



Pengembangan Sistem Layanan Pelanggan Pemesanan Mobil Berbasis PWA Terintegrasi Chatbot di CV. Simpati Trans Makassar

A.Haerul Fajar.S^{1*}, Sanatang², Muhammad Fajar B³

¹⁻³Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ahaerulfajar@gmail.com

Abstract. CV. SIMPATI TRANS MAKASSAR as a car rental company is faced with obstacles in the service process that are still conventional, such as limited access to information for customers, limited response time, and lack of communication efficiency. Therefore, this study aims to develop a car booking service system based on Progressive Web App (PWA) integrated with chatbot to improve service quality, ease of access, and operational efficiency. The research method used is Research and Development (R&D) with a prototype model. Chatbot integration allows the system to provide automatic responses to user questions related to vehicle information to service recommendations. The results of the study show that the developed system is able to simplify the process of booking cars online, and improve service quality through chatbots and provide a better user experience through PWA technology. Based on testing using ISO 25010 which includes aspects of functionality (100%, "Acceptable"), reliability (99.32%), usability (81.2% "Very Feasible"); satisfactory performance efficiency on desktop and mobile use, maintainability that meets the standards of Modularity, Modifiability, Analyzability & Testability, portability that works in various browsers, security shows no critical vulnerabilities that can threaten data integrity or user authentication and compatibility that meets compatibility in various browsers. In conclusion, the system is declared suitable for use as a customer service solution at CV. SIMPATI TRANS MAKASSAR

Keywords: Car booking system; Chatbot; Customer service; ISO 25010; PWA.

Abstrak. CV. SIMPATI TRANS MAKASSAR sebagai perusahaan penyewaan mobil dilatar belakangi oleh kendala dalam proses pelayanan yang masih bersifat konvensional, seperti keterbatasan akses informasi bagi pelanggan, keterbatasan waktu respon, dan kurangnya efisiensi komunikasi. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem layanan pemesanan mobil berbasis *Progressive Web App* (PWA) yang terintegrasi *chatbot* guna meningkatkan kualitas pelayanan, kemudahan akses, dan efisiensi operasional. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model *prototype*. Integrasi *chatbot* memungkinkan sistem memberikan respon otomatis terhadap pertanyaan pengguna terkait informasi kendaraan hingga rekomendasi layanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mempermudah proses pemesanan mobil secara online, dan meningkatkan kualitas layanan melalui *chatbot* serta memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik melalui teknologi PWA. Berdasarkan pengujian menggunakan ISO 25010 yang mencakup aspek *functionality* (100%, "Dapat Diterima"), *reliability* (99.32%), *usability* (81.2% "Sangat Layak"); *performance efficiency* yang memuaskan pada penggunaan *desktop* dan *mobile*, *maintainability* yang memenuhi standar *Modularity*, *Modifiability*, *Analyzability* & *Testability*, *portability* yang berfungsi di berbagai browser, *security* menunjukkan tidak adanya kerentanan kritis yang dapat mengancam integritas data maupun autentikasi pengguna dan *compatibility* yang memenuhi kompatibel di berbagai browser. Kesimpulannya sistem dinyatakan layak digunakan sebagai solusi layanan pelanggan di CV. SIMPATI TRANS MAKASSAR

Kata kunci: Chatbot; ISO 25010; Layanan pelanggan; PWA; Sistem pemesanan mobil.

1. LATAR BELAKANG

Persaingan bisnis semakin ketat dan perkembangan dunia bisnis yang semakin pesat yang di mana mendorong suatu perusahaan untuk selalu meningkatkan kualitas dan pelayanan kepada konsumennya agar perusahaan tersebut bisa bertahan dengan ketatnya persaingan bisnis, terutama dalam bidang industri otomotif yaitu rental mobil, yang merupakan layanan yang banyak diminati oleh masyarakat. Hingga saat ini, permintaan akan penyewaan mobil tetap sangat tinggi, baik dari masyarakat umum maupun pemerintah. Pemerintah juga memerlukan layanan rental mobil untuk mendukung kelancaran tugas dan fungsi administratif,

sesuai dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2021 mengenai pengadaan barang dan jasa untuk penggunaan pemerintah. Bagi sebagian orang yang ingin bepergian namun tidak memiliki kendaraan pribadi, menyewa mobil menjadi salah satu solusi terbaik (Syah et al 2024).

Pada awalnya, sebagian besar bisnis rental mobil masih menggunakan sistem konvensional yang di mana proses penyewaan masih dilakukan secara manual, yang seringkali memerlukan panggilan telepon dan dokumen fisik. Dan biasanya penyewa harus datang langsung ke kantor rental untuk mengisi formulir pemesanan secara tertulis, menyerahkan fotokopi identitas, serta melakukan pembayaran tunai. Proses ini juga mencakup pencatatan data pelanggan, ketersediaan mobil, dan laporan transaksi yang dilakukan secara manual dalam buku catatan. Hal ini sering kali kurang efektif, seperti kesalahan dalam pencatatan, keterlambatan dalam pelayanan, dan kesulitan dalam mengelola data yang berjumlah besar (Syah et al., 2024).

Seiring meningkatnya ekspektasi pelanggan terhadap layanan yang cepat, fleksibel dan berbasis teknologi, transformasi digital menjadi keharusan bagi pelaku usaha rental mobil. Melalui digitalisasi sistem, pengelola usaha dapat menawarkan layanan pemesanan online melalui *website* atau aplikasi, yang memberikan kemudahan bagi pelanggan untuk memeriksa mobil yang tersedia, memilih jenis kendaraan, dan melakukan pembayaran secara non-tunai. Selain itu, sistem digital ini memungkinkan pengelolaan data yang lebih terstruktur dan *real-time*, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas layanan kepada pelanggan. Dengan beralihnya ke transformasi digital dapat meningkatkan daya saing usaha, memperluas jangkauan pasar, serta memudahkan pemilik usaha dalam memantau kinerja bisnis secara menyeluruh (Kurniawati, 2021).

Beberapa penelitian sebelumnya telah telah berupaya menghadirkan solusi digital, seperti pengembangan aplikasi rental berbasis web maupun android, namun masih ditemukan beberapa keterbatasan seperti tidak tersedianya notifikasi otomatis, keterbatasan integritas layanan, dan ketergantungan pada platform tertentu. Penelitian yang telah dikembangkan oleh Arfando Saputra (2024) dengan berjudul Aplikasi *Marketplace* Penyewaan Mobil Berbasis *Website* menggunakan Metode *Rapid Application Development*. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan sistem penyewaan otomatis berbasis *website* menggunakan metode *Rapid Application Development* menciptakan sebuah platform yang memudahkan pengguna dalam melakukan penyewaan mobil secara online, yang dimana mampu mendukung proses pemesanan, melihat detail kendaraan, memberi rating, dan melakukan pembayaran secara efisien. Kelebihan dari penelitian ini yaitu sistem ini berbasis web memudahkan akses

pengguna kapan saja dan di mana saja dan sistem menggunakan framework *CodeIgniter* dan PHP yang dapat memudahkan pengembangan dan pemeliharaan sistem. Adapun kekurangan dari penelitian ini yaitu sistem ini tidak memiliki fitur notifikasi otomatis dan integrasi yang lebih luas yang dapat membatasi pengalaman pengguna dan efisiensi operasional. Adapun Penelitian yang dikembangkan oleh Restu (2021) yang berjudul Pengembangan Sistem Informasi Sewa Mobil Mini Bus Rute Makassar-Bone Berbasis Android. Penelitian ini yang dikembangkan menggunakan model *prototyping* berdasarkan *functionality*, *maintability*, *efficiency*, *portability*, dan *usability*. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi ini memiliki tingkat performa yang baik, termasuk antarmuka yang *user-friendly*, kemampuan mengelola data, serta kemudahan akses melalui platform playstore. Kelebihan dari penelitian ini yaitu sistem ini memenuhi standar kualitas perangkat lunak ISO 9126, memastikan kualitas sistem yang tinggi. Adapun kekurangan dari penelitian ini yaitu pengembangan sistem berbasis aplikasi android memerlukan waktu dan biaya tambahan untuk iterasi dan revisi, serta berpotensi menimbulkan ketergantungan pada feedback pengguna.

Kekurangan dari kedua penelitian tersebut dapat di atasi dengan penerapan teknologi *progressive web app* (PWA). Teknologi PWA menggabungkan keunggulan aplikasi *web* dan *mobile*, yang di mana teknologi PWA dapat memberikan notifikasi *push* secara *real-time*, mendukung akses *offline*, serta memiliki performa layaknya aplikasi native, namun tetap dapat diakses langsung melalui browser tanpa perlu instalasi dari playstore. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional dan pengalaman pengguna, tetapi mengurangi biaya dan waktu pengembangan, karena cukup membangun satu aplikasi yang dapat berjalan di berbagai perangkat. Dengan demikian PWA dapat menjadi solusi yang tepat untuk mengatasi kekurangan dari pendekatan *web* dan *mobile* dalam pengembangan sistem rental mobil.

Selain itu, Perkembangan teknologi yang begitu pesat, berbagai sektor bisnis mulai mengadopsi teknologi *Artificial Intelligence* (AI) guna meningkatkan kualitas layanan. AI memungkinkan sistem untuk mempelajari preferensi pelanggan, merespon pertanyaan secara otomatis, serta memberikan rekomendasi yang relevan berdasarkan perilaku pengguna. Dalam konteks rental mobil. Implementasi AI dapat diwujudkan dalam bentuk *chatbot*, sistem rekomendasi mobil dan pengambilan keputusan yang lebih baik. Menurut Sihite (2024), *chatbot* berfungsi sebagai asisten virtual yang mampu berinteraksi dengan pelanggan melalui teks maupun suara, memberikan informasi yang dibutuhkan. Kualitas layanan pelanggan sangat berpengaruh terhadap kepuasan pelanggan. Dengan penggunaan teknologi seperti *chatbot*, tingkat responsivitas dan efisiensi layanan dapat meningkat, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kepuasan dan loyalitas pelanggan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengembangkan sistem pemesanan mobil kendaraan berbasis teknologi digital. Salah satu penelitian yang relevan yaitu Penerapan *Web Service* Pada Aplikasi Sistem Pemesanan Rental Mobil (Jakaria & Dávid, 2022). Kelebihan dari penelitian ini memaksimalkan kinerja pelayanan dan menunjukkan bahwa digitalisasi proses pemesanan mampu mengurangi waktu pelayanan dan meningkatkan akurasi data. Kekurangan dari penelitian ini yaitu sistem pemesanannya berinteraksi dengan admin melalui pesan whatsapp. Untuk menutupi kekurangan tersebut diperlukan inovasi berupa integrasi *chatbot*, yang dimana dapat memberikan respon otomatis, cepat dan *real-time* terhadap pertanyaan atau permintaan pelanggan, tanpa perlu intervensi langsung dari admin dan dapat melayani pelanggan selama 24 jam.

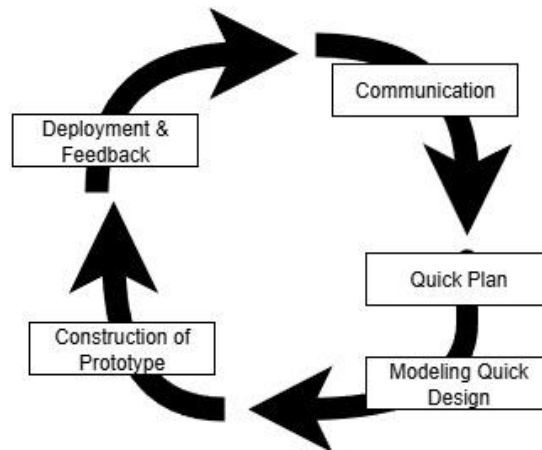
Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan di atas, pada penelitian ini akan mengembangkan suatu sistem pemesanan mobil berbasis *website* yang akan menyajikan pengguna dalam melakukan penyewaan mobil secara online disertai dengan proses pemesanannya, Sistem pemesanan mobil yang akan dikembangkan telah terintegrasi dengan PWA dan *chatbot* yang dimana mampu menggabungkan keunggulan web dan *mobile*, serta memungkinkan akses lebih cepat, ringan dan fleksibel tanpa bergantung dengan platform tertentu. Selain itu Teknologi AI dalam bentuk *chatbot* memberikan kualitas layanan dengan memberikan respon otomatis, *real-time*, dan mampu melayani pelanggan secara terus-menerus tanpa keterlibatan langsung admin. Dalam rangka mendukung peningkatan kualitas layanan pelanggan di industri rental mobil, maka dirancanglah sebuah penelitian yang berjudul "Pengembangan Sistem Layanan Pelanggan Pemesanan Mobil Berbasis PWA Terintegrasi Chatbot di CV. SIMPATI TRANS MAKASSAR".

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) untuk mengembangkan sistem layanan pelanggan pemesanan mobil berbasis *Progressive Web App* (PWA) yang terintegrasi *chatbot*. Penelitian dilaksanakan di CV. Simpati Trans Makassar, Makassar, Sulawesi Selatan. Pengembangan sistem menggunakan model *prototype* yang terdiri atas lima tahap, yaitu *communication*, *quick plan*, *modelling quick design*, *construction of prototype*, serta *deployment and feedback*.

Pada tahap *communication*, kebutuhan sistem diidentifikasi melalui observasi dan komunikasi dengan pihak CV. Simpati Trans Makassar untuk mengetahui proses pemesanan serta permasalahan layanan yang berlangsung. Tahap *quick plan* dilakukan dengan menentukan fitur utama sistem, meliputi layanan pemesanan kendaraan, informasi kendaraan,

pengelolaan data, serta integrasi *chatbot*. Tahap *modelling quick design* mencakup perancangan antarmuka dan alur interaksi sistem. Selanjutnya, pada tahap *construction of prototype*, sistem dikembangkan dengan fungsi pemesanan kendaraan, layanan *chatbot*, serta implementasi PWA. Prototipe kemudian diuji pada tahap *deployment and feedback* dan hasil evaluasi digunakan sebagai dasar perbaikan sistem.



Gambar 1. Model pengembangan *prototype*

Rancangan sistem meliputi pemodelan interaksi pengguna, aliran data, proses sistem, dan antarmuka menggunakan *use case diagram*, *context diagram*, *Data Flow Diagram (DFD)*, *activity diagram*, serta rancangan *user interface*. Sistem dirancang untuk tiga kelompok pengguna, yaitu pelanggan, admin, dan pemilik. Pelanggan dapat mengakses informasi kendaraan, melakukan pemesanan, menggunakan PWA, dan berinteraksi dengan *chatbot*. Admin mengelola kendaraan, pelanggan, sopir, dan transaksi, sedangkan pemilik memperoleh akses terhadap fungsi monitoring dan laporan operasional.

Data penelitian dikumpulkan melalui observasi, kuesioner, dan dokumentasi. Observasi digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan alur layanan pemesanan yang berjalan. Kuesioner digunakan untuk mengevaluasi fungsionalitas dan tanggapan pengguna terhadap sistem, sedangkan dokumentasi digunakan sebagai data pendukung selama proses pengembangan dan pengujian.

Evaluasi kualitas perangkat lunak mengacu pada karakteristik ISO 25010 yang meliputi *functional suitability*, *reliability*, *usability*, *performance efficiency*, *maintainability*, *portability*, *security*, dan *compatibility*. Metode dan instrumen pengujian diringkas pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode evaluasi kualitas sistem

Aspek	Metode/Instrumen Evaluasi	Parameter Utama
<i>Functional Suitability</i>	Validasi ahli sistem, skala Guttman	<i>Completeness, correctness, dan appropriateness</i>
<i>Reliability</i>	<i>Load testing</i> menggunakan Apache JMeter	Tingkat keberhasilan, <i>error rate</i> , waktu respons, dan <i>throughput</i>
<i>Usability</i>	Kuesioner pengguna, skala Likert 1–5	<i>Usability, performance, functionality, accessibility, dan satisfaction</i>
<i>Performance Efficiency</i>	Google PageSpeed Insights	<i>Performance, accessibility, best practices, dan SEO</i>
<i>Maintainability</i>	Evaluasi struktur dan perubahan sistem	<i>Modularity, modifiability, analyzability, dan testability</i>
<i>Portability</i>	BrowserStack dan pengujian pada perangkat aktual	Kemampuan sistem berjalan pada berbagai browser, sistem operasi, dan perangkat
<i>Security</i>	OWASP ZAP	Potensi dan tingkat risiko kerentanan sistem
<i>Compatibility</i>	PowerMapper	Kompatibilitas sistem pada berbagai browser dan platform

Validasi *functional suitability* dilakukan menggunakan instrumen ahli sistem dengan skala Guttman, yaitu skor 1 apabila fungsi berjalan sesuai kebutuhan dan skor 0 apabila fungsi tidak berjalan sesuai kebutuhan. Indikator evaluasi mencakup *completeness, correctness, dan appropriateness*. Persentase kelayakan dihitung dengan persamaan:

$$\text{Presentasi Kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\% \quad \dots(i)$$

Tanggapan pengguna terhadap sistem dievaluasi menggunakan kuesioner skala Likert lima tingkat, yaitu sangat setuju (5), setuju (4), kurang setuju (3), tidak setuju (2), dan sangat tidak setuju (1). Aspek yang dinilai meliputi kegunaan sistem, kinerja dan ketepatan respons *chatbot*, kemampuan memberikan rekomendasi, aksesibilitas PWA, serta kepuasan pengguna.

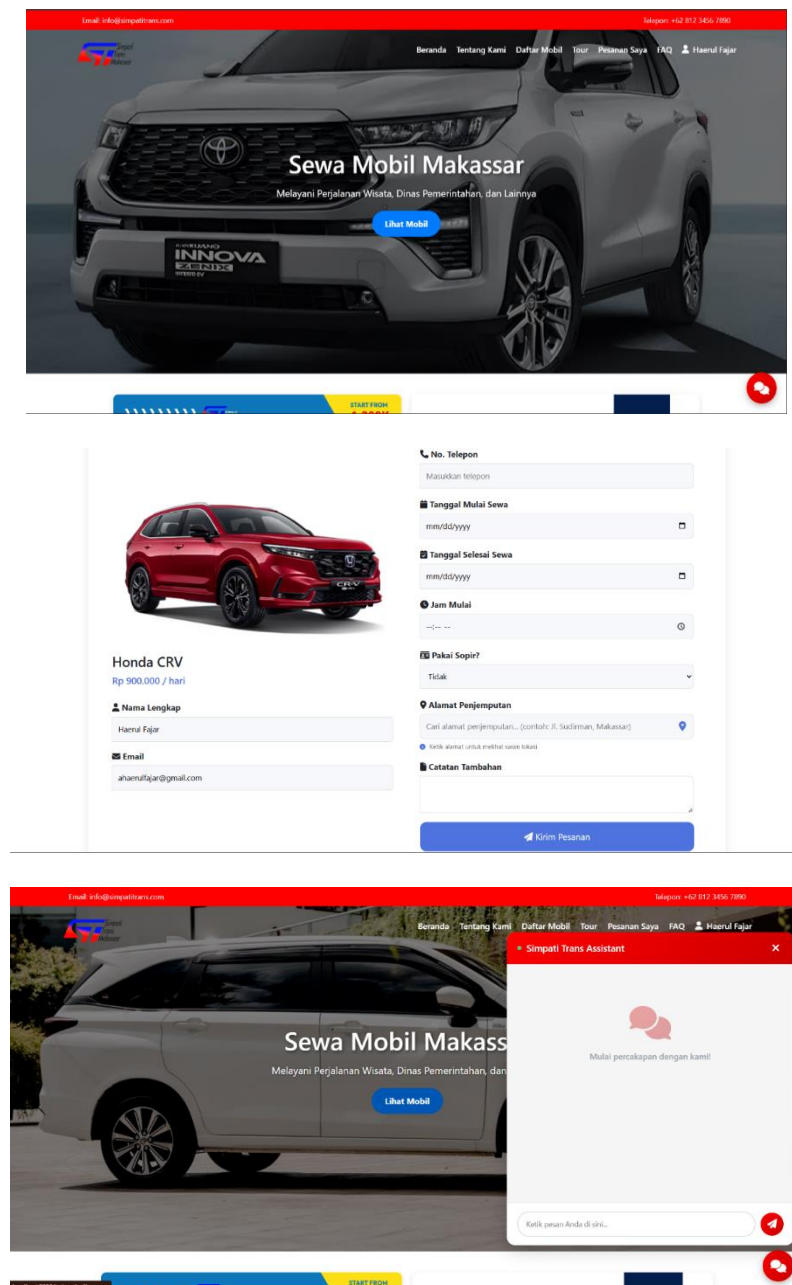
Data dianalisis secara deskriptif menggunakan skor dan persentase kelayakan. Persentase hasil evaluasi pengguna dihitung menggunakan perbandingan antara skor yang diperoleh dengan skor maksimum. Hasil kemudian dikategorikan menjadi sangat layak (81–100%), layak (61–80%), kurang layak (41–60%), tidak layak (21–40%), dan sangat tidak layak (0–20%).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan Sistem

Penelitian menghasilkan sistem layanan pelanggan pemesanan mobil berbasis *Progressive Web App* (PWA) yang terintegrasi *chatbot* pada CV. Simpati Trans Makassar. Sistem dikembangkan menggunakan *framework* Laravel, MySQL, HTML, dan JavaScript serta menyediakan tiga tingkat pengguna, yaitu pelanggan, admin, dan pemilik.

Sistem memungkinkan pelanggan memperoleh informasi kendaraan, melakukan pemesanan, melihat riwayat transaksi, serta memperoleh rekomendasi mobil, sopir, destinasi wisata, kuliner, dan penginapan melalui *chatbot*. Implementasi PWA memungkinkan sistem diakses melalui perangkat *desktop* maupun *mobile* dan mendukung akses terhadap beberapa bagian aplikasi ketika koneksi tidak tersedia. Admin memiliki fungsi pengelolaan kendaraan, sopir, transaksi, dan pemeliharaan kendaraan, sedangkan pemilik dapat memonitor transaksi, kendaraan, pendapatan, aktivitas pengguna, dan laporan operasional.



Gambar 1. Antarmuka utama sistem layanan pelanggan pemesanan mobil berbasis PWA terintegrasi *chatbot*

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa sistem dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan autentikasi pengguna, pengelolaan layanan berdasarkan hak akses, layanan pelanggan otomatis melalui *chatbot*, akses lintas perangkat berbasis PWA, serta antarmuka yang sederhana. Prototipe yang dikembangkan selanjutnya dievaluasi dan disempurnakan berdasarkan kebutuhan operasional CV. Simpati Trans Makassar.

Pengujian Kualitas Sistem

Kualitas sistem dievaluasi berdasarkan delapan karakteristik ISO 25010 yang mencakup *functional suitability*, *reliability*, *usability*, *performance efficiency*, *maintainability*, *portability*, *security*, dan *compatibility*. Ringkasan hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan hasil pengujian kualitas sistem

Aspek	Metode Pengujian	Hasil Utama
<i>Functional Suitability</i>	Validasi 2 ahli sistem, 79 <i>test case</i>	158/158 fungsi dinyatakan berjalan; kelayakan 100%
<i>Reliability</i>	Apache JMeter, 20–100 <i>virtual users</i>	Rata-rata keberhasilan 99,32%; <i>error rate</i> 0,68%
<i>Usability</i>	Kuesioner pengguna	Skor 3459/4160 atau 83,1%; kategori sangat layak
<i>Performance Efficiency</i>	Google PageSpeed Insights	Desktop: Performance 93; Mobile: Performance 83
<i>Maintainability</i>	Pengujian <i>modularity</i> , <i>modifiability</i> , <i>analyzability</i> , dan <i>testability</i>	Seluruh aspek dapat diterapkan tanpa mengganggu fungsi utama sistem
<i>Portability</i>	BrowserStack dan perangkat aktual	Berjalan tanpa <i>error</i> pada Windows, macOS, Android, dan iOS yang diuji
<i>Security</i>	OWASP ZAP	Tidak ditemukan risiko <i>high</i> atau <i>critical</i> ; terdapat temuan <i>low</i> dan <i>medium</i>
<i>Compatibility</i>	PowerMapper	Sistem kompatibel pada browser dan platform yang diuji

Functional Suitability

Pengujian *functional suitability* dilakukan oleh dua validator terhadap 79 *test case* yang mencakup fungsi autentikasi, layanan pelanggan, PWA, *chatbot*, pengelolaan kendaraan, transaksi, sopir, monitoring, dan laporan. Kedua validator memberikan penilaian positif terhadap seluruh fungsi sehingga diperoleh 158 jawaban "Ya" dan tidak terdapat jawaban "Tidak". Persentase kelayakan mencapai 100%, sehingga fungsi sistem dinyatakan dapat diterima.

Reliability

Pengujian *reliability* menggunakan Apache JMeter dengan simulasi 20, 50, dan 100 pengguna virtual pada fitur utama sistem, meliputi *landing page*, *login*, *booking*, dan *chatbot*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian *reliability*

Pengguna Virtual	Sampel	Rata-rata Waktu Respons	Error Rate	Tingkat Keberhasilan
20	400	2673 ms	0,00%	100%
50	1000	3359 ms	1,60%	98,40%
100	1985	5805 ms	0,45%	99,55%
Rata-rata	-	-	0,68%	99,32%

Sistem mampu mempertahankan tingkat keberhasilan rata-rata sebesar **99,32%**. Peningkatan jumlah pengguna menyebabkan peningkatan waktu respons, terutama pada simulasi 100 pengguna, tetapi tingkat kegagalan tetap rendah.

Usability

Penilaian pengguna meliputi aspek *usability*, *performance*, *functionality*, *accessibility*, dan *satisfaction*. Hasil keseluruhan memperoleh skor 3459 dari skor maksimal 4160 atau 83,1%, sehingga termasuk kategori sangat layak.

Tabel 4. Hasil pengujian *usability*

Aspek	Skor	Skor Maksimal	Persentase	Kategori
<i>Usability</i>	852	1040	81,9%	Sangat layak
<i>Performance</i>	635	780	81,4%	Sangat layak
<i>Functionality</i>	866	1040	83,2%	Sangat layak
<i>Accessibility</i>	645	780	82,6%	Sangat layak
<i>Satisfaction</i>	461	520	88,6%	Sangat layak
Total	3459	4160	83,1%	Sangat layak

Aspek dengan nilai tertinggi adalah *satisfaction* sebesar 88,6%, sedangkan nilai terendah terdapat pada aspek *performance* sebesar 81,4%. Umpan balik pengguna terutama berkaitan dengan respons *chatbot* yang dinilai masih terlalu panjang atau berulang. Pengguna menyarankan penggunaan bahasa yang lebih sederhana, respons yang lebih ringkas, penambahan *chat history*, serta dukungan interaksi berbasis gambar.

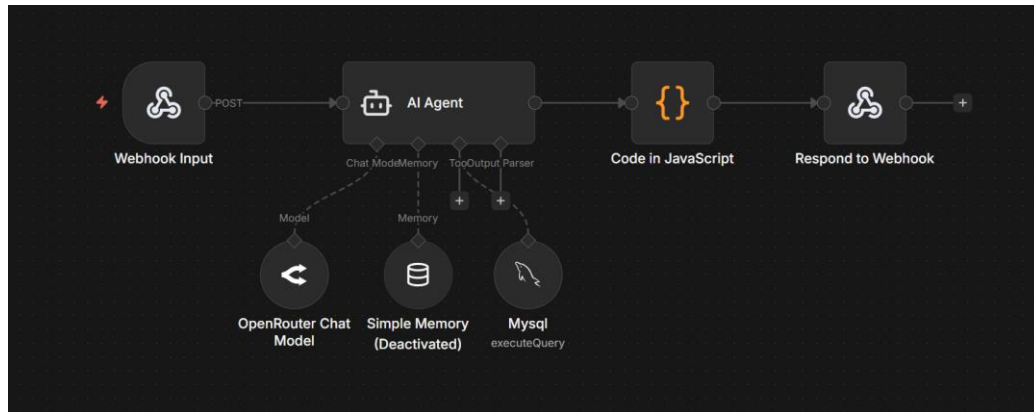
Performance Efficiency

Pengujian menggunakan Google PageSpeed Insights menunjukkan skor pada perangkat *desktop* masing-masing sebesar 93 untuk *Performance*, 83 untuk *Accessibility*, 73 untuk *Best Practices*, dan 91 untuk *SEO*. Pada perangkat *mobile* diperoleh skor 83 untuk *Performance*, 81 untuk *Accessibility*, 73 untuk *Best Practices*, dan 91 untuk *SEO*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa performa sistem lebih tinggi pada perangkat *desktop*, meskipun sistem tetap dapat digunakan pada perangkat *mobile*.

Maintainability

Evaluasi *maintainability* mencakup *modularity*, *modifiability*, *analyzability*, dan *testability*. Arsitektur *chatbot* dikembangkan secara modular menggunakan *workflow n8n* yang terdiri atas *Webhook*, *AI Agent*, *OpenRouter Chat Model*, *MySQL*, *Code in JavaScript*, dan

Respond to Webhook. Perubahan konfigurasi *system message* maupun data kendaraan dapat dilakukan tanpa mengubah keseluruhan aplikasi atau mengganggu modul lainnya.



Gambar 2. Arsitektur *workflow chatbot* pada platform n8n

Pengujian juga menunjukkan bahwa perubahan data dapat langsung ditampilkan kepada pengguna, sistem mampu memberikan pesan kesalahan ketika terjadi kesalahan autentikasi, dan konfigurasi respons *chatbot* dapat diubah tanpa melakukan *restart server*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem memenuhi aspek *modularity*, *modifiability*, *analyzability*, dan *testability*.

Portability dan Compatibility

Pengujian *portability* menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan tanpa ditemukan *error* pada Google Chrome dan Microsoft Edge di Windows 11, Mozilla Firefox di Windows 11, Safari di macOS, Google Chrome di Android, serta Safari di iOS. Pengujian menggunakan PowerMapper juga menunjukkan kompatibilitas sistem pada beberapa versi browser Edge, Firefox, Safari, Opera, dan Chrome yang diuji.

Security

Pemindaian menggunakan OWASP ZAP tidak menemukan kerentanan dengan tingkat risiko *high* atau *critical*. Meskipun demikian, terdapat beberapa temuan pada tingkat *low* dan *medium*. Salah satu temuan tingkat menengah adalah tidak adanya *Anti-CSRF token* pada beberapa formulir. Tidak ditemukan eksploitasi aktif selama pengujian, tetapi temuan tersebut menunjukkan perlunya penambahan mekanisme perlindungan CSRF untuk meningkatkan keamanan sistem.

Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan sistem layanan pelanggan pemesanan mobil berbasis *Progressive Web App* (PWA) yang terintegrasi *chatbot* pada CV. Simpati Trans Makassar. Sistem dikembangkan untuk mengatasi proses pelayanan yang sebelumnya masih bergantung

pada komunikasi konvensional dengan menyediakan akses informasi kendaraan, pemesanan, serta layanan informasi otomatis melalui *chatbot*. Pemanfaatan PWA memungkinkan sistem diakses melalui *desktop* maupun perangkat *mobile* tanpa mengharuskan pengguna memasang aplikasi melalui *application store*. Karakteristik tersebut sesuai dengan konsep PWA yang menggabungkan fleksibilitas aplikasi web dengan sejumlah karakteristik aplikasi *native*, termasuk *installability*, penggunaan *service worker*, kemampuan penyimpanan *cache*, dan dukungan akses ketika kualitas jaringan tidak optimal (Roumeliotis & Tselikas, 2022).

Penerapan PWA pada penelitian ini sejalan dengan Karli et al. (2023) yang mengimplementasikan PWA pada situs Frizfoo. Penelitian tersebut menunjukkan peningkatan performa sebesar 36% setelah penerapan PWA, penurunan ukuran sumber daya yang ditransfer dari 3,1 MB menjadi 1,8 MB, serta penurunan waktu pemuatan dari 3,65 detik menjadi 826 milidetik. Sistem tersebut juga dapat digunakan dalam kondisi *offline* atau ketika koneksi internet tidak stabil. Hudianti et al. (2023) mendapatkan hasil serupa pada sistem pengelolaan potensi desa wisata, yaitu PWA memungkinkan informasi tetap lebih mudah diakses pada kondisi jaringan yang bervariasi melalui pemanfaatan *service worker* dan *web app manifest*. Temuan tersebut mendukung pemilihan PWA pada sistem CV. Simpati Trans Makassar, terutama karena pelanggan rental dapat mengakses sistem melalui berbagai perangkat dan kondisi jaringan tanpa bergantung pada instalasi aplikasi *native*.

Keunggulan PWA untuk sistem transaksi juga ditunjukkan oleh Andreas et al. (2024) pada aplikasi reservasi penyedia makan-minum. Aplikasi berbasis PWA tersebut dapat mendukung proses reservasi dan memperoleh penerimaan pengguna sebesar 84% berdasarkan *User Acceptance Testing*. Bimanatara et al. (2025) juga mengembangkan sistem pesan-antar makanan berbasis PWA yang mendukung akses *online-offline*, *push notification*, dan pemasangan aplikasi melalui *home screen*. Fitur-fitur tersebut relevan dengan kebutuhan layanan transportasi yang memerlukan akses cepat terhadap pemesanan dan informasi layanan. Dengan demikian, penerapan PWA dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai pilihan teknologi, tetapi sesuai dengan karakteristik bisnis rental mobil yang membutuhkan akses lintas perangkat, kemudahan penggunaan, dan respons sistem yang cepat.

Integrasi *chatbot* merupakan pembeda penting dibandingkan sistem pemesanan kendaraan berbasis web biasa. *Chatbot* pada sistem ini tidak hanya digunakan untuk menjawab pertanyaan terkait kendaraan, tetapi juga menyediakan rekomendasi kendaraan, destinasi wisata, kuliner, serta penginapan berdasarkan kebutuhan pengguna. Misischia et al. (2022) menjelaskan bahwa penggunaan *chatbot* pada layanan pelanggan dapat diarahkan pada dua tujuan utama, yaitu meningkatkan performa layanan dan memenuhi ekspektasi pelanggan

melalui fungsi interaksi, pemecahan masalah, personalisasi, serta pemberian informasi. Nicolescu dan Tudorache (2022) juga menemukan bahwa pengalaman pengguna terhadap *customer service chatbot* dipengaruhi oleh kualitas interaksi, kualitas informasi, karakteristik percakapan, serta kemampuan sistem dalam memenuhi kebutuhan pengguna. Hal tersebut mendukung integrasi *chatbot* pada sistem CV. Simpati Trans Makassar sebagai sarana untuk meningkatkan ketersediaan dan efisiensi layanan pelanggan.

Penggunaan *chatbot* sebagai sistem rekomendasi juga memiliki kesesuaian dengan Susanti et al. (2023) yang mengembangkan sistem rekomendasi destinasi wisata di Bali yang dilengkapi *chatbot* sebagai layanan pelanggan. *Chatbot* pada penelitian tersebut mampu mengenali kata kunci dan memberikan keluaran sesuai dengan pertanyaan pengguna. Sari dan Adinda (2023) selanjutnya menunjukkan bahwa kebutuhan pengguna ketika berinteraksi dengan *chatbot* tidak hanya berkaitan dengan pencarian informasi, tetapi juga transaksi, keamanan, hiburan, dan penyampaian keluhan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penyediaan rekomendasi kendaraan dan tempat wisata pada sistem CV. Simpati Trans Makassar dapat memperluas fungsi *chatbot* dari sekadar mekanisme tanya-jawab menjadi bagian dari pengalaman pelanggan selama proses pemilihan layanan.

Kualitas *chatbot* tidak hanya ditentukan oleh keberadaan fitur tersebut. Følstad dan Taylor (2021) menunjukkan bahwa pengalaman pengguna dipengaruhi oleh bagaimana percakapan berlangsung dan bagaimana *chatbot* merespons kebutuhan pengguna selama interaksi. Yun dan Park (2022) menemukan bahwa *reliability* dan *assurance* dari layanan *chatbot* berpengaruh positif terhadap kepuasan pelanggan, sedangkan unsur interaktivitas dan empati juga dapat memengaruhi kepuasan pada kondisi tertentu. Wut et al. (2024) menemukan bahwa kompetensi *chatbot* berkaitan dengan kualitas layanan dan pengalaman pengguna. Sonntag et al. (2025) menambahkan bahwa efisiensi *chatbot* dipengaruhi oleh antarmuka yang intuitif, kemampuan memahami pertanyaan secara tepat tanpa pengulangan, serta pemberian jawaban yang jelas. Temuan tersebut relevan dengan umpan balik pengguna pada penelitian ini yang masih menilai beberapa respons *chatbot* terlalu panjang atau berulang. Perbaikan berikutnya perlu difokuskan pada respons yang lebih ringkas, kemampuan mempertahankan konteks percakapan, serta peningkatan ketepatan rekomendasi.

Sistem dikembangkan menggunakan PHP, HTML, CSS, JavaScript, MySQL, serta platform n8n untuk mengatur alur kerja *chatbot*. Penggunaan n8n memungkinkan proses percakapan disusun secara modular melalui beberapa komponen, mulai dari penerimaan masukan pengguna, pengolahan permintaan, koneksi dengan model percakapan dan basis data, hingga pengiriman respons. Arsitektur tersebut memberikan fleksibilitas karena perubahan

pada alur *chatbot* dapat dilakukan tanpa harus memodifikasi keseluruhan komponen aplikasi. Pendekatan modular menjadi relevan terutama pada sistem berbasis *chatbot* karena kebutuhan informasi, basis pengetahuan, dan pola interaksi pelanggan dapat berubah setelah sistem digunakan.

Pengembangan sistem menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model *prototype* yang terdiri atas tahap *communication*, *quick plan*, *modelling quick design*, *construction of prototype*, serta *deployment and feedback*. Pemilihan model *prototype* sesuai dengan karakteristik sistem layanan pelanggan yang membutuhkan interaksi intensif antara pengembang dan calon pengguna. Subianto et al. (2023) menunjukkan bahwa model *prototyping* pada pengembangan sistem informasi berbasis web memungkinkan kebutuhan pengguna divalidasi sejak awal dan disempurnakan melalui umpan balik berulang. Pendekatan tersebut mengurangi kemungkinan perbedaan antara kebutuhan operasional pengguna dengan fungsi akhir aplikasi.

Pada tahap *communication*, observasi dan wawancara dengan pemilik CV. Simpati Trans Makassar digunakan untuk mengidentifikasi alur pemesanan dan kendala pelayanan yang sedang berjalan. Tahap ini penting karena efektivitas sistem layanan pelanggan ditentukan oleh kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna dan proses bisnis. Sari dan Adinda (2023) menunjukkan bahwa pemetaan pengalaman pengguna dapat mengidentifikasi titik interaksi yang menjadi sumber masalah sekaligus peluang pengembangan *chatbot*. Dalam penelitian ini, identifikasi kebutuhan sejak tahap awal menghasilkan kebutuhan utama berupa layanan pemesanan, informasi kendaraan, pengelolaan data, akses berdasarkan tingkat pengguna, serta pelayanan pelanggan otomatis.

Tahap *quick plan* dan *modelling quick design* kemudian menerjemahkan kebutuhan tersebut menjadi fitur sistem serta rancangan antarmuka dan alur interaksi. Sistem dirancang untuk pelanggan, admin, dan pemilik sehingga masing-masing pengguna mempunyai fungsi sesuai kebutuhan operasional. Pelanggan memperoleh fungsi pencarian informasi, pemesanan, dan penggunaan *chatbot*, sedangkan admin dan pemilik memperoleh fungsi pengelolaan serta monitoring. Pemisahan fungsi berdasarkan hak akses membantu menjaga kejelasan interaksi dan mengurangi kompleksitas antarmuka yang diterima oleh masing-masing pengguna. Hal ini sesuai dengan prinsip kualitas penggunaan perangkat lunak bahwa sistem perlu disesuaikan dengan tujuan dan karakteristik pengguna yang menjalankan fungsi tersebut (Mulyawan et al., 2021).

Tahap *construction of prototype* menghasilkan fungsi dasar pemesanan kendaraan, implementasi PWA, dan integrasi *chatbot*. Prototipe kemudian diuji pada tahap *deployment and feedback*. Siklus ini memungkinkan masukan pengguna digunakan untuk menyempurnakan sistem sebelum dinilai sebagai produk akhir. Pendekatan pengembangan iteratif tersebut juga ditemukan pada berbagai sistem berbasis web yang menggunakan model *prototype*, terutama ketika kebutuhan pengguna masih dapat berubah selama proses pengembangan (Subianto et al., 2023). Dengan demikian, model *prototype* pada penelitian ini sesuai untuk pengembangan sistem yang mengintegrasikan beberapa komponen sekaligus, yaitu layanan transaksi, PWA, dan *chatbot*.

Kualitas sistem selanjutnya dievaluasi menggunakan delapan karakteristik ISO/IEC 25010, yaitu *functional suitability*, *reliability*, *usability*, *performance efficiency*, *maintainability*, *portability*, *security*, dan *compatibility*. Penggunaan ISO/IEC 25010 memberikan evaluasi yang lebih luas dibandingkan pengujian yang hanya menilai keberhasilan fungsi. Mulyawan et al. (2021) menjelaskan bahwa ISO/IEC 25010 telah digunakan untuk mengevaluasi berbagai jenis sistem informasi, aplikasi seluler, sistem pemerintahan, dan sistem pendukung keputusan. Nurhuda et al. (2021) juga menggunakan delapan karakteristik ISO/IEC 25010 dalam evaluasi aplikasi Sapawarga dan menemukan bahwa *functional suitability*, *usability*, dan *performance efficiency* merupakan karakteristik yang mempunyai prioritas tinggi dalam menentukan kualitas aplikasi.

Pada aspek *functional suitability*, dua validator melakukan pengujian terhadap 79 *test case* dan seluruh fungsi memperoleh jawaban positif, sehingga nilai kelayakan mencapai 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa fungsi yang telah ditentukan pada tahap perancangan dapat dijalankan sesuai kebutuhan. Hasil tersebut sejalan dengan Hidayatulloh dan Dellia (2023), yang memperoleh nilai *functional suitability* 100% pada evaluasi sistem informasi sekolah berbasis ISO 25010. Kesamaan hasil menunjukkan bahwa pengujian berbasis skenario fungsi dapat memberikan bukti bahwa komponen yang dikembangkan berjalan sesuai spesifikasi. Meskipun demikian, nilai 100% pada *functional suitability* tidak serta-merta menunjukkan bahwa keseluruhan kualitas sistem telah sempurna karena aspek performa, pengalaman pengguna, keamanan, dan keandalan tetap memerlukan evaluasi tersendiri.

Pengujian *reliability* menggunakan Apache JMeter pada 20, 50, dan 100 pengguna virtual menunjukkan bahwa sistem tetap dapat beroperasi pada peningkatan beban. Pada 20 pengguna diperoleh waktu respons rata-rata 2673 ms tanpa *error*, sedangkan pada pengujian 50 pengguna ditemukan *error rate* 1,60%. Ketika beban meningkat, waktu respons juga meningkat, sehingga menunjukkan adanya hubungan antara jumlah akses simultan dan

performa sistem. Meskipun tingkat kegagalan masih rendah, peningkatan waktu respons pada beban yang lebih besar perlu menjadi perhatian apabila jumlah pelanggan meningkat. Evaluasi semacam ini sesuai dengan ISO/IEC 25010 karena *reliability* tidak hanya berkaitan dengan keberhasilan fungsi, tetapi dengan kemampuan perangkat lunak mempertahankan layanan pada kondisi penggunaan tertentu (Mulyawan et al., 2021; Nurhuda et al., 2021).

Pengujian *usability* menunjukkan nilai 81,2% dengan kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengguna secara umum dapat menerima sistem dari aspek *usability*, *performance*, *functionality*, *accessibility*, dan *satisfaction*. Hidayatulloh dan Dellia (2023) mendapatkan *usability* 90% pada sistem informasi sekolah, sedangkan Andreas et al. (2024) memperoleh penerimaan pengguna sebesar 84% pada aplikasi reservasi berbasis PWA. Perbedaan persentase dapat dipengaruhi oleh karakteristik sistem, pengguna, instrumen, dan kompleksitas fitur yang diuji sehingga nilai antarpengelitian tidak dapat dibandingkan secara langsung. Namun, keseluruhan temuan menunjukkan bahwa aplikasi web yang mengoptimalkan aksesibilitas dan kemudahan interaksi cenderung memperoleh penerimaan pengguna yang baik.

Aspek *usability* juga perlu dibaca bersama umpan balik terhadap *chatbot*. Beberapa pengguna menilai respons masih terlalu panjang atau berulang serta mengusulkan bahasa yang lebih sederhana, *chat history*, dan dukungan interaksi berbasis gambar. Temuan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan fungsi *chatbot* belum selalu identik dengan pengalaman percakapan yang optimal. Følstad dan Taylor (2021) menekankan pentingnya pengalaman dialog pada interaksi pengguna dengan *customer service chatbot*. Wut et al. (2024) juga menunjukkan bahwa kompetensi *chatbot* merupakan faktor yang berkaitan dengan pengalaman pengguna dan kualitas layanan. Pengembangan berikutnya perlu mempertimbangkan evaluasi khusus terhadap kualitas percakapan selain evaluasi perangkat lunak secara umum.

Pada aspek *performance efficiency*, pengujian Google PageSpeed Insights menghasilkan skor *performance* 93 pada *desktop* dan 83 pada *mobile*. Skor *accessibility* masing-masing sebesar 83 dan 81, *best practices* 73 pada kedua perangkat, serta SEO 91. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa performa pada *desktop* lebih tinggi dibandingkan *mobile*. Penelitian Karli et al. (2023) menunjukkan bahwa implementasi PWA dapat mempercepat pemuatan halaman dan mengurangi ukuran sumber daya yang ditransfer. Alfaz dan Kurniawardhani (2024) juga menggunakan Lighthouse dalam mengevaluasi PWA dan memperoleh skor *performance* 76, *accessibility* 89, *best practices* 93, dan SEO 100. Hasil penelitian CV. Simpati Trans Makassar memperlihatkan performa yang baik, tetapi skor *best practices* 73 masih menunjukkan ruang perbaikan pada implementasi teknis aplikasi.

Aspek *maintainability* dievaluasi melalui *modularity*, *modifiability*, *analyzability*, dan *testability*. Sistem memungkinkan konfigurasi *chatbot* diubah tanpa mengubah kode utama dan perubahan dapat diterapkan tanpa mengganggu modul lainnya. Struktur tersebut memberikan keuntungan dalam pengembangan jangka panjang karena perubahan data kendaraan, konfigurasi respons, maupun alur percakapan dapat dilakukan secara terpisah. Karakteristik ini sesuai dengan ISO/IEC 25010 yang menempatkan kemampuan perangkat lunak untuk dianalisis, dimodifikasi, dan diuji kembali sebagai bagian dari kualitas produk (Mulyawan et al., 2021). Arsitektur modular juga relevan dengan sistem *chatbot* karena pola pertanyaan dan informasi layanan dapat terus berubah setelah implementasi.

Pengujian *portability* menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan pada berbagai kombinasi sistem operasi, perangkat, dan *browser* yang diuji tanpa ditemukan *error*. Hasil tersebut sejalan dengan karakteristik dasar PWA yang tidak bergantung pada satu sistem operasi. Bimanatara et al. (2025) menunjukkan bahwa PWA dapat dipasang melalui *browser*, mendukung *home screen*, serta digunakan pada kondisi *online* maupun *offline*. Karli et al. (2023) juga menemukan bahwa PWA dapat digunakan dengan baik pada berbagai perangkat *mobile*. Hidayatulloh dan Dellia (2023) memperoleh nilai *portability* 100% ketika sistem diuji pada beberapa *browser*. Hasil tersebut memperkuat temuan bahwa pemilihan PWA sesuai untuk sistem layanan pelanggan yang penggunanya berpotensi menggunakan perangkat dan *browser* yang berbeda.

Hasil *compatibility* melalui PowerMapper juga menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan pada beberapa *browser* seperti Chrome, Firefox, Safari, dan Edge. Kompatibilitas lintas *browser* menjadi penting karena sistem berbasis PWA bergantung pada kemampuan *browser* dalam menjalankan teknologi web yang digunakan. Roumeliotis dan Tselikas (2022) menjelaskan bahwa PWA memanfaatkan komponen teknologi web modern untuk menghadirkan pengalaman mendekati aplikasi *native*. Dengan demikian, keberhasilan sistem pada beberapa *browser* menunjukkan bahwa implementasi teknologi yang digunakan telah memiliki cakupan penggunaan yang cukup luas, meskipun pengujian berkala tetap diperlukan karena versi *browser* dan dukungan terhadap fitur web terus berkembang.

Pengujian *security* menggunakan OWASP ZAP tidak menemukan kerentanan dengan risiko *high* atau *critical*, tetapi masih ditemukan beberapa temuan *low* dan *medium*, termasuk tidak adanya *Anti-CSRF token* pada beberapa formulir. Hasil tersebut harus ditafsirkan sebagai kondisi bahwa pengujian belum menemukan kerentanan kritis pada skenario pemindaian yang dilakukan, bukan bahwa sistem sepenuhnya bebas dari risiko keamanan. Saragih et al. (2023) menunjukkan bahwa OWASP ZAP dapat digunakan untuk mengidentifikasi kerentanan

aplikasi web dan bahwa penerapan *secure code*, termasuk perlindungan terhadap *Cross-Site Request Forgery* (CSRF), diperlukan untuk menutup celah yang teridentifikasi. Dengan demikian, temuan *Anti-CSRF token* pada penelitian ini perlu ditindaklanjuti melalui implementasi token pada formulir yang mengubah data dan pengujian keamanan kembali setelah perbaikan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem layanan pelanggan pemesanan mobil berbasis PWA terintegrasi *chatbot* telah memenuhi fungsi utama dan memperoleh penerimaan pengguna yang baik. Penggunaan PWA mendukung akses lintas perangkat, fleksibilitas instalasi, dan performa aplikasi, sedangkan integrasi *chatbot* memperluas layanan dari sekadar proses pemesanan menjadi penyediaan informasi dan rekomendasi. Hasil tersebut konsisten dengan penelitian PWA pada sistem perdagangan, reservasi, dan layanan digital serta penelitian *chatbot* yang menunjukkan manfaat teknologi tersebut dalam meningkatkan ketersediaan informasi dan efisiensi layanan pelanggan (Karli et al., 2023; Misischia et al., 2022; Nicolescu & Tudorache, 2022). Namun, peningkatan waktu respons ketika beban bertambah, respons *chatbot* yang masih panjang atau berulang, skor *best practices* yang belum optimal, serta temuan CSRF menunjukkan bahwa pengembangan sistem masih perlu dilanjutkan.

Pengembangan berikutnya dapat diarahkan pada optimasi performa perangkat *mobile*, penyederhanaan dan peningkatan konteks respons *chatbot*, penyediaan *chat history*, dukungan interaksi multimodal, integrasi *chatbot* dengan proses pemesanan secara *end-to-end*, serta penerapan mekanisme keamanan seperti CSRF token. Sonntag et al. (2025) menunjukkan bahwa efektivitas *customer service chatbot* dipengaruhi oleh kemampuan memahami pertanyaan secara akurat, memberikan respons yang jelas, menangani kebutuhan yang lebih kompleks, dan menjaga keamanan data. Van der Goot et al. (2024) juga menunjukkan bahwa persepsi pengguna terhadap *customer service chatbot* dipengaruhi oleh bagaimana teknologi tersebut disajikan dan dialami selama proses interaksi. Pengembangan pada aspek-aspek tersebut dapat meningkatkan tidak hanya kualitas teknis perangkat lunak, tetapi juga kualitas pengalaman pengguna selama memperoleh layanan dari CV. Simpati Trans Makassar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem layanan pelanggan pemesanan mobil berbasis *Progressive Web App* (PWA) yang terintegrasi *chatbot* di CV. Simpati Trans Makassar berhasil dikembangkan menggunakan model *prototype* untuk memudahkan pelanggan memperoleh informasi layanan rental, melakukan pemesanan kendaraan secara daring melalui perangkat

desktop maupun *mobile*, serta memperoleh rekomendasi kendaraan, destinasi wisata, kuliner, dan penginapan melalui *chatbot*. Tanggapan pengguna menunjukkan tingkat kelayakan sebesar 83,1% dengan kategori sangat layak, sedangkan pengujian kualitas berdasarkan ISO 25010 menunjukkan *functional suitability* sebesar 100%, *reliability* dengan tingkat keberhasilan rata-rata 99,32%, performa PageSpeed Insights sebesar 93 pada *desktop* dan 83 pada *mobile*, pemenuhan aspek *maintainability* berupa *modularity*, *modifiability*, *analyzability*, dan *testability*, serta kemampuan *portability* dan *compatibility* pada berbagai *browser* dan perangkat yang diuji. Pemindaian OWASP ZAP tidak menemukan kerentanan berisiko *high* atau *critical*, meskipun masih terdapat temuan tingkat *medium* berupa ketiadaan *Anti-CSRF token* pada beberapa formulir. Pengembangan selanjutnya disarankan mencakup dukungan *multi-language*, integrasi *chatbot* dengan proses pemesanan secara *end-to-end*, optimalisasi PWA pada jaringan lambat, integrasi *payment gateway*, penerapan *CSRF token* pada setiap formulir, serta penyempurnaan pemrosesan bahasa pada *chatbot* agar menghasilkan respons yang lebih ringkas, tepat, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

DAFTAR REFERENSI

- Alfaz, R. Z., & Kurniawardhani, A. (2024). Ikhlas App: Aplikasi pengelolaan masjid berbasis PWA di Masjid Al-Ikhlas Sorosutan Yogyakarta. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 9(2), 87–96. [doi:10.31294/ijcit.v9i2.24417](https://doi.org/10.31294/ijcit.v9i2.24417)
- Andreas, R., Ripanti, E. F., & Nyoto, R. D. (2024). Aplikasi reservasi online penyedia makan minum berbasis Progressive Web Apps. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN)*, 12(1), 226–231. [doi:10.26418/justin.v12i1.74874](https://doi.org/10.26418/justin.v12i1.74874)
- Bimanatara, C. K. M., Akbar, F. A., & Puspaningrum, E. Y. (2025). Implementasi Progressive Web Application (PWA) dalam pengembangan sistem pesan-antar makanan (Studi kasus: WiraWiri Bojonegoro). *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(2), 185–196. [doi:10.23960/jitet.v13i2.6132](https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6132)
- Følstad, A., & Taylor, C. (2021). Investigating the user experience of customer service chatbot interaction: A framework for qualitative analysis of chatbot dialogues. *Quality and User Experience*, 6, Article 6. [doi:10.1007/s41233-021-00046-5](https://doi.org/10.1007/s41233-021-00046-5)
- Hidayatulloh, N. W., & Dellia, P. (2023). Evaluasi sistem informasi sekolah terintegrasi Instagram dan WhatsApp berdasarkan pengujian ISO 25010. *JSI: Jurnal Sistem Informasi (E-Journal)*, 15(2), 3330–3342. [doi:10.18495/jsi.v15i2.134](https://doi.org/10.18495/jsi.v15i2.134)
- Hudianti, E., Maulana, D., & Nugroho, M. A. (2023). Implementasi Progressive Web Apps untuk sistem pengelolaan potensi Desa Wisata Kali Opak Tujuh Bulan. *Journal of Information System Management (JOISM)*, 4(2), 86–90. [doi:10.24076/joism.2023v4i2.964](https://doi.org/10.24076/joism.2023v4i2.964)
- Jakaria, J., & Dávid, D. (2022). Penerapan web service pada aplikasi sistem pemesanan rental mobil. *Jurnal Ilmiah IT CIDA*, 7(2). <https://doi.org/10.55635/jic.v7i2.143>

- Karli, T., Muawwal, A., & Thayf, M. S. S. (2023). Implementasi Progressive Web Application pada website Frizfoo menggunakan Express.js. *KHARISMA Tech*, 18(2), 110–124. [doi:10.55645/kharismatech.v18i2.445](https://doi.org/10.55645/kharismatech.v18i2.445)
- Kurniawati, L. (2021). Strategi digital marketing dan komunikasi bisnis untuk entrepreneur pemula di Indonesia. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 7(3), 371–391. <https://doi.org/10.35326/pencerah.v7i3.1291>
- Misischia, C. V., Poecze, F., & Strauss, C. (2022). Chatbots in customer service: Their relevance and impact on service quality. *Procedia Computer Science*, 201, 421–428. [doi:10.1016/j.procs.2022.03.055](https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.03.055)
- Mulyawan, M. D., Kumara, I. N. S., Swamardika, I. B. A., & Saputra, K. O. (2021). Kualitas sistem informasi berdasarkan ISO/IEC 25010: Literature review. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 20(1), 15–28. [doi:10.24843/MITE.2021.v20i01.P02](https://doi.org/10.24843/MITE.2021.v20i01.P02)
- Niculescu, L., & Tudorache, M. T. (2022). Human-computer interaction in customer service: The experience with AI chatbots—A systematic literature review. *Electronics*, 11(10), 1579. [doi:10.3390/electronics11101579](https://doi.org/10.3390/electronics11101579)
- Nurhuda, N., Darwiyanto, E., & Widowati, S. (2021). Implementation of Analytical Hierarchy Process (AHP) for determining priority of software assessment in West Java Provincial Government based on ISO/IEC 25010 (Case study: Sapawarga application). *Indonesian Journal on Computing*, 6(1), 23–40. [doi:10.34818/INDOJC.2021.6.1.525](https://doi.org/10.34818/INDOJC.2021.6.1.525)
- Restu, I., Sanatang, & Masikki. (2021). Pengembangan sistem informasi sewa mobil mini bus rute Makassar–Bone berbasis Android. *JESSI: Journal of Embedded System Security and Intelligent System*. <https://ojs.unm.ac.id/JESSI/index>
- Roumeliotis, K. I., & Tselikas, N. D. (2022). Evaluating Progressive Web App accessibility for people with disabilities. *Network*, 2(2), 350–369. [doi:10.3390/network2020022](https://doi.org/10.3390/network2020022)
- Saputra, A., Ratnawati, F., & Rahmi, E. (2024). Aplikasi marketplace penyewaan mobil berbasis website menggunakan metode rapid application development. *Repeater: Publikasi Teknik Informatika dan Jaringan*, 2(4), 48–61. <https://doi.org/10.62951/repeater.v2i4.205>
- Saragih, N. F., Tamalawe, R., & Sarkis, I. M. (2023). Analisis dan implementasi secure code pada pengembangan sistem keamanan website fikom-methodist.com menggunakan penetration testing dan OWASP ZAP. *Jurnal TIMES*, 12(1), 28–39. [doi:10.51351/jtm.12.1.2023690](https://doi.org/10.51351/jtm.12.1.2023690)
- Sari, H., & Adinda, R. (2023). Examining customer experience in using a chatbot. *International Journal of Asian Business and Information Management*, 14(1), 1–16. [doi:10.4018/IJABIM.322438](https://doi.org/10.4018/IJABIM.322438)
- Sihite, P. I., Simorangkir, A., Sari, N. N. K., & Pranatawijaya, V. H. (2024). Integrasi chatbot custom ChatGPT dengan Chatbase dalam meningkatkan pengalaman pengguna dan efisiensi layanan dalam website e-commerce. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(3), 3532–3536. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9733>
- Sonntag, M., Mehmman, J., & Teuteberg, F. (2025). AI-based chatbots in customer service: A Task-Technology Fit (TTF) model. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology*, 16(1), 1–20. [doi:10.4018/IJSSMET.385128](https://doi.org/10.4018/IJSSMET.385128)

- Subianto, T. A. D. P., Wiratama, J., & Halim, F. A. (2023). The development of web-based cashier and inventory information systems using prototyping model on micro, small, and medium enterprises (MSMEs) in Indonesia. *JOINS (Journal of Information System)*, 8(1), 80–89.
- Susanti, B. D. O., Setiawan, W., & Indra, N. (2023). Sistem rekomendasi tempat wisata di Bali menggunakan IMDb Weighted Rating dan chatbot. *Jurnal SPEKTRUM*, 10(4), 65–73. [doi:10.24843/SPEKTRUM.2023.v10.i04.p9](https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2023.v10.i04.p9)
- Syah, F., Muhammad, S., Hanif, I. F., Fauzan, S. B., Jazuli, U., Fauzi, R., & Fariz, M. (2024). Car rental web platform development: Improving efficiency and user experience in the rental process. *Journal of Sciencetech Research and Development*, 6(1).
- van der Goot, M. J., Koubayová, N., & van Reijmersdal, E. A. (2024). Understanding users' responses to disclosed vs. undisclosed customer service chatbots: A mixed methods study. *AI & Society*, 39, 2947–2960. [doi:10.1007/s00146-023-01818-7](https://doi.org/10.1007/s00146-023-01818-7)
- Wut, T. M., Chan, E. A.-h., & Wong, H. S.-m. (2024). Does fun matter? Using chatbots for customer services. *Informatics*, 11(4), Article 94. [doi:10.3390/informatics11040094](https://doi.org/10.3390/informatics11040094)
- Yun, J., & Park, J. (2022). The effects of chatbot service recovery with emotion words on customer satisfaction, repurchase intention, and positive word-of-mouth. *Frontiers in Psychology*, 13, 922503. [doi:10.3389/fpsyg.2022.922503](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.922503)