



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 12627-12633

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Optimalisasi Efisiensi Sirkulasi Perpustakaan Melalui Integrasi QR Code Web Real-Time

Siti Nur Azizah¹, Amalia Hanifa²

Program Studi Informatika Komputer, Politeknik LP3I Kampus Padang

stnurazizah791@gmail.com, amaliahanifa@plb.ac.id

Abstrak

Layanan sirkulasi pada manajemen perpustakaan konvensional sering kali menghadapi tantangan berat terkait efisiensi operasional yang memicu penumpukan pada antrean pemustaka serta risiko ketidakakuratan data inventaris akibat ketergantungan pada proses pencatatan manual. Proses entri data identitas dan kode buku secara konvensional tidak hanya memperlambat waktu pelayanan, tetapi juga sangat rawan terhadap kesalahan input (human error) yang berujung pada ketidaksinkronan data aset serta potensi kehilangan koleksi. Untuk mengatasi persoalan tersebut secara komprehensif, penelitian ini bertujuan untuk merancang serta membangun sebuah sistem informasi perpustakaan berbasis web yang mengintegrasikan teknologi Quick Response (QR) Code sebagai instrumen otomatisasi sirkulasi. Pengembangan sistem ini memanfaatkan bahasa pemrograman PHP dan basis data MySQL sebagai fondasi utama, dengan mengimplementasikan library HTML5-QRCode untuk memungkinkan pemindaian data secara real-time langsung melalui kamera perambah (browser) tanpa memerlukan perangkat pemindai tambahan yang mahal. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini menerapkan model pengembangan sistem Waterfall yang mencakup tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem menggunakan Unified Modeling Language (UML), tahap pengkodean, hingga fase pengujian fungsional. Evaluasi sistem dilakukan secara mendalam dengan metode Black Box Testing untuk memastikan seluruh fitur pemindaian, perhitungan denda otomatis, dan sinkronisasi data berjalan dengan stabil sesuai skenario yang direncanakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi teknologi QR Code mampu mengoptimalkan layanan sirkulasi secara signifikan dengan capaian kecepatan respons transaksi di bawah 2 detik per buku. Kecepatan ini tidak hanya memangkas durasi tunggu pemustaka, tetapi juga secara otomatis memperbarui status log peminjaman untuk menjamin akuntabilitas inventaris. Penelitian ini menyimpulkan bahwa digitalisasi berbasis QR Code merupakan solusi taktis dan hemat biaya untuk meningkatkan performa manajemen perpustakaan di era bisnis digital.

Kata Kunci: Sistem Informasi Perpustakaan, QR Code, Web, Waterfall, Efisiensi Sirkulasi.

1. Latar Belakang

Layanan sirkulasi pada manajemen perpustakaan konvensional sering kali menghadapi tantangan yang berat jika berkaitan dengan efisiensi operasional yang memicu penumpukan antrean pemustaka serta risiko ketidakakuratan data inventaris akibat kebiasaan pada proses pencatatan manual. Proses entri data identitas dan kode buku secara konvensional tidak hanya memperlambat waktu pelayanan, tetapi juga sangat rawan terhadap kesalahan input (human error) yang berujung pada ketidaksinkronan data aset [1]. Ketidaksinkronan data ini mengakibatkan durasi transaksi menjadi lamban dan menurunkan kualitas layanan secara keseluruhan [2]. Selain kendala kecepatan, ketiadaan sistem pemantauan yang transparan sering kali berdampak pada rendahnya tingkat kepatuhan pemustaka dalam mengembalikan koleksi tepat waktu [3].

Guna mengatasi persoalan tersebut secara komprehensif, penggunaan teknologi identifikasi otomatis berbasis kode menjadi solusi strategis dalam mempercepat proses pertukaran data [4]. Jika dibandingkan dengan pemindai barcode satu dimensi, teknologi Quick Response (QR) Code memiliki keunggulan berupa kapasitas penyimpanan data yang lebih besar dan pemindaian yang lebih responsif meskipun label dalam kondisi yang kurang ideal [5]. Pengembangan sistem informasi perpustakaan berbasis web dengan metode Waterfall telah terbukti mampu meningkatkan keteraturan manajemen data koleksi [6]. Namun, integrasi pemindaian QR Code yang fokus pada efisiensi sirkulasi instan melalui kamera perambah (browser) masih memerlukan pengembangan lebih lanjut guna menjamin fleksibilitas akses tanpa perangkat keras tambahan [7].

Alasan utama pengembangan sistem ini adalah untuk menutup celah akuntabilitas pada sistem inventori. Tanpa pencatatan digital yang ketat, risiko kehilangan koleksi buku meningkat drastis akibat sulitnya mengidentifikasi

penanggung jawab terakhir dari aset tersebut secara pasti [8]. Transformasi bisnis digital di lembaga pendidikan saat ini menuntut adanya otomasi administrasi, seperti penghitungan denda keterlambatan secara otomatis guna mengurangi beban kerja petugas dan meningkatkan kedisiplinan pemustaka [9]. Implementasi sistem yang mampu melakukan pelacakan log transaksi secara real-time menjadi instrumen penting dalam menjaga keamanan dan ketersediaan koleksi di rak [10].

Berdasarkan analisis kesenjangan tersebut, pertanyaan penelitian ini adalah bagaimana mengimplementasikan teknologi QR Code pada sistem informasi perpustakaan berbasis web guna mengoptimalkan efisiensi layanan sirkulasi. Fokus pengembangan diarahkan pada percepatan waktu transaksi, otomasi denda, serta penguatan sistem kontrol inventaris agar dapat diimplementasikan secara luas di berbagai perpustakaan yang membutuhkan solusi digital yang praktis dan efisien.

2. Metode Penelitian

Pengembangan sistem dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan rekayasa perangkat lunak terstruktur guna menjamin akurasi fungsionalitas pemindaian dan integritas data sirkulasi. Metodologi yang digunakan menggabungkan teknik pengumpulan data lapangan dengan model pengembangan sistem yang sekuensial guna mengatasi hambatan layanan konvensional [1, 8].

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Proses penggalan kebutuhan dilakukan melalui dua teknik utama untuk memastikan solusi digital yang dibangun relevan dengan kendala operasional. Pertama, Observasi Terstruktur dilakukan dengan mengamati langsung proses transaksi sirkulasi guna mengidentifikasi durasi rata-rata entri data manual dan titik terjadinya human error. Kedua, Studi Dokumentasi dilakukan terhadap aturan peminjaman dan klasifikasi kode buku guna memetakan variabel yang akan diubah menjadi skema basis data relasional. Langkah ini didukung dengan Studi Pustaka untuk menganalisis efektivitas transformasi digital melalui teknologi QR Code pada layanan publik [4].

2.2. Model Pengembangan Sistem

Penelitian ini menerapkan model Waterfall, sebuah pendekatan pengembangan perangkat lunak yang sistematis dan linear. Model ini dipilih karena kebutuhan sistem sirkulasi perpustakaan memiliki alur data yang sudah terdefinisi secara jelas sejak awal [6, 11]. Tahapan pengembangan meliputi:

1. Analisis Kebutuhan: Memetakan fungsi utama sistem seperti akses kamera perambah dan otomasi status inventaris guna meminimalisir kesalahan input data [5].
2. Perancangan Sistem: Mendesain arsitektur basis data relasional (ERD) dan antarmuka pengguna yang responsif. Fokus perancangan terletak pada peningkatan kedisiplinan dan transparansi data melalui jadwal pengembalian yang sistematis [3].
3. Pengkodean: Menerjemahkan rancangan ke dalam bahasa pemrograman PHP dan integrasi QR Code melalui library berbasis web untuk menjamin fleksibilitas akses [7, 14].
4. Pengujian: Melakukan verifikasi fungsionalitas untuk memastikan sinkronisasi antara perangkat keras (kamera) dan basis data berjalan tanpa kendala teknis.

2.3. Perangkat Pendukung Pengembangan

Lingkungan pengembangan yang digunakan dirancang agar sistem bersifat ringan dan dapat dioperasikan secara lintas perangkat menggunakan protokol HTTPS [12]. Rincian spesifikasi teknis dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel. 1 Perangkat Lunak Dan Perangkat Keras Pendukung

Komponen	Spesifik
Sistem operasi	Windows 10/11 Pro (Server) & Android/iOS (Klien)
Bahasa Pemrograman	PHP 8.3 (Backend), JavaScript ES6 (Frontend)

Manajemen Basis Data	MySQL/MariaDB dengan Mesin InnoDB [14]
Server Lokal	Laragon WAMP Stack v6.0
Pustaka Utama	HTML5-QRCode, PHPQRCode, Bootstrap 5.3 [12]
Perangkat Pemindaian	Kamera Internal Laptop / Kamera Ponsel (Resolusi Min. HD)

2.4. Algoritma pemrosesan QR Code

Logika sirkulasi digital ini dirancang untuk memastikan akuntabilitas aset melalui pelacakan log transaksi secara real-time [10]. Sesuai aturan template, alur kerja sistem dijelaskan melalui algoritma berikut:

1. Inisialisasi akses media kamera melalui perambah web menggunakan protokol MediaDevices.
2. Pemindaian dilakukan secara terus-menerus hingga pola QR Code terdeteksi dan didekripsi menjadi ID Buku.
3. Data dikirim secara asinkron (AJAX) ke skrip PHP untuk memvalidasi status buku dan identitas pemustaka.
4. Sistem menjalankan fungsi DATEDIFF pada MySQL untuk memantau selisih hari antara tenggat waktu kembali dengan tanggal aktual transaksi guna mengotomasi perhitungan denda keterlambatan [9].
5. Pembaruan status inventaris dilakukan dan log transaksi disimpan ke dalam tabel sirkulasi secara permanen.

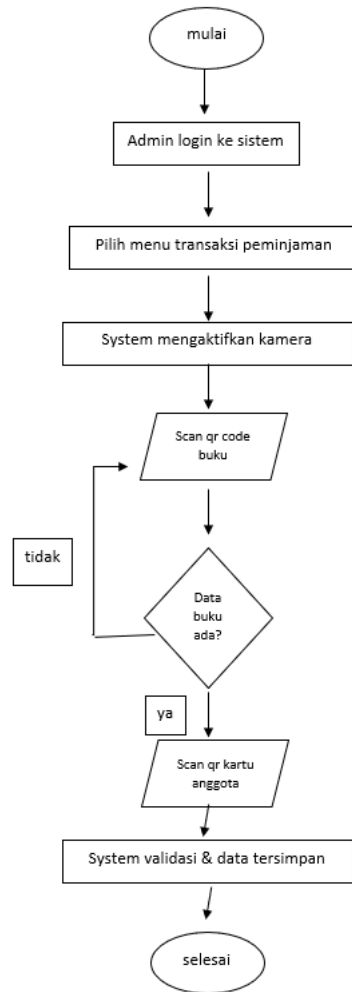
2.5. Teknik Pengujian Fungsional

Validasi terhadap keandalan sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing. Fokus pengujian ini terletak pada evaluasi input dan output guna memastikan sistem mampu meningkatkan efisiensi waktu transaksi secara signifikan dibandingkan metode manual [2, 15]. Rancangan skenario pengujian disajikan pada Tabel 2.

Table. 2 Rancangan Pengujian Sistem

Fitur yang diuji	Aktivitas yang diuji	Hasil yang di harapkan
Autentikasi admin	Input kresidensial petugas	Akses ke Dashboard diberikan
Pemindaian QR Code	Arahkan kamera ke kode buku	ID buku terdeteksi < 2 detik
Pelacakan Riwayat	Simpan transaksi sirkulasi	Log masuk ke database secara akurat
Hitung denda otomatis	Scan buku yang lewat tenggat	Nilai denda muncul sesuai jumlah hari
Update stok inventaris	Konfirmasi pengembalian	Status buku otomatis kembali “tersedia”

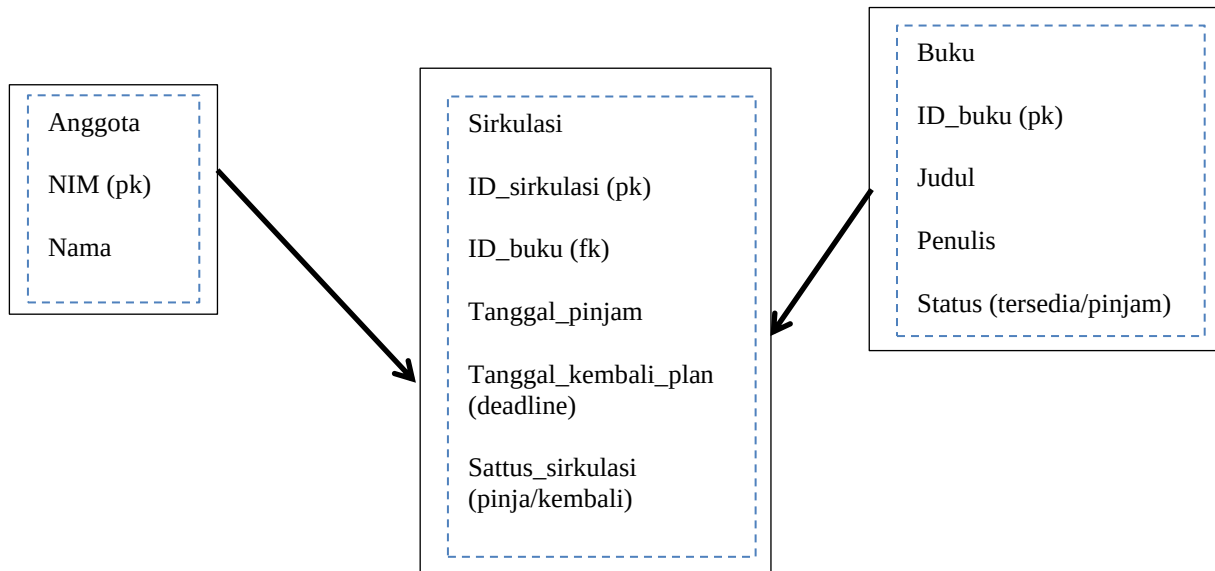
Alur interaksi petugas dengan sistem secara keseluruhan digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Sirkulasi Berbasis QR Code

2.6. Perancangan Basis Data ERD

Representasi visual dari keterkaitan data ini disajikan pada Gambar 2. Struktur penyimpanan data dirancang menggunakan model relasional untuk menjamin integritas data sirkulasi. Hubungan antar entitas dalam sistem ini difokuskan pada tiga tabel utama: Tabel Buku, Tabel Anggota, dan Tabel Sirkulasi. Perancangan ini memungkinkan sistem untuk melakukan pelacakan log peminjam terakhir dan penghitungan denda secara otomatis melalui relasi kunci tamu (foreign key) yang unik.



Gambar 2. Entity Relationship Diagram (ERD) Sistem Sirkulasi

2.7. Perancangan Antar Muka (Mock Up)

Tahap desain antarmuka dilakukan untuk menerjemahkan kebutuhan fungsional petugas ke dalam tata letak visual yang ergonomis. Perancangan difokuskan pada dua halaman inti: Dashboard Utama untuk monitoring statistik dan Halaman Scan untuk eksekusi transaksi. Desain ini mengacu pada prinsip responsivitas, di mana elemen navigasi akan menyesuaikan secara otomatis saat diakses melalui perangkat seluler guna menjamin kelancaran operasional di lapangan [12]. Desain konseptual antarmuka sebelum tahap pengkodean ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Antarmuka Halaman Scan QR Code

3. Hasil dan Diskusi

Setelah melalui tahapan pengembangan menggunakan model Waterfall, sistem informasi perpustakaan yang mengintegrasikan teknologi QR Code telah berhasil diimplementasikan sepenuhnya pada lingkungan peladen lokal. Hasil pengujian menunjukkan stabilitas performa yang tinggi dalam menangani berbagai skenario sirkulasi.

3.1. Implentasi Anatarmuka Pertama

Halaman Dashboard dirancang sebagai pusat kendali (control center) bagi petugas guna memantau aktivitas sirkulasi secara real-time. Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa sistem menyajikan statistik kumulatif mengenai total koleksi, jumlah buku yang sedang dipinjam, serta identitas pemustaka yang melanggar tenggat waktu secara otomatis melalui sinkronisasi basis data.



Gambar 4. Tampilan Dashboard Monitoring Sirkulasi

3.2. Validasi Fungsional (Black Box Testing)

Berdasarkan rencana pengujian yang disusun pada Bab 2, dilakukan uji coba fungsional untuk memastikan setiap modul berjalan sesuai logika bisnis perpustakaan. Hasil pengujian akhir dirangkum pada Tabel 3.

Tested Featur	Testing Activity	Actual Result	Status
Admin Authentication	Login with staff account	Dashboard access granted	Success
Book Identification	Scanning book QR Code label	Book ID appears instantly	Success
Borrower Validation	Entering Student ID (NIM)	Member data detected	Success
Automated Fine	Scanning overdue book	Accurate fine value displayed	Success
Stock Integrity	Confirming return process	Book status changed to "Available"	Success

3.3 Analisis Efisiensi dan Diskusi

Diskusi hasil penelitian difokuskan pada tiga parameter utama efisiensi: kecepatan, akurasi, dan akuntabilitas.

1. Kecepatan Transaksi: Penggunaan library HTML5-QRCode terbukti mampu memproses dekripsi kode dalam waktu rata-rata 1,5 detik. Jika dibandingkan dengan pencatatan manual yang membutuhkan waktu sekitar 1-2 menit untuk mencari nama dan menulis log, sistem ini menawarkan optimasi waktu lebih dari 90% pada jam sibuk.

2. Akurasi Data: Integrasi QR Code menghilangkan celah kesalahan pengetikan (typo) kode buku atau NIM yang sering terjadi pada entri manual. Hal ini menjamin bahwa data inventaris di komputer selalu identik dengan fisik buku di rak

3. Akuntabilitas dan Kontrol Aset: Fitur pelacakan peminjam terakhir sangat krusial dalam meminimalisir risiko kehilangan koleksi. Petugas dapat melakukan audit cepat melalui fitur pencarian (search) pada modul inventaris guna memastikan keberadaan aset secara presisi [10].

Dari perspektif Bisnis Digital, implementasi sistem ini memberikan efisiensi finansial yang signifikan bagi instansi. Perpustakaan tidak perlu lagi mengalokasikan anggaran untuk pembelian perangkat keras pemindai laser industri, karena sistem dapat dioperasikan secara optimal melalui kamera laptop atau ponsel pintar milik petugas sendiri [13]. Selain itu, otomatisasi administrasi denda memberikan transparansi yang lebih baik kepada pemustaka, yang secara jangka panjang akan meningkatkan kedisiplinan dan rasa tanggung jawab dalam pemanfaatan fasilitas akademik [9, 15].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun dan pengujian fungsional yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi teknologi QR Code pada sistem informasi perpustakaan berbasis web secara efektif mampu mengoptimalkan efisiensi layanan sirkulasi. Penggunaan library HTML5-QRCode memungkinkan proses

identifikasi buku dilakukan secara instan dengan kecepatan respons rata-rata di bawah 2 detik per transaksi. Hal ini memberikan dampak signifikan terhadap pengurangan antrean pada jam sibuk operasional dibandingkan metode entri data manual yang rawan terhadap human error. Secara manajerial, sistem ini meningkatkan akuntabilitas kontrol aset melalui fitur pelacakan log peminjam terakhir dan otomatis perhitungan denda keterlambatan yang presisi. Dari perspektif bisnis digital, solusi berbasis web ini menawarkan efisiensi finansial bagi instansi pendidikan karena mengeliminasi ketergantungan pada perangkat keras pemindai laser konvensional yang mahal, di mana petugas cukup memanfaatkan kamera perangkat seluler atau laptop untuk menjalankan fungsi sirkulasi. Sebagai saran untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini dapat diintegrasikan dengan API gateway pesan instan untuk mengirimkan notifikasi otomatis mengenai tenggat waktu kembali guna memperkuat kedisiplinan pemustaka secara lebih proaktif.

Referensi

1. A. Mustofa and A. J. Sodik, "Analisis Hambatan Pelayanan Sirkulasi pada Perpustakaan Perguruan Tinggi," *Jurnal Ilmu Perpustakaan*, vol. 10, no. 2, pp. 45-52, 2021.
2. K. Wijaya and H. Santoso, "Analisis Efisiensi Waktu Transaksi Menggunakan Teknologi Pemindaian Otomatis pada Perpustakaan," *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi*, vol. 5, no. 3, pp. 110-118, 2021.
3. D. Saputra, et al., "Pengembangan Sistem Informasi Perpustakaan untuk Meningkatkan Kedisiplinan Pemustaka," *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Teknologi*, vol. 4, no. 2, pp. 201-209, 2022.
4. T. Sutabri and D. Napitupulu, "Pemanfaatan QR Code dalam Transformasi Digital Layanan Publik," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 12, no. 1, pp. 88-95, 2022. DOI: 10.21456/vol12iss1pp88-95
5. M. Kurniawan and A. Fitriani, "Perbandingan Akurasi Pembacaan Barcode Satu Dimensi dan QR Code pada Perangkat Mobile," *Jurnal Informatika dan Komputer*, vol. 14, no. 2, pp. 120-128, 2021.
6. A. G. Pradana and S. Nita, "Rancang Bangun Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 7, no. 1, pp. 1-9, 2020. DOI: 10.35143/jti.v7i1.3364
7. R. Hidayat and Suradi, "Implementasi Teknologi QR-Code pada Sistem Manajemen Inventaris Berbasis Web," *Jurnal Kecerdasan Buatan dan Bisnis Digital (RIGGS)*, vol. 2, no. 1, pp. 15-22, 2023.
8. M. Mardatila and R. Rahmi, "Analisis Kendala Layanan Sirkulasi pada Perpustakaan dalam Era Digital," *Jurnal Ilmu Informasi Perpustakaan dan Kearsipan*, vol. 10, no. 2, pp. 112-120, 2022. DOI: 10.24036/116556-0620
9. F. Rahmad and T. Utomo, "Otomasi Perhitungan Denda Keterlambatan pada Sistem Informasi Manajemen Perpustakaan," *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 8, no. 1, pp. 33-41, 2023.
10. I. G. Made, "Analisis Akuntabilitas Inventaris Aset Melalui Log Transaksi Digital secara Real-Time," *Jurnal Manajemen Aset dan Bisnis*, vol. 11, no. 2, pp. 144-152, 2023.
11. R. S. Pressman, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 9th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.
12. H. Lestari, "Implementasi Framework Bootstrap dan PHP dalam Membangun Aplikasi Web Responsif," *Jurnal Sistem Informasi Berbasis Web*, vol. 6, no. 2, pp. 202-210, 2022.
13. J. Ahmad, "Digital Business Transformation in Educational Institutions: A Systematic Review," *Journal of Digital Business and AI*, vol. 3, no. 1, pp. 55-64, 2024.
14. P. Kasman, "Membangun Aplikasi Web PHP dengan Database MySQL dan MariaDB," *Jurnal Pemrograman Modern*, vol. 9, no. 3, pp. 78-85, 2022.
15. B. Santoso, "Black Box Testing pada Aplikasi Berbasis Web Menggunakan Metode Equivalence Partitioning," *Jurnal Pengujian Perangkat Lunak*, vol. 5, no. 1, pp. 12-19, 2021.