Pengembangan Sistem Penagihan Cerdas Berbasis Rule-Based dan Kecerdasan Buatan Untuk Layanan Internet Bumdes Sangkara

[1nd]Muhammad Faiq Mubarok
Program Studi S1 Sistem Informasi
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
faiqmubarok@student.telkomuniversity.ac.id

[2sd]Toni Anwar
Program Studi S1 Sistem Informasi
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
tonianwar@telkomuniversity.ac.id

[3rd]Khairun Nisa Meiah Ngafidin
Program Studi S1 Sistem Informasi
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
nisameiah@telkomuniversity.ac.id

***Abstrak* — Proses penagihan layanan internet di BUMDes Sangkara Panembangan masih dilakukan secara manual sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan pengiriman pengingat pembayaran, kesalahan pencatatan transaksi, dan kurang optimalnya pengelolaan data pelanggan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan SEMBARA (*Sangkara Billing and Reminder Assistant*), yaitu sistem penagihan cerdas berbasis web yang mendukung pengelolaan pelanggan, langganan, tagihan, transaksi pembayaran, dan pengiriman pengingat pembayaran secara otomatis. Pengembangan sistem menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD) yang terdiri atas perencanaan kebutuhan, perancangan prototipe, pembangunan sistem, dan pengujian. Sistem menerapkan *rule-based expert system* untuk mengatur jadwal pengingat pembayaran, *AI text generator* untuk menghasilkan variasi pesan pengingat, *payment gateway* untuk pembayaran daring, serta *workflow automation* untuk menjalankan proses bisnis secara terjadwal. Hasil pengujian *Black-Box* menunjukkan seluruh kebutuhan fungsional sistem berhasil diimplementasikan dengan status valid. Pengujian beban menggunakan 50 *virtual users* menghasilkan rata-rata waktu respons sebesar 109,55 milidetik dengan tingkat keberhasilan *request* sebesar 100%. Pengujian *System Usability Scale* (SUS) terhadap 30 responden memperoleh skor rata-rata sebesar 77,25 yang termasuk kategori Baik. Sistem yang dikembangkan mampu mendukung digitalisasi proses penagihan dan meningkatkan efisiensi operasional layanan internet BUMDes Sangkara Panembangan.**

Kata kunci* — *artificial intelligence*, *payment gateway*, *rule-based expert system*, sistem penagihan digital, *workflow automation

I. PENDAHULUAN

Transformasi digital menjadi salah satu strategi utama pembangunan nasional untuk meningkatkan kualitas layanan publik dan memperkuat perekonomian masyarakat di tingkat lokal [1], didorong oleh Program Desa Digital dan konsep *Smart Village* [2], [3], serta tingginya penetrasi internet di Indonesia yang telah menjangkau lebih dari 80% rumah tangga [4]. Kondisi ini membuka peluang bagi Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) untuk berperan strategis dalam pengelolaan layanan digital, salah satunya unit layanan internet [5], [6]. Namun, keterbatasan skala operasional menyebabkan sistem administrasi dan pencatatan pelanggan masih sederhana dan belum terdigitalisasi sepenuhnya [7], seperti pada BUMDes Sangkara Panembangan, Kabupaten Banyumas, yang sejak tahun 2022 masih mencatat data pelanggan dan pembayaran secara manual, sejalan dengan temuan bahwa digitalisasi desa masih terkendala keterbatasan sumber daya [8].

Proses penagihan masih dilakukan secara konvensional: petugas mendatangi pelanggan satu per satu pada tanggal 20–25 setiap bulan, pelanggan tidak dapat membayar lebih awal, dan pengingat hanya dikirim umum melalui grup WhatsApp tanpa penjadwalan otomatis atau variasi pesan, sehingga pelacakan tagihan rawan kesalahan [9], [10]. Padahal, otomatisasi administrasi dan pembayaran digital terbukti meningkatkan efisiensi serta mempercepat arus kas pada lembaga berskala kecil [11], [12]. Upaya digitalisasi sebelumnya melalui aplikasi *mobile billing* juga tidak berkelanjutan akibat gangguan teknis dan inkonsistensi entri data petugas.

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas penagihan skala kecil, seperti sistem berbasis web [13], peringatan otomatis via SMS/WhatsApp [14], integrasi *payment gateway* [15], *Machine Learning* untuk memprediksi perilaku pembayaran [16], *intelligent automation* berbasis *rule* [17], hingga AI berbasis bahasa untuk pesan pengingat yang lebih natural [18]. Meski menunjukkan hasil positif, beberapa pendekatan tersebut memerlukan data historis memadai atau belum sesuai dengan karakteristik layanan internet skala desa yang masih manual dan minim sumber daya.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem penagihan cerdas berbasis web bernama SEMBARA (*Sangkara Billing and Reminder Assistant*), yang memadukan *rule-based expert system* untuk penjadwalan pengingat, AI berbasis bahasa untuk pesan yang lebih natural [19], *workflow automation* menggunakan n8n [20], serta *payment gateway* untuk transaksi digital [21], [22]. Sistem dikembangkan dengan metode *Rapid Application Development* (RAD) [23], dan diuji menggunakan *Black-Box Testing* [24], *Load Testing* [25], serta *System Usability Scale*

(SUS) [26]. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pengelolaan data pelanggan dan pembayaran yang terstruktur, menerapkan *rule-based expert system* untuk pengingat otomatis, menyediakan mekanisme pembayaran daring mandiri, serta mengimplementasikan pembangkit pesan otomatis berbasis AI, guna membantu BUMDes Sangkara mengelola penagihan secara lebih efisien.

II. KAJIAN TEORI

A. Sistem Penagihan

Sistem penagihan merupakan sistem informasi yang digunakan untuk mencatat, mengatur, dan memproses transaksi sebagai dasar pembuatan tagihan, sehingga administrasi biaya dapat dikelola secara lebih terstruktur dan terintegrasi. Sistem ini berfungsi sebagai mekanisme yang mencatat seluruh transaksi dan mendukung penyelesaian administrasi keuangan, mulai dari pencatatan, pembuatan tagihan, hingga pemantauan status pembayaran secara lebih cepat dan akurat [27], [28].

B. Otomatisasi Pengingat Pembayaran

Otomatisasi pengingat pembayaran merupakan mekanisme pengiriman notifikasi secara terjadwal untuk mengingatkan pelanggan mengenai kewajiban pembayaran sebelum atau pada tanggal jatuh tempo, sehingga proses penagihan dapat berjalan tanpa bergantung pada tindakan manual [29]. Notifikasi terjadwal berperan sebagai pengingat kontekstual yang menyampaikan informasi penting seperti status transaksi, batas waktu pembayaran, dan peringatan keterlambatan kepada pelanggan [30].

C. *Rule-Based Expert System*

Sistem pakar berbasis aturan (*rule-based expert system*) merupakan pendekatan sistem pakar yang meniru cara seorang ahli memecahkan masalah melalui pengetahuan berbasis domain yang disimpan dalam *knowledge base* [31]. Pengetahuan pada pendekatan ini direpresentasikan dalam bentuk aturan-aturan terstruktur yang dieksekusi oleh *inference engine* untuk menghasilkan kesimpulan sesuai kondisi masukan [32], sehingga cocok diterapkan pada permasalahan dengan pola keputusan yang stabil karena seluruh proses penalaran dapat ditelusuri kembali ke aturan eksplisit yang mendasarinya.

D. *Natural Language Generation* dan Pendekatan *Hybrid*

Natural Language Generation (NLG) merupakan proses menghasilkan teks bahasa alami untuk memenuhi tujuan komunikatif tertentu, yang berjalan dari suatu maksud atau representasi non-linguistik menuju bentuk kalimat tersusun melalui tahapan perencanaan isi, penentuan isi, hingga realisasi teks akhir [33]. Pendekatan *hybrid* memadukan metode berbasis aturan dengan pemodelan kecerdasan buatan, di mana aturan memberikan struktur dan transparansi sementara model bahasa seperti *Large Language Model* (LLM) menyempurnakan teks agar lebih natural dan komunikatif [34].

E. Notifikasi Digital dalam Sistem Penagihan

Notifikasi digital merupakan mekanisme penyampaian informasi melalui media pesan elektronik seperti WhatsApp atau SMS untuk memastikan pesan penting dapat diterima secara cepat dan akurat [35]. Mekanisme penagihan berbasis web umumnya memanfaatkan notifikasi semacam ini sebagai bagian dari alur komunikasi digital kepada pelanggan, sehingga menjadi saluran yang mendukung ketepatan waktu dan efektivitas penyampaian informasi dalam proses penagihan [36].

F. *Workflow* Otomatis dan N8N

Workflow otomatis merupakan konsep otomatisasi alur kerja menggunakan perangkat lunak berdasarkan urutan proses dan ketergantungan logis yang telah ditentukan, di mana sistem mengoordinasikan aktivitas, mengalirkan informasi, serta mengeksekusi aksi seperti pengiriman notifikasi sesuai model proses yang dirancang [37]. N8N merupakan salah satu platform otomasi alur kerja yang bersifat *open-source* dan *fair-code*, memungkinkan pengguna merancang proses otomatisasi melalui antarmuka visual berbasis *node* tanpa perlu menulis kode dari awal [20]. Setiap *node* pada N8N memiliki fungsi spesifik, seperti menerima permintaan melalui *webhook*, memproses logika bisnis, hingga mengirim data ke layanan eksternal, sehingga alur kerja kompleks dapat disusun secara modular [22].

G. *Rapid Application Development* (RAD)

Rapid Application Development (RAD) merupakan pendekatan pengembangan perangkat lunak yang berfokus pada kecepatan pengembangan melalui iterasi singkat, *prototyping*, dan keterlibatan aktif pengguna, sehingga cocok diterapkan pada proyek yang membutuhkan fleksibilitas tinggi dan respons cepat terhadap perubahan kebutuhan sistem [38]. Pendekatan ini menekankan iterasi berulang dan penyempurnaan fitur melalui umpan balik pengguna secara bertahap agar sistem tetap sesuai kebutuhan [39], dan terdiri dari empat tahap utama, yaitu *requirements planning*, *user design*, *construction*, dan *cutover* [40].

H. *Unified Modeling Language* (UML)

UML merupakan bahasa pemodelan visual yang digunakan untuk menggambarkan, merancang, serta mendokumentasikan sistem dengan pendekatan berorientasi objek [41]. *Use case* diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dan layanan yang disediakan sistem [42], *activity* diagram menggambarkan alur kerja atau urutan aktivitas dalam suatu proses bisnis maupun logika sistem [43], *sequence* diagram menggambarkan interaksi antar objek melalui urutan pengiriman dan penerimaan pesan secara kronologis [43], sedangkan *class* diagram digunakan untuk menggambarkan struktur statis sistem melalui representasi kelas beserta atribut, metode, dan hubungan antar kelas [44]. Keempat diagram ini saling melengkapi dalam menggambarkan struktur dan perilaku sistem secara terorganisasi.

I. Pemrograman Web dan Kerangka Kerja Next.js

Pemrograman web merupakan aktivitas merancang dan mengembangkan aplikasi yang berjalan melalui jaringan internet, memanfaatkan perpaduan teknologi sisi klien dan sisi server untuk menghasilkan halaman yang interaktif serta responsif terhadap pengguna [45]. Next.js merupakan kerangka kerja berbasis React yang menyediakan mekanisme *routing* berbasis sistem berkas serta mendukung berbagai strategi *rendering*, termasuk *server-side rendering* (SSR), *static site generation* (SSG), dan *incremental static regeneration* (ISR), sehingga pengembang dapat memilih teknik *render* sesuai kebutuhan aplikasi. Kombinasi fitur tersebut, termasuk dukungan *automatic image optimization*,

menjadikan Next.js sesuai digunakan dalam pengembangan aplikasi web modern yang membutuhkan performa baik dan struktur terorganisasi [46].

J. Bahasa Pemrograman TypeScript

TypeScript merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan di atas JavaScript dengan menambahkan mekanisme pengetikan statis untuk meningkatkan keamanan kode, di mana sistem tipenya diperiksa oleh *typechecker* sebelum aplikasi dijalankan sehingga membantu mencegah kesalahan umum sejak tahap pengembangan. TypeScript tetap dikompilasi menjadi JavaScript, namun dukungan tipe statis tersebut menjadikan kode lebih mudah dipelihara dan membantu pengembang membangun aplikasi yang lebih terstruktur sesuai kebutuhan proyek [47].

K. Basis Data

Basis data merupakan kumpulan data yang saling berkaitan dan disimpan secara terstruktur pada media penyimpanan elektronik [48]. Sistem basis data dirancang agar proses akses, pencarian, serta pengelolaan data dapat dilakukan dengan lebih mudah dan efisien, sekaligus mencegah duplikasi sehingga konsistensi dan integritas data tetap terjaga dalam mendukung berbagai kebutuhan aplikasi yang memanfaatkannya.

L. *Black-Box* Testing

Black-Box Testing merupakan metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada evaluasi fungsionalitas sistem berdasarkan kesesuaian antara *input* dan *output* tanpa memeriksa struktur internal program. Pengujian dilakukan dengan mengeksekusi fungsi sistem dan mengamati hasil keluaran untuk memvalidasi bahwa sistem bekerja sesuai skenario penggunaan yang ditetapkan [49].

M. *Load* Testing

Load Testing merupakan jenis pengujian kinerja yang mengukur respons sistem terhadap kondisi beban yang berbeda-beda, digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem menghadapi beban kerja tinggi serta mengidentifikasi kapasitas maksimum sistem dalam menampung pengguna secara bersamaan [50]. Pengujian ini bertujuan mengetahui seberapa optimal kinerja sistem dalam melayani pengguna, sehingga apabila hasil pengujian belum memenuhi target yang ditetapkan, sistem masih perlu diperbaiki agar mampu melayani lebih banyak pengguna secara bersamaan [25].

N. *System Usability Scale* (SUS)

System Usability Scale (SUS) merupakan metode yang diperkenalkan oleh John Brooke pada tahun 1986 untuk mengevaluasi tingkat kebergunaan (*usability*) suatu produk, termasuk situs web dan aplikasi. Metode ini telah digunakan dan diuji selama lebih dari 30 tahun sehingga terbukti andal untuk mengevaluasi *usability* berdasarkan standar industri [51]. SUS menggunakan kuesioner berisi sepuluh pernyataan dengan skala *Likert*, yang hasilnya dikonversi menjadi skor pada rentang 0–100 untuk merepresentasikan tingkat kemudahan penggunaan sistem dari sudut pandang pengguna [52].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan proses penagihan layanan internet pada BUMDes Sangkara Panembangan sebagai subjek, dengan objek penelitian berupa rancangan sistem penagihan cerdas berbasis web bernama SEMBARA (*Sangkara Billing and Reminder Assistant*). Data primer diperoleh melalui wawancara dengan Kepala Operasional dan Kepala BUMDes serta observasi langsung di lapangan, sedangkan data sekunder berupa dokumen internal (data pelanggan, paket layanan, harga, riwayat pembayaran enam bulan terakhir). Sistem dikembangkan menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD) dengan alat dan bahan yang dirangkum pada Tabel I.

TABEL 1
(Alat Dan Bahan Penelitian)

Kategori	Komponen
Perangkat Keras	Laptop (Apple M2, RAM 8GB, SSD 256GB), smartphone untuk uji notifikasi
Bahasa & Framework	TypeScript 5, Next.js 16, React.js 19.2.3, Tailwind CSS 4.0
Basis Data	PostgreSQL (Supabase), Prisma ORM 6.19.0
Otomatisasi & Notifikasi	Platform n8n, WhatsApp API (WAHA)
Layanan Pihak Ketiga	Tripay API (payment gateway), Google Gemini 2.5 Flash (generative AI)
Lainnya	Node.js v20, Git/GitHub, VPS (lingkungan produksi), Docker, Nginx, Certbot

A. *Requirements Planning*

Tahap ini diawali dengan pengumpulan data melalui wawancara dan observasi lapangan untuk memahami kondisi operasional serta kendala proses penagihan yang berjalan. Hasil pengumpulan data digunakan untuk melakukan identifikasi masalah, yaitu menganalisis kondisi penagihan saat ini guna menentukan aspek yang memerlukan perbaikan. Selanjutnya dilakukan studi literatur terhadap teori dan penelitian terdahulu yang relevan sebagai dasar perancangan solusi. Ketiga kegiatan tersebut menghasilkan rumusan kebutuhan fungsional dan non-fungsional, ruang lingkup, serta alur proses awal sistem yang akan dikembangkan.

B. *User Design*

Kebutuhan yang telah dirumuskan diterjemahkan ke dalam rancangan sistem menggunakan *Unified Modeling Language* (UML), meliputi *use case* diagram, *activity* diagram, *sequence* diagram, dan *class* diagram. Berdasarkan pemodelan tersebut, dikembangkan prototipe fungsional berbasis web yang sudah dapat diakses dan dioperasikan langsung oleh pengguna. Prototipe ini disempurnakan secara iteratif melalui siklus *prototype–test–refine*, di mana setiap iterasi disesuaikan berdasarkan umpan balik pengguna hingga mencapai bentuk yang stabil.

C. *Construction*

Prototipe yang telah stabil disempurnakan menjadi sistem yang lengkap, mencakup penyelesaian seluruh fitur serta integrasi antar-modul, mulai dari pencatatan pelanggan, *rule-based reminder*, *AI text generator*, hingga *payment gateway*, agar dapat berjalan sebagai satu kesatuan sistem yang utuh. Sebagai tahap akhir *construction*, sistem di-*deploy* ke lingkungan produksi berbasis server agar dapat diakses secara daring dan siap digunakan pada tahap pengujian berikutnya.

D. *Cutover*

Tahap ini merupakan transisi dari pengembangan menuju penggunaan oleh pengguna akhir, mencakup pelatihan singkat serta uji coba terbatas. Pengujian dilakukan melalui tiga metode yaitu *Black-Box* Testing untuk memvalidasi kesesuaian fungsi sistem berdasarkan *input* dan *output*, *Load* Testing menggunakan k6 Grafana untuk mengukur stabilitas waktu respons sistem terhadap beban pengguna, serta *System Usability Scale* (SUS) untuk mengevaluasi kemudahan penggunaan sistem melalui kuesioner sepuluh pernyataan berskala *Likert*, dengan skor dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$SUS = \{ \sum_{\{i=1,3,5,7,9\}(x_i - 1)} + \sum_{\{i=2,4,6,8,10\}(5 - x_i)} \} \times 2{,}5 \qquad (1)$$

dengan x_1 merupakan nilai skala pada pernyataan bernomor ganjil (dikurangi 1) dan genap (dikurangi dari 5), sehingga skor akhir berada pada rentang 0–100. Tahap akhir penelitian adalah evaluasi dan penyusunan laporan berdasarkan hasil seluruh pengujian yang diperoleh.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil *Requirements Planning*

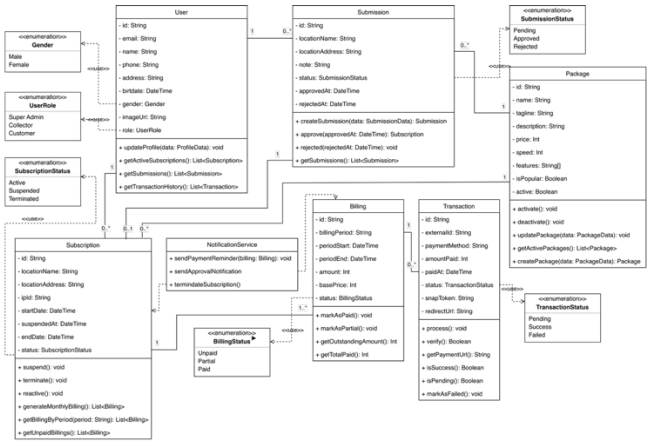
Tahap ini menghasilkan identifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem berdasarkan analisis proses bisnis penagihan layanan internet BUMDes Sangkara Panembangan. Kebutuhan fungsional dikelompokkan berdasarkan peran pengguna (pelanggan, petugas penagih, super admin) serta proses utama sistem, yaitu penagihan otomatis, pengingat pembayaran, dan *workflow* otomatis. Kebutuhan non-fungsional mencakup aspek kinerja, keamanan, keandalan, *usability*, skalabilitas, dan portabilitas. Ringkasan kebutuhan sistem ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2
(Ringkasan Kebutuhan Sistem)

Kategori Kebutuhan	Jumlah Item	Contoh
Fungsional Umum & Aktor	4	Autentikasi, RBAC, 3 aktor
Fungsional Pelanggan	8	Pengajuan langganan, pembayaran daring
Fungsional Petugas Penagih	9	Pencatatan pembayaran manual
Fungsional Super Admin	10	Pengelolaan pengguna, layanan, tagihan
Fungsional Penagihan & Pengingat Otomatis	9	*Generate* tagihan, pengingat WhatsApp
Fungsional *Workflow* Otomatis	3	Eksekusi terjadwal tanpa intervensi manual
Non-Fungsional	21	Performa, keamanan, *usability*, skalabilitas

B. Hasil *User Design*

Tahap ini menghasilkan pemodelan struktur dan perilaku sistem berdasarkan kebutuhan yang telah dirumuskan, dituangkan dalam bentuk *use case* diagram, *activity* diagram, *sequence* diagram, dan *class* diagram. Struktur data sistem digambarkan melalui *class* diagram yang menunjukkan relasi antar entitas utama, yaitu *User*, *Package*, *Submission*, *Subscription*, *Billing*, dan *Transaction*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

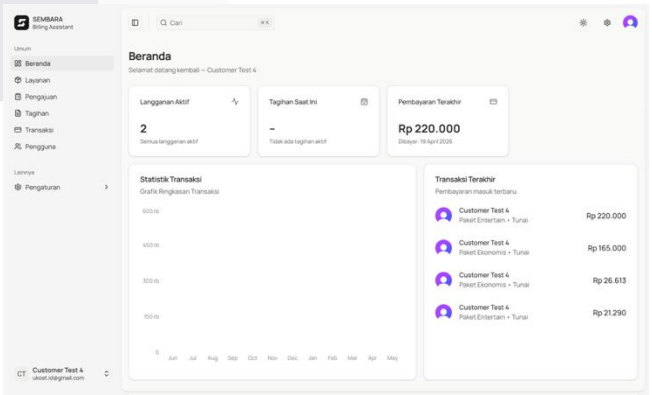


GAMBAR 1
(Class Diagram Sistem)

Perancangan pada tahap *user design* dilakukan secara iteratif sebanyak empat iterasi untuk mengevaluasi dan menyempurnakan sistem berdasarkan umpan balik pengguna. Perbaikan yang dilakukan antara lain penyempurnaan tampilan data pada formulir pengguna, pembatasan hak akses antar peran pada fitur pengelolaan langganan dan tagihan, penggantian metode integrasi *payment gateway* dari Midtrans menjadi Tripay, penambahan halaman legal sebagai syarat integrasi pembayaran, serta penyesuaian alur pengajuan langganan agar dapat dilakukan secara mandiri oleh pelanggan sebelum proses persetujuan oleh super admin. Seluruh perbaikan pada iterasi akhir telah dievaluasi dan dinyatakan sesuai kebutuhan sistem, sehingga rancangan dinilai siap dilanjutkan ke tahap *construction*.

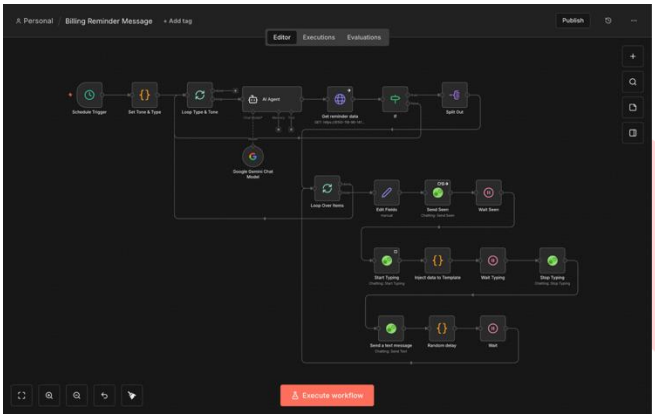
C. Hasil *Construction*

Tahap ini merupakan implementasi hasil perancangan ke dalam bentuk aplikasi web siap pakai. Sistem dibangun dengan fitur *landing page*, halaman legal (Tentang Kami, Kebijakan Privasi, Syarat & Ketentuan), autentikasi melalui *magic link* dan akun Google, beranda dengan tampilan dinamis sesuai peran pengguna, pengelolaan layanan internet, pengajuan dan verifikasi langganan, pengelolaan tagihan dengan dukungan pembayaran parsial, pembayaran daring melalui *payment gateway* Tripay, serta riwayat transaksi dengan fitur unduh struk berformat PDF. Tampilan beranda sistem ditunjukkan pada Gambar 2.



GAMBAR 2
(Tampilan Beranda Sistem)

Pada tahap ini juga diimplementasikan mekanisme otomatisasi berbasis *workflow* menggunakan n8n yang dijadwalkan berjalan setiap hari untuk memproses pembuatan tagihan, perubahan status langganan (*suspended*/*terminated*), serta pengiriman pengingat pembayaran melalui WhatsApp. Konten pesan pengingat dihasilkan menggunakan model AI generatif (Gemini) dengan nada pesan yang menyesuaikan tingkat urgensi berdasarkan tanggal keterlambatan pembayaran. Alur *workflow* pengingat pembayaran otomatis ditunjukkan pada Gambar 3.



GAMBAR 3
(Workflow Pengingat Pembayaran)

Sistem di-*deploy* pada *Virtual Private Server* (VPS) menggunakan *container* Docker dengan Nginx sebagai web server dan protokol HTTPS, serta dapat diakses secara daring melalui domain publik sebagai lingkungan produksi.

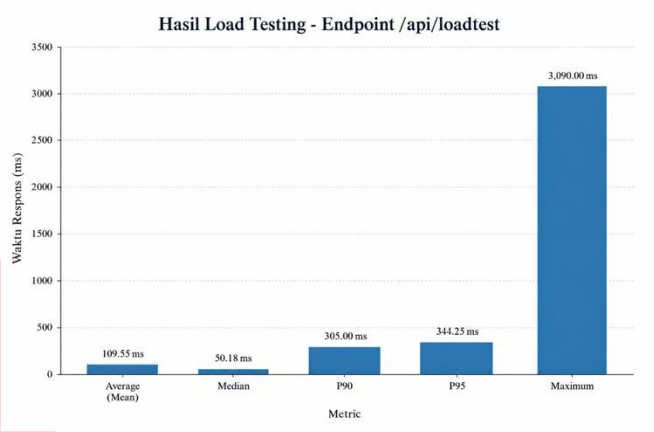
D. Hasil *Cutover*

Tahap *cutover* dilakukan untuk menguji kesiapan sistem sebelum digunakan pada lingkungan operasional, meliputi *black-box* testing, *load* testing, dan *System Usability Scale* (SUS), serta sosialisasi dan uji coba langsung bersama Kepala BUMDes, Kepala Operasional, Bendahara, dan petugas penagih.

TABEL 3
(Ringkasan Hasil Pengujian Blackbox)

Modul Pengujian	Jumlah Skenario	Valid	Persentase
Fitur Umum & Autentikasi	11	11	100%
Fitur Pelanggan	10	10	100%
Fitur Petugas Penagih	11	11	100%
Fitur Super Admin	35	35	100%
Sistem Penagihan Otomatis	5	5	100%
Pengingat Pembayaran Otomatis	9	9	100%
Workflow Otomatis	3	3	100%
Total	**84**	**84**	**100%**

Selanjutnya, pengujian performa dilakukan menggunakan tools k6 dengan skenario ramping virtual users hingga 50 pengguna secara bersamaan, mensimulasikan distribusi akses 85% pelanggan, 10% petugas penagih, dan 5% super admin pada endpoint yang merepresentasikan beban agregasi data dashboard. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4. Sistem berhasil memproses 9.394 request tanpa mengalami kegagalan (error rate 0%), dengan rata-rata waktu respons sebesar 109,55 ms, median 50,18 ms, P90 305 ms, dan P95 344,25 ms, yang menunjukkan performa sistem tetap stabil meskipun beban akses meningkat hingga kondisi puncak.



GAMBAR 4
(Grafik Hasil Load Testing)

Terakhir, evaluasi tingkat kemudahan penggunaan sistem dilakukan menggunakan kuesioner System Usability Scale (SUS) yang melibatkan 30 responden terdiri atas super admin, petugas penagih, dan pelanggan. Ringkasan hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3. Skor rata-rata SUS yang diperoleh sebesar 77,25, berada di atas ambang standar SUS sebesar 68, sehingga sistem dinyatakan memiliki tingkat usability yang baik dan dapat diterima oleh berbagai jenis pengguna.

TABEL 4
(Statistik Hasil Pengujian SUS)

Statistik	Nilai
Jumlah responden	30
Skor rata-rata	77,25
Skor minimum	40,0
Skor maksimum	100,0
Ambang standar SUS	68
Kategori	Good/Acceptable

Berdasarkan ketiga hasil pengujian tersebut, sistem dinyatakan telah memenuhi kebutuhan fungsional, memiliki performa yang stabil pada kondisi data yang tersedia saat penelitian berlangsung, serta diterima dengan baik oleh pengguna, sehingga dinilai siap digunakan pada kondisi operasional sebenarnya di BUMDes Sangkara Panembangan.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan SEMBARA (Sangkara Billing and Reminder Assistant), sistem penagihan cerdas berbasis web yang dirancang menggunakan metode Rapid Application Development untuk mendukung digitalisasi proses administrasi penagihan layanan internet pada BUMDes Sangkara Panembangan. Sistem ini mengintegrasikan pengelolaan data pelanggan, langganan, tagihan, dan transaksi pembayaran dalam satu platform, dilengkapi payment gateway Tripay untuk pembayaran daring secara mandiri, rule-based expert system untuk

menentukan jadwal dan urgensi pengingat pembayaran, model kecerdasan buatan Gemini untuk menghasilkan variasi pesan pengingat, serta workflow automation berbasis n8n yang menjalankan proses penagihan tanpa intervensi manual. Hasil pengujian menunjukkan seluruh kebutuhan fungsional berjalan sesuai rancangan, performa sistem tetap stabil pada pengujian beban dengan k6, dan skor System Usability Scale sebesar 77,25 yang menunjukkan sistem dapat diterima dan digunakan dengan baik oleh pengguna. Dengan demikian, SEMBARA terbukti mampu menjawab permasalahan pencatatan manual, ketiadaan aturan pengingat pembayaran, minimnya opsi pembayaran daring, dan ketiadaan pesan otomatis yang sebelumnya dihadapi BUMDes Sangkara Panembangan.

REFERENSI

[1] R. Mayyora, U. Brawijaya, Q. Sholihah, I. Wanusmawatie, and A. Haris Wanto, "Transformasi Digital Desa Dan Implikasinya Terhadap Pembangunan Berkelanjutan: Pendekatan Literature Review," vol. 5, no. 2, pp. 100–111, 2025.

[2] D. C. Jatnika, M. Burhanudin, M. Budiarti Santoso, and S. P. Septiyanti, "Empowerment Theory and Digital Village: Insights from West Java's Digital Village Programme," *The Journal of Indonesia Sustainable Development Planning*, vol. 5, no. 3, pp. 227–245, Dec. 2024, doi: 10.46456/jisdep.v5i3.623.

[3] E. A. Manapa Sampetoding and M. Er, "Digital Transformation of Smart Village: A Systematic Literature Review," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2024, pp. 1336–1343. doi: 10.1016/j.procs.2024.06.304.

[4] M. Akbar and G. Wijaya, "Digital Literacy of Rural Areas in Indonesia: Challenges and Opportunities," European Alliance for Innovation n.o., Jun. 2024. doi: 10.4108/eai.1-11-2023.2344347.

[5] R. Hilmawan *et al.*, "Rural development from village funds, village-owned enterprises, and village original income," *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 9, no. 4, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.joitmc.2023.100159.

[6] B. Agus Diana and J. A. Sari, "Dampak Transformasi Digitalisasi terhadap Perubahan Perilaku Masyarakat Pedesaan," *Jurnal Pemerintahan dan Politik*, vol. 9, pp. 88–96, 2024, doi: https://doi.org/10.36982/jpg.v9i2.3896.

[7] E. Mardinata *et al.*, "Transformasi Digital Desa Melalui Sistem Informasi Desa (SID): Meningkatkan Kualitas Pelayanan Publik dan Kesejahteraan Masyarakat," vol. 4, p. 2023, 2023, [Online]. Available: http://journal.undiknas.ac.id/index.php/parta.

[8] D. Herliana and Andi, "Pengembangan Digitalisasi BUMDes di Kabupaten Tasikmalaya (Studi Kasus BUMDes Makmur Abadi Sejahtera di Desa Pasir Batang)," vol. Vol. 10, No. 3, 2023, Accessed: Nov. 05, 2025. [Online]. Available: https://jurnal.unigal.ac.id/index.php/dinamika/article/view/12605

[9] K. Ikhtiari, M. Muslim, and N. Nurfadila, "Improving MSME Accounting Financial Recording Skills Based on Android Applications," *Advances in Community Services Research*, vol. 2, no. 2, pp. 62–73, Jul. 2024, doi: 10.60079/acsr.v2i2.137.

[10] K. K. Larsson, "Digitization or equality: When government automation covers some, but not all citizens," *Gov. Inf. Q.*, vol. 38, no. 1, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.giq.2020.101547.

[11] J. J. P. Latupeirissa, N. L. Y. Dewi, I. K. R. Prayana, M. B. Srikandi, S. A. Ramadiansyah, and I. B. G. A. Y. Pramana, "Transforming Public Service Delivery: A Comprehensive Review of Digitization Initiatives," *Sustainability (Switzerland)* , vol. 16, no. 7, Apr. 2024, doi: 10.3390/su16072818.

[12] R. Ly and B. Ly, "Digital payment systems in an emerging economy," *Computers in Human Behavior Reports*, vol. 16, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.chbr.2024.100517.

[13] D. H. Musyaffa, R. I. Desanti, and S. Suryasari, "WhatsApp to The Rescue: Automated Billing Reminders," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 8, no. 2, pp. 758–767, Apr. 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i2.3989.

[14] J. Laurence, B. Wenceslao, A. Rose, and A. Zaragosa, "Web-Based Electricity Billing System with SMS Notification," *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES) ISSN*, vol. 10, pp. 1087–1091, 2022, [Online]. Available: www.ijres.org

[15] A. B. P. Irianto and P. Chanvarasuth, "Drivers and Barriers of Mobile Payment Adoption Among MSMEs: Insights from Indonesia," *Journal of Risk and Financial Management*, vol. 18, no. 5, May 2025, doi: 10.3390/jrfm18050251.

[16] L. Schoonbee, W. R. Moore, and J. H. van Vuuren, "A Machine-Learning Approach Toward Solving The Invoice Payment Prediction Problem," *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 33, no. 4, pp. 126–146, 2022, doi: 10.7166/33-4-2726.

[17] Abhaykumar Dalsaniya and Kishan Patel, "Enhancing process automation with AI: The role of intelligent automation in business efficiency," *International Journal of Science and Research Archive*, vol. 5, no. 2, pp. 322–337, Apr. 2022, doi: 10.30574/ijsra.2022.5.2.0083.

[18] M. Shafiquzzaman Bhuiyan, "The Role of AI-Enhanced Personalization in Customer Experiences," *Journal of Computer Science and Technology Studies*, vol. 6, no. 1, pp. 162–169, Jan. 2024, doi: 10.32996/jcsts.

[19] S. U. Singh and A. S. Namin, "A survey on chatbots and large language models: Testing and evaluation techniques," *Natural Language Processing Journal*, vol. 10, p. 100128, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.nlp.2025.100128.

[20] Aditia Ramadhani, Maulana Dwi Yantoro, Muhammad Farhan Akmal, Muhammad Mahfud, and Fauzi, "Chatbot Otomatis Dengan N8N Dan AI Untuk Analisis Data Dan Pelaporan Hasil," *Jurnal Riset Teknik Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 18–23, Jun. 2025, doi: 10.69714/x1p94182.

[21] J. Confidence, P. Prosper, and B. Alfred, "Influence of Digital Payment Systems on Cash Management of Small and Medium Scale Enterprises (Smes) in

Nigeria," *Journal of Humanities and Social Policy E-ISSN*, vol. 11, no. 4, p. 2025, 2025, doi: 10.56201/jhsp.vol.11.no4.2025.pg48.60.

[22] M. Wali, N. Nasir, and T. Iqbal, "Implementing Workflow Automation with N8N to Enhance Operational Efficiency and Performance in the Sharia Cooperative of Bank Indonesia, Aceh Province," *Journal Digital Technology Trend*, vol. 4, no. 1, pp. 36–47, Jun. 2025, doi: 10.56347/jdtt.v4i1.341.

[23] S. Hidayatulloh and E. Patyani, "Metode Rapid Application Development Dalam Pengembangan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web," 2024. [Online]. Available: http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/co-science

[24] M. Nur Ichsanudin, M. Yusuf, S. Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, J. Teknik Industri, I. AKPRIND Yogyakarta, and R. Artikel, "Pengujian Fungsional Perangkat Lunak Sistem Informasi Perpustakaan Dengan Metode Black Box Testing Bagi Pemula," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2022, doi: 10.55123.

[25] W. Tejaya, S. Rahman, A. Munir, T. Informatika, and S. Kharisma Makassar, "Pengujian Website Invitees Menggunakan Metode Load Testing dengan Apache JMeter," *Jurnal Ilmu Komputer Kharisma.Tech*, vol. 18, Mar. 2023, [Online]. Available: https://jurnal.kharisma.ac.id/kharismatech/

[26] K. T. Nugroho, B. Julianto, and D. F. Nur MS, "Usability Testing pada Sistem Informasi Manajemen AKN Pacitan Menggunakan Metode System Usability Scale," *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, vol. 11, no. 1, p. 74, Apr. 2022, doi: 10.23887/janapati.v11i1.43209.

[27] Y. Adi Bangun Wiratmo, N. Dewi Juniar, and Stik. K. Immanuel Bandung Jl Wahid, "Analisis Kinerja Billing System Rumah Sakit Bhayangkara Tk II Sartika Asih dengan Menggunakan Metode PIECES," *Jurnal Ilmu Kesehatan Immanuel*, vol. 16, no. 1, 2022.

[28] R. S. Wachid and L. A. Muharom, "Penerapan E-Billing System Untuk Meningkatkan Layanan Air Minum di Desa Cumedak Kecamatan Sumberjambe, Jember," *Journal of Community Development*, vol. 3, no. 2, pp. 243–251, Aug. 2022, doi: 10.47134/comdev.v3i2.91.

[29] H. D. Aryanto, M. A. Anshori, and A. Hariyadi, "Design and Build a Billing Reminder Communication System for Kiosks in Urban Areas Based on Android," *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, vol. 12, no. 1, pp. 32–39, 2022.

[30] V. Ilhadi, D. Ardiansyah, and Muthmainnah, "Aplikasi Reminder Jadwal Kegiatan Berbasis Mobile," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 78–85, May 2022, doi: 10.29103/sisfo.v6i1.7974.

[31] M. S. Öztürk and H. Usul, "Detection Of Accounting Frauds Using The Rule-Based Expert Systems Within The Scope Of Forensic Accounting," in *Contemporary Studies in Economic and Financial Analysis*, vol. 102, Emerald Group Holdings Ltd., 2020, pp. 155–171. doi: 10.1108/S1569-375920200000102013.

[32] S. Smith and A. Kandel, *Verification and Validation of Rule-Based Expert Systems*. Boca Raton: CRC Press, 2018. Accessed: Jul. 12, 2026. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/339147208_Detection_of_Accounting_Frauds_Using_the_Rule-Based_Expert_Systems_within_the_Scope_of_Forensic_Accounting

[33] C. Dong *et al.*, "A Survey of Natural Language Generation," *ACM Comput. Surv.*, vol. 55, no. 8, Aug. 2023, doi: 10.1145/3554727.

[34] E. Reiter, *Natural Language Generation*. Springer Nature, 2024. doi: 10.1007/978-3-031-68582-8.

[35] R. Alfonsus Situmorang and E. Putra, "Web-Based Information System and Messaging at Boarding House Gang Famili No.03 Sei Sikambing Cii," 2025, doi: 10.54209/jurnalinstall.v17i06.404.

[36] Wisda, Nuraida Latif, R. Apriana, Neneng Awaliah, Kumar Vivek, and Kamaruddin, "Waste Service Retribution Management in Selayar Islands Regency through Website-Based Solutions," *Ceddi Journal of Information System and Technology (JST)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–13, Apr. 2024, doi: 10.56134/jst.v3i1.78.

[37] M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, and H. A. Reijers, *Fundamentals of Business Process Management*, 2nd ed. Berlin: Springer, 2018. doi: 10.1007/978-3-662-56509-4.

[38] S. Informasi, P. Jasa, P. Berbasis, W. Pada, P. Karya, and S. Jaya, "Penerapan Metode RAD Dalam Pengembangan," *Remik: Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, vol. 8, no. 3, 2024, doi: 10.33395/remik.v8i3.13944.

[39] A. Z. D. Nur Adiya, D. L. Anggraeni, and Ilham Albana, "Analisa Perbandingan Penggunaan Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak (Waterfall, Prototype, Iterative, Spiral, Rapid Application Development (RAD))," *Merkurius : Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, vol. 2, no. 4, pp. 122–134, Jun. 2024, doi: 10.61132/merkurius.v2i4.148.

[40] R. Kaban, D. Jm Sembiring, I. Margaretta, and B. Tarigan, "Monitoring System for Student Internships Using the Rapid Application Development (RAD) Method," *Instal: Indonesian Journal of Information Systems and Software Engineering*, vol. 15, no. 2, pp. 172–182, 2023, doi: 10.54209/jurnalkomputer.v15i02.172.

[41] L. P. Sumirat, D. Cahyono, Y. Kristyawan, and S. Kacung, *Dasar-Dasar Rekayasa Perangkat Lunak*, 1st ed. Malang: Madza Media, 2023. [Online]. Available: www.madzamedia.co.id

[42] F. Asrin, "Pemodelan Desain Sistem Berorientasi Objek Pada e-Guest Book Menggunakan Unified Modelling Language," *Computatio: Journal of Computer Science and Information Systems*, vol. 7, no. 1, pp. 50–62, 2023.

[43] A. Voutama, U. Singaperbangsa Karawang, J. H. Ronggo Waluyo, T. Timur, and J. Barat Kode, "Pemanfaatan UML (Unified Modeling Language) Dalam Perencanaan Sistem Penyewaan Baju Adat

Berbasis Website," *Jurnal Informatika, Manajemen dan Komputer*, vol. 14, no. 2, 2022.

[44] J. Margaretha and A. Voutama, "Perancangan Sistem Informasi Pemesanan Tiket Konser Musik Berbasis Web Menggunakan Unified Modeling Language (UML)," *JOINS (Journal of Information System)*, vol. 8, no. 1, pp. 20–31, Jun. 2023, doi: 10.33633/joins.v8i1.7107.

[45] T. Limbong and Sriadhi, *Pemrograman Web Dasar*, 1st ed. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2021.

[46] Michele. Riva, *Real-World Next.js : build scalable, high-performance, and modern web applications using Next.js, the React framework for production*. Birmingham, UK: Packt Publishing, 2022.

[47] B. Cherny, *Programming TypeScript: Making Your JavaScript Applications Scale*, 1st ed. United States: O'Reilly Media, Inc., 2019.

[48] Heribertus. A. Setyadi, A. Fauzi, Galih. S. Nurohim, and Doddy. S. Perbawa, *Sistem Basis Data Teori dan Implementasi di MySQL*. Yogyakarta: DEEPUBLISH, 2022.

[49] Y. D. Cahyono, L. W. Widianti, and S. I. Pramuningsih, "Pengujian Black Box Pada Website Sistem Informasi Pengelolaan Data Teritorial Menggunakan Metode Use Case Testing Untuk Operasi Militer," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 9, no. 2, 2025.

[50] H. Setiawan and D. Enda, "Pengujian Load Testing Website Jurusan Teknik Informatika Politeknik Negeri Bengkalis," *JEKIN - Jurnal Teknik Informatika*, vol. 5, no. 1, pp. 1–12, Jan. 2025, doi: 10.58794/jekin.v5i1.820.

[51] M. Alvian Kosim, S. Restu Aji, and M. Darwis, "Pengujian Usability Aplikasi Peduli Lindungi Dengan Metode System Usability Scale (SUS)," *Jurnal Sistem Informasi dan Sains Teknologi*, vol. 4, no. 2, 2022.

[52] M. K. Anam, Susanti, Nurjayadi, F. Zoromi, and A. K. Sari, "Evaluation of An Existing System Using The System Usability Scale (SUS) as A Guideline for System Improvement," *JURNAL TEKNIK INFORMATIKA*, vol. 18, no. 1, pp. 122–132, Apr. 2025, doi: 10.15408/jti.v18i1.40766.