

Perancangan dan Implementasi Sistem Informasi Peminjaman Buku Berbasis Web pada Perpustakaan Pribadi Menggunakan Framework Laravel

Tsania Aulia^{1*}, Najla Nafila², Fero Triando³, Fikri Hilabi⁴

¹⁻⁴ Politeknik IDN Bogor, Indonesia

email: tsaniazahra97@gmail.com¹, Najlanafilaad27@gmail.com², fero.triando@gmail.com³, fikrimuhammadhilabi@gmail.com⁴

Article Info :

Received:

12-11-2025

Revised:

15-12-2025

Accepted:

30-12-2025

Abstract

This study aims to design and implement a web-based book borrowing information system for a private library using the Laravel framework. The research adopts an applied research approach within a software engineering paradigm, employing the Waterfall model to ensure systematic development, clear documentation, and procedural replicability. The study was conducted at Zahra'sBook, a small-scale private library characterized by limited resources and manual transaction management. Data were collected through structured observation, semi-structured interviews, and analysis of system artifacts, supported by relevant scientific literature. System development followed sequential stages, including requirements analysis, system design, implementation, and functional testing using black-box testing techniques. The results demonstrate that the developed system effectively supports core library services, including catalog management, borrowing and returning transactions, penalty calculation, and reporting. The implementation improves operational efficiency, data accuracy, and service transparency for both administrators and users.

Keywords: Web-Based Library System, Book Borrowing, Laravel Framework, Waterfall Model, Private Library.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem informasi peminjaman buku berbasis web untuk perpustakaan swasta menggunakan kerangka kerja Laravel. Penelitian ini mengadopsi pendekatan penelitian terapan dalam paradigma rekayasa perangkat lunak, dengan menggunakan Model Waterfall untuk memastikan pengembangan sistematis, dokumentasi yang jelas, dan replikabilitas prosedural. Penelitian ini dilakukan di Zahra'sBook, sebuah perpustakaan swasta berskala kecil yang ditandai dengan sumber daya terbatas dan pengelolaan transaksi manual. Data dikumpulkan melalui observasi terstruktur, wawancara semi-terstruktur, dan analisis artefak sistem, didukung oleh literatur ilmiah yang relevan. Pengembangan sistem mengikuti tahap-tahap berurutan, termasuk analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, dan pengujian fungsional menggunakan teknik pengujian black-box. Hasil menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan secara efektif mendukung layanan inti perpustakaan, termasuk manajemen katalog, transaksi peminjaman dan pengembalian, perhitungan denda, dan pelaporan. Implementasi ini meningkatkan efisiensi operasional, akurasi data, dan transparansi layanan bagi administrator dan pengguna.

Kata kunci: Sistem Perpustakaan Berbasis Web, Peminjaman Buku, Kerangka Kerja Laravel, Model Air Terjun, Perpustakaan Pribadi.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Transformasi digital dalam pengelolaan informasi telah menjadi agenda global yang menandai pergeseran fundamental dari sistem manual menuju platform berbasis web yang adaptif, terintegrasi, dan berorientasi pada efisiensi layanan. Dalam pengelolaan pengetahuan, perpustakaan termasuk perpustakaan berskala kecil dan pribadi mengalami tekanan yang semakin kuat untuk mengadopsi sistem informasi yang mampu menjamin akurasi data, keterlacakkan transaksi, serta kemudahan akses lintas waktu dan perangkat. Perkembangan mutakhir teknologi web, khususnya pemanfaatan framework modern seperti Laravel, menawarkan paradigma baru dalam perancangan sistem informasi yang tidak hanya menekankan fungsionalitas, tetapi juga keamanan, skalabilitas, dan maintainability aplikasi. Sejumlah studi menunjukkan bahwa penggunaan framework Laravel memungkinkan

pengembangan sistem perpustakaan berbasis web yang lebih terstruktur dan efisien dibandingkan pendekatan konvensional berbasis skrip sederhana, terutama dalam konteks institusi pendidikan dan organisasi non-komersial (Daru, 2021; Yudhistira et al., 2023; Sumandito et al., 2024).

Penelitian terdahulu dalam domain sistem informasi perpustakaan memperlihatkan peningkatan perhatian terhadap digitalisasi layanan inti seperti katalogisasi, peminjaman, pengembalian, dan pelaporan berbasis web. Studi Rifqi et al. (2025) dan Ramadhana et al. (2025) menegaskan bahwa Laravel berkontribusi signifikan dalam mempercepat proses pengembangan sistem sekaligus meningkatkan pengalaman pengguna melalui antarmuka yang konsisten. Nisfah dan Nugraha (2025) serta Yudhistira et al. (2023) menunjukkan bahwa implementasi sistem informasi perpustakaan berbasis web mampu meningkatkan efektivitas administrasi dan transparansi pengelolaan koleksi. Penelitian lain memperluas cakupan fungsional dengan menambahkan fitur pendukung seperti booking buku dan pengurutan data layanan, yang dinilai relevan dalam meningkatkan kualitas pelayanan perpustakaan secara operasional (Nurfajriyah & Bahar, 2024; Panggabean et al., 2023). Secara kolektif, literatur ini membangun narasi bahwa integrasi framework Laravel merupakan pendekatan teknis yang menjanjikan dalam modernisasi sistem perpustakaan.

Sintesis kritis terhadap penelitian-penelitian tersebut mengungkap adanya pola keterbatasan yang relatif konsisten. Sebagian besar studi berfokus pada perpustakaan institusional formal seperti sekolah dan yayasan, dengan karakteristik pengguna, tata kelola, serta kebutuhan layanan yang relatif homogen, sehingga asumsi desain sistem sering kali tidak diuji pada konteks alternatif seperti perpustakaan pribadi. Banyak penelitian menempatkan sistem informasi sebagai solusi administratif semata tanpa mengelaborasi implikasi konseptual dari desain sistem terhadap keberlanjutan pengelolaan koleksi dan dinamika peminjaman jangka panjang. Pendekatan pengembangan yang digunakan juga cenderung berorientasi pada implementasi teknis, sementara aspek integrasi proses bisnis peminjaman buku, kontrol akses pengguna, dan validasi data transaksi masih dibahas secara parsial dan terfragmentasi (Wibowo, 2025; Rifqi et al., 2025; Sumandito et al., 2024).

Kondisi tersebut menimbulkan persoalan ilmiah dan praktis yang belum sepenuhnya terjawab, khususnya terkait bagaimana sistem informasi peminjaman buku dapat dirancang secara spesifik untuk menjawab kompleksitas pengelolaan perpustakaan pribadi yang memiliki keterbatasan sumber daya, struktur organisasi informal, serta ketergantungan tinggi pada akurasi pencatatan transaksi. Perpustakaan pribadi kerap menghadapi masalah kehilangan buku, ketidakteraturan data peminjaman, serta kesulitan dalam memantau histori sirkulasi koleksi, yang tidak dapat diselesaikan secara optimal oleh sistem manual atau aplikasi generik. Literatur yang ada belum memberikan kerangka implementatif yang secara eksplisit mengaitkan desain sistem berbasis Laravel dengan kebutuhan kontekstual tersebut, meskipun urgensi efisiensi dan akuntabilitas layanan terus meningkat (Daru, 2021; Nisfah & Nugraha, 2025; Nurfajriyah & Bahar, 2024).

Dalam lanskap keilmuan sistem informasi, penelitian ini memposisikan diri sebagai upaya untuk menjembatani kesenjangan antara pengembangan sistem perpustakaan berbasis web yang selama ini berorientasi institusional dan kebutuhan riil pengelolaan perpustakaan pribadi yang bersifat fleksibel namun menuntut keandalan tinggi. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang menitikberatkan pada generalisasi fungsi, studi ini menempatkan proses peminjaman buku sebagai inti sistem yang dirancang secara terintegrasi dengan manajemen pengguna, kontrol data, dan mekanisme validasi transaksi. Pendekatan ini memperluas diskursus ilmiah mengenai adaptabilitas framework Laravel dalam skenario penggunaan non-konvensional serta memperkaya pemahaman tentang desain sistem informasi berbasis kontekstual (Yudhistira et al., 2023; Ramadhana et al., 2025; Wibowo, 2025).

Berdasarkan kerangka pemikiran tersebut penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem informasi peminjaman buku berbasis web pada perpustakaan pribadi menggunakan framework Laravel yang mampu menjamin efisiensi operasional, akurasi data, dan kemudahan pengelolaan koleksi. Kontribusi teoretis penelitian terletak pada penguatan perspektif kontekstual dalam perancangan sistem informasi perpustakaan, sementara kontribusi metodologis diwujudkan melalui pengembangan arsitektur sistem yang terstruktur, modular, dan dapat direplikasi pada skenario serupa. Penelitian ini diharapkan tidak hanya memperkaya literatur sistem informasi perpustakaan berbasis web, tetapi juga menyediakan model implementatif yang relevan bagi pengelola perpustakaan pribadi dalam menghadapi tantangan pengelolaan informasi di era digital.

METODE PENELITIAN

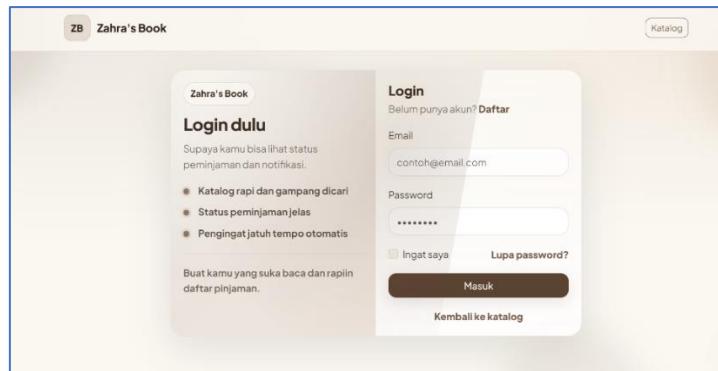
Penelitian ini dirancang menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan desain penelitian terapan (applied research) yang berorientasi pada pengembangan dan evaluasi sistem, dengan metode Waterfall sebagai kerangka kerja utama yang dipilih berdasarkan justifikasi teoretis berupa sifat kebutuhan sistem yang relatif stabil, terdefinisi dengan jelas sejak awal, serta tuntutan dokumentasi dan replikasi prosedural yang tinggi. Pendekatan ini memungkinkan pemisahan tahapan penelitian secara linear dan sistematis mulai dari studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, hingga pengujian dan evaluasi, sehingga setiap fase dapat direplikasi secara konsisten pada konteks serupa. Konteks dan setting penelitian berlokasi pada Zahra'sBook sebagai perpustakaan pribadi dengan skema layanan peminjaman non-institusional, yang dipilih secara purposif karena merepresentasikan karakteristik perpustakaan skala kecil dengan keterbatasan sumber daya, pengelolaan koleksi mandiri, serta ketergantungan tinggi pada akurasi pencatatan transaksi. Subjek penelitian meliputi aktor yang berinteraksi langsung dengan sistem, yaitu Admin sebagai pengelola sistem dan User sebagai peminjam buku, sementara populasi konseptual penelitian mencakup seluruh aktivitas layanan peminjaman–pengembalian buku yang berlangsung di Zahra'sBook. Teknik sampling yang digunakan bersifat purposive sampling dengan alasan metodologis bahwa hanya aktor yang terlibat langsung dalam proses bisnis peminjaman yang relevan untuk dianalisis dan dimodelkan dalam sistem, sehingga meningkatkan validitas internal rancangan kebutuhan dan fungsionalitas sistem.

Instrumen penelitian mencakup pedoman observasi terstruktur terhadap alur layanan peminjaman, pedoman wawancara semi-terstruktur untuk menggali kebutuhan pengguna dan pengelola, serta dokumen artefak sistem berupa spesifikasi kebutuhan, model UML, ERD, dan prototipe antarmuka, dengan sumber data berasal dari data primer hasil observasi dan wawancara serta data sekunder dari literatur ilmiah dan dokumentasi teknis. Validitas data dijaga melalui teknik triangulasi sumber dan metode, yakni dengan membandingkan hasil observasi, wawancara, dan referensi literatur, sementara reliabilitas prosedural dicapai melalui penggunaan instrumen yang terdokumentasi dan tahapan pengumpulan data yang terstandar. Prosedur pengumpulan data dilakukan secara kronologis dimulai dari studi literatur untuk membangun landasan konseptual, observasi dan wawancara untuk analisis kebutuhan, pemodelan sistem untuk perancangan, implementasi menggunakan framework Laravel dan basis data MySQL, serta pengujian sistem menggunakan black-box testing pada seluruh fungsi utama. Teknik analisis data yang digunakan bersifat kualitatif-deskriptif dan analitik-fungsional, dengan kerangka analisis berfokus pada kesesuaian antara kebutuhan pengguna, spesifikasi sistem, dan hasil implementasi, serta evaluasi keberfungsian sistem berdasarkan hasil pengujian input–output sebagai dasar penarikan kesimpulan metodologis dan rekomendasi pengembangan lanjutan.

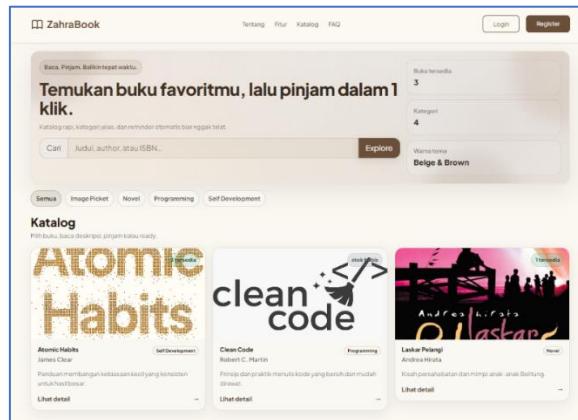
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem Informasi Peminjaman Buku Zahra'sBook

Hasil pemodelan sistem menggunakan UML menunjukkan bahwa pemisahan peran antara Admin dan User dirancang secara tegas untuk mencerminkan pembagian otoritas dan tanggung jawab dalam layanan peminjaman buku pada perpustakaan pribadi Zahra'sBook. Struktur dua aktor ini menegaskan prinsip kontrol akses berbasis peran yang relevan untuk menjaga konsistensi data dan akuntabilitas transaksi peminjaman, sebagaimana direkomendasikan dalam pengembangan sistem informasi berbasis web. Use Case Diagram yang ditampilkan pada Gambar 1 memvisualisasikan keterkaitan fungsional antara pengelolaan data master, transaksi peminjaman, dan pelaporan sebagai satu kesatuan proses bisnis. Pendekatan ini sejalan dengan temuan bahwa pemodelan awal yang eksplisit berkontribusi terhadap stabilitas implementasi sistem perpustakaan berbasis Laravel. Kejelasan relasi aktor dan fungsi memperkuat validitas desain sistem sebagai fondasi pengembangan yang terstruktur (Yudhistira et al., 2023; Daru, 2021).



Gambar 1. Halaman Login



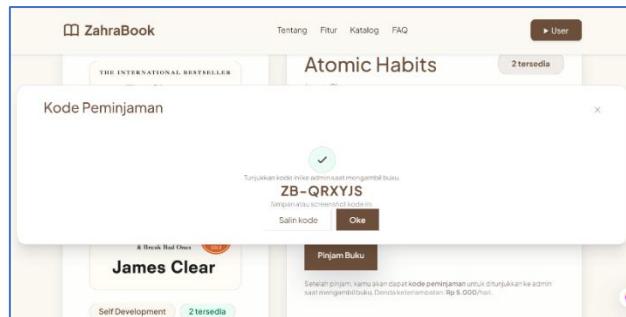
Gambar 2. Landing Page Katalog

Activity Diagram manajemen data yang disajikan pada Gambar 2 menggambarkan alur autentikasi, validasi input, serta penyimpanan data master ke dalam basis data secara sistematis dan berlapis. Alur ini menegaskan pentingnya mekanisme validasi pada setiap proses input untuk mencegah inkonsistensi data buku dan kategori yang sering muncul pada sistem manual. Implementasi validasi berjenjang mencerminkan praktik terbaik pengelolaan data dalam sistem informasi perpustakaan modern yang berorientasi pada integritas data. Secara empiris pendekatan ini mendukung temuan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya kontrol data sejak tahap awal interaksi pengguna dengan sistem. Konsistensi alur aktivitas tersebut memperkuat keandalan sistem dalam jangka operasional panjang (Rifqi et al., 2025; Sumandito et al., 2024).

Gambar 3. Form Peminjaman Mandiri User

Activity Diagram peminjaman buku yang ditampilkan pada Gambar 3 menunjukkan transformasi signifikan dari proses peminjaman manual menuju peminjaman mandiri berbasis sistem. User dapat melakukan pemilihan buku, konfirmasi peminjaman, hingga memperoleh pickup code sebagai identitas transaksi tanpa intervensi langsung admin pada tahap awal. Desain ini merepresentasikan efisiensi layanan dan reduksi potensi kesalahan pencatatan yang lazim terjadi pada perpustakaan berskala kecil. Pickup code berfungsi sebagai mekanisme verifikasi yang memperkuat keamanan transaksi dan

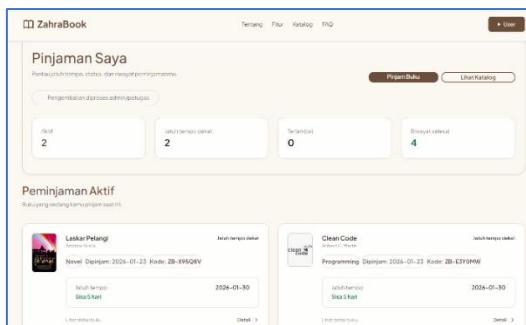
ketertelusuran peminjaman. Pola ini sejalan dengan penelitian yang menekankan pentingnya otomasi transaksi dalam meningkatkan kualitas layanan peminjaman (Nurfajriyah & Bahar, 2024; Sasoeng & Rompas, 2025).



Gambar 4. Kode Peminjaman Mandiri

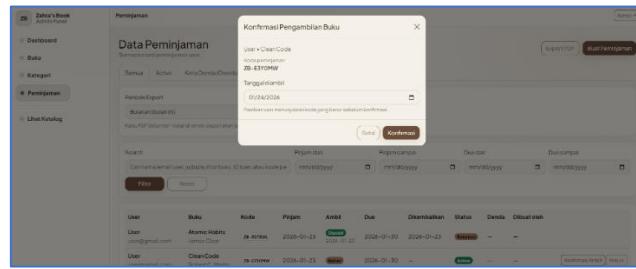
Proses rekap peminjaman dan ekspor laporan yang dimodelkan dalam Activity Diagram pada Gambar 4 memperlihatkan integrasi antara data transaksi dan kebutuhan dokumentasi administratif. Sistem memungkinkan admin menentukan periode tertentu untuk menghasilkan laporan peminjaman dan data buku dalam format PDF yang terstruktur. Fitur ini menghilangkan ketergantungan pada rekap manual yang rentan kesalahan dan memakan waktu. Dari pengelolaan informasi, kemampuan ekspor laporan memperkuat fungsi sistem sebagai alat bantu pengambilan keputusan berbasis data. Temuan ini konsisten dengan studi yang menyoroti peran sistem informasi dalam meningkatkan kualitas pelaporan dan transparansi operasional (Wibowo, 2025; Colondam et al., 2025).

Rancangan basis data yang dimodelkan melalui ERD menempatkan tabel users, categories, books, dan loans sebagai entitas inti yang saling terhubung untuk mendukung alur peminjaman buku secara end-to-end. Struktur relasi ini memastikan bahwa setiap transaksi peminjaman tercatat secara historis dan dapat ditelusuri kembali berdasarkan pengguna, buku, maupun periode waktu. Pendekatan ini memperlihatkan kesesuaian antara desain konseptual dan kebutuhan analitik sistem, khususnya dalam penyajian dashboard dan laporan. Keberadaan tabel loans sebagai pusat transaksi juga mendukung pengelolaan stok buku secara real-time. Desain basis data seperti ini sejalan dengan praktik pengembangan sistem berbasis Laravel yang menekankan konsistensi relasi dan efisiensi query (Abdullah et al., 2020; Abdillah et al., 2023).



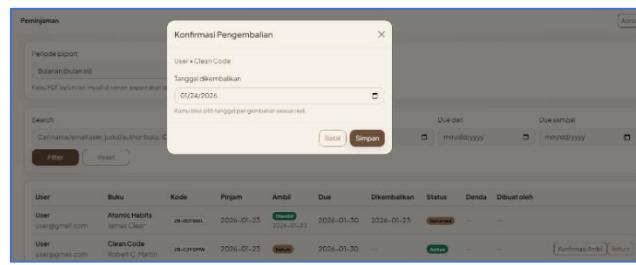
Gambar 5. Dashboard Peminjaman User

Implementasi autentikasi pengguna dan pemisahan hak akses yang ditunjukkan pada Gambar 5 memperlihatkan penerapan prinsip keamanan dasar dalam sistem informasi berbasis web. Pengguna hanya dapat mengakses fitur yang sesuai dengan perannya, sehingga risiko manipulasi data oleh pihak yang tidak berwenang dapat diminimalkan. Mekanisme ini mendukung stabilitas operasional sistem sekaligus meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap layanan digital perpustakaan. Dari sudut pandang rekayasa perangkat lunak, kontrol akses berbasis peran merupakan elemen esensial dalam sistem yang melibatkan transaksi dan data historis. Hasil ini konsisten dengan temuan penelitian yang menekankan pentingnya autentikasi dan otorisasi dalam aplikasi berbasis Laravel (Juandi & Irawan, 2025; Zikri et al., 2023).



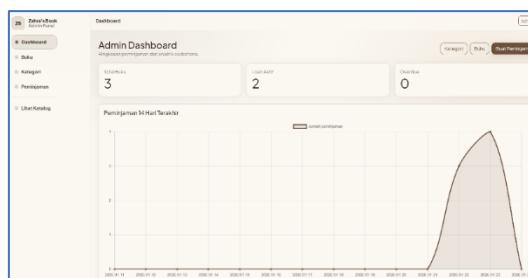
Gambar 6. Verifikasi Peminjaman Buku oleh Admin

Fitur katalog buku dan pencarian yang ditampilkan pada Gambar 6 memperlihatkan bagaimana sistem mendukung akses informasi koleksi secara cepat dan terstruktur. User dapat memanfaatkan filter berdasarkan kategori, kata kunci judul, penulis, ISBN, dan status ketersediaan untuk menemukan buku yang relevan. Kemampuan ini meningkatkan usability sistem dan mengurangi beban kognitif pengguna dalam menelusuri koleksi. Integrasi pencarian dan filter mencerminkan penerapan prinsip information retrieval dalam sistem perpustakaan digital. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian yang menekankan peningkatan aksesibilitas koleksi melalui mekanisme pencarian yang efisien (Hani et al., 2025; Syawalludin & Al Rivan, 2023).



Gambar 7. Pengembalian Buku oleh Admin

Dashboard peminjaman user yang ditampilkan pada Gambar 7 berfungsi sebagai sarana transparansi informasi terkait status peminjaman, batas waktu pengembalian, dan pickup code. Penyajian data ini membantu pengguna mengelola kewajiban pengembalian secara mandiri dan mengurangi potensi keterlambatan. Transparansi status peminjaman memperkuat hubungan kepercayaan antara pengelola perpustakaan dan pengguna. Fitur ini menunjukkan pergeseran paradigma layanan dari kontrol penuh admin menuju pemberdayaan pengguna. Temuan tersebut sejalan dengan studi yang menyoroti pentingnya dashboard informatif dalam sistem layanan berbasis web (Ramadhana et al., 2025; Saputra et al., 2024).



Gambar 8. Dashboard Analitik, Grafik Pinjam

Dashboard				
Aktivitas Terakhir				
Waktu	Aktivitas	User	Buku	Keterangan
2026-01-23 23:59	Belum	Admin admin@gmail.com	Laskar Pelangi Andrea Hirata	oleh Admin
2026-01-23 23:59	Belum	User user@gmail.com	Atomic Habits James Clear	oleh Admin
2026-01-23 23:59	Belum	User user@gmail.com	Atomic Habits James Clear	oleh Admin
2026-01-23 17:59	Belum	User user@gmail.com	Atomic Habits James Clear	due: 2026-01-30
2026-01-23 17:57	Belum	User user@gmail.com	Clean Code Robert C. Martin	due: 2026-01-30

Gambar 9. Dashboard Analitik, Aktivitas Terkini

Pada sisi admin, proses verifikasi peminjaman dan pengembalian buku yang ditampilkan pada Gambar 8 dan Gambar 9 memperlihatkan integrasi pickup code dan perhitungan denda otomatis sebesar Rp5.000 per hari keterlambatan. Mekanisme ini memastikan penerapan aturan peminjaman secara konsisten tanpa bergantung pada perhitungan manual. Sistem secara langsung menyesuaikan status peminjaman dan stok buku setelah proses diverifikasi, sehingga data ketersediaan selalu mutakhir. Dari sudut pandang pengelolaan operasional, otomasi ini meningkatkan efisiensi dan mengurangi potensi konflik akibat perbedaan perhitungan denda. Pendekatan serupa telah terbukti efektif dalam berbagai sistem layanan berbasis transaksi (Panggabean et al., 2023; Praja & Aninda, 2025).

Peminjaman				
Data Peminjaman				
Semua record peminjaman user.				
Berusia	Active	Kena Denda (Overdue)	Returned	
Periode Export	Butuhkan (bulan ini)	Export PDF	Reset	
Klik PDF belum ter-install di server, export akan tampil sebagai halaman printable.				

Gambar 10. Export Laporan Peminjaman PDF

Dashboard analitik admin dan fitur ekspor laporan PDF yang ditunjukkan pada Gambar 10 menegaskan peran sistem sebagai alat monitoring dan evaluasi berbasis data. Visualisasi grafik peminjaman dan aktivitas terkini memberikan gambaran cepat mengenai pola penggunaan koleksi dan tingkat keterlambatan. Informasi ini memungkinkan admin mengambil keputusan operasional yang lebih terukur dan responsif terhadap dinamika peminjaman. Integrasi analitik dan pelaporan menjadikan sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat transaksi, tetapi juga sebagai sumber informasi strategis. Hasil implementasi ini konsisten dengan temuan bahwa dashboard analitik meningkatkan kualitas pengelolaan dan keberlanjutan sistem informasi perpustakaan berbasis web (Nisfah & Nugraha, 2025; Ramadan et al., 2024).

Pengujian Sistem Peminjaman Buku Zahra'sBook

Pengujian sistem pada aplikasi peminjaman buku Zahra'sBook dirancang untuk menilai tingkat kesesuaian antara kebutuhan fungsional yang telah didefinisikan pada tahap analisis dengan perilaku aktual sistem setelah implementasi. Pendekatan black-box testing dipilih karena relevan untuk mengevaluasi sistem dari perspektif pengguna tanpa keterikatan pada struktur internal kode, sehingga fokus pengujian terletak pada validitas input dan akurasi output. Strategi ini lazim digunakan dalam pengujian sistem informasi berbasis web yang berorientasi layanan dan interaksi pengguna. Ringkasan hasil pengujian disajikan secara komprehensif pada Tabel 1 untuk memberikan transparansi terhadap seluruh skenario uji yang dilakukan. Pendekatan pengujian seperti ini juga direkomendasikan dalam pengembangan sistem perpustakaan berbasis Laravel untuk menjamin stabilitas fungsional (Daru, 2021; Yudhistira et al., 2023).

Tabel 1. Tabel Pengujian Sistem Peminjaman Buku

No	Fitur yang Diuji	Skenario Uji	Output yang Diharapkan	Hasil
1	Autentikasi & Hak Akses	Login valid/invalid dan akses menu berdasarkan role	Login berhasil menampilkan dashboard sesuai role; login gagal menampilkan pesan error	Berhasil

	Manajemen Data Buku & Kategori (Admin)	CRUD buku dan kategori serta pencarian/filter	Data tersimpan/terubah/terhapus dan tampil sesuai filter	Berhasil
2	Katalog Buku (User)	Pencarian dan filter buku	Sistem menampilkan daftar buku sesuai kata kunci/filter	Berhasil
3	Pengajuan Peminjaman (User)	User mengajukan peminjaman buku	Data peminjaman tersimpan dan status peminjaman terbentuk	Berhasil
4	Pickup Code	Sistem membuat kode peminjaman setelah pengajuan	Pickup code terbentuk dan dapat ditampilkan pada detail peminjaman	Berhasil
5	Verifikasi Pengambilan (Admin)	Admin memvalidasi pickup code saat user datang	Sistem menampilkan detail peminjaman dan status berubah menjadi "diambil/dipinjam"	Berhasil
6	Pengembalian Buku (Admin)	Admin memproses pengembalian	Status berubah menjadi "dikembalikan" dan data pengembalian tercatat	Berhasil
7	Perhitungan Denda	Pengembalian melewati due date	Denda dihitung otomatis Rp5.000 per hari keterlambatan	Berhasil
8	Filter Data Peminjaman	Filter berdasarkan periode/status/user/kode	Data peminjaman tampil sesuai filter	Berhasil
9	Dashboard Analitik	Grafik peminjaman dan aktivitas terkini	Grafik dan aktivitas tampil sesuai data transaksi peminjaman	Berhasil
10	Eksport Laporan PDF	Unduh laporan data peminjaman dan data buku	File PDF berhasil dibuat dan sesuai data yang ditampilkan	Berhasil

Sumber: Data Olahan Peneliti, 2026.

Fitur autentikasi dan pemisahan hak akses yang diuji pada skenario pertama dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan hak akses Admin dan User secara konsisten. Login dengan kredensial valid mengarahkan pengguna ke dashboard sesuai peran, sedangkan kredensial tidak valid menghasilkan pesan kesalahan yang tepat. Hasil ini menegaskan bahwa mekanisme kontrol akses telah diimplementasikan sesuai prinsip keamanan dasar sistem informasi. Keandalan autentikasi menjadi fondasi penting karena seluruh fitur lanjutan bergantung pada validitas identitas pengguna. Temuan ini selaras dengan penelitian yang menekankan peran autentikasi berbasis peran dalam menjaga integritas sistem berbasis web (Juandi & Irawan, 2025; Abdullah et al., 2020).

Pengujian manajemen data buku dan kategori oleh Admin, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1, memperlihatkan bahwa seluruh operasi CRUD berjalan sesuai spesifikasi. Data buku dan kategori dapat ditambahkan, diperbarui, dihapus, serta ditampilkan kembali melalui fitur pencarian dan filter tanpa inkonsistensi. Keberhasilan skenario ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendukung pengelolaan data master secara terstruktur dan berkelanjutan. Stabilitas pengelolaan data master menjadi prasyarat utama bagi akurasi transaksi peminjaman. Hasil ini memperkuat temuan empiris sebelumnya bahwa sistem perpustakaan berbasis web efektif meningkatkan kerapian dan keandalan data koleksi (Rifqi et al., 2025; Sumandito et al., 2024).

Pada sisi User pengujian katalog buku yang melibatkan pencarian dan filter koleksi memperlihatkan respons sistem yang konsisten terhadap berbagai kombinasi kata kunci dan kategori. Skenario uji pada Tabel 1 menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan daftar buku sesuai parameter yang dimasukkan pengguna. Fitur ini memiliki implikasi langsung terhadap efisiensi pencarian informasi koleksi dan pengalaman pengguna. Ketepatan hasil pencarian menegaskan penerapan prinsip information retrieval dalam sistem. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyoroti pentingnya mekanisme pencarian terstruktur dalam meningkatkan aksesibilitas koleksi perpustakaan digital (Hani et al., 2025; Syawalludin & Al Rivan, 2023).

Pengujian pengajuan peminjaman buku oleh User menunjukkan bahwa sistem mampu mencatat transaksi peminjaman secara otomatis dan membentuk status peminjaman yang sesuai. Pada skenario ini, Tabel 1 mencatat keberhasilan sistem dalam menyimpan data peminjaman tanpa kehilangan informasi penting. Proses ini merepresentasikan pergeseran layanan dari pencatatan manual menuju peminjaman mandiri berbasis sistem. Konsistensi data peminjaman menjadi indikator utama keberhasilan integrasi modul transaksi. Hasil tersebut mendukung temuan bahwa otomasi peminjaman meningkatkan efisiensi layanan perpustakaan berskala kecil hingga menengah (Nurfajriyah & Bahar, 2024; Sasoeng & Rompas, 2025).

Pembentukan pickup code sebagai bagian dari pengujian sistem memperlihatkan kemampuan aplikasi dalam menghasilkan identitas unik untuk setiap transaksi peminjaman. Pickup code yang diuji pada Tabel 1 dapat ditampilkan kembali pada detail peminjaman dan digunakan dalam proses verifikasi. Mekanisme ini memperkuat keamanan transaksi serta memudahkan penelusuran data peminjaman. Pickup code juga berfungsi sebagai penghubung antara proses digital dan layanan fisik di perpustakaan. Pendekatan ini sejalan dengan praktik pengembangan sistem layanan berbasis transaksi yang menekankan ketertelusuran data (Panggabean et al., 2023; Praja & Aninda, 2025).

Pengujian verifikasi pengambilan dan pengembalian buku oleh Admin menunjukkan bahwa sistem mampu memperbarui status peminjaman secara real time. Pada Tabel 1, seluruh skenario verifikasi pickup code dan pencatatan pengembalian menunjukkan hasil berhasil. Sistem juga secara otomatis menyesuaikan data stok buku setelah proses diverifikasi. Integrasi ini mengurangi potensi kesalahan pencatatan yang sering muncul pada proses manual. Hasil ini konsisten dengan temuan penelitian yang menegaskan pentingnya sinkronisasi status transaksi dan stok dalam sistem perpustakaan berbasis web (Zikri et al., 2023; Ramadhana et al., 2025).

Aspek perhitungan denda keterlambatan diuji dengan mensimulasikan pengembalian buku yang melewati batas waktu pengembalian. Tabel 1 menunjukkan bahwa sistem menghitung denda secara otomatis sebesar Rp5.000 per hari sesuai ketentuan yang ditetapkan. Keakuratan perhitungan ini memperlihatkan bahwa sistem mampu menerapkan aturan operasional secara konsisten. Otomasi perhitungan denda juga mengurangi potensi konflik akibat kesalahan hitung manual. Temuan ini mendukung penelitian yang menyoroti manfaat sistem informasi dalam penerapan aturan layanan secara objektif dan terukur (Wibowo, 2025; Ramadan et al., 2024).

Pengujian fitur filter data peminjaman dan dashboard analitik menunjukkan bahwa sistem mampu menyajikan informasi transaksi secara ringkas dan informatif. Berdasarkan Tabel 1, grafik peminjaman dan aktivitas terkini tampil sesuai dengan data transaksi yang tersimpan. Visualisasi ini membantu admin memantau pola peminjaman dan aktivitas operasional secara cepat. Kemampuan monitoring berbasis dashboard memperkuat fungsi sistem sebagai alat evaluasi internal. Hasil ini sejalan dengan temuan empiris bahwa dashboard analitik meningkatkan kualitas pengambilan keputusan pada sistem informasi layanan (Nisfah & Nugraha, 2025; Abdillah et al., 2023).

Pengujian ekspor laporan PDF pada sistem Zahra'sBook menunjukkan bahwa data peminjaman dan data buku dapat diunduh sesuai periode yang dipilih. Tabel 1 mencatat bahwa seluruh skenario ekspor laporan menghasilkan file PDF yang konsisten dengan data yang ditampilkan di sistem. Fitur ini memiliki nilai strategis bagi kebutuhan dokumentasi dan pelaporan administratif. Keberhasilan ekspor laporan menegaskan bahwa sistem telah memenuhi kebutuhan fungsional utama perpustakaan pribadi. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini memperkuat temuan bahwa sistem informasi berbasis web mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, dan akuntabilitas layanan perpustakaan (Colondam et al., 2025; Saputra et al., 2024).

Integrasi Metodologis Waterfall dan Kinerja Fungsional Sistem pada Perpustakaan Pribadi Skala Kecil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode Waterfall dalam perancangan dan implementasi sistem informasi peminjaman buku berbasis web pada Zahra'sBook mampu menghasilkan alur pengembangan yang terstruktur dan terdokumentasi secara sistematis. Setiap tahapan pengembangan, mulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian, menunjukkan keterkaitan linear yang memudahkan penelusuran keputusan desain dan evaluasi hasil implementasi. Kondisi kebutuhan sistem yang relatif stabil pada konteks perpustakaan pribadi skala kecil memperkuat relevansi Waterfall sebagai kerangka kerja yang tepat guna. Implementasi ini mengonfirmasi bahwa pendekatan rekayasa perangkat lunak klasik tetap memiliki signifikansi metodologis ketika konteks

pengembangan menuntut konsistensi dan replikasi prosedural yang tinggi. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Saputra et al. (2024) yang menegaskan efektivitas Waterfall pada sistem layanan publik dengan ruang lingkup kebutuhan yang terdefinisi jelas.

Pada tahap analisis kebutuhan, hasil observasi dan wawancara menunjukkan adanya kesenjangan signifikan antara praktik pencatatan manual dan tuntutan akurasi layanan peminjaman. Sistem yang dirancang berhasil memformalkan seluruh proses bisnis peminjaman dan pengembalian ke dalam spesifikasi fungsional yang eksplisit dan terukur. Kebutuhan Admin terkait kontrol data, verifikasi transaksi, dan pelaporan terakomodasi secara konsisten dalam rancangan sistem. Sementara itu, kebutuhan User yang berfokus pada kemudahan akses katalog dan transparansi status peminjaman diintegrasikan sebagai fitur inti antarmuka. Konsistensi antara kebutuhan pengguna dan spesifikasi sistem ini mencerminkan validitas internal perancangan sebagaimana ditekankan oleh Rifqi et al. (2025).

Hasil perancangan sistem berbasis UML dan ERD menunjukkan bahwa struktur data dan alur proses dirumuskan secara logis dan minim redundansi. Entitas utama seperti buku, pengguna, transaksi peminjaman, dan pengembalian direlasikan sesuai prinsip normalisasi basis data. Model ini memungkinkan sistem mengelola data koleksi dan transaksi secara terintegrasi tanpa konflik konsistensi. Kejelasan pemodelan berkontribusi langsung terhadap kelancaran proses implementasi menggunakan framework Laravel dan basis data MySQL. Temuan ini memperkuat pandangan Yudhistira et al. (2023) bahwa pemodelan konseptual yang matang menjadi determinan kualitas sistem informasi perpustakaan berbasis web.

Implementasi sistem memperlihatkan bahwa framework Laravel mampu mendukung kebutuhan fungsional dan nonfungsional pada perpustakaan pribadi dengan sumber daya terbatas. Arsitektur Model–View–Controller memfasilitasi pemisahan logika bisnis, pengelolaan data, dan antarmuka pengguna secara konsisten. Penggunaan fitur autentikasi dan middleware Laravel memungkinkan penerapan kontrol akses berbasis peran antara Admin dan User secara efektif. Stabilitas sistem selama pengujian menunjukkan bahwa framework ini adaptif terhadap skema layanan non-institusional. Hasil ini konsisten dengan temuan Wibowo (2025) dan Daru (2021) yang menyoroti keandalan Laravel dalam sistem informasi perpustakaan.

Pengujian sistem menggunakan black-box testing menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama beroperasi sesuai dengan spesifikasi kebutuhan. Setiap skenario uji yang mencakup login, pengelolaan data buku, peminjaman, pengembalian, dan perhitungan denda menghasilkan output yang valid. Keberhasilan pengujian ini menunjukkan kesesuaian tinggi antara desain sistem dan implementasi aktual. Hasil ini memperkuat argumen bahwa Waterfall mendukung kualitas implementasi melalui tahapan verifikasi yang jelas. Temuan tersebut sejalan dengan Abdullah et al. (2020) yang menekankan pentingnya pengujian fungsional terstruktur pada sistem berbasis Laravel.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Pengujian Fungsional Sistem Peminjaman Buku Zahra'sBook

Variabel Sistem	Indikator Pengujian	Teknik Pengujian	Hasil
Autentikasi Pengguna	Validasi login Admin dan User	Black-box testing	Berhasil
Manajemen Koleksi	Operasi tambah, ubah, hapus data buku	Black-box testing	Berhasil
Transaksi Peminjaman	Pencatatan peminjaman dan status	Black-box testing	Berhasil
Pengembalian Buku	Pembaruan status dan stok	Black-box testing	Berhasil
Pelaporan	Ekspor laporan transaksi	Black-box testing	Berhasil

Sumber: Data primer hasil pengujian sistem, 2026.

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh variabel sistem memenuhi indikator keberfungsiannya yang telah ditetapkan pada tahap analisis kebutuhan. Konsistensi hasil pengujian mengindikasikan reliabilitas prosedural yang baik, mengingat seluruh skenario diuji menggunakan teknik dan instrumen yang sama. Hal ini memperlihatkan bahwa sistem mampu merepresentasikan proses bisnis Zahra'sBook secara akurat. Keberhasilan fungsional tersebut menjadi indikator utama efektivitas sistem dalam konteks layanan peminjaman non-institusional. Temuan ini mendukung

argumen Nisfah dan Nugraha (2025) mengenai peran sistem informasi dalam meningkatkan keteraturan layanan perpustakaan.

Hasil wawancara pasca-implementasi menunjukkan adanya peningkatan persepsi kemudahan dan kejelasan layanan bagi pengguna. Admin menilai bahwa sistem mempermudah pengawasan transaksi dan meminimalkan kesalahan pencatatan manual. User merasakan transparansi yang lebih tinggi terkait ketersediaan buku dan status peminjaman. Integrasi umpan balik ini menegaskan kesesuaian sistem dengan kebutuhan kontekstual pengguna. Hasil ini sejalan dengan Nurfajriyah dan Bahar (2024) yang menekankan pentingnya user-centered design pada aplikasi perpustakaan berbasis web.

Sistem yang dikembangkan menunjukkan kemampuan mendukung efisiensi operasional tanpa menambah kompleksitas pengelolaan. Otomatisasi proses peminjaman dan pengembalian mengurangi beban administratif yang sebelumnya bergantung pada pencatatan manual. Efisiensi ini relevan bagi perpustakaan pribadi yang memiliki keterbatasan sumber daya manusia dan teknologi. Dari sudut pandang rekayasa perangkat lunak, temuan ini memperlihatkan kesesuaian antara solusi teknis dan konteks implementasi. Hasil tersebut konsisten dengan temuan Sasoeng dan Rompas (2025) mengenai efektivitas sistem web dalam meningkatkan layanan peminjaman.

Implikasi metodologis penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan applied research dengan Waterfall efektif untuk konteks pengembangan sistem skala kecil yang berorientasi layanan. Kejelasan tahapan memungkinkan replikasi prosedural pada perpustakaan pribadi lain dengan karakteristik serupa. Evaluasi berbasis kesesuaian kebutuhan dan hasil implementasi memberikan dasar analitik yang kuat untuk penilaian keberhasilan sistem. Pendekatan ini juga memperkaya literatur mengenai penerapan Waterfall pada sistem informasi non-institusional. Temuan ini memperluas diskursus yang sebelumnya banyak berfokus pada institusi formal sebagaimana ditunjukkan oleh Sumandito et al. (2024).

Sistem informasi peminjaman buku berbasis web yang dikembangkan mampu memenuhi kebutuhan fungsional Zahra'sBook secara konsisten dan terukur. Integrasi metode Waterfall, framework Laravel, dan pengujian black-box menghasilkan sistem yang stabil, akurat, dan mudah direplikasi. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengayaan model implementasi sistem perpustakaan pribadi berbasis web. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan rekayasa perangkat lunak konvensional tetap relevan ketika disesuaikan dengan konteks dan kebutuhan pengguna. Penelitian ini mendukung argumen Colondam et al. (2025) bahwa kesesuaian metodologi dan konteks merupakan kunci keberhasilan pengembangan sistem informasi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa perancangan dan implementasi sistem informasi peminjaman buku berbasis web menggunakan framework Laravel, yang dikembangkan melalui pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan metode Waterfall, mampu menjawab kebutuhan operasional perpustakaan pribadi secara efektif, terukur, dan berkelanjutan. Hasil analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi teknis, serta pengujian fungsional menunjukkan konsistensi yang kuat antara kebutuhan pengguna, spesifikasi sistem, dan kinerja aktual sistem dalam mendukung layanan peminjaman–pengembalian buku. Sistem yang dikembangkan berhasil meningkatkan akurasi pencatatan transaksi, efisiensi pengelolaan koleksi, transparansi layanan bagi pengguna, serta kemudahan pengawasan bagi pengelola, tanpa menambah kompleksitas pengelolaan. Temuan ini memperlihatkan bahwa integrasi metodologi Waterfall dan framework Laravel relevan untuk konteks pengembangan sistem informasi skala kecil dengan kebutuhan yang relatif stabil, sekaligus memberikan kontribusi empiris terhadap literatur sistem informasi perpustakaan non-institusional yang masih terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, T., Dai, R. H., Yunarti, S., & Hadju, R. R. (2023). Perancangan Sistem Informasi Penguanan Kapasitas Mahasiswa, Alumni dan Organisasi Kemahasiswaan Menggunakan Framework Laravel. *Digital Transformation Technology*, 3(2), 336-345. <https://doi.org/10.47709/digitech.v3i2.2797>.
- Abdullah, M. Z., Astiningrum, M., Ariyanto, Y., Puspitasari, D., & Asri, A. N. (2020). Rancang Bangun Sistem Informasi Akuntansi Berbasis Website menggunakan Framework Laravel. *SITEKIN*:

- Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, 18(1), 49-56. <http://dx.doi.org/10.24014/sitekin.v18i1.11313>.
- Colondam, E. G. S., Aryono, G. D. P., & Masyhuri, M. (2025). Perancangan Sistem Informasi Buku Tamu Pada Fakultas Ilmu Komputer Di Universitas Bina Bangsa. *Jurnal Manajemen Pendidikan*, 13(02), 161-169. <https://doi.org/10.33751/jmp.v13i02.16>.
- Daru, A. F. (2021). Sistem informasi perpustakaan berbasis web dengan framework Laravel. *Information Science and Library*, 2(2), 101-107. <https://doi.org/10.26623/jisl.v2i2.4352>.
- Hani, V. U., Alkadri, S. P. A., & Insani, R. W. S. (2025). Implementasi Information Retrieval System Aksesibilitas Buku di Perpustakaan dengan Metode Dice Similarity. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 4(1), 108-128. <https://doi.org/10.55606/jurritek.v4i1.4561>.
- Juandi, M. N. A. A., & Irawan, A. S. Y. (2025). Implementasi Framework Laravel Pada Aplikasi Pemesanan Barbershop Berbasis Web (Studi Kasus: Maiden Barberrock). *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3S1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.7520>.
- Nisfah, A. P. K., & Nugraha, F. (2025). Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Di SMP Negeri 1 Kaliwungu Kudus. *Abdimas Toddopuli: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 7(1), 541-552. <https://doi.org/10.30605/atjpm.v7i1.7535>.
- Nurfajriyah, W. S., & Bahar, B. (2024). Model Aplikasi Perpustakaan Berbasis Web dengan Fitur Booking pada Sekolah Menengah Kejuruan. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 13(1), 807-818. <http://dx.doi.org/10.35889/jutisi.v13i1.2197>.
- Panggabean, A. B., Htb, R. R., Perina, I., Toro, Y. L., & Syahputra, A. (2023). Implementasi Algoritma Bubble Sort pada Sistem Pelayanan Perpustakaan Menggunakan Laravel. *sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(1), 19-27. <https://doi.org/10.56211/sudo.v2i1.185>.
- Praja, P. S. M., & Aninda, A. M. H. (2025). Sistem Informasi Penjualan Kelapa Sawit dan Pengelolaan Pinjaman Pelanggan pada Ram Kinara Desa Perlabian. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 5(2), 527-539. <https://doi.org/10.51454/decode.v5i2.1178>.
- Ramadan, F. W., Budi, I. Y. S., Fernando, K., Sukma, A. G. F., Sherina, L., Ningsih, R. Y., & Pratiwi, C. P. (2024). Perancangan Purwarupa Sistem Peminjaman Fasilitas Asrama Berbasis Codeigniter 4. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(6), 12857-12864. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i6.12112>.
- Ramadhana, A. B., Putri, Y. M., & Syahril, S. (2025). Rancang Bangun Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Website Dengan Metode Prototype Pada Smks Pgri Pekanbaru. *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(3), 5230-5236. <https://doi.org/10.36040/jati.v9i3.13768>.
- Rifqi, M. N. I., Nindyasari, R., & catur Murti, A. (2025). Rancang Bangun Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Website Menggunakan Framework Laravel. *bit-Tech*, 7(3), 817-825. <https://doi.org/10.32877/bt.v7i3.2200>.
- Saputra, M. R., Rahim, A., & Suryawan, S. H. (2024). Pengembangan Aplikasi Pendaftaran Anggota Perpustakaan Berbasis Android menggunakan Model Waterfall pada Dinas Perpustakaan Kota Samarinda. *Jurnal Informatika Terpadu*, 10(2), 101-111. <https://doi.org/10.54914/jit.v10i2.1281>.
- Sasoeng, S., & Rompas, P. T. D. (2025). Website Perpustakaan Tomohon Mendukung Akses Peminjaman Buku Lebih Efektif Melalui Riset dan Pengembangan. *Edutik: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 5(4), 927-934. <https://doi.org/10.53682/sfrm294>.
- Sumandito, A., Faisal, M., Widayastuty, W., Jefi, J., & Alam, N. (2024). Sistem Informasi Perpustakaan Dengan Menggunakan Framework Laravel Di Yayasan Pb. Soedirman. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(3), 3901-3909. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9824>.
- Syawalludin, M. F., & Al Rivan, M. E. (2023, April). Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Website di Sekolah Dasar Negeri 240 Palembang. In *MDP Student Conference* (Vol. 2, No. 1, pp. 408-415). <https://doi.org/10.35957/mdp-sc.v2i1.4476>.
- Wibowo, M. A. P. (2025). Perancangan dan Implementasi Sistem Buku Tamu Berbasis Web Menggunakan Framework Laravel untuk Meningkatkan Efisiensi Perpustakaan MAN 1 Banyuwangi. *JEKIN-Jurnal Teknik Informatika*, 5(2), 679-692. <https://doi.org/10.58794/jekin.v5i2.1387>.

Yudhistira, A., Pangesti, L. D., Isran, G., Sumantri, R. B. B., & Suryani, R. (2023). Perancangan dan Implementasi Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web. *JSK (Jurnal Sist. Inf. dan Komputerisasi Akuntansi)*, 7(1), 14-20. <https://doi.org/10.56291/jsk.v7i1.95>.

Zikri, A., Nama, G. F., Pradipta, R. A., & Batubara, M. A. (2023). Rancang Bangun Modul Surat Keterangan Bebas Pustaka (Skbp) Pada Sistem Informasi Pelayanan Administrasi Perpustakaan Universitas Lampung “Simpaper”. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 11(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i2.2954>.