

Perancangan sistem informasi manajemen bengkel motor berbasis web menggunakan metode waterfall

Ananda Farhan Zaini¹, Teri Mengkasrinal¹, Hidayatul Ichwan¹

¹Program Studi Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika & Komputer Jayakarta,
Jl. Salemba Raya No. 24, Jakarta Pusat, 10430, Indonesia

Penulis Korespondensi : Ananda Farhan Zaini (Email: 21560028@stmik.jayakarta.ac.id)

ABSTRAK

Pengelolaan data pada bengkel motor skala kecil di Kabupaten Bogor masih dilakukan secara manual melalui buku catatan, sehingga menimbulkan kesalahan pencatatan, kesulitan penelusuran riwayat servis, ketidaksesuaian stok suku cadang, serta lambatnya penyusunan laporan. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem informasi manajemen bengkel motor berbasis web bernama Home Garage yang mengelola data operasional secara terintegrasi dan menghasilkan laporan secara otomatis. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus tunggal pada satu bengkel motor. Informan dipilih secara purposif dan data dikumpulkan melalui observasi, wawancara semiterstruktur, serta dokumentasi, kemudian dianalisis menggunakan model Miles dan Huberman. Kelemahan sistem berjalan diidentifikasi menggunakan kerangka PIECES dan diturunkan menjadi sembilan kebutuhan fungsional, dimodelkan dengan Unified Modeling Language, lalu dikembangkan menggunakan metode Waterfall dengan PHP Native dan basis data MySQL. Pengujian dilakukan menggunakan Black Box Testing dengan teknik equivalence partitioning dan boundary value analysis terhadap 32 kasus uji yang terdiri atas 23 skenario positif dan 9 skenario negatif, termasuk kondisi stok tidak mencukupi, kuantitas tidak valid, pembatalan transaksi, dan kegagalan penyimpanan. Seluruh kasus uji berperilaku sesuai spesifikasi dan konsistensi antara data servis, data detail servis, dan stok suku cadang tetap terjaga. Kontribusi penelitian terletak pada penempatan relasi servis–detail servis–suku cadang sebagai inti rancangan basis data sehingga pemutakhiran stok menjadi konsekuensi otomatis dari pencatatan servis, bukan pekerjaan pencatatan terpisah. Penelitian ini membuktikan kebenaran fungsional sistem, bukan besaran peningkatan efisiensi: waktu proses, kegunaan, penerimaan pengguna, keamanan, dan kinerja belum diukur, dan temuan bersifat spesifik pada kasus yang diteliti sehingga tidak digeneralisasi ke seluruh bengkel motor.

KATA KUNCI: sistem informasi manajemen; bengkel motor; berbasis web; waterfall; black box testing.

ABSTRACT

Data management in small motorcycle workshops in Bogor Regency is still carried out manually using paper records, which causes recording errors, difficulty in tracing service history, mismatched spare part stock, and slow report preparation. This study aims to design and implement a web-based motorcycle workshop management information system named Home Garage that manages operational data in an integrated manner and generates reports automatically. The study applies a qualitative approach with a single case study design conducted at one motorcycle workshop. Informants were selected purposively and data were collected through observation, semi-structured interviews, and documentation, then analysed using the Miles and Huberman model. Weaknesses of the current system were identified using the PIECES framework and derived into nine functional requirements, modelled with the Unified Modeling Language, and developed using the Waterfall method with PHP Native and a MySQL database. Testing was performed using Black Box Testing with equivalence partitioning and boundary value analysis on 32 test cases consisting of 23 positive and 9 negative scenarios, including insufficient stock, invalid quantity, cancelled transactions, and failed saving. All test cases behaved according to the specification and consistency among service data, service detail data, and spare part stock was maintained. The contribution of this study lies in placing the service–service detail–spare part relation at the core of the database design so that stock updating becomes an automatic consequence of recording a service transaction rather than a separate clerical task. This study demonstrates functional correctness only, not the magnitude of efficiency gains: processing time, usability, user acceptance, security, and performance were not measured, and the findings are specific to the case studied and are therefore not generalised to all motorcycle workshops.

KEYWORD: management information system; motorcycle workshop; web-based; waterfall; black box testing.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi pada era digital telah mengubah cara organisasi mengelola data dan melayani pelanggan. Persaingan usaha yang semakin ketat menuntut pelaku usaha memanfaatkan teknologi informasi agar proses pengolahan data berlangsung lebih cepat, akurat, dan efisien [1]. Salah satu sektor jasa yang berpotensi besar memanfaatkan teknologi informasi adalah usaha bengkel motor, yaitu usaha yang menyediakan layanan perawatan, perbaikan kendaraan, serta penjualan suku cadang.

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor setiap tahun berdampak langsung pada meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap layanan servis kendaraan. Namun, sebagian besar bengkel motor skala kecil dan menengah masih mengandalkan pencatatan manual dalam mengelola data pelanggan, transaksi servis, stok suku cadang, dan laporan keuangan. Praktik tersebut menimbulkan sejumlah persoalan klasik, antara lain kesalahan pencatatan, kesulitan penelusuran data, kehilangan arsip, serta lambatnya penyusunan laporan [9] [10].

Sistem dapat dipahami sebagai kumpulan elemen yang saling berinteraksi dan bekerja sama untuk mencapai tujuan tertentu [15] [16]. Apabila elemen-elemen tersebut mengolah data menjadi keluaran yang bermakna bagi penerimanya, maka terbentuklah informasi [17] [18]. Kualitas informasi ditentukan oleh tiga pilar, yaitu keakuratan, ketepatan waktu, dan relevansi. Ketiga pilar inilah yang sulit dipenuhi apabila pengolahan data masih dilakukan secara manual, karena data rentan salah salin, terlambat direkap, dan tidak tersedia saat dibutuhkan [19] [20].

Sistem informasi manajemen (SIM) merupakan sistem yang menyediakan informasi bagi pimpinan organisasi sebagai dasar perencanaan, pengendalian, dan pengambilan keputusan [11] [13] [14]. Penerapan SIM pada organisasi jasa memungkinkan seluruh data operasional terhimpun dalam satu basis data sehingga informasi dapat disajikan secara tepat waktu, relevan, dan akurat [12]. Pada konteks bengkel motor, SIM berperan menghubungkan data pelanggan, kendaraan, mekanik, suku cadang, dan transaksi servis yang selama ini tercatat secara terpisah pada buku yang berbeda.

Fondasi teknis dari SIM adalah basis data, yaitu kumpulan data yang saling berhubungan dan tersimpan secara terorganisasi sehingga dapat diakses, diperbarui, dan dikelola secara efisien [21] [22]. Perancangan basis data yang baik dimulai dari pemodelan konseptual menggunakan Entity Relationship Diagram (ERD) untuk menetapkan entitas, atribut, dan relasi antarentitas [23] [24]. Model konseptual tersebut kemudian diterjemahkan menjadi tabel fisik dan dimanipulasi melalui perintah SQL, baik untuk mendefinisikan struktur maupun untuk menyisipkan, mengubah, dan menghapus data [25] [26].

Teknologi web menjadi pilihan yang tepat untuk membangun SIM pada usaha skala kecil karena sifatnya yang multiplatform, dapat diakses melalui peramban tanpa instalasi perangkat lunak tambahan, serta relatif murah dalam pengembangan dan pemeliharaan [30] [32]. Sisi server umumnya dibangun menggunakan PHP [27], sedangkan struktur dan tampilan antarmuka dibangun menggunakan HTML [28] dan kerangka kerja Bootstrap agar responsif pada berbagai ukuran layar [29]. Penyimpanan data dikelola menggunakan basis data relasional yang dirancang melalui Entity Relationship Diagram [21] [22] [23] [24] dan dimanipulasi menggunakan perintah SQL [25] [26].

Pemilihan teknologi web sebagai basis pengembangan juga memiliki alasan praktis. Bengkel motor skala kecil umumnya tidak memiliki tenaga teknologi informasi khusus dan tidak mampu membiayai infrastruktur perangkat keras yang mahal. Aplikasi berbasis web hanya memerlukan peramban pada perangkat yang telah dimiliki, dapat dipasang pada satu komputer lokal maupun pada layanan hosting berbiaya rendah, serta mudah diperbarui tanpa perlu memasang ulang perangkat lunak pada setiap komputer. Karakteristik ini menjadikan teknologi web sebagai pilihan yang paling proporsional bagi usaha mikro dan kecil [30] [32].

Urgensi penelitian ini terletak pada kenyataan bahwa kerugian akibat pencatatan manual bersifat akumulatif dan sering tidak disadari pemilik usaha. Selisih stok suku cadang yang kecil pada setiap transaksi akan menumpuk menjadi kerugian yang berarti dalam satu tahun. Waktu yang terbuang untuk mencari arsip dan merekap laporan merupakan waktu produktif yang hilang. Kesalahan perhitungan biaya servis, meskipun kecil, dapat menurunkan kepercayaan pelanggan. Ketiga hal ini secara langsung menekan margin usaha bengkel yang pada dasarnya sudah tipis.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem informasi pada domain bengkel. Fatahillah dan Baihaqi [2] merancang sistem informasi manajemen bengkel berbasis website pada bengkel resmi sepeda motor. Nurlaila [3] melakukan analisis dan perancangan sistem informasi manajemen bengkel berbasis web dengan menekankan pada pengelolaan transaksi servis. Nurmiati [4] mengembangkan sistem pendaftaran bengkel untuk layanan home service, sedangkan Yunita [5] dan Saputra [6] membangun sistem informasi pelayanan jasa bengkel berbasis web. Penelitian sejenis pada domain lain juga menunjukkan hasil serupa, seperti sistem informasi pengujian kendaraan bermotor [7] dan sistem informasi manajemen perhotelan [8].

Meskipun demikian, terdapat dua celah yang belum tertutup. Pertama, pada sisi rancangan, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada satu atau dua fungsi saja, misalnya pendaftaran servis atau pencatatan transaksi, dan belum mengintegrasikan pengendalian persediaan suku cadang dengan transaksi servis secara

otomatis. Padahal ketidaksesuaian antara stok tercatat dan stok fisik merupakan keluhan utama pemilik bengkel, dan rendahnya penerapan pengendalian persediaan berbasis teknologi informasi memang menjadi kelemahan khas usaha mikro dan kecil [43]. Kedua, pada sisi evaluasi, penelitian-penelitian tersebut umumnya melaporkan seluruh skenario pengujian sebagai valid tanpa menjelaskan bagaimana kasus uji dirancang, data uji apa yang digunakan, serta bagaimana sistem berperilaku ketika masukan tidak wajar. Padahal justru pada kondisi tidak wajar itulah konsistensi persediaan dipertaruhkan, sehingga rancangan kasus uji yang eksplisit menjadi bagian penting dari klaim kualitas perangkat lunak [44] [45]. Posisi penelitian ini terhadap penelitian sebelumnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Posisi penelitian terhadap penelitian sebelumnya

Peneliti	Fokus	Integrasi stok otomatis
[2]	SIM bengkel berbasis web	Tidak dibahas
[3]	Analisis & perancangan SIM bengkel	Tidak dibahas
[4]	Pendaftaran home service	Tidak ada
[5]	Pelayanan jasa servis	Tidak ada
[6]	Pelayanan jasa servis daring	Tidak ada
Penelitian ini	SIM bengkel terintegrasi (pelanggan, kendaraan, servis, mekanik, suku cadang, laporan)	Ada, stok berkurang otomatis pada setiap transaksi servis

Berdasarkan kedua celah tersebut, kebaruan penelitian ini dirumuskan pada dua hal. Pertama, pada sisi rancangan, penelitian ini menempatkan relasi servis–detail servis–suku cadang sebagai inti rancangan basis data, sehingga pengurangan stok bukan fitur tambahan melainkan konsekuensi otomatis dari pencatatan satu transaksi servis; tujuh modul operasional (pelanggan, kendaraan, servis, mekanik, suku cadang, transaksi, dan laporan) disatukan dalam satu basis data pada aplikasi bernama Home Garage. Kedua, pada sisi evaluasi, penelitian ini tidak berhenti pada pelaporan status valid, melainkan menyatakan secara eksplisit aturan konsistensi persediaan yang dirancang beserta kasus uji yang memverifikasinya, termasuk skenario negatif ketika stok tidak mencukupi, kuantitas tidak valid, transaksi dibatalkan, atau penyimpanan gagal.

Tujuan penelitian ini adalah (1) merancang sistem informasi manajemen bengkel motor berbasis web, (2) menghasilkan sistem yang mampu mengelola data pelanggan, kendaraan, servis, mekanik, suku cadang, dan transaksi secara terintegrasi, (3) menghasilkan laporan operasional secara otomatis sebagai dasar pengambilan keputusan pemilik bengkel [36] [37], serta (4) menguji kebenaran fungsional sistem yang dihasilkan, termasuk konsistensi persediaan pada kondisi masukan yang tidak wajar. Sejalan dengan lingkup tujuan tersebut, penelitian ini tidak mengajukan klaim mengenai besaran peningkatan efisiensi maupun

tingkat penerimaan pengguna, karena kedua aspek itu berada di luar cakupan evaluasi yang dilakukan.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus tunggal. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian berfokus pada pemahaman mendalam terhadap kondisi nyata proses pengelolaan bengkel serta kebutuhan pengguna terhadap sistem yang akan dikembangkan [33]. Desain studi kasus tunggal digunakan karena penelitian difokuskan pada satu objek, yaitu proses pengelolaan data dan layanan pada sebuah bengkel motor yang berlokasi di Kampung Pahlawan, Desa Gunung Bunder, Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor. Penelitian dilaksanakan selama empat bulan, yaitu Maret sampai dengan Juni 2026. Konsekuensi pilihan desain ini perlu dinyatakan sejak awal: temuan penelitian bersifat spesifik pada konteks bengkel yang diteliti dan tidak dimaksudkan untuk digeneralisasi secara statistik ke populasi bengkel motor. Generalisasi yang dimungkinkan bersifat analitis, yaitu terhadap bengkel lain yang memiliki karakteristik proses bisnis serupa, dan tetap memerlukan pengujian ulang [33].

Informan dipilih secara purposif (*purposive sampling*) dengan tiga kriteria, yaitu (a) terlibat langsung dalam pencatatan data atau pelayanan servis sekurang-kurangnya satu tahun terakhir, (b) mengetahui alur data sejak penerimaan pelanggan hingga penyusunan laporan, dan (c) bersedia menjadi informan. Berdasarkan kriteria tersebut ditetapkan satu pemilik bengkel sebagai informan utama serta dua mekanik, satu petugas administrasi, dan tiga pelanggan sebagai informan pendukung. Pemilik ditempatkan sebagai informan utama karena hanya ia yang menguasai keseluruhan alur data dan sekaligus menjadi pengambil keputusan atas sistem yang akan digunakan; mekanik dan petugas administrasi dilibatkan untuk memeriksa kesesuaian antara prosedur yang dinyatakan pemilik dan praktik sehari-hari, sedangkan pelanggan dilibatkan untuk menggali pengalaman menunggu layanan dan penelusuran riwayat servis. Penambahan informan dihentikan ketika wawancara tidak lagi memunculkan kategori permasalahan baru. Objek penelitian adalah perancangan dan pembangunan aplikasi Home Garage, mencakup pengelolaan data servis kendaraan, data suku cadang, dan laporan operasional bengkel.

2.1. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data dikumpulkan melalui tiga teknik yang dilaksanakan secara berurutan. Pertama, observasi partisipatif pasif terhadap proses operasional bengkel, mulai dari penerimaan pelanggan, pencatatan servis, pengelolaan suku cadang, hingga transaksi pembayaran. Observasi dilakukan sebanyak enam kali kunjungan pada hari kerja dan akhir pekan dengan durasi sekitar tiga jam setiap kunjungan. Peneliti mencatat urutan aktivitas, dokumen yang digunakan pada setiap aktivitas, serta titik terjadinya penundaan, pencatatan ganda, dan pencatatan yang tertunda pada lembar catatan lapangan.

Kedua, wawancara semiterstruktur kepada pemilik bengkel, mekanik, dan petugas administrasi untuk menggali kebutuhan sistem. Wawancara dilaksanakan dalam dua sesi dengan pemilik dan satu sesi dengan masing-masing informan pendukung, berdurasi 30–60 menit per sesi, direkam atas izin informan, kemudian ditranskripsi secara verbatim. Pertanyaan pembuka disusun berdasarkan pedoman, sedangkan pertanyaan lanjutan dikembangkan mengikuti jawaban informan, terutama untuk meminta contoh kejadian nyata atas setiap keluhan yang disampaikan.

Ketiga, dokumentasi berupa pengumpulan dokumen transaksi, data servis, dan data persediaan suku cadang [33]. Dokumen yang dikumpulkan meliputi buku catatan servis, nota transaksi, dan catatan persediaan pada periode Maret sampai April 2026, yang digunakan untuk memeriksa kesesuaian antara pernyataan informan dan bukti tertulis, misalnya dengan membandingkan jumlah suku cadang yang tercatat terpakai dan sisa stok yang tercatat pada periode yang sama.

Wawancara dilaksanakan menggunakan pedoman yang disusun berdasarkan enam dimensi PIECES agar seluruh aspek permasalahan tergali secara sistematis. Pokok-pokok pertanyaan yang diajukan kepada pemilik bengkel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pedoman wawancara dengan pemilik bengkel

No	Pokok pertanyaan	Dimensi
1	Bagaimana proses pencatatan data pelanggan selama ini?	Performance
2	Bagaimana pengelolaan data kendaraan dan riwayat servis?	Information
3	Bagaimana pengelolaan stok suku cadang?	Control
4	Bagaimana proses penyusunan laporan?	Efficiency
5	Apa harapan terhadap sistem yang akan dibangun?	Service

Data dianalisis menggunakan model Miles dan Huberman yang terdiri atas tiga tahap [34]. Reduksi data dilakukan dengan memindahkan transkrip wawancara dan catatan lapangan ke dalam lembar kerja, memberi kode terbuka pada setiap pernyataan yang menggambarkan kendala pengelolaan data (misalnya kode “pencarian lambat”, “stok tidak cocok”, “data pelanggan ganda”, dan “rekap laporan lama”), lalu mengelompokkan kode-kode tersebut menjadi kategori permasalahan. Penyajian data dilakukan dengan menyusun kategori tersebut ke dalam matriks permasalahan–bukti–dampak sehingga pola permasalahan terlihat jelas dan setiap permasalahan dapat ditelusuri ke bukti yang mendasarinya. Penarikan kesimpulan dilakukan dengan merumuskan kebutuhan sistem untuk setiap kategori permasalahan, kemudian memverifikasi rumusan tersebut kepada pemilik bengkel sebelum digunakan sebagai dasar perancangan.

Keabsahan data dijaga melalui triangulasi teknik dan sumber, yaitu dengan membandingkan hasil wawancara, hasil observasi, dan dokumen transaksi atas peristiwa

yang sama. Ketika muncul perbedaan, misalnya antara prosedur pencatatan yang dinyatakan pemilik dan praktik yang teramati di lapangan, perbedaan tersebut dikonfirmasi ulang kepada informan dan hasil konfirmasi itulah yang digunakan. Rumusan kebutuhan sistem juga dikembalikan kepada pemilik bengkel untuk diperiksa kembali (member checking).

2.2. Analisis Kebutuhan dengan PIECES

Analisis kebutuhan sistem dilakukan menggunakan kerangka PIECES (Performance, Information, Economy, Control, Efficiency, Service) untuk mengidentifikasi kelemahan sistem berjalan dan menurunkannya menjadi kebutuhan sistem baru [35]. Dimensi performance meninjau kecepatan pelayanan, pencatatan, dan penyusunan laporan. Dimensi information meninjau keakuratan, kelengkapan, dan ketepatan waktu informasi yang dihasilkan. Dimensi economy meninjau biaya operasional pengelolaan data serta potensi penghematan. Dimensi control meninjau keamanan data dan pengendalian akses pengguna. Dimensi efficiency meninjau penggunaan waktu dan tenaga kerja, sedangkan dimensi service meninjau kualitas pelayanan kepada pelanggan. Keenam dimensi tersebut ditinjau terhadap proses pencatatan manual yang sedang berlangsung di bengkel, dan setiap kelemahan yang ditemukan langsung diterjemahkan menjadi satu kebutuhan sistem usulan.

Penurunan hasil analisis kualitatif menjadi kebutuhan sistem dilakukan melalui empat langkah yang dapat ditelusuri kembali. (1) Setiap kategori permasalahan hasil pengodean ditempatkan pada dimensi PIECES yang sesuai. (2) Untuk setiap dimensi dirumuskan satu pernyataan masalah beserta bukti pendukungnya, baik berupa kutipan wawancara, catatan observasi, maupun dokumen. (3) Setiap pernyataan masalah diterjemahkan menjadi satu atau lebih kebutuhan fungsional yang diberi kode F-01 sampai dengan F-09. (4) Setiap kebutuhan fungsional ditautkan ke elemen rancangan, yaitu use case dan entitas basis data, serta ke kasus uji yang memverifikasinya. Rantai penelusuran masalah → kebutuhan → rancangan → implementasi → pengujian tersebut disajikan pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 9.

2.3. Metode Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem menggunakan metode Waterfall karena tahapannya sistematis, terstruktur, dan sesuai untuk sistem dengan kebutuhan yang relatif stabil [31] [32]. Tahapan Waterfall beserta keluarannya disajikan pada Tabel 3.

Pemilihan Waterfall didasarkan pada tiga pertimbangan yang spesifik pada kasus ini. Pertama, kebutuhan pengguna relatif stabil dan telah teridentifikasi seluruhnya pada tahap analisis, karena proses bisnis bengkel bersifat rutin, berulang setiap hari, dan hanya melibatkan satu pengguna utama. Kedua, ketersediaan waktu pemilik bengkel untuk terlibat secara intensif dan berulang sangat terbatas, sehingga pendekatan iteratif seperti prototyping atau extreme programming, yang menuntut umpan balik berkelanjutan pada setiap iterasi, sulit dijalankan. Ketiga, cakupan sistem tergolong kecil,

tidak melibatkan integrasi dengan sistem luar, dan tidak mengandung ketidakpastian teknologi, sehingga risiko perubahan kebutuhan di tengah pengembangan tergolong rendah [31] [32]. Konsekuensi pilihan ini adalah sempitnya ruang perbaikan rancangan setelah tahap perancangan selesai; risiko tersebut diantisipasi dengan memverifikasi rumusan kebutuhan kepada pemilik bengkel sebelum tahap perancangan dimulai.

Tabel 3. Tahapan waterfall dan keluarannya

No	Tahapan	Keluaran
1	Requirement analysis	Daftar kebutuhan fungsional dan nonfungsional hasil observasi dan wawancara
2	System design	Use case, activity, sequence, dan class diagram; rancangan basis data; rancangan antarmuka
3	Coding	Aplikasi Home Garage berbasis web (PHP Native dan MySQL)
4	Testing	Hasil black box testing seluruh modul
5	Maintenance	Perbaikan kesalahan dan penambahan fitur lanjutan

Perancangan sistem dimodelkan menggunakan Unified Modeling Language (UML) yang meliputi use case diagram untuk menggambarkan interaksi aktor dengan sistem, activity diagram untuk alur proses bisnis, sequence diagram untuk urutan interaksi antarobjek, serta class diagram untuk struktur kelas dan relasinya [32]. Perancangan basis data dilakukan menggunakan Entity Relationship Diagram [23] [24], sementara manipulasi data dilakukan melalui perintah SQL [25] [26].

2.4. Perhitungan Total Biaya Servis

Salah satu proses inti yang diotomatisasi sistem adalah perhitungan total biaya servis. Total biaya suatu transaksi servis dihitung sebagai penjumlahan biaya jasa dengan total harga seluruh suku cadang yang digunakan, sebagaimana dinyatakan pada Persamaan (1).

$$Ti = Ji + \sum (Hk \times Qk) \quad (1)$$

dengan Ti adalah total biaya transaksi servis ke- i , Ji adalah biaya jasa servis, Hk adalah harga satuan suku cadang ke- k , dan Qk adalah kuantitas suku cadang ke- k yang digunakan pada transaksi tersebut. Setiap kali Persamaan (1) dieksekusi, sistem juga mengurangi stok suku cadang ke- k sebesar Qk .

2.5. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box Testing, yaitu pengujian yang berfokus pada kesesuaian antara masukan (input) dan keluaran (output) tanpa memperhatikan struktur kode program [32] [44]. Kasus uji dirancang menggunakan dua teknik. Equivalence partitioning digunakan untuk membagi ruang masukan setiap medan menjadi kelas data yang sah dan kelas data yang tidak sah, sehingga satu kasus uji mewakili satu kelas. Boundary value analysis digunakan untuk menguji nilai batas, khususnya pada kuantitas suku

cadang, yaitu nilai nol, satu, nilai yang sama dengan stok tersedia, dan nilai yang melampaui stok tersedia [45].

Pengujian dijalankan pada lingkungan berikut: perangkat lunak XAMPP dengan PHP versi 8.1 dan MySQL/MariaDB versi 10.4, peramban Google Chrome, serta komputer dengan prosesor Intel Core i3, RAM 8 GB, dan sistem operasi Windows 10 64-bit. Data uji berupa data operasional bengkel yang telah dianonimkan, terdiri atas sepuluh data pelanggan, dua belas data kendaraan, delapan jenis suku cadang dengan stok awal yang diketahui, tiga data mekanik, dan lima belas transaksi servis. Stok awal setiap suku cadang dicatat sebelum pengujian dimulai agar perubahan stok sesudah setiap transaksi dapat diperiksa secara langsung.

Pengujian mencakup skenario positif dan skenario negatif. Skenario positif menguji perilaku sistem pada masukan yang sesuai ketentuan, sedangkan skenario negatif menguji perilaku sistem pada masukan yang kosong, tidak lengkap, ganda, bukan angka, atau melampaui batas yang diizinkan. Rancangan kasus uji per modul beserta jumlah dan jenis skenarionya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rancangan kasus uji black box

Modul yang diuji	Kasus uji (positif/negatif)	Teknik perancangan kasus uji
Halaman login	4 (1/3)	Equivalence partitioning
Data pelanggan	5 (4/1)	Equivalence partitioning
Data kendaraan	6 (5/1)	Equivalence partitioning
Data servis	5 (5/0)	Equivalence partitioning
Data sparepart dan mekanik	5 (5/0)	Equivalence partitioning
Konsistensi persediaan	7 (3/4)	Equivalence partitioning dan boundary value analysis
Jumlah	32 (23/9)	

Suatu kasus uji dinyatakan valid apabila memenuhi tiga kriteria sekaligus, yaitu (a) keluaran atau pesan yang ditampilkan sistem sesuai dengan hasil yang diharapkan; (b) isi basis data berubah persis sebagaimana seharusnya, tidak lebih dan tidak kurang, yang diperiksa langsung melalui phpMyAdmin dengan membandingkan isi tabel sebelum dan sesudah kasus uji dijalankan; serta (c) tidak muncul galat yang tidak tertangani. Apabila salah satu kriteria tidak terpenuhi, kasus uji dinyatakan tidak valid, kesalahan diperbaiki, kemudian seluruh kasus uji pada modul yang bersangkutan dijalankan ulang dari awal.

2.6. Cakupan dan Batasan Evaluasi

Perlu ditegaskan sejak bagian metode bahwa Black Box Testing hanya mengevaluasi kebenaran fungsional (functional suitability), yaitu kesesuaian perilaku sistem dengan spesifikasi kebutuhan. Pengujian ini tidak mengukur karakteristik mutu lain yang didefinisikan pada model mutu perangkat lunak ISO/IEC 25010 [49],

seperti kegunaan (usability), efisiensi kinerja (performance efficiency), maupun keamanan (security).

Sejalan dengan hal tersebut, penelitian ini tidak melakukan uji penerimaan pengguna (User Acceptance Test) maupun pengukuran kegunaan menggunakan instrumen baku seperti System Usability Scale [46] [47]; tidak melakukan pengujian keamanan terhadap kelas kerentanan aplikasi web yang umum, seperti injeksi SQL, lintas situs skrip, dan kelemahan kontrol akses [48]; tidak melakukan pengujian kinerja pada beban transaksi tinggi; serta tidak melakukan pengukuran waktu proses sebelum dan sesudah penerapan sistem. Pilihan cakupan ini diambil karena tujuan penelitian dibatasi pada perancangan dan pembuktian kebenaran fungsional sistem, namun konsekuensinya terhadap penafsiran hasil dibahas secara terbuka pada subbab 3.8.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Sistem Berjalan

Hasil observasi menunjukkan seluruh proses administrasi bengkel masih dilakukan menggunakan buku catatan. Setiap pelanggan yang datang dicatat secara tertulis, meliputi identitas pelanggan, data kendaraan, jenis kerusakan, penggunaan suku cadang, hingga biaya servis. Pencarian riwayat servis membutuhkan waktu lama karena admin harus membuka kembali arsip catatan. Pengelolaan stok suku cadang belum terkomputerisasi sehingga sering terjadi ketidaksesuaian antara stok tercatat dan stok fisik di gudang. Penyusunan laporan transaksi dan pendapatan dilakukan secara manual sehingga memakan waktu dan rawan salah hitung.

Selain itu, observasi menemukan bahwa satu pelanggan dapat tercatat lebih dari satu kali dengan penulisan nama yang berbeda-beda, misalnya karena disingkat atau ditulis dengan ejaan yang tidak konsisten. Akibatnya, jumlah pelanggan yang sebenarnya tidak dapat diketahui secara pasti dan riwayat servis satu kendaraan dapat terpecah pada beberapa halaman buku yang berjauhan. Pencatatan pemakaian suku cadang pun tidak selalu dilakukan pada saat servis berlangsung, melainkan direkap belakangan pada akhir hari, sehingga peluang terlewat cukup besar terutama pada hari-hari sibuk.

Hasil wawancara dengan pemilik bengkel memperkuat temuan tersebut. Pemilik menyatakan bahwa pencarian data pelanggan membutuhkan waktu cukup lama, riwayat servis sulit ditelusuri ketika pelanggan datang kembali, stok suku cadang kerap tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya, dan laporan transaksi memerlukan waktu penyusunan yang panjang. Harapan pemilik adalah tersedianya sistem berbasis web yang mampu mengelola seluruh data bengkel secara terintegrasi. Ringkasan analisis PIECES atas sistem berjalan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis PIECES sistem berjalan

Aspek	Permasalahan sistem berjalan	Kebutuhan sistem usulan dan kode pemenuhnya
Performance	Pencarian data dan penyusunan laporan lambat	Pencarian melalui basis data dan laporan otomatis (F-02, F-04, F-09)
Information	Data ganda dan tidak akurat	Data tersimpan tunggal dan konsisten (F-02, F-03)
Economy	Pemborosan kertas dan waktu kerja	Pencatatan digital tanpa arsip fisik (F-09)
Control	Arsip mudah hilang dan tanpa pembatasan hak akses	Autentikasi login dan pemutakhiran stok dikendalikan sistem (F-01, F-08)
Efficiency	Pencatatan berulang untuk pelanggan lama	Data pelanggan cukup dicatat satu kali (F-02, F-04)
Service	Pelayanan lambat dan riwayat sulit ditelusuri	Riwayat servis per kendaraan tampil seketika (F-03, F-04)

Berdasarkan Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa akar permasalahan bukan terletak pada kompetensi pegawai, melainkan pada media pencatatan yang digunakan. Buku catatan bersifat single copy, tidak memiliki mekanisme pencarian, dan tidak mampu menjaga konsistensi antara satu catatan dengan catatan lainnya. Akibatnya, satu pelanggan dapat tercatat berulang kali dengan penulisan nama yang berbeda, dan pengurangan stok suku cadang bergantung sepenuhnya pada kedisiplinan pencatat. Kolom terakhir Tabel 5 menunjukkan bahwa setiap kelemahan tersebut tidak dibiarkan berhenti sebagai temuan, melainkan diterjemahkan menjadi kebutuhan fungsional bersandi F-01 sampai F-09 yang dirinci pada Tabel 6.

3.2. Perancangan Sistem

Berdasarkan hasil analisis PIECES, dirumuskan kebutuhan fungsional sistem yang menjadi dasar penyusunan use case diagram. Aktor utama sistem adalah admin atau pemilik bengkel yang memiliki hak akses penuh terhadap seluruh modul. Kebutuhan fungsional sistem disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan fungsional sistem

Kode	Kebutuhan fungsional
F-01	Sistem menyediakan autentikasi login bagi admin
F-02	Sistem mengelola data pelanggan (tambah, ubah, hapus, cari)
F-03	Sistem mengelola data kendaraan pelanggan
F-04	Sistem mencatat transaksi servis dan status pengerjaannya
F-05	Sistem mengelola data suku cadang beserta stoknya
F-06	Sistem mengelola data mekanik
F-07	Sistem menghitung total biaya servis secara otomatis

Kode	Kebutuhan fungsional
F-08	Sistem mengurangi stok suku cadang secara otomatis
F-09	Sistem menyajikan laporan transaksi, pendapatan, dan stok

Struktur basis data dirancang menggunakan ERD dengan enam entitas utama, yaitu pelanggan, kendaraan, mekanik, suku cadang, servis, dan detail servis. Entitas pelanggan berelasi satu-ke-banyak dengan entitas kendaraan, karena seorang pelanggan dapat memiliki lebih dari satu kendaraan. Entitas kendaraan berelasi satu-ke-banyak dengan entitas servis, karena satu kendaraan dapat diservis berkali-kali. Relasi antara servis dan detail servis memungkinkan satu transaksi servis memuat banyak suku cadang sekaligus, sehingga Persamaan (1) dapat dihitung secara otomatis oleh sistem. Rancangan entitas dan atribut utamanya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rancangan entitas basis data

Entitas	Atribut utama	Relasi
Pelanggan	id_pelanggan, nama, alamat, no_telepon	1:N ke kendaraan
Kendaraan	id_kendaraan, id_pelanggan, no_polisi, merek, tipe, tahun	N:1 ke pelanggan; 1:N ke servis
Mekanik	id_mekanik, nama, no_telepon, status	1:N ke servis
Sparepart	id_sparepart, nama, harga, stok	1:N ke detail_servis
Servis	id_servis, id_kendaraan, id_mekanik, tanggal, keluhan, biaya_jasa, total, status	1:N ke detail_servis
detail_servis	id_detail, id_servis, id_sparepart, qty, subtotal	N:1 ke servis dan sparepart

Pada saat admin menyimpan sebuah transaksi servis, sistem menjalankan tiga proses berurutan. Pertama, sistem menyimpan baris baru pada tabel servis. Kedua, sistem menyimpan setiap suku cadang yang dipakai ke tabel detail servis beserta kuantitas dan subtotalnya. Ketiga, sistem menghitung total biaya sesuai Persamaan (1) dan mengurangi kolom stok pada tabel sparepart sebesar kuantitas yang dipakai. Ketiga proses tersebut dijalankan dalam satu rangkaian sehingga data servis, data detail, dan data stok selalu konsisten satu sama lain.

3.3. Aturan Konsistensi Data dan Persediaan

Karena pemutakhiran stok dijalankan otomatis, perilaku sistem pada kondisi yang tidak wajar justru menjadi penentu keandalan data persediaan. Kondisi seperti stok yang tidak mencukupi, kuantitas yang salah ketik, transaksi yang dibatalkan, atau penyimpanan yang gagal di tengah proses berpotensi menimbulkan selisih antara stok tercatat dan stok fisik, yaitu persoalan yang justru hendak dihilangkan oleh sistem ini [43]. Karena itu enam aturan konsistensi ditetapkan pada tahap perancangan sebagaimana disajikan pada Tabel 8, dan setiap aturan diverifikasi pada tahap pengujian melalui kasus uji pada Tabel 16.

[Catatan untuk penulis: periksa kembali setiap baris Tabel 8 terhadap perilaku aplikasi yang sebenarnya. Sesuaikan rumusannya bila implementasi berbeda, lalu hapus catatan ini.]

Tabel 8. Aturan konsistensi data dan persediaan pada transaksi servis

Kondisi	Perilaku sistem yang dirancang
Stok suku cadang tidak mencukupi	Sistem menolak menyimpan dan menampilkan peringatan berisi sisa stok yang tersedia; tidak ada perubahan pada tabel servis, detail servis, maupun stok, sehingga stok tercatat tidak pernah bernilai negatif
Kuantitas diisi nol, bilangan negatif, atau bukan angka	Ditolak pada tahap validasi masukan sebelum perintah SQL dijalankan, sehingga data yang tidak bermakna tidak pernah masuk ke basis data
Transaksi servis dibatalkan atau dihapus	Seluruh baris detail servis yang terkait ikut dihapus dan stok setiap suku cadang dikembalikan sebesar kuantitas yang sebelumnya dipakai, sehingga stok mencerminkan pemakaian yang benar-benar terjadi
Kuantitas pada transaksi yang telah tersimpan diubah	Stok disesuaikan sebesar selisih antara kuantitas lama dan kuantitas baru, bukan dikurangi ulang dari awal, sehingga tidak terjadi pengurangan ganda pada satu transaksi
Salah satu dari tiga proses penyimpanan gagal	Seluruh rangkaian penyimpanan dibatalkan sehingga tidak ada perubahan yang tersimpan sebagian dan keterkaitan servis, detail servis, serta stok tetap utuh
Suku cadang yang pernah dipakai hendak dihapus	Penghapusan ditolak dan suku cadang hanya dapat dinonaktifkan, sehingga riwayat transaksi tetap dapat ditelusuri

3.4. Implementasi Sistem

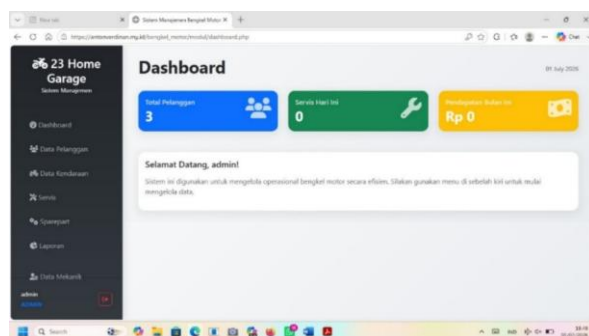
Penerjemahan rancangan menjadi program dilakukan menggunakan aturan pemetaan yang konsisten. Setiap entitas pada rancangan basis data (Tabel 7) menjadi satu tabel MySQL dengan kunci primer dan kunci asing sebagaimana relasi yang dirancang. Setiap use case menjadi satu berkas pengendali PHP yang menangani operasi tambah, ubah, hapus, dan cari pada satu entitas. Setiap kelas pada class diagram menjadi satu kumpulan fungsi akses data terhadap tabel yang bersesuaian, sedangkan setiap activity diagram menjadi urutan pemanggilan fungsi di dalam berkas pengendali tersebut. Sequence diagram transaksi servis, misalnya, menetapkan urutan simpan servis → simpan detail servis → hitung total sesuai Persamaan (1) → perbarui stok, dan urutan itulah yang diterapkan pada berkas penyimpanan transaksi. Penelusuran dari kebutuhan fungsional hingga kasus uji disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Penelusuran kebutuhan, rancangan, implementasi, dan pengujian

Kode	Elemen rancangan dan realisasinya pada aplikasi	Pengujian
F-01	Use case masuk sistem; halaman login dan pengalihan ke Dashboard (Gambar 1)	Tabel 11

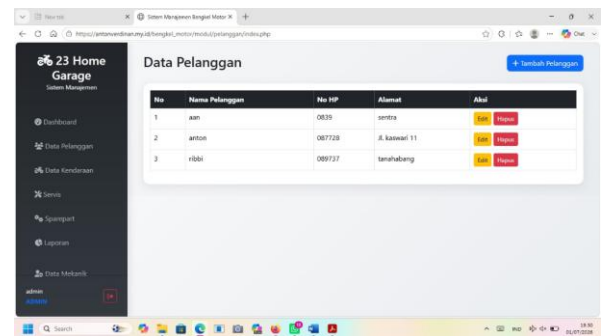
Kode	Elemen rancangan dan realisasinya pada aplikasi	Pengujian
F-02	Entitas pelanggan; halaman Data Pelanggan (Gambar 2)	Tabel 12
F-03	Entitas kendaraan dan relasi 1:N pelanggan-kendaraan; halaman Data Kendaraan (Gambar 3)	Tabel 13
F-04	Entitas servis dan detail servis; halaman Data Servis beserta menu detail (Gambar 4)	Tabel 14
F-05	Entitas sparepart; halaman Data Sparepart (Gambar 5)	Tabel 15
F-06	Entitas mekanik; halaman Data Mekanik (Gambar 6)	Tabel 15
F-07	Persamaan (1) pada proses simpan servis; perhitungan total biaya saat transaksi disimpan (Gambar 4)	Tabel 14
F-08	Aturan konsistensi persediaan (Tabel 8); pemutakhiran kolom stok pada tabel sparepart	Tabel 16
F-09	Kueri agregasi atas tabel servis dan detail servis; Menu Laporan dan tiga jenis laporan (Gambar 7–Gambar 10)	Tabel 10

Sistem diimplementasikan menjadi aplikasi web Home Garage menggunakan PHP Native dan basis data MySQL. Aplikasi terdiri atas delapan halaman utama yang saling terintegrasi. Uraian berikut menyajikan setiap halaman bersama permasalahan sistem berjalan yang dijawabnya, bukan sekadar deskripsi tampilan. Halaman Dashboard merupakan halaman utama setelah admin berhasil masuk dan menjawab keluhan pemilik yang selama ini harus membuka beberapa buku untuk mengetahui kondisi usaha; halaman ini menyajikan jumlah pelanggan terdaftar, jumlah servis hari berjalan, dan total pendapatan bulan berjalan dalam satu tampilan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.



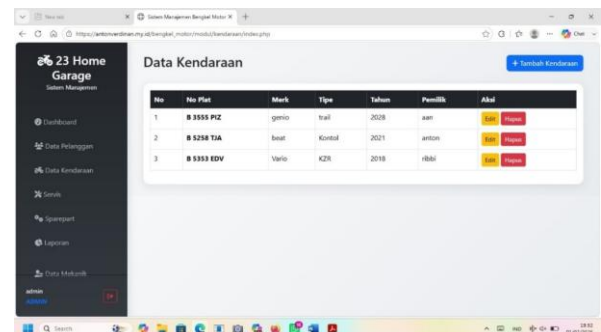
Gambar 1. Halaman dashboard Home Garage

Halaman Data Pelanggan menjawab permasalahan pada dimensi information dan efficiency, yaitu tercatatnya satu pelanggan berulang kali dengan penulisan nama yang berbeda. Admin dapat menambah, mengubah, menghapus, dan mencari data pelanggan, sehingga pelanggan lama cukup dipanggil kembali dan tidak dicatat ulang pada setiap kunjungan (Gambar 2).



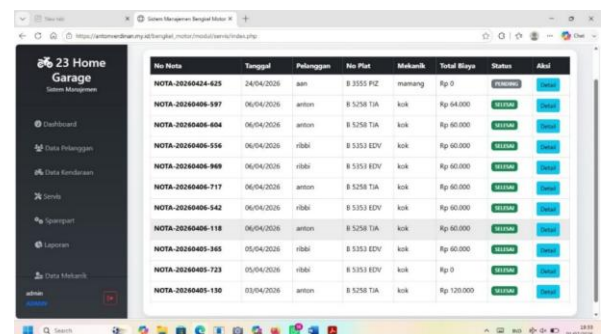
Gambar 2. Halaman data pelanggan

Halaman Data Kendaraan menyimpan informasi kendaraan milik pelanggan, meliputi nomor polisi, merek, tipe, tahun pembuatan, dan identitas pemilik. Setiap kendaraan terhubung dengan satu pelanggan sehingga riwayat servis dapat ditelusuri berdasarkan kendaraan (Gambar 3).



Gambar 3. Halaman data kendaraan

Halaman Data Servis merupakan inti sistem karena menautkan pelanggan, kendaraan, mekanik, dan suku cadang dalam satu transaksi. Halaman ini mencatat nomor nota, nama pelanggan, kendaraan, mekanik yang menangani, total biaya, dan status pengerjaan, sedangkan menu detail menampilkan rincian pekerjaan dan suku cadang yang digunakan. Pada halaman inilah Persamaan (1) dijalankan dan aturan konsistensi pada Tabel 8 diberlakukan (Gambar 4).



Gambar 4. Halaman data servis

Halaman Data Sparepart menjawab permasalahan selisih stok yang menjadi keluhan utama pemilik. Admin dapat menambah data, mengubah harga, dan menetapkan stok awal, tetapi pengurangan stok harian tidak lagi dilakukan secara manual melainkan dijalankan sistem sebagai akibat penyimpanan transaksi servis (Gambar 5).

No	Kode Barang	Nama Sparepart	Stok	Harga Beli	Harga Jual	Aksi
1	00109	Oil Motor Shell Brio	50	Rp 40.000	Rp 55.000	[Edit] [Hapus]
2	00107	propok	50	Rp 5.000	Rp 8.000	[Edit] [Hapus]

Gambar 5. Halaman data sparepart

Halaman Data Mekanik mengelola data seluruh mekanik yang bekerja di bengkel, meliputi nama, nomor telepon, dan status mekanik, sehingga administrasi tenaga kerja menjadi lebih tertib (Gambar 6).

No	Nama Mekanik	No HP	Status	Aksi
1	kok	08189	Aktif	[Edit] [Hapus]
2	memang	087728	Aktif	[Edit] [Hapus]

Gambar 6. Halaman data mekanik

Menu Laporan menjawab permasalahan pada dimensi performance dan economy, yaitu lamanya penyusunan laporan yang sebelumnya direkap manual dari buku catatan. Menu ini terdiri atas laporan transaksi servis, laporan pendapatan, dan laporan stok suku cadang, yang seluruhnya dibangkitkan langsung dari data transaksi tersimpan (Gambar 7).

Modul Laporan	Deskripsi	Aksi
Laporan Transaksi Servis	Lihat semua transaksi servis beserta total biaya.	[Lihat Laporan Transaksi]
Laporan Pendapatan	Rekap pendapatan harian dan bulanan.	[Lihat Laporan Pendapatan]
Laporan Stok Sparepart	Rekap stok sparepart saat ini.	[Lihat Laporan Stok Sparepart]

Gambar 7. Menu laporan

Laporan transaksi servis menampilkan seluruh transaksi yang telah dilakukan lengkap dengan informasi pelanggan, kendaraan, mekanik, total biaya, dan status transaksi. Sistem menghitung total pendapatan secara otomatis berdasarkan data transaksi tersimpan (Gambar 8).

No Nota	Tanggal	Pelanggan	No Plat	Mekanik	Total Biaya	Status
NOTA-20200424-425	24/04/2020	anti	B 3155 PJ2	memang	Rp 0	[Detail]
NOTA-20200406-118	06/04/2020	anton	B 5258 TIA	kok	Rp 60.000	[Detail]
NOTA-20200406-542	06/04/2020	rikai	B 5153 EDV	kok	Rp 60.000	[Detail]
NOTA-20200406-717	06/04/2020	anton	B 5258 TIA	kok	Rp 60.000	[Detail]
NOTA-20200406-969	06/04/2020	rikai	B 5153 EDV	kok	Rp 60.000	[Detail]
NOTA-20200406-556	06/04/2020	rikai	B 5153 EDV	kok	Rp 60.000	[Detail]
NOTA-20200406-404	06/04/2020	anton	B 5258 TIA	kok	Rp 60.000	[Detail]
NOTA-20200406-587	06/04/2020	anton	B 5258 TIA	kok	Rp 64.000	[Detail]
NOTA-20200405-723	05/04/2020	rikai	B 5153 EDV	kok	Rp 0	[Detail]
NOTA-20200405-365	05/04/2020	rikai	B 5153 EDV	kok	Rp 60.000	[Detail]
NOTA-20200405-130	05/04/2020	anton	B 5258 TIA	kok	Rp 120.000	[Detail]
TOTAL PENDAPATAN					Rp 604.000	

Gambar 8. Laporan transaksi servis

Laporan pendapatan menyajikan rekapitulasi pendapatan bengkel berdasarkan periode tertentu sehingga pemilik dapat mengevaluasi kondisi keuangan usaha (Gambar 9).

Bulan	Tahun	Jumlah Transaksi	Total Pendapatan
April	2020	10	Rp 604.000
GRAND TOTAL			Rp 604.000

Gambar 9. Laporan pendapatan

Laporan stok suku cadang menampilkan jumlah persediaan setiap suku cadang di gudang. Laporan ini membantu admin mengendalikan persediaan sehingga pengadaan barang dapat dilakukan tepat waktu (Gambar 10).

Kode	Nama Sparepart	Stok Saat Ini	Harga Jual
00109	Oil Motor Shell Brio	50	Rp 55.000
00107	propok	50	Rp 8.000

Gambar 10. Laporan stok sparepart

Alur penggunaan sistem secara utuh berlangsung sebagai berikut. Admin melakukan login, kemudian membuka halaman Data Pelanggan untuk memeriksa apakah pelanggan yang datang sudah terdaftar. Apabila belum, data pelanggan dan kendaraannya dicatat sekali saja. Selanjutnya admin membuka halaman Data Servis untuk membuat transaksi baru, memilih kendaraan, menetapkan mekanik yang menangani, mengisi keluhan dan biaya jasa, serta memilih suku cadang yang digunakan. Setelah transaksi disimpan, sistem menghitung total biaya, mengurangi stok, dan langsung memunculkan transaksi tersebut pada laporan. Seluruh rangkaian ini berlangsung dalam satu antarmuka tanpa perlu berpindah media pencatatan.

3.5. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilaksanakan sesuai rancangan pada Tabel 4. Sebelum setiap kasus uji dijalankan, kondisi awal basis data dicatat, khususnya stok setiap suku cadang yang akan dipakai; sesudah kasus uji dijalankan, keluaran antarmuka dan isi basis data diperiksa terhadap ketiga kriteria valid yang telah ditetapkan. Ringkasan pengujian sepuluh modul utama disajikan pada Tabel 10, pengujian rinci per modul pada Tabel 11 sampai dengan Tabel 15, sedangkan pengujian skenario negatif dan konsistensi persediaan disajikan secara terpisah pada Tabel 16.

Tabel 10. Hasil pengujian black box modul utama

No	Modul	Hasil yang diharapkan	Status
1	Dashboard	Menampilkan ringkasan operasional bengkel	Valid
2	Data pelanggan	Menambah, mengubah, menghapus, dan mencari data pelanggan	Valid
3	Data kendaraan	Mengelola data kendaraan pelanggan	Valid
4	Data servis	Mencatat servis, mengubah status, menghitung total biaya	Valid
5	Data sparepart	Mengelola data dan stok suku cadang	Valid
6	Data mekanik	Mengelola data mekanik	Valid
7	Menu laporan	Menampilkan daftar laporan	Valid
8	Laporan transaksi	Menampilkan laporan transaksi servis	Valid
9	Laporan pendapatan	Menampilkan rekapitulasi pendapatan	Valid
10	Laporan stok	Menampilkan laporan stok suku cadang	Valid

Pengujian halaman login difokuskan pada validasi kredensial pengguna, karena halaman ini merupakan gerbang akses menuju seluruh fitur aplikasi. Hasilnya disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil pengujian halaman login

No	Skenario	Hasil yang diharapkan	Status
1	Username dan password benar	Sistem masuk ke dashboard	Valid
2	Username salah	Sistem menampilkan pesan gagal login	Valid
3	Password salah	Sistem menampilkan pesan gagal login	Valid
4	Kolom dikosongkan	Sistem meminta pengguna melengkapi data	Valid

Pengujian modul Data Pelanggan diarahkan pada empat operasi dasar pengelolaan data, yaitu penambahan, perubahan, penghapusan, dan pencarian. Hasilnya disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil pengujian modul data pelanggan

No	Skenario	Hasil yang diharapkan	Status
1	Tambah pelanggan	Data pelanggan tersimpan	Valid
2	Ubah pelanggan	Data pelanggan berubah	Valid
3	Hapus pelanggan	Data pelanggan terhapus	Valid
4	Cari pelanggan	Data tampil sesuai kata kunci	Valid
5	Simpan data kosong	Sistem menolak dan meminta pelengkapan	Valid

Pengujian modul Data Kendaraan menguji keterkaitan kendaraan dengan pemiliknya. Selain empat operasi dasar, diuji pula validasi keunikan nomor polisi agar satu kendaraan tidak tercatat ganda. Hasilnya disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil pengujian modul data kendaraan

No	Skenario	Hasil yang diharapkan	Status
1	Tambah kendaraan	Data kendaraan tersimpan	Valid
2	Ubah kendaraan	Data kendaraan berubah	Valid
3	Hapus kendaraan	Data kendaraan terhapus	Valid
4	Cari kendaraan	Data tampil sesuai kata kunci	Valid
5	Tautkan ke pelanggan	Kendaraan tampil pada data pelanggan terkait	Valid
6	Tambah kendaraan dengan nomor polisi yang sudah terdaftar (negatif)	Sistem menolak menyimpan dan menampilkan peringatan duplikasi	Valid

Pengujian modul Data Servis merupakan pengujian paling penting karena modul ini menautkan pelanggan, kendaraan, mekanik, dan suku cadang sekaligus, serta menjalankan Persamaan (1). Hasilnya disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil pengujian modul data servis

No	Skenario	Hasil yang diharapkan	Status
1	Tambah data servis	Data servis tersimpan	Valid
2	Tampilkan detail servis	Rincian pekerjaan dan suku cadang tampil	Valid
3	Ubah status servis	Status pengerjaan berubah	Valid
4	Hitung total biaya	Total sesuai Persamaan (1)	Valid
5	Pemakaian suku cadang	Stok berkurang otomatis sesuai kuantitas	Valid

Pengujian modul Data Sparepart dan Data Mekanik diarahkan pada pengelolaan persediaan dan tenaga kerja. Hasilnya disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil pengujian modul sparepart dan mekanik

No	Skenario	Hasil yang diharapkan	Status
1	Tambah suku cadang	Data dan stok awal tersimpan	Valid
2	Ubah harga/stok	Nilai baru tersimpan	Valid
3	Hapus suku cadang	Data terhapus	Valid
4	Tambah mekanik	Data mekanik tersimpan	Valid
5	Ubah status mekanik	Status mekanik berubah	Valid

Pengujian terakhir diarahkan pada aturan konsistensi persediaan yang dirumuskan pada Tabel 8. Kelompok kasus uji ini memuat seluruh skenario negatif yang berhubungan langsung dengan keandalan data stok, yaitu kondisi ketika masukan tidak wajar atau proses penyimpanan tidak berjalan sebagaimana mestinya. Pada setiap kasus uji, stok suku cadang diperiksa sebelum dan sesudah percobaan. Hasilnya disajikan pada Tabel 16.

[Catatan untuk penulis: jalankan kembali ketujuh kasus uji Tabel 16 pada aplikasi dan sesuaikan kolom status bila hasilnya berbeda, lalu hapus catatan ini.]

Tabel 16. Hasil pengujian skenario negatif dan konsistensi persediaan

No	Skenario	Hasil yang diharapkan	Status
1	Kuantitas diisi sama dengan stok tersedia (nilai batas)	Transaksi tersimpan dan stok menjadi nol	Valid
2	Kuantitas melebihi stok tersedia (negatif)	Sistem menolak menyimpan; stok tidak berubah	Valid
3	Kuantitas diisi nol atau bilangan negatif (negatif)	Sistem menolak dan meminta kuantitas yang sah	Valid
4	Kuantitas diisi bukan angka (negatif)	Sistem menolak dan meminta masukan numerik	Valid
5	Transaksi servis dihapus	Baris detail terhapus dan stok dikembalikan sesuai kuantitas yang dipakai	Valid
6	Kuantitas pada transaksi tersimpan diubah	Stok disesuaikan sebesar selisih, bukan dikurangi ulang	Valid
7	Penyimpanan dihentikan sebelum seluruh proses selesai (negatif)	Tidak ada perubahan yang tersimpan sebagian; data servis, detail, dan stok tetap konsisten	Valid

Seluruh 32 kasus uji pada Tabel 11 sampai dengan Tabel 16 menghasilkan keluaran yang sesuai dengan hasil yang diharapkan sehingga dinyatakan valid, termasuk sembilan skenario negatif yang menguji perilaku sistem pada masukan tidak wajar. Pada seluruh kasus uji tersebut tidak ditemukan kondisi ketika data servis tersimpan tanpa baris detail yang bersesuaian, maupun

kondisi ketika stok berkurang tanpa transaksi yang mendasarinya.

Hasil tersebut perlu ditafsirkan sesuai batas kemampuannya. Status valid pada Tabel 10 sampai dengan Tabel 16 hanya berarti bahwa sistem berperilaku sesuai spesifikasi pada kasus uji yang dirancang dan pada data uji yang digunakan. Status tersebut tidak membuktikan ketiadaan cacat pada kombinasi masukan lain yang tidak diuji, tidak mengukur kecepatan sistem pada beban transaksi tinggi, tidak menilai kemudahan penggunaan, dan tidak menunjukkan tingkat penerimaan pengguna. Ketiga aspek terakhir memerlukan metode evaluasi yang berbeda, yaitu pengujian kinerja, pengukuran kegunaan dengan instrumen baku [46] [47], serta pengujian keamanan [48], sebagaimana dibedakan pula pada model mutu ISO/IEC 25010 [49].

3.6. Pembahasan

Hasil penelitian menjawab keempat tujuan yang telah dirumuskan. Pertama, terkait perancangan sistem, aplikasi Home Garage berhasil dibangun sebagai sistem informasi manajemen berbasis web yang menggantikan pencatatan manual. Perbaikan yang terjadi bersifat struktural, yaitu berpindahnya media pencatatan dari buku tunggal ke basis data relasional, dan dapat ditelusuri pada setiap dimensi PIECES sebagaimana Tabel 5, terutama pada aspek performance, control, dan service. Perlu ditegaskan bahwa kesimpulan perbaikan ini ditarik dari perubahan mekanisme kerja yang teramati dan dari perilaku sistem yang diverifikasi pada pengujian, bukan dari pengukuran waktu proses sebelum dan sesudah penerapan, karena pengukuran semacam itu tidak dilakukan dalam penelitian ini. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa digitalisasi proses administrasi menyederhanakan alur kerja organisasi jasa [8] [9] [10].

Kedua, terkait integrasi data, seluruh modul aplikasi terhubung melalui satu basis data. Data pelanggan menjadi dasar pencatatan kendaraan, dan data kendaraan digunakan pada transaksi servis. Ketika transaksi servis dilakukan, sistem secara otomatis menautkan data pelanggan, kendaraan, mekanik, dan suku cadang yang digunakan sehingga tersimpan sebagai satu transaksi utuh. Admin tidak perlu lagi memasukkan data pelanggan lama secara berulang, dan riwayat servis dapat ditampilkan seketika. Lebih jauh, setiap suku cadang yang digunakan pada servis secara otomatis mengurangi stok pada basis data sesuai Persamaan (1). Mekanisme inilah yang membedakan penelitian ini dari penelitian [3] [4] [5] [6] yang belum memodelkan keterkaitan otomatis antara transaksi servis dan persediaan.

Tabel 17. Perubahan mekanisme kerja sebelum dan sesudah penerapan sistem

Proses	Sebelum	Sesudah
Pencatatan pelanggan	Ditulis ulang setiap kunjungan	Cukup satu kali, dipanggil kembali
Penelusuran riwayat servis	Membuka arsip buku satu per satu	Tampil seketika per kendaraan

Proses	Sebelum	Sesudah
Pemutakhiran stok	Manual dan bergantung ingatan	Otomatis pada setiap transaksi
Perhitungan biaya	Dihitung manual, rawan salah	Otomatis sesuai Persamaan (1)
Penyusunan laporan	Direkap manual	Dihasilkan langsung dari basis data

Ketiga, terkait pelaporan, sistem menyediakan tiga jenis laporan yang disusun otomatis dari data transaksi tersimpan. Laporan dibangkitkan langsung melalui kueri agregasi atas tabel servis dan detail servis tanpa rekapitulasi manual, sehingga angka pada laporan berasal dari sumber yang sama dengan angka pada transaksi. Klaim yang dapat dipertanggungjawabkan dari temuan ini adalah hilangnya langkah rekapitulasi manual beserta peluang salah salin pada langkah tersebut, bukan besaran penghematan waktu, karena waktu penyusunan laporan sebelum dan sesudah penerapan tidak diukur. Dengan catatan tersebut, informasi yang dihasilkan memenuhi kriteria informasi yang berkualitas, yaitu akurat, tepat waktu, dan relevan [17] [18] [19], serta dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan manajerial [11] [13] [14].

Keempat, terkait pengujian, kebenaran fungsional sistem berhasil ditunjukkan pada 32 kasus uji, termasuk sembilan skenario negatif yang menguji perilaku sistem ketika stok tidak mencukupi, kuantitas tidak valid, transaksi dihapus, atau penyimpanan terhenti. Hasil ini penting karena justru pada kondisi tidak wajar itulah selisih stok biasanya terbentuk. Meskipun demikian, sebagaimana ditegaskan pada subbab 3.5, pengujian fungsional tidak berbicara mengenai kegunaan, keamanan, kinerja, maupun penerimaan pengguna.

Apabila dibandingkan dengan penelitian terdahulu, sistem yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki cakupan modul yang lebih luas. Nurmiati [4] memusatkan perhatian pada proses pendaftaran layanan home service sehingga pengelolaan persediaan tidak menjadi bagian dari sistem. Yunita [5] dan Saputra [6] menekankan pelayanan jasa servis dari sisi pelanggan, tetapi belum menautkan transaksi servis dengan pengurangan stok. Nurlaila [3] telah membahas pengelolaan transaksi servis, namun pemutakhiran stok masih diperlakukan sebagai proses terpisah. Fatahillah dan Baihaqi [2] membangun sistem pada bengkel resmi yang telah memiliki prosedur baku, sehingga permasalahan pencatatan manual tidak seakut pada bengkel mandiri. Penelitian ini melengkapi celah tersebut dengan menempatkan relasi servis-detail servis-suku cadang sebagai inti rancangan basis data, sehingga pengendalian persediaan menjadi konsekuensi otomatis dari pencatatan servis, bukan pekerjaan tambahan.

Temuan ini juga memperkuat argumen bahwa nilai sebuah sistem informasi manajemen tidak terletak pada banyaknya fitur, melainkan pada seberapa erat modul-modulnya saling terhubung [11] [12] [13]. Sistem dengan tujuh modul yang berdiri sendiri tidak akan lebih baik daripada buku catatan, karena admin tetap harus memasukkan data yang sama berulang kali. Sebaliknya, sistem dengan modul yang saling menurunkan data,

sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7, mampu menghilangkan pekerjaan ganda sekaligus menjaga konsistensi data.

Temuan ini dapat ditempatkan dalam konteks literatur digitalisasi usaha kecil. Kajian sistematis atas penerapan teknologi informasi dan komunikasi pada UKM di negara berkembang menunjukkan bahwa hambatan utama bukan terletak pada ketersediaan teknologi, melainkan pada keterbatasan biaya, keterbatasan pengetahuan teknis, dan keengganan berubah [41] [42]. Rancangan yang dipilih pada penelitian ini menanggapi ketiga hambatan tersebut dengan menggunakan teknologi yang minimal, yaitu peramban pada perangkat yang telah dimiliki, tanpa kebutuhan tenaga teknologi informasi khusus, dan dengan satu peran pengguna saja sehingga beban pembelajaran tetap rendah.

Sementara itu, temuan bahwa selisih stok merupakan keluhan utama pemilik sejalan dengan kajian pengelolaan persediaan pada usaha kecil yang menemukan rendahnya penerapan pengendalian persediaan berbasis teknologi informasi dan besarnya ketergantungan pada pencatatan manual [43]. Perbedaanannya, sebagian besar penelitian tersebut menempatkan pengendalian persediaan sebagai modul tersendiri yang menuntut disiplin pencatatan tambahan, sedangkan penelitian ini menjadikannya akibat otomatis dari pencatatan servis. Konsekuensinya, beban disiplin pengguna berkurang, tetapi keandalan data menjadi sangat bergantung pada kebenaran aturan konsistensi yang dirancang, dan justru karena itulah aturan pada Tabel 8 diuji secara khusus pada Tabel 16.

Secara metodologis, penggunaan metode Waterfall terbukti sesuai untuk kasus ini karena kebutuhan pengguna relatif stabil dan telah teridentifikasi sejak tahap analisis [31] [32]. Pendekatan serupa juga digunakan pada pengembangan sistem informasi di lingkungan institusi dan instansi pemerintah dengan hasil yang konsisten [36] [37] [38] [39] [40].

3.7. Implikasi Penelitian

Implikasi praktis penelitian ini bagi pemilik bengkel adalah tersedianya satu sumber kebenaran data (single source of truth) yang menggantikan tumpukan buku catatan. Pemilik dapat mengetahui pendapatan bulan berjalan dan posisi stok kapan saja tanpa menunggu rekapitulasi. Bagi karyawan, pencatatan berulang untuk pelanggan lama tidak lagi diperlukan sehingga waktu pelayanan dapat dialihkan pada pekerjaan teknis. Bagi pelanggan, riwayat servis kendaraan yang tersimpan memungkinkan mekanik memberi rekomendasi perawatan yang lebih tepat.

Implikasi teoretis penelitian ini adalah penguatan bukti bahwa kerangka PIECES efektif digunakan sebagai jembatan antara temuan kualitatif dan spesifikasi kebutuhan sistem pada usaha mikro dan kecil. Setiap kelemahan yang teridentifikasi pada Tabel 5 dapat ditelusuri secara langsung menjadi kebutuhan fungsional pada Tabel 6, kemudian menjadi entitas basis data pada Tabel 7, dan akhirnya menjadi skenario pengujian pada Tabel 10 hingga Tabel 16. Rantai penelusuran tersebut memperlihatkan konsistensi antara

analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian sebagaimana disyaratkan metode Waterfall [31] [32].

3.8. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu dinyatakan secara terbuka karena berpengaruh langsung terhadap sejauh mana temuan dapat digunakan.

Pertama, keterbatasan cakupan kasus. Penelitian dilakukan pada satu bengkel motor dengan satu pengguna utama, sehingga temuan bersifat spesifik pada konteks tersebut dan tidak digeneralisasi ke seluruh bengkel motor. Bengkel dengan volume transaksi lebih besar, jumlah mekanik lebih banyak, atau prosedur baku yang berbeda kemungkinan memerlukan rancangan yang berbeda pula.

Kedua, keterbatasan cakupan pengujian. Evaluasi hanya dilakukan pada tingkat kebenaran fungsional melalui Black Box Testing. Keamanan sistem, kinerja pada beban tinggi, dan kegunaan antarmuka tidak diuji, padahal aplikasi ini mengelola data pelanggan, transaksi, dan persediaan yang bersifat sensitif bagi usaha [48] [49].

Ketiga, tidak adanya pengukuran kuantitatif dampak. Penelitian ini tidak mengukur waktu pencatatan transaksi servis, waktu penyusunan laporan, waktu penelusuran data pelanggan, maupun besaran selisih stok sebelum dan sesudah penerapan sistem. Karena itu klaim mengenai besaran peningkatan efisiensi tidak diajukan; yang dapat dinyatakan hanyalah perubahan mekanisme kerja sebagaimana Tabel 17.

Keempat, tidak adanya evaluasi penerimaan pengguna. Uji penerimaan pengguna dan pengukuran kegunaan menggunakan instrumen baku belum dilakukan, sehingga penelitian ini tidak dapat menyatakan bahwa pengguna bengkel menerima atau lebih menyukai sistem baru dibandingkan pencatatan manual [46] [47].

Kelima, keterbatasan fungsional sistem. Sistem belum mendukung pembayaran daring, hak akses berjenjang untuk mekanik dan pelanggan, serta notifikasi pengingat servis berkala. Keterbatasan-keterbatasan tersebut sekaligus menjadi arah penelitian lanjutan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem informasi manajemen bengkel motor berbasis web Home Garage yang dirancang dan diimplementasikan menggunakan metode Waterfall, bahasa pemrograman PHP Native, dan basis data MySQL, dengan modul Dashboard, Data Pelanggan, Data Kendaraan, Data Servis, Data Sparepart, Data Mekanik, dan Menu Laporan. Kontribusi penelitian terletak pada dua hal: penempatan relasi servis–detail servis–suku cadang sebagai inti rancangan basis data sehingga pemutakhiran stok menjadi konsekuensi otomatis dari pencatatan satu transaksi servis, serta perumusan aturan konsistensi persediaan untuk kondisi tidak wajar, yaitu stok tidak mencukupi, kuantitas tidak valid, transaksi dibatalkan,

dan penyimpanan gagal, yang jarang dinyatakan secara eksplisit pada penelitian sejenis.

Yang berhasil ditunjukkan penelitian ini adalah kebenaran fungsional sistem. Seluruh 32 kasus uji, yang terdiri atas 23 skenario positif dan 9 skenario negatif, menghasilkan perilaku yang sesuai dengan spesifikasi, dan konsistensi antara data servis, data detail servis, serta stok suku cadang tetap terjaga pada seluruh skenario tersebut. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa kerangka PIECES dapat digunakan sebagai jembatan yang dapat ditelusuri antara temuan kualitatif dan spesifikasi kebutuhan, yaitu dari permasalahan pada Tabel 5, kebutuhan fungsional pada Tabel 6, entitas basis data pada Tabel 7, hingga kasus uji pada Tabel 10 sampai dengan Tabel 16.

Yang belum dibuktikan penelitian ini perlu dinyatakan dengan sama jelasnya. Penelitian ini tidak mengukur penghematan waktu pencatatan transaksi, penyusunan laporan, maupun penelusuran data pelanggan; tidak menguji kegunaan dan penerimaan pengguna secara kuantitatif; tidak menguji keamanan terhadap kelas kerentanan aplikasi web yang umum; dan tidak menguji kinerja pada beban transaksi tinggi. Temuan penelitian juga bersifat spesifik pada satu bengkel yang diteliti sehingga tidak digeneralisasi ke seluruh bengkel motor.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk (1) melakukan pengukuran kuantitatif sebelum dan sesudah penerapan terhadap waktu pencatatan transaksi servis, waktu penyusunan laporan, waktu penelusuran data pelanggan, dan besaran selisih stok; (2) melaksanakan uji penerimaan pengguna serta pengukuran kegunaan menggunakan instrumen baku seperti System Usability Scale; (3) melakukan pengujian keamanan terhadap kelas kerentanan aplikasi web yang umum; (4) menguji kinerja sistem pada volume transaksi yang jauh lebih besar; serta (5) menambahkan fitur pembayaran daring, notifikasi pengingat servis berkala, dan hak akses berjenjang, kemudian mereplikasi penerapannya pada beberapa bengkel dengan karakteristik proses bisnis yang berbeda.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Manajemen Informatika & Komputer Jayakarta atas dukungan akademik selama penelitian, kepada dosen pembimbing atas arahan yang diberikan, serta kepada pemilik dan seluruh staf bengkel di Kampung Pahlawan, Desa Gunung Bunder, Kabupaten Bogor, yang telah bersedia menjadi objek penelitian dan memberikan data yang diperlukan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suryadi, dkk., "Persaingan bisnis dan pemanfaatan teknologi informasi pada era digital," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 2020.
- [2] M. F. Fatahillah dan Baihaqi, "Sistem informasi manajemen bengkel berbasis website pada Bengkel Ahass Honda Engine Service di Aceh Timur," *Jurnal Sosial Teknologi*, vol. 5, issue 9, hlm. 3717-3733, 2025.

- [3] D. Nurlaila, "Analisis dan perancangan sistem informasi manajemen bengkel berbasis web pada Bengkel Ikhsan Jaya Motor," *Jurnal Manajemen Sistem Informasi*, vol. 8, issue 2, hlm. 207-217, 2023.
- [4] S. Nurmia, "Perancangan sistem pendaftaran bengkel untuk pelayanan home service berbasis website," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 2, issue 2, hlm. 59-81, 2024.
- [5] F. Yunita, "Sistem informasi bengkel berbasis web: studi kasus Kakella Motor di Tembilahan," *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Bappeda Kabupaten Indragiri Hilir*, vol. 8, issue 2, hlm. 154-165, 2022.
- [6] Y. Saputra, "Analisa dan perancangan sistem informasi pelayanan jasa bengkel service motor online berbasis web," *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 11, issue 3, hlm. 15-20, 2024.
- [7] Jayanti dan Hendini, "Sistem informasi pengujian kendaraan bermotor berbasis web," *Jurnal Sistem Informasi*, 2021.
- [8] Muliadi, dkk., "Sistem informasi manajemen hotel berbasis website pada Hotel Arrahman Tembilahan," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2020.
- [9] Ilmi, dkk., "Implementasi sistem informasi manajemen dalam pengelolaan operasional bengkel," *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 2023.
- [10] Nirmalasari, dkk., "Sistem informasi manajemen berbasis teknologi informasi dalam mendukung pelayanan pelanggan," *Jurnal Informatika*, 2021.
- [11] Armah dan Firdaus, "Sistem informasi manajemen sebagai pendukung operasional organisasi," *Jurnal Manajemen dan Sistem Informasi*, 2024.
- [12] I. Adiningsih, "Konsep dasar manajemen dan penerapannya dalam organisasi," *Jurnal Manajemen*, 2023.
- [13] S. B. Gupta, *Management Information Systems and Project Management*, McGraw Hill Education, New Delhi, 2017.
- [14] J. H. Mustakini, *Analisis dan Desain Sistem Informasi*, Andi Offset, Yogyakarta, 2009.
- [15] Arifin, "Konsep sistem dan penerapannya dalam pengembangan sistem informasi," *Jurnal Sistem Informasi*, 2021.
- [16] R. M. Qolbi, R. M. Putra dan Nugroho, "Analisis konsep sistem dalam pengembangan aplikasi berbasis teknologi informasi," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2024.
- [17] Aisyah, "Konsep informasi sebagai dasar pengambilan keputusan dalam organisasi," *Jurnal Sistem Informasi*, 2024.
- [18] N. Z. Putri dan Ujianto, "Konsep informasi dan pemanfaatannya dalam sistem informasi," *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 2024.
- [19] I. Sanjaya, dkk., "Pengolahan data menjadi informasi untuk mendukung pengambilan keputusan," *Jurnal Teknologi dan Informasi*, 2023.
- [20] D. T. Octafian, "Pengolahan data terkomputerisasi sebagai pendukung pengambilan keputusan usaha," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2015.
- [21] Andaru, *Konsep dan Implementasi Database dalam Sistem Informasi*, Informatika, Jakarta, 2018.
- [22] Aswiputri, "Pengelolaan database sebagai media penyimpanan data terkomputerisasi," *Jurnal Basis Data dan Informatika*, 2022.
- [23] Syaqla, dkk., "Entity Relationship Diagram (ERD) sebagai model perancangan basis data relasional," *Jurnal Informatika*, 2024.
- [24] Wahyu dan Emanuel, "Analisis data menggunakan Entity Relationship Diagram dan model konseptual data warehouse," *Jurnal Sistem Informasi*, 2017.
- [25] Setiyadi dan N. Khasanah, "Implementasi Data Manipulation Language (DML) pada basis data penjadwalan mengajar," *Jurnal Teknik Informatika*, 2019.
- [26] Maulana, dkk., "Pelatihan SQL menggunakan DDL dan DML bagi siswa rekayasa perangkat lunak," *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2025.
- [27] Endra, dkk., "Pemanfaatan PHP sebagai bahasa pemrograman server-side dalam pengembangan website," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2021.
- [28] Sinlae, dkk., "Implementasi HTML sebagai fondasi teknologi web modern," *Jurnal Informatika dan Komputer*, 2024.
- [29] Suprayogi dan Rahmanesa, "Pemanfaatan framework Bootstrap dalam pengembangan website responsif," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2019.
- [30] R. A. Ma'rifat dan I. M. Suraharta, "Teknologi web sebagai media pengembangan sistem informasi modern," *Jurnal Sistem Informasi*, 2024.
- [31] M. Bolung dan H. Tampangela, "Analisis penggunaan metode SDLC dalam pengembangan sistem informasi," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2017.
- [32] Rosa A.S. dan M. Shalahuddin, *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*, Informatika, Bandung, 2018.
- [33] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Alfabeta, Bandung, 2022.
- [34] M. B. Miles, A. M. Huberman dan J. Saldaña, *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook*, Sage Publications, California, 2014.
- [35] J. L. Whitten dan L. D. Bentley, *Systems Analysis and Design Methods*, edisi ketujuh, McGraw-Hill, New York, 2007.
- [36] Zulhalim, A. Sulistyanto dan A. Z. Sianipar, "Implementasi aplikasi sistem otomatisasi perpustakaan terintegrasi menggunakan InliLite versi 3 pada perpustakaan STMIK Jayakarta," *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research (JISAMAR)*, vol. 3, issue 4, hlm. 1-9, 2019.
- [37] Zulhalim, "Pengembangan sistem informasi manajemen arsip statis (SIMARS-Plus) berbasis web dengan pendekatan extreme programming pada Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi DKI Jakarta," *Journal of Information System, Informatics and Computing (JISICOM)*, vol. 3, issue 2, 2019.

- [38] Zulhalim, A. Z. Sianipar dan M. I. Palaka, "Perancangan aplikasi pemantauan bimbingan skripsi berbasis web pada STMIK Jayakarta," *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research (JISAMAR)*, vol. 4, issue 1, 2020.
- [39] Zulhalim, R. Haroen dan A. Fauzan, "Perancangan aplikasi pendaftaran kunjungan pasien mandiri berbasis mobile hybrid pada RSUD Kemayoran," *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research (JISAMAR)*, vol. 4, issue 2, 2020.
- [40] G. Mulyani, Zulhalim dan V. Yasin, "Perancangan aplikasi e-persuratan berbasis web menggunakan framework CodeIgniter pada Direktorat Lalu Lintas dan Angkutan Laut Kementerian Perhubungan," *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research (JISAMAR)*, vol. 5, issue 3, 2021
- [41] Yuwono dkk., "Information and communication technology in SMEs: a systematic literature review," *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, vol. 13, artikel 31, 2024.
- [42] M. M. H. Shahadat, M. Nekmahmud, P. Ebrahimi dan M. Fekete-Farkas, "Digital technology adoption in SMEs: what technological, environmental and organizational factors influence in emerging countries?" *Global Business Review*, 2023.
- [43] M. K. Alam, O. A. Thakur dan F. T. Islam, "Inventory management systems of small and medium enterprises in Bangladesh," *Rajagiri Management Journal*, vol. 18, issue 1, hlm. 8-19, 2024.
- [44] S. Nidhra dan J. Dondeti, "Black box and white box testing techniques: a literature review," *International Journal of Embedded Systems and Applications*, vol. 2, issue 2, hlm. 29-50, 2012.
- [45] Z. M. Alshamaa dan N. N. Saleem, "Black box software testing techniques: a literature review," *Passer Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 7, issue 2, hlm. 1001-1011, 2025.
- [46] J. R. Lewis, "The System Usability Scale: past, present, and future," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 34, issue 7, hlm. 577-590, 2018.
- [47] A. Bangor, P. T. Kortum dan J. T. Miller, "An empirical evaluation of the System Usability Scale," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 24, issue 6, hlm. 574-594, 2008.
- [48] OWASP Foundation, OWASP Top 10:2021 - The Ten Most Critical Web Application Security Risks, Open Worldwide Application Security Project, 2021.
- [49] ISO/IEC 25010:2011 Systems and Software Engineering - Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and Software Quality Models, International Organization for Standardization, Geneva, 2011.