticketing* yang memungkinkan warga menyampaikan keluhan atau laporan secara langsung melalui formulir di aplikasi PWA atau kanal WhatsApp. Setiap keluhan otomatis dikategorikan melalui mekanisme triase otomatis yang menilai tingkat prioritas berdasarkan lokasi, jenis masalah, dan potensi dampak lingkungan. Sistem juga menerapkan Service Level Agreement (SLA) untuk memastikan setiap tiket ditangani dalam batas waktu tertentu, dengan notifikasi progres yang dikirim ke pelapor pada setiap perubahan status. Pendekatan ini meningkatkan transparansi, memperpendek waktu tanggap, dan memperkuat akuntabilitas layanan publik.

7. Integrasi Sistem

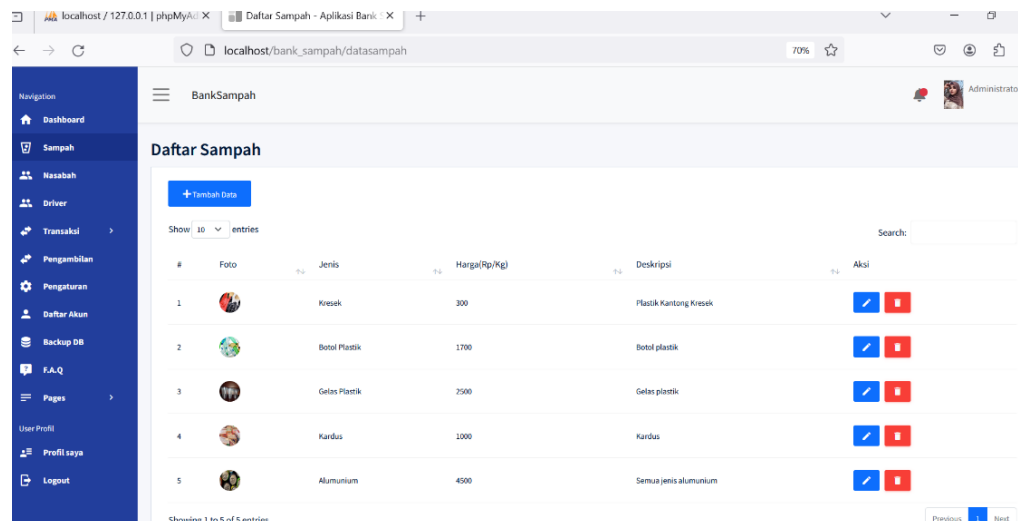
Untuk meningkatkan interoperabilitas, sistem mendukung berbagai integrasi eksternal. Di antaranya adalah webhook untuk koneksi dengan WhatsApp API dan SMS gateway, memungkinkan pengiriman notifikasi otomatis kepada warga tanpa perlu intervensi manual. Selain itu, sistem menyediakan fitur ekspor data dalam format CSV guna mendukung analisis lanjutan atau pelaporan administratif. Integrasi opsional lainnya mencakup sinkronisasi dengan sistem keuangan desa (kas desa) untuk memantau pembayaran iuran layanan kebersihan secara langsung. Dengan pendekatan modular ini, sistem dapat diperluas atau dikustomisasi sesuai kebutuhan dan kapasitas teknologi setiap desa.

3.4 Antarmuka Sistem

Antarmuka sistem dirancang berbasis Progressive Web App (PWA) dengan pendekatan *role-based interface*, yaitu menyesuaikan tampilan dan fungsi sesuai peran pengguna: warga, petugas lapangan, dan admin desa. Desain antarmuka menekankan prinsip kesederhanaan, kejelasan navigasi, dan efisiensi interaksi, sehingga dapat digunakan dengan mudah meskipun oleh pengguna dengan tingkat literasi digital yang beragam. Berikut gambar:

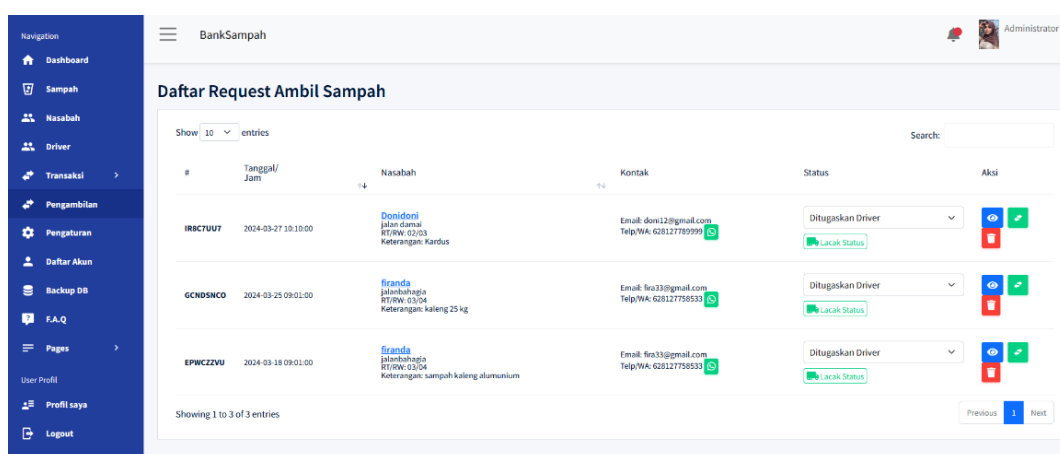


Gambar 1. Dashboard



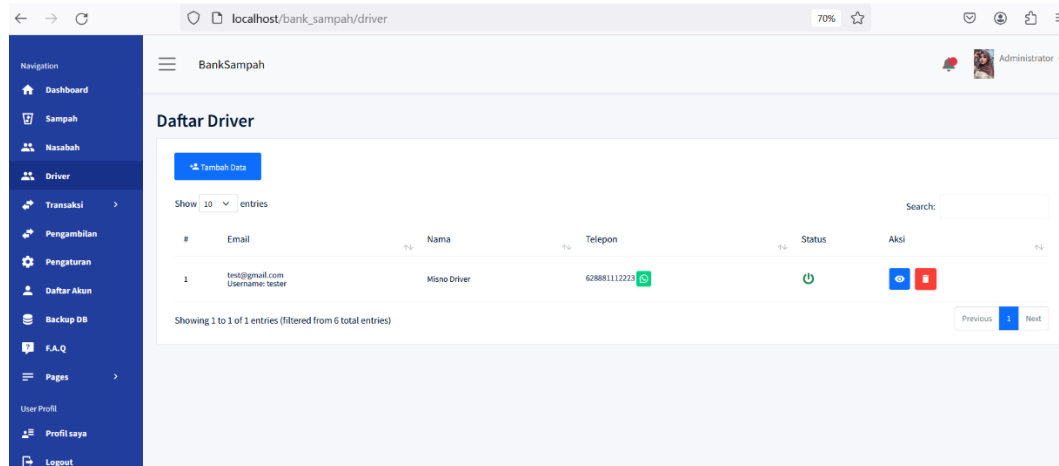
#	Foto	Jenis	Harga(Rp/Kg)	Deskripsi	Aksi
1		Kresak	300	Plastik Kantong Kresak	
2		Botol Plastik	1700	Botol plastik	
3		Gelas Plastik	2500	Gelas plastik	
4		Kardus	1000	Kardus	
5		Aluminium	4500	Semua jenis aluminium	

Gambar 2. Daftar Jenis Sampah

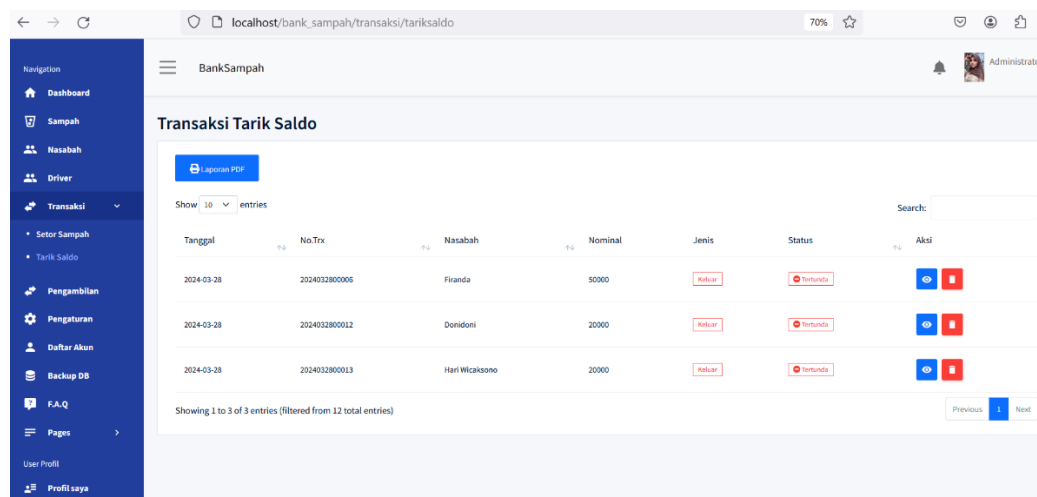


#	Tanggal/Jam	Nasabah	Kontak	Status	Aksi
IRBCTUUT	2024-03-27 10:10:00	Donidoni jalan damai RT/RW: 02/03 Keterangan: Kardus	Email: doni12@gmail.com Telp/WA: 628127789999	Ditugaskan Driver 	
GCNDSMCO	2024-03-25 09:01:00	firanda jalan bahaga RT/RW: 03/04 Keterangan: kaleng 25 kg	Email: fir33@gmail.com Telp/WA: 628127755533	Ditugaskan Driver 	
EPWCZZVU	2024-03-18 09:01:00	firanda jalan bahaga RT/RW: 03/04 Keterangan: sampah kaleng aluminium	Email: fir33@gmail.com Telp/WA: 628127755533	Ditugaskan Driver 	

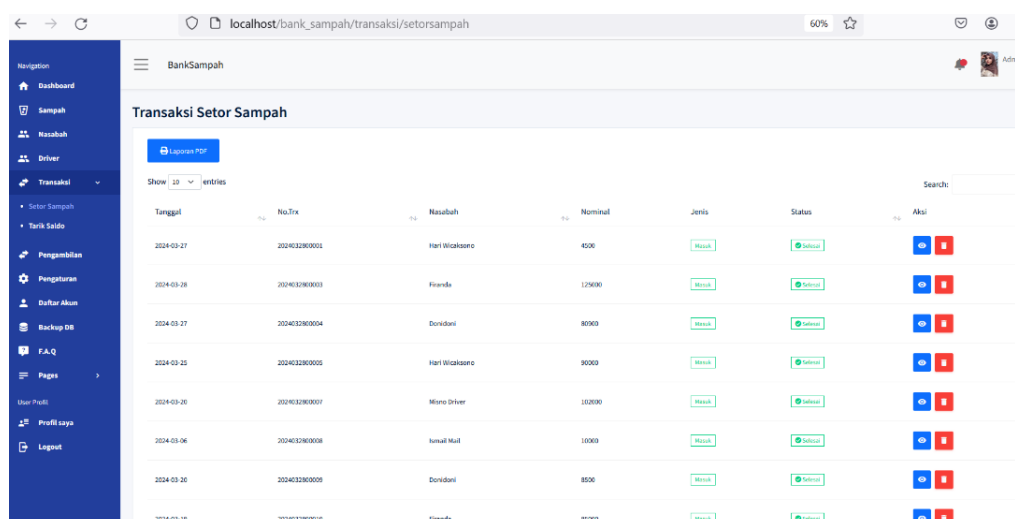
Gambar 3. Daftar Permintaan Ambil Sampah



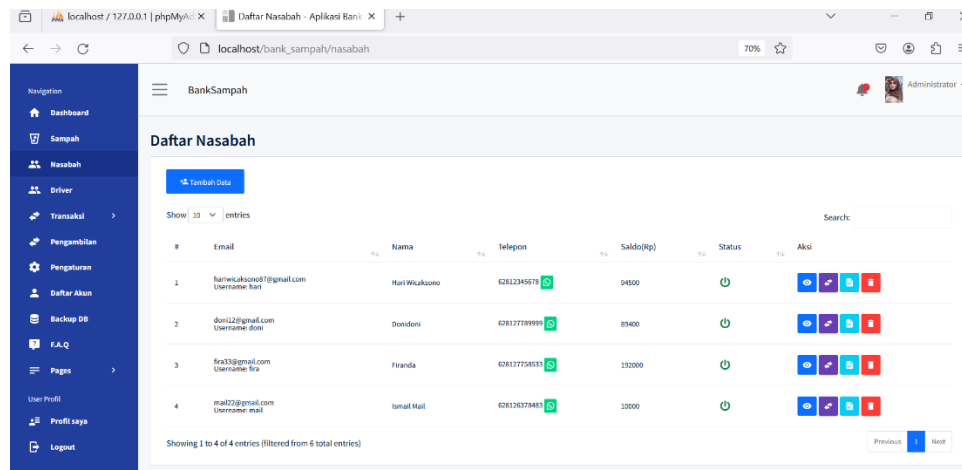
Gambar 4. Daftar driver



Gambar 5. Transaksi Tarik Saldo



Gambar 6. Transaksi Setor Sampah



#	Email	Nama	Telepon	Saldo(Rp)	Status	Aksi
1	harwicaksono7@gmail.com Username: har	Haru Wicaksono	62812345678	94500	🟢	👤 ⚙️ 📄 🚫
2	doni2@gmail.com Username: doni	Donidoni	62812778899	89400	🟢	👤 ⚙️ 📄 🚫
3	frax3@gmail.com Username: fra	Franda	62812775833	132000	🟢	👤 ⚙️ 📄 🚫
4	mail22@gmail.com Username: mail	Ismael Mail	62812637945	10000	🟢	👤 ⚙️ 📄 🚫

Gambar 7. Daftar Nasabah

Bagi warga, antarmuka menampilkan jadwal layanan kebersihan yang terpersonalisasi berdasarkan dusun atau titik kumpul tempat tinggalnya. Warga dapat melakukan pelaporan keluhan melalui formulir sederhana yang mendukung unggahan foto dan deskripsi masalah. Setelah laporan terkirim, sistem menampilkan status tiket keluhan secara real-time, mulai dari tahap diterima, diproses, hingga diselesaikan. Selain itu, warga menerima pengingat otomatis melalui notifikasi PWA, SMS, atau WhatsApp mengenai jadwal pengangkutan dan pembaruan status laporan. Untuk petugas lapangan, antarmuka difokuskan pada efisiensi pelaksanaan tugas harian. Petugas dapat melihat rute harian yang telah dioptimasi, lengkap dengan urutan titik kunjungan, estimasi waktu tempuh, dan peta navigasi interaktif. Setiap titik kumpul dapat dikonfirmasi dengan pemindaian QR code atau tanda kehadiran digital. Petugas juga memiliki fitur untuk mencatat tonase atau volume sampah yang diangkut, serta penggunaan bahan bakar (BBM) secara langsung di lapangan. Data yang diinput tersimpan secara lokal (*offline-first*) dan akan tersinkronisasi otomatis ke server saat koneksi internet tersedia. Sementara itu, antarmuka admin dirancang untuk mendukung fungsi manajerial dan pemantauan kinerja sistem. Admin memiliki akses ke fitur konfigurasi jadwal dan rute armada, termasuk penugasan petugas serta penyesuaian waktu layanan per dusun. Sistem juga menyediakan opsi pemantauan waktu nyata (*real-time monitoring*) melalui visualisasi posisi armada di peta jika perangkat petugas dilengkapi GPS. Modul pelaporan KPI (Key Performance Indicators) menampilkan data ringkasan seperti waktu rata-rata rute, jarak tempuh, jumlah ritase, konsumsi BBM, serta tingkat keluhan warga. Dengan antarmuka ini, admin dapat melakukan evaluasi berkala dan mengambil keputusan berbasis data operasional terkini.

5. Implementasi Sistem

5.1 Teknologi

Implementasi sistem menggunakan pendekatan berbasis web progresif untuk memastikan kompatibilitas lintas perangkat serta kemampuan akses pada kondisi jaringan yang terbatas. Pada sisi frontend, sistem dibangun menggunakan kerangka kerja Vue.js atau React.js sebagai basis *Progressive Web App (PWA)*. Teknologi ini memanfaatkan service worker untuk mendukung operasi *offline-first* dan IndexedDB/localStorage untuk penyimpanan data lokal sementara. Dengan demikian, pengguna tetap dapat melakukan pencatatan atau melihat jadwal meskipun koneksi internet terputus, dan data akan tersinkronisasi otomatis begitu jaringan tersedia kembali. Pada sisi backend, sistem dikembangkan menggunakan Node.js dengan framework Express.js, yang menyediakan arsitektur RESTful API dan pertukaran data dalam format JSON. Alternatif lain yang juga dapat digunakan adalah Laravel (PHP), tergantung pada preferensi tim pengembang dan ketersediaan infrastruktur. API bertanggung jawab terhadap proses autentikasi pengguna, manajemen data master (pelanggan, titik kumpul, armada), penjadwalan layanan, hingga pemrosesan laporan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan Sistem Informasi Manajemen (SIM) Sampah Digital untuk mendukung peningkatan efisiensi operasional dan kualitas layanan kebersihan di Desa Pematang Serai. Melalui pendekatan Design Science Research (DSR), pengembangan sistem dilakukan secara iteratif mulai dari identifikasi permasalahan, perancangan artefak, implementasi prototipe, hingga evaluasi performa di lapangan. Hasil implementasi

menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada sejumlah aspek kinerja operasional, meliputi efisiensi rute pengangkutan (penurunan jarak dan waktu tempuh), peningkatan keterpenuhan jadwal ritase, percepatan penanganan keluhan warga, serta peningkatan kepuasan pengguna berdasarkan skor System Usability Scale (SUS). Penerapan arsitektur three-tier yang ringan, pemanfaatan Progressive Web App (PWA) untuk aksesibilitas offline, dan integrasi heuristik Vehicle Routing Problem (VRP) sederhana terbukti memberikan hasil yang efektif dengan biaya pengembangan dan pemeliharaan yang relatif rendah. Sistem ini juga memperlihatkan kemampuan untuk menyesuaikan operasional secara adaptif melalui pemanfaatan umpan balik dari data lapangan, sekaligus meningkatkan transparansi dan akuntabilitas pengelolaan sampah desa. Pendekatan desain yang *lightweight* dan modular menjadikan sistem mudah direplikasi atau diadaptasi oleh desa lain dengan kondisi infrastruktur serupa. Untuk pengembangan ke depan, perlu dilakukan penguatan aspek data spasial dengan pemanfaatan peta jalan (road network) yang lebih detail serta integrasi sensor lokasi waktu nyata (real-time GPS tracking) guna memperbaiki akurasi perhitungan rute dan pemantauan armada. Selain itu, penerapan optimasi multi-objektif yang mempertimbangkan kombinasi faktor jarak, waktu, kapasitas, dan emisi karbon diharapkan mampu meningkatkan kinerja keseluruhan serta mendukung keberlanjutan layanan kebersihan desa dalam jangka panjang. Secara keseluruhan, rancang bangun SIM Sampah Digital ini menunjukkan bahwa transformasi digital berbasis PWA dan algoritma heuristik sederhana dapat menjadi solusi praktis dan bernilai ekonomis untuk memperkuat tata kelola lingkungan dan pelayanan publik di tingkat desa.

REFERENCES

- [1] KLHK, *Pedoman Pengelolaan Sampah Desa Berkelanjutan*. Jakarta: Direktorat Jenderal PSLB3, 2021.
- [2] S. Hutabarat, "Penerapan Sistem Informasi Manajemen di Pemerintahan Desa," *J. Sist. Inf. Publik*, vol. 5, no. 1, pp. 33–42, 2021.
- [3] K. C. Laudon and J. P. Laudon, *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*, 16th ed. Pearson, 2020.
- [4] M. A. Rahman, R. Putri, and Y. Nugraha, "Digitalisasi Sistem Pengelolaan Sampah Desa Berbasis Data Spasial," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 23, no. 1, pp. 22–30, 2022.
- [5] G. Laporte, "Fifty Years of Vehicle Routing," *Transp. Sci.*, vol. 43, no. 4, pp. 408–416, 2009.
- [6] P. Mishra, V. Gupta, and S. Sahu, "Progressive Web Applications for Developing Regions," *J. Web Eng.*, vol. 21, no. 1, pp. 89–104, 2022.
- [7] S. M. Kassim and J. Smith, "Community-Based Solid Waste Management in Rural Areas," *Waste Manag. J.*, vol. 45, no. 2, pp. 120–128, 2020.
- [8] P. Toth and D. Vigo, *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*, 2nd ed. SIAM, 2014.
- [9] G. Developers, "Progressive Web Apps Overview." 2023. [Online]. Available: <https://developers.google.com/web/progressive-web-apps>
- [10] D. Fitriani and A. Nugroho, "Inovasi Digital di Wilayah Pedesaan: Tantangan dan Peluang Penerapan PWA," *J. Teknol. Inf. dan Masy.*, vol. 9, no. 2, pp. 55–63, 2021.
- [11] M. Yusup, "Analysis of Chatbot Development for learning and Teaching Principles Based on service efficiency: Chatbot Development for learning and Teaching," *Int. J. Comput. Sci. Math. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 45–51, 2023.
- [12] M. Yusup, A. Arpan, and A. Ahmad, "Implementation of a Smart School Learning system with Internet of Things Technology at SMA Negeri II Binjai," *Instal J. Komput.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–9, 2024.
- [13] M. D. Lesmana and H. Hermansyah, "Rancang Bangun Sistem Absensi Menggunakan E-Ktp Dengan Memanfaatkan Cloud Google Spreadsheet Sebagai Media Penyimpanan Berbasis Iot Di Politeknik Adiguna Maritim Indonesia Medan," *J. Marit. Educ.*, vol. 7, no. 1, pp. 808–813, 2025.
- [14] M. Muttaqin, M. Yusup, M. Syaula, and A. A. Widodo, "Innovation of Information System Based Waste Bank in Pari City Village," in *International Conference on Artificial Intelligence, Navigation, Engineering, and Aviation Technology*, 2024, pp. 386–390.
- [15] M. Yusup, Arpan, and A. Ahmad, "Building a Strong Image Logo Design: Human Centered Design Approach in Logo Design for SMEs in Pematang Serai Village," *Formosa J. Comput. Inf. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 69–82, 2024.
- [16] M. Yusup and A. Ahmad, "Chatbot Optimization in Education: Improving Learning Experience and Competency Development," in *Proceeding of International Conference on Artificial Intelligence, Navigation, Engineering, and Aviation Technology (ICANEAT)*, 2024, pp. 501–504.
- [17] M. Muttaqin, "Rancang Bangun Web Profile Program Studi Magister Ilmu Hukum Universitas Pembangunan Panca Budi Medan Dalam Rangka Mempermudah Promosi Kampus," *J. Nas. Teknol. Komput.*, vol. 3, no. 3, pp. 215–226, 2023.
- [18] M. Yusup and R. Kurniawan, "Memahami dampak teknologi chatbot dalam pembelajaran: Analisis pemanfaatan di SMA Negeri 5 Binjai," in *Senashtek 2024*, 2024, pp. 518–524.
- [19] M. D. L. Siahaan, "Implementation Of Wireless Controller Using Capsman (Controller Access Point System Manager) In Computer Laboratory Of SMK Negeri 9 Medan," *Int. J. Comput. Sci. Math. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 289–298, 2023.
- [20] D. Y. P. Arpan, D. S. Pratama, and D. F. Wafi, "Pembuatan Website Program Studi Akuntansi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan Dengan Menggunakan Codeigniter 3," *J. Nas. Teknol. Komput.*, vol. 3, no. 3, 2023.
- [21] T. Sutabri, *Konsep Dasar Sistem Informasi*. Andi Publisher, 2019.
- [22] W. Erika, R. D. Arista, M. Yusup, M. E. W. Pradana, and D. H. Purwanto, "Design Of Ui/Ux Web Bumdes Doulu Village Using Figma Application," in *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas*

- Dharmawangsa*, 2024, pp. 443–445.
- [23] M. Yusup, “Teknologi Radio Frequency Identification (RFID) sebagai tools system pembuka pintu otomatis pada smart house,” *J. Media Infotama*, vol. 18, no. 2, pp. 367–373, 2022.
- [24] S. Hosseini and M. Khalilzadeh, “Heuristic Methods for the Vehicle Routing Problem: A Review,” *Int. J. Oper. Res.*, vol. 18, no. 3, pp. 145–157, 2021.