

PERANCANGAN SISTEM PEMINJAMAN BUKU PERPUSTAKAAN BERBASIS ESP32 DENGAN INTEGRASI CHATBOT TELEGRAM MENGUNAKAN ALGORITMA *SEQUENTIAL SEARCHING*

Agung Prabudi Panjaitan¹, Hevlie Winda Nazry Simbolon²

^{1,2}Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

Email: reconty8890@gmail.com

ABSTRAK

Sistem manajemen inventaris buku di Perpustakaan Yayasan Pendidikan Al-Yasiriyah Bersaudara tidak lagi memadai karena tidak mengandalkan sistem terotomatisasi, melainkan masih bertumpu pada rekam jejak tertulis. Oleh karena itu, riset ini difokuskan untuk membangun *prototype* alat sirkulasi buku memanfaatkan teknologi ESP32 dan RFID, menyematkan teknik pencarian *Sequential Searching* berbasis arsitektur *client-server*, serta memadukan asisten virtual Telegram guna mendistribusikan informasi kepada staf perpustakaan. Pengembangan sistem menggunakan metode *prototype* melalui tahapan pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan, pembangunan, pengujian, hingga penyempurnaan sistem. Peran sentral dalam pembacaan identifikasi unik (UID) RFID serta pertukaran informasi menuju server dipegang oleh perangkat ESP32. Di sisi lain, manajemen basis data MySQL bersama platform pengolahan PHP tidak luput dari fungsi vitalnya untuk memvalidasi, mengelola, serta merekam basis data personal pelajar, koleksi pustaka, hingga riwayat aktivitas peminjaman.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh 12 skenario *Black Box Testing* dapat dijalankan sesuai fungsi yang dirancang. Tingkat keberhasilan pembacaan RFID mencapai 90% pada kartu siswa dan 100% pada kartu RFID buku. Pada pengujian waktu respons, sebanyak 4 dari 10 transaksi memenuhi kriteria maksimal 3 detik. Sistem yang dikembangkan mampu mendukung proses peminjaman dan pengembalian secara mandiri, melakukan pencarian data dengan algoritma *Sequential Searching*, menampilkan status transaksi melalui LCD, LED, dan buzzer, serta menyediakan notifikasi, kuitansi PDF, dan laporan transaksi melalui chatbot Telegram. Dengan demikian, *prototype* yang dibangun dapat mendukung pengelolaan transaksi perpustakaan secara lebih terintegrasi.

Kata kunci: ESP32, RFID, *Sequential Searching*, chatbot Telegram, perpustakaan.

ABSTRACT

The library of Yayasan Pendidikan Al-Yasiriyah Bersaudara still relies on manual recording for book borrowing and return activities, resulting in transaction management that has not yet been fully computerized. This study aims to develop a *prototype* of a book borrowing and return system based on ESP32 and RFID, implement the *Sequential Searching* algorithm within a *client-server* architecture, and integrate a Telegram chatbot as a medium for delivering information to library staff. The system was developed using the *prototype* method, which involved data collection, requirements analysis, system design, development, testing, and refinement. ESP32 functions as the main controller for reading RFID UIDs and communicating with the server, while PHP and MySQL are used to process and store student, book, and transaction data.

The test results show that all 12 *Black Box Testing* scenarios operated according to the designed functions. RFID reading success reached 90% for student cards and 100% for book RFID cards. In the response-time test, 4 out of 10 transactions met the maximum criterion of 3 seconds. The developed system is capable of supporting self-service book borrowing and return activities, performing data searches using the *Sequential Searching* algorithm, displaying transaction status through the LCD, LED, and buzzer, and providing notifications, PDF receipts, and

transaction reports through the Telegram chatbot. Therefore, the developed prototype can support a more integrated library transaction management process.

Keywords: ESP32, RFID, Sequential Searching, Telegram chatbot, library.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi saat ini telah memberikan dampak yang signifikan dalam berbagai bidang, termasuk dalam pengelolaan perpustakaan. Perpustakaan sebagai salah satu sumber informasi memiliki peran penting dalam mendukung kegiatan belajar mengajar, sehingga diperlukan sistem yang efektif dan efisien dalam pengelolaannya.

Meskipun demikian, sebagian institusi perpustakaan sekolah hingga saat ini masih menerapkan mekanisme layanan peminjaman buku secara konvensional. Pengelolaan transaksi yang masih bergantung pada pencatatan manual dapat menyebabkan berbagai hambatan operasional, di antaranya proses pelayanan yang kurang optimal, potensi ketidaksesuaian dalam pencatatan informasi, serta keterbatasan dalam proses penelusuran dan penyusunan laporan transaksi.

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada Perpustakaan Yayasan Pendidikan Al-Yasiriyah Bersaudara, diketahui bahwa aktivitas peminjaman dan pengembalian buku masih menggunakan mekanisme pencatatan konvensional, yaitu dengan mencatat setiap transaksi secara manual pada buku administrasi perpustakaan.

Pemanfaatan teknologi digital memungkinkan pengelolaan perpustakaan dilakukan secara lebih otomatis dan terintegrasi melalui penggunaan mikrokontroler serta konsep *Internet of Things* (IoT). Dalam sistem ini, teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) digunakan untuk mengenali objek tanpa kontak langsung, sedangkan ESP32 berfungsi sebagai pengendali yang mengirimkan hasil pembacaan RFID melalui jaringan menuju server untuk diproses secara *real-time*.

Selain itu, kebutuhan akan sistem pelaporan yang cepat dan mudah diakses juga menjadi hal yang penting. Kehadiran *chatbot* Telegram dalam arsitektur sistem bukan sekadar pelengkap, melainkan berperan aktif sebagai saluran penyampaian pemberitahuan serta laporan aktivitas peminjaman kepada staf perpustakaan. Di samping itu, penerapan algoritma *Sequential Searching* dipilih untuk melakukan penelusuran sekaligus pencocokan basis data, sebab metode ini dinilai paling memadai apabila diimplementasikan pada skala arsip yang berskala menengah ke bawah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) dengan pendekatan perancangan dan pengembangan sistem (*design and development research*) yang berfokus pada pembangunan prototype sistem sirkulasi peminjaman dan pengembalian buku berbasis *Internet of Things* (IoT) pada Perpustakaan Yayasan

Pendidikan Al-Yasiriyah Bersaudara, Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Pengembangan sistem menggunakan metode prototype, yang meliputi penyusunan rancangan awal berdasarkan kebutuhan pengguna, pembangunan sistem, pengujian, evaluasi, serta perbaikan secara iteratif hingga sistem memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses sirkulasi perpustakaan dan wawancara dengan petugas perpustakaan untuk mengidentifikasi mekanisme peminjaman dan pengembalian buku serta merumuskan kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem. Analisis kebutuhan mencakup kemampuan sistem dalam mengenali Unique Identifier (UID) kartu RFID siswa dan buku, mendukung transaksi mandiri (self-checkout), mengelola data siswa, koleksi buku, dan riwayat transaksi, serta menyediakan informasi transaksi dan laporan bagi petugas perpustakaan.

Perancangan sistem mencakup arsitektur perangkat keras, perangkat lunak, komunikasi data, dan basis data. Perangkat keras terdiri atas mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, modul pembaca RFID RC522 yang beroperasi pada frekuensi 13,56 MHz, kartu atau tag RFID, LCD 16×2 berbasis komunikasi I2C, LED merah dan hijau, buzzer, serta catu daya 5 V DC. Pengembangan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE untuk pemrograman ESP32, PHP sebagai bahasa pemrograman sisi server, MySQL untuk pengelolaan basis data, Apache melalui XAMPP sebagai web server lokal, Telegram Bot API untuk integrasi notifikasi dan laporan, serta library MFRC522 dan LiquidCrystal_I2C untuk mendukung komunikasi dengan perangkat keras. Platform Wokwi digunakan untuk melakukan simulasi dan memeriksa rancangan rangkaian sebelum implementasi. Sistem dirancang menggunakan arsitektur client-server, dengan ESP32 sebagai client yang mengirimkan UID melalui jaringan Wi-Fi ke server menggunakan protokol HTTP. Selanjutnya, server melakukan pencarian dan pencocokan data menggunakan algoritma *Sequential Searching*, memproses transaksi, memperbarui basis data, dan mengirimkan respons dalam format JSON kepada ESP32. Basis data dirancang menggunakan tiga tabel utama, yaitu Siswa, Buku, dan Transaksi_Peminjaman, yang dihubungkan melalui relasi kunci untuk menjaga keterkaitan data siswa, buku, dan transaksi. Sistem juga mengintegrasikan chatbot Telegram melalui Telegram Bot API untuk menyampaikan notifikasi transaksi secara real-time dan mengirimkan laporan sirkulasi buku dalam format PDF berdasarkan periode harian, bulanan, atau tahunan.

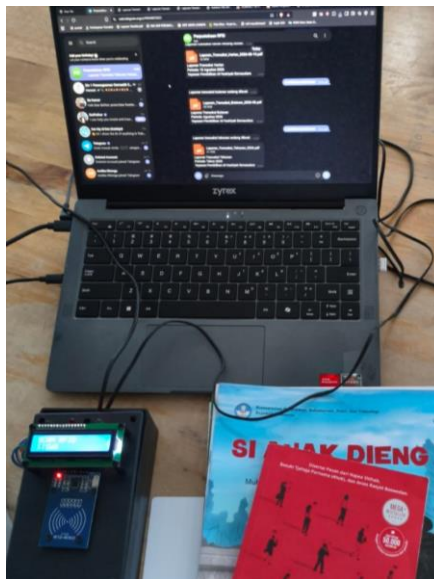
Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian fungsi sistem dengan rancangan yang telah ditetapkan, menggunakan metode Black Box Testing dan pengujian pendukung lainnya. Pengujian mencakup kemampuan pembacaan UID kartu RFID siswa dan buku, proses pencarian data menggunakan algoritma *Sequential Searching*, pelaksanaan transaksi peminjaman dan pengembalian, komunikasi antara ESP32 dan server, penyimpanan serta pembaruan data pada basis data MySQL, dan penyampaian informasi melalui LCD, LED, serta buzzer. Selain itu, pengujian mencakup integrasi chatbot Telegram, pengiriman notifikasi transaksi, serta pembuatan dan pengiriman laporan PDF kepada petugas perpustakaan. Evaluasi juga

memperhatikan kebutuhan nonfungsional sistem, meliputi ketersediaan, keandalan pembacaan RFID, keamanan akses data, kemudahan penggunaan, kinerja dengan target waktu pemrosesan maksimal tiga detik per transaksi, dan kemudahan pemeliharaan. Hasil pengujian digunakan sebagai dasar untuk memperbaiki bagian sistem yang belum berfungsi sesuai kebutuhan, sehingga prototype yang telah disempurnakan dapat ditetapkan sebagai hasil akhir pengembangan. Penelitian dilaksanakan pada Semester Genap Tahun Pelajaran 2025/2026, dengan rangkaian kegiatan yang mencakup pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, pembangunan prototype, pengujian, evaluasi, perbaikan, dan finalisasi sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Implementasi *Prototype*

Sistem peminjaman dan pengembalian buku telah direalisasikan dalam bentuk *prototype* yang mengintegrasikan ESP32, RFID RC522, LCD 16x2, LED, buzzer, server, database, dan chatbot Telegram. bentuk fisik *prototype* yang telah dibangun ditunjukkan pada gambar berikut.



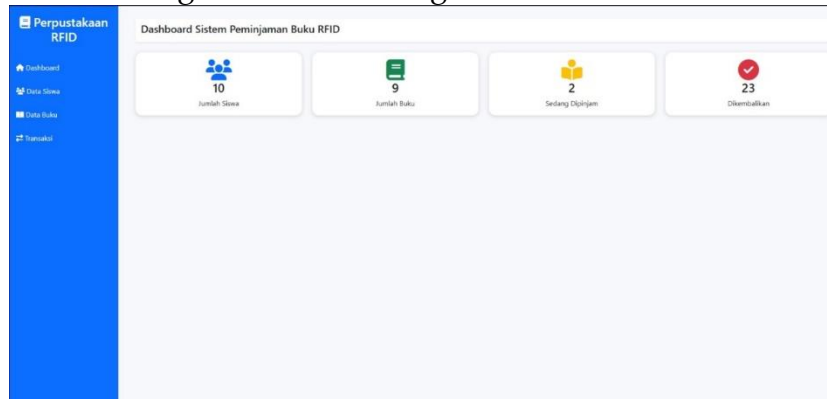
Gambar 1 *Prototype* Sistem Peminjaman Buku RFID

Perancangan fisik purwarupa menempatkan modul ESP32 di dalam cangkang kotak ABS sebagai sentral kendali sistem, sedangkan antarmuka LCD 16x2 dan sensor RFID RC522 diletakkan pada sisi eksternal guna mempermudah interaksi saat transaksi. Dari aspek identifikasi, objek buku memanfaatkan stiker RFID pada sampul belakang, dan kartu RFID personal digunakan untuk mengenali data identitas siswa yang bersangkutan. Modul ESP32 terhubung dengan perangkat komputer jinjing melalui konektivitas jaringan nirkabel Wi-Fi, di mana laptop tersebut difungsikan sebagai peladen lokal (*local server*) yang bertanggung jawab penuh atas pemrosesan serta penyimpanan seluruh basis data transaksi. Tahap akhir dari alur transaksi ini

melibatkan mekanisme penerusan informasi secara langsung kepada petugas perpustakaan menggunakan perantara platform *chatbot* Telegram.

2. Hasil Implementasi Sistem

Hasil implementasi menunjukkan bahwa perangkat RFID, ESP32, server, database, dan chatbot Telegram telah terintegrasi dalam satu sistem.



Gambar 2 Tampilan *Dashboard* Sistem

Pengembangan sistem turut menyertakan pengelolaan berbasis *web* sebagai sarana antarmuka untuk memudahkan manajemen data subjek didik, inventaris buku, dan seluruh aktivitas sirkulasi. Pada halaman *dashboard*, ditampilkan rangkuman informasi perpustakaan yang mencakup jumlah siswa, jumlah katalog buku, rincian peminjaman aktif, beserta riwayat pengeluaran literatur yang telah tuntas dikembalikan. Tampilan tersebut membantu petugas memantau kondisi transaksi dengan lebih cepat dan praktis.

The screenshot shows the 'Data Siswa' table. It has a search bar and a 'Tambah Siswa' button. The table lists 10 students with their details and actions.

No	UID RFID	Nama Siswa	Kelas	No. Telp	Created At	Aksi
1	12345678	ALFATHI ZIKRI HANZAN NST	V		2026-08-06 21:20:28	[Edit] [Hapus]
2	12345679	ALFATHI AQILA RIZQULLAH	V		2026-08-06 21:20:11	[Edit] [Hapus]
3	12345680	AHMAD AGUS PRAMANA	V		2026-08-06 21:19:41	[Edit] [Hapus]
4	12345681	NAYLA KHANZA SITERU	V		2026-08-06 21:19:25	[Edit] [Hapus]
5	12345682	KAYLA ALMIRA MARITZA	V		2026-08-06 21:19:05	[Edit] [Hapus]
6	12345683	ADIRAH FABRIKZ RITONGA	V		2026-08-06 21:18:50	[Edit] [Hapus]
7	12345684	SHAKILA AZZAHRA	V		2026-08-06 21:18:25	[Edit] [Hapus]
8	12345685	NUR AZIZAH	V		2026-08-06 21:18:08	[Edit] [Hapus]
9	12345686	MARIYAM MELINDRA	V		2026-08-06 21:17:51	[Edit] [Hapus]
10	12345687	RADIAN ZAHARA RANI	V		2026-08-06 21:17:00	[Edit] [Hapus]

Gambar 3 Tampilan CRUD Data Siswa

Tampilan halaman data siswa dirancang untuk memfasilitasi proses penyisipan data baru, modifikasi informasi yang telah tersimpan, serta pembersihan basis data dari rekam jejak siswa yang tidak lagi relevan. Informasi pada data siswa meliputi UID RFID, kelas, nomor kontak, dan waktu saat data dibuat.

Dashboard Sistem Peminjaman Buku RFID

Data Buku

No	UID RFID	Judul Buku	Penulis	Penerbit	Tahun	Kategori	Stok	Aksi
1	730940DE	SI ANAK DIENG	MUHAMMAD FAUZI & NOVEL VARIUS RIDAL A	kemendikdasmen	2022	BUKU CERITA ANAK	1	[Edit] [Hapus]
2	79149557	MAKANYA MIKIR	ABIGAIL LUNURIA, CAGA CITTA	PT MALAKA PUSTAKA	2026	PENGEMBANGAN DIRI	2	[Edit] [Hapus]
3	69084457	MAKAN YUK	MURANI WIDANNINGSIH & AGUS WILLY K	kemendikdasmen	2022	BUKU CERITA ANAK	1	[Edit] [Hapus]
4	83054FCE	CERITA PUTRI GEMA	HERBANNIA ARTHA & DIDON MAHEDI	kemendikdasmen	2022	BUKU CERITA ANAK	1	[Edit] [Hapus]
5	9AC49203	RANGEL AJAB ANA	ANA WIDHYASTUTI F IQBAL SUDIRJA	kemendikdasmen	2022	BUKU CERITA ANAK	2	[Edit] [Hapus]
6	83C97706	BUKU SUKAHATI 6	SUKAHATI	SUKAHATI	2012	TEKNOLOGI	1	[Edit] [Hapus]
7	73887ADE	BUKU SUKAHATI 8	SUKAHATI	SUKAHATI	2022	TEKNOLOGI	1	[Edit] [Hapus]
8	838572D6	BALAS BUDI KUPU KUPU BIRU	SAIBI & ARYADI ARNAS	kemendikdasmen	2022	BUKU CERITA ANAK	1	[Edit] [Hapus]
9	3783225	PRINSIP EKONOMI	PERRY IRWANDI	PT MALAKA PUSTAKA	2026	PENGEMBANGAN DIRI	1	[Edit] [Hapus]

Showing 1 to 9 of 9 entries

Gambar 4 Tampilan CRUD Data Buku

Fasilitas antarmuka data buku digunakan oleh administrator untuk mengontrol, mengelola, serta memperbarui rincian katalog pustaka yang tersimpan pada basis data perpustakaan. Tabel menampilkan data berupa nomor, UID RFID, judul buku, penulis, penerbit, tahun terbit, kategori, stok, serta kolom aksi. Tersedia pula fitur navigasi aksi berupa tombol ubah data untuk memperbaharui informasi pustaka, serta tombol hapus guna membersihkan entitas buku yang tidak terpakai dari sistem. Selain itu, pada bagian atas tabel terdapat tombol Tambah Buku yang digunakan untuk menambahkan data buku baru secara langsung ke dalam sistem.

Dashboard Sistem Peminjaman Buku RFID

Data Transaksi

Pengelolaan peminjaman dan pengembalian buku.

Masa peminjaman buku adalah 7 hari. Jika buku belum dibalikkan setelah melewati tanggal batas pengembalian, transaksi akan otomatis diandai sebagai Terlambat.

No	Siswa	Kelas	Buku	Tanggal Pinjam	Batas Pengembalian	Tanggal Kembali	Status	Keterangan	Aksi
1	FADILAH ZAHRA PRABE	V	PRINSIP EKONOMI	10-08-2026	17-08-2026	-	M Terlambat	-	[Edit] [Hapus]
2	AHMAD AGUS PRAMANA	V	MAKANYA MIKIR	10-08-2026	17-08-2026	10-08-2026	✓ Dikembalikan	-	[Edit] [Hapus]
3	AHMAD AGUS PRAMANA	V	MAKANYA MIKIR	10-08-2026	17-08-2026	10-08-2026	✓ Dikembalikan	-	[Edit] [Hapus]
4	ALFATH AQILA RIZQULLAH	V	CERITA PUTRI GEMA	10-08-2026	17-08-2026	-	M Terlambat	-	[Edit] [Hapus]
5	AHMAD AGUS PRAMANA	V	SI ANAK DIENG	10-08-2026	17-08-2026	10-08-2026	✓ Dikembalikan	-	[Edit] [Hapus]
6	NAYLA KHANZA SITEPU	V	RANGEL AJAB ANA	10-08-2026	17-08-2026	10-08-2026	✓ Dikembalikan	-	[Edit] [Hapus]
7	KAYLA ALMARIA MARITZA	V	MAKAN YUK	10-08-2026	17-08-2026	10-08-2026	✓ Dikembalikan	-	[Edit] [Hapus]
8	NIUR AZIZAH	V	SI ANAK DIENG	10-08-2026	17-08-2026	10-08-2026	✓ Dikembalikan	-	[Edit] [Hapus]
9	ALDHAULI ZIKRI HAMIZAN NIST	V	MAKAN YUK	10-08-2026	17-08-2026	10-08-2026	✓ Dikembalikan	-	[Edit] [Hapus]
10	ALDHAULI ZIKRI HAMIZAN NIST	V	RANGEL AJAB ANA	10-08-2026	17-08-2026	10-08-2026	✓ Dikembalikan	-	[Edit] [Hapus]
11	MARIM MILDINDRA	V	BALAS BUDI KUPU KUPU BIRU	10-08-2026	17-08-2026	10-08-2026	✓ Dikembalikan	-	[Edit] [Hapus]
12	MARIM MILDINDRA	V	MAKANYA MIKIR	10-08-2026	17-08-2026	10-08-2026	✓ Dikembalikan	-	[Edit] [Hapus]

Gambar 5 Tampilan CRUD Transaksi

Pada halaman pemantauan transaksi, sistem memuat informasi menyeluruh terkait siklus peminjaman pustaka yang berisikan data nama siswa, spesifikasi buku, tanggal peminjaman, tenggat waktu, tanggal pengembalian aktual, status sirkulasi, dan log catatan aktivitas. Halaman ini juga menyediakan fungsi pencetakan kuitansi dan laporan dalam format PDF.

```

function sequentialSearch(
    array $data,
    string $field,
    string $target
): ?array {
    $target = strtoupper(trim($target));

    $jumlahData = count($data);

    for ($i = 0; $i < $jumlahData; $i++) {
        $nilai = strtoupper(
            trim((string) ($data[$i][$field] ?? ''))
        );

        if ($nilai === $target) {
            return $data[$i];
        }
    }

    return null;
}

```

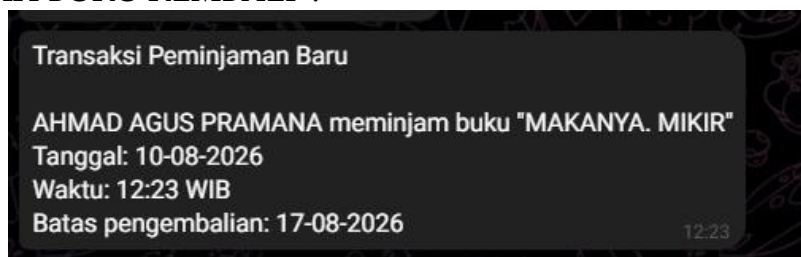
Gambar 6 Implementasi Algoritma *Sequential Searching* pada Sistem

Algoritma *Sequential Searching* diterapkan pada sisi server melalui fungsi `sequentialSearch()` untuk menelusuri data secara berurutan hingga nilai yang sesuai ditemukan. Nilai pencarian diproses menggunakan `trim()` dan `strtoupper()` agar perbedaan spasi dan huruf kapital tidak memengaruhi proses pencocokan. Prosedur komputasi algoritmik dimanfaatkan dalam proses pencarian atribut *UID* pada kartu *RFID* serta rekam jejak sirkulasi yang diperlukan oleh sistem perpustakaan.



Gambar 7 Tampilan Transaksi Berhasil pada LCD

Status dan hasil pemrosesan sirkulasi langsung disajikan pada antarmuka *LCD* guna memberikan informasi instan kepada pihak yang melakukan transaksi. Peminjaman yang berhasil ditampilkan dengan pesan “BUKU BERHASIL DIPINJAM”, sedangkan pengembalian yang berhasil ditampilkan dengan pesan “TERIMA KASIH BUKU KEMBALI”.



Gambar 8 Notifikasi Transaksi melalui Chatbot Telegram

Sistem secara proaktif mengirimkan notifikasi terkait aktivitas peminjaman via layanan *chatbot* Telegram segera setelah data transaksi selesai diproses dan disimpan. Konten pesan dirancang untuk menyajikan data subjek peminjam, spesifikasi buku, waktu transaksi, dan batas waktu pengembalian, yang memungkinkan petugas untuk mengetahui dan memverifikasi riwayat transaksi yang tersimpan secara akurat.

PERPUSTAKAAN RFID
YAYASAN PENDIDIKAN AL-YASIRIYAH BERSAUDARA
 Bukti Transaksi Pengembalian Buku

Nomor Transaksi : TRX-000044
 Waktu Cetak : 10-08-2026 12:23:36

Data Siswa	
UID RFID Siswa	93277ADE
Nama Siswa	AHMAD AGUS PRAMANA
Kelas	V
Nomor Telepon	-

Data Buku	
UID RFID Buku	791A9F57
Judul Buku	MAKANYA. MIKIR
Penulis	ABIGAIL LIMURIA, CANIA CITTA
Penerbit	PT MALAKA PUSTAKA
Tahun Terbit	2026
Kategori	PENGEMBANGAN DIRI

Detail Pengembalian	
Tanggal Peminjaman	10 Agustus 2026
Batas Pengembalian	17 Agustus 2026
Tanggal Dikembalikan	10 Agustus 2026
Status	Dikembalikan
Keterangan	Tepat Waktu

Gambar 9 Hasil Kuitansi Transaksi dalam Format PDF

Kuitansi PDF digunakan sebagai bukti transaksi yang memuat data siswa, data buku, tanggal peminjaman, batas pengembalian, tanggal kembali, status, dan keterangan transaksi.

PERPUSTAKAAN RFID											
YAYASAN PENDIDIKAN AL-YASIRIYAH BERSAUDARA											
Laporan Transaksi Peminjaman Tahunan											
Periode laporan		: Tahun 2026									
Rentang tanggal		: 01 Januari 2026 sampai 31 Desember 2026									
Waktu pembuatan		: 10-08-2026 23:16:16									
Total Transaksi				Masih Dipinjam				Sudah Dikembalikan			
25				2				23			
No.	ID	Tanggal Pinjam	Nama Siswa	Kelas	UID Siswa	Judul Buku	UID Buku	Rencana Kembali	Aktual Kembali	Status	Keterangan
1	TRX-000009	06-08-2026	ALKHALIFI ZIKRI HAMIZAN NST	V	136880DE	MAKAN YUK	69084A57	13 Agustus 2026	06 Agustus 2026	Dikembalikan	-
2	TRX-000014	06-08-2026	ALFATH AQILA RIZQULLAH	V	73367DDE	SI ANAK DIENG	730946DE	13 Agustus 2026	06 Agustus 2026	Dikembalikan	-
3	TRX-000018	06-08-2026	ALFATH AQILA RIZQULLAH	V	73367DDE	RANSEL AJAIB ANA	9A349263	13 Agustus 2026	06 Agustus 2026	Dikembalikan	-
4	TRX-000020	09-08-2026	AHMAD AGUS PRAMANA	V	93277ADE	CERITA PUTRI GEMA	E3056FDE	16 Agustus 2026	09 Agustus 2026	Dikembalikan	-
5	TRX-000021	09-08-2026	AHMAD AGUS PRAMANA	V	93277ADE	RANSEL AJAIB ANA	9A349263	16 Agustus 2026	09 Agustus 2026	Dikembalikan	-
6	TRX-000022	09-08-2026	AHMAD AGUS PRAMANA	V	93277ADE	RANSEL AJAIB ANA	9A349263	16 Agustus 2026	09 Agustus 2026	Dikembalikan	-
7	TRX-000023	09-08-2026	AHMAD AGUS PRAMANA	V	93277ADE	RANSEL AJAIB ANA	9A349263	16 Agustus 2026	09 Agustus 2026	Dikembalikan	-

Gambar 10 Hasil Laporan Transaksi dalam Format PDF

Laporan transaksi dapat dihasilkan berdasarkan periode harian, bulanan, dan tahunan. Rekapitulasi laporan digenerasikan berdasarkan basis data transaksi yang telah tersip secara sistematis, di mana rekam jejak tersebut dapat diakses secara fleksibel melalui antarmuka aplikasi berbasis *web* maupun layanan *chatbot* Telegram.

3. Hasil Pengujian *Prototype*

Pengujian *prototype* dilakukan untuk mengetahui kesesuaian fungsi sistem dengan rancangan yang telah dibuat. Pengujian mencakup pembacaan RFID, proses peminjaman dan pengembalian buku, komunikasi dengan server, penerapan algoritma *Sequential Searching*, serta keluaran sistem melalui LCD, database, dan chatbot Telegram.

Tabel 1 Pengujian Black Box Sistem RFID

No	Skenario Pengujian	Masukan	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Pembacaan kartu RFID siswa terdaftar	UID siswa valid	UID terbaca dan data siswa ditemukan	UID berhasil dibaca RC522 dan data siswa berhasil ditemukan	Sesuai
2	Pembacaan UID siswa tidak terdaftar	UID tidak tersedia pada database	Sistem menampilkan error dan transaksi dihentikan	LCD menampilkan ERROR UID / TIDAK DITEMUKAN, LED merah dan buzzer aktif	Sesuai
3	Proses peminjaman buku	UID siswa valid dan UID buku tersedia	Transaksi tersimpan dengan status dipinjam	Data siswa dan buku berhasil diverifikasi, transaksi tersimpan sebagai dipinjam	Sesuai

No	Skenario Pengujian	Masukan	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
4	Peminjaman buku yang masih dipinjam	UID buku memiliki transaksi aktif	Sistem menolak proses peminjaman	Sistem mendeteksi buku masih dipinjam dan transaksi ditolak	Sesuai
5	Indikator peminjaman berhasil	Transaksi peminjaman berhasil	LCD dan indikator memberikan informasi keberhasilan	LCD menampilkan BUKU BERHASIL DIPINJAM, LED hijau dan buzzer aktif	Sesuai
6	Identifikasi siswa dengan transaksi aktif	UID siswa memiliki buku belum dikembalikan	Sistem masuk mode pengembalian	Sistem menemukan transaksi aktif dan mengaktifkan mode pengembalian	Sesuai
7	Pengembalian buku sesuai transaksi	UID buku sesuai transaksi aktif	Status transaksi berubah menjadi dikembalikan	Data transaksi berhasil diperbarui menjadi dikembalikan	Sesuai
8	Pengembalian buku tidak sesuai	UID buku berbeda dari transaksi aktif	Sistem menolak pengembalian	LCD menampilkan KEMBALIKAN BUKU / YANG DIPINJAM, data transaksi tidak berubah	Sesuai
9	Indikator pengembalian berhasil	Pengembalian berhasil diproses	Sistem memberikan informasi keberhasilan	LCD menampilkan TERIMA KASIH / BUKU KEMBALI, LED hijau dan buzzer aktif	Sesuai
10	Pengembalian tepat waktu	Buku dikembalikan ≤ 7 hari	Status dikembalikan dengan keterangan tepat waktu	Sistem memperbarui status menjadi dikembalikan dengan keterangan Tepat Waktu	Sesuai
11	Pengembalian terlambat	Buku dikembalikan > 7 hari	Status dikembalikan dengan keterangan terlambat	Sistem memperbarui status menjadi dikembalikan dengan keterangan Terlambat	Sesuai
12	Server tidak dapat diakses	Koneksi server diputus	Sistem menghentikan transaksi dan memberi	LCD menampilkan SERVER TIDAK TERHUBUNG, transaksi dihentikan	Sesuai

No	Skenario Pengujian	Masukan	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
			informasi kesalahan		

Berdasarkan hasil pengujian Black Box pada Tabel diatas, seluruh 12 skenario pengujian memperoleh status Sesuai. Secara fungsional, sistem mampu mengidentifikasi nomor identifikasi unik (UID) *RFID* baik milik siswa maupun koleksi buku, mengeksekusi prosedur peminjaman serta pengembalian literatur secara otomatis, sekaligus melakukan validasi dan pemeriksaan keberadaan transaksi aktif, serta menentukan status keterlambatan. Sistem juga memberikan respons ketika terjadi kondisi tertentu, seperti UID belum terdaftar, buku yang dipindai tidak sesuai, atau server tidak terhubung. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi utama sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan yang ditetapkan.

Tabel 2 Pengujian Waktu Respons Transaksi

No.	Jenis Transaksi	Waktu Proses Transaksi (detik)	Kriteria ≤ 3 Detik
1	Peminjaman 1	2 Detik	Memenuhi
2	Peminjaman 2	5 Detik	Tidak Memenuhi
3	Peminjaman 3	6 Detik	Tidak Memenuhi
4	Peminjaman 4	3 Detik	Memenuhi
5	Peminjaman 5	4.5 Detik	Tidak Memenuhi
6	Pengembalian 1	5 Detik	Tidak Memenuhi
7	Pengembalian 2	10 Detik	Tidak Memenuhi
8	Pengembalian 3	2 Detik	Memenuhi
9	Pengembalian 4	3 Detik	Memenuhi
10	Pengembalian 5	9 Detik	Tidak Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian waktu respons pada Tabel diatas, waktu pemrosesan transaksi berada pada rentang 2–10 detik. Dari 10 kali pengujian, sebanyak 4 transaksi (40%) memenuhi kriteria waktu respons maksimal 3 detik, sedangkan 6 transaksi (60%) belum memenuhi kriteria tersebut. Sistem telah mampu memproses transaksi dengan baik, tetapi respons yang diberikan belum konsisten. Kondisi tersebut dapat berkaitan dengan kestabilan komunikasi jaringan serta waktu pemrosesan pada server.

Tabel 3 Pengujian Konsistensi Pembacaan RFID

Jenis RFID	Jumlah Percobaan	Berhasil Terbaca	Gagal Terbaca	Persentase Keberhasilan
Kartu RFID siswa	[10]	[9]	[1]	[90] %
Tag RFID buku	[10]	[10]	[0]	[100] %

Berdasarkan hasil pengujian konsistensi pembacaan RFID pada Tabel diatas, kartu RFID siswa berhasil terbaca sebanyak 9 dari 10 percobaan dengan persentase keberhasilan 90%, sedangkan tag RFID buku berhasil terbaca pada seluruh 10 percobaan dengan persentase keberhasilan 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modul RFID memiliki tingkat keberhasilan pembacaan UID yang baik, meskipun masih terjadi satu kali kegagalan pada pembacaan kartu RFID siswa.

4. Kelebihan Dan Kekurangan Sistem

berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, *prototype* sistem peminjaman dan pengembalian buku memiliki beberapa kelebihan dalam mendukung proses transaksi perpustakaan, namun masih terdapat sejumlah keterbatasan pada penerapannya. Kelebihan dan kekurangan sistem dianalisis berdasarkan hasil implementasi dan pengujian pada setiap fungsi utama sistem.

a. Kelebihan Sistem

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem memiliki beberapa kelebihan sebagai berikut.

1. Penerapan algoritma pencarian sekuensial (*sequential search*) dimanfaatkan dalam prosedur penelusuran basis data guna menemukan kesesuaian informasi mengenai siswa, koleksi literatur buku, maupun data transaksi yang dibutuhkan oleh sistem.
2. Algoritma *Sequential Searching* digunakan pada proses penelusuran data untuk menemukan kecocokan informasi siswa, buku, maupun transaksi yang diperlukan sistem.
3. Informasi mengenai siswa, koleksi buku, dan riwayat transaksi disimpan serta dikelola dalam basis data terpusat sehingga pengelolaan data menjadi lebih sistematis.
4. Informasi mengenai status transaksi dapat dipantau secara langsung melalui layar *LCD*, sementara komponen lampu *LED* dan *buzzer* berfungsi sebagai indikator penanda berbasis visual serta audio untuk merepresentasikan kondisi keberhasilan atau kegagalan suatu proses.
5. Penerapan integrasi layanan *chatbot* Telegram mempermudah pihak pengelola dalam memperoleh rekam jejak transaksi secara praktis, menerima pemberitahuan otomatis secara *real-time*, serta mengunduh dokumen kuitansi dan rekapitulasi laporan dalam format *PDF*.

b. Kekurangan Sistem

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem masih memiliki beberapa kekurangan sebagai berikut.

1. Sistem menggunakan koneksi Wi-Fi dari laptop atau komputer sebagai jaringan utama, sehingga perangkat komputer yang tidak memiliki modul Wi-Fi memerlukan perangkat tambahan agar dapat digunakan.

2. Konfigurasi SSID dan kata sandi Wi-Fi masih ditanam langsung pada kode program ESP32. Oleh karena itu, setiap pergantian jaringan mengharuskan program diperbarui dan diunggah kembali ke perangkat.
3. Apabila ESP32 gagal terhubung ke jaringan Wi-Fi, pertukaran data dengan server akan terputus dan sistem tidak dapat melanjutkan proses transaksi.
4. Waktu respons transaksi belum konsisten. Berdasarkan hasil pengujian, beberapa transaksi membutuhkan waktu lebih dari batas yang ditetapkan, yaitu 3 detik, sehingga kecepatan proses masih dipengaruhi oleh kondisi jaringan dan respons server.
5. Sistem masih menggunakan server lokal sehingga pengoperasiannya bergantung pada komputer server, konfigurasi jaringan, dan alamat IP yang digunakan. Kondisi ini membatasi fleksibilitas akses apabila sistem akan diterapkan pada jaringan atau lokasi yang berbeda.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem peminjaman dan pengembalian buku perpustakaan berbasis ESP32, RFID, algoritma *Sequential Searching*, dan chatbot Telegram berhasil dikembangkan sebagai layanan mandiri (self-checkout) di Perpustakaan Yayasan Pendidikan Al-Yasiriyah Bersaudara. Sistem ini mampu mengenali UID RFID siswa dan buku, memproses transaksi peminjaman dan pengembalian, serta menampilkan informasi melalui LCD dengan dukungan indikator LED dan buzzer. Hasil pengujian Black Box menunjukkan bahwa seluruh skenario pengujian berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang, dengan tingkat keberhasilan pembacaan RFID siswa sebesar 90% dan RFID buku sebesar 100%. Penerapan arsitektur client-server juga memungkinkan pengelolaan data siswa, katalog buku, dan riwayat sirkulasi secara terpusat dan terintegrasi, sedangkan algoritma *Sequential Searching* digunakan untuk mendukung pencarian UID RFID dan pemeriksaan data transaksi. Meskipun demikian, kinerja waktu respons sistem masih perlu ditingkatkan karena hanya 4 dari 10 transaksi atau sebesar 40% yang memenuhi target waktu pemrosesan maksimal 3 detik. Selain itu, integrasi chatbot Telegram telah menyediakan fitur notifikasi peminjaman, kuitansi dalam format PDF, serta laporan transaksi harian, bulanan, dan tahunan untuk mendukung penyampaian informasi dan pengelolaan administrasi perpustakaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadar, A., Perwito, P., & Taufik, T. (2021). Sistem informasi berbasis web untuk pengelolaan data dan laporan. *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, **10**(2), 112–118.
- Alamsyah, F. Y., Baskoro, F., Agustin, R. H. P., & Rakhmawati, L. (2022). Rancang bangun sistem informasi kehadiran dosen dan asisten laboratorium berbasis *Internet of Things* menggunakan RFID dan aplikasi Telegram. *Jurnal Teknik Elektro*, **11**(1), 99–107. <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p99-107>

- Ardana, G. Y., Nurchim, & Pamekas, B. W. (2024). Rancang bangun sistem absensi dengan RFID berbasis IoT PT. Umbi Teknologi Indonesia. *Jurnal Teknik SILITEK*, **4**(2), 74–81.
- Ashar, A. A., & Saputra, D. H. R. (2021). Design and build a safe security system using RFID with e-KTP as a tag and monitoring with IoT-based ESP32-Cam with Telegram notifications. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, **13**, 1–10. <https://doi.org/10.21070/ijins.v13i.527>
- Djamal, H. (2014). Implementasi teknologi radio frequency identification (RFID) untuk sistem identifikasi. *Jurnal TESLA*, **16**(2), 45–53.
- Fatimah, N., & Elmasari, Y. (2018). Perancangan sistem informasi perpustakaan berbasis web. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, **11**(2), 87–95.
- Faturrachman, F., et al. (2025). Implementasi chatbot Telegram menggunakan framework Rasa untuk layanan informasi akademik. *Journal of Software Engineering and Computer Intelligence*, **3**(1), 15–24.
- Gusti, W. R., Zakarijah, M., & Rochayati, U. (2022). Perancangan *embedded system* untuk kendali rumah burung walet berbasis ATmega8. *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, **8**(3), 500–507.
- Imjauzanansyah, N. M., & Nazry S, H. (2026). Real-Time Web-Based Indonesian Sign Language (BISINDO) Translator System Using CNN-LSTM Deep Learning and Text-to-Speech. *Jurnal ICT: Information and Communication Technologies*, **17**(1), 27–31.
- Ismana, S. I., & Hutagalung, F. S. (2025). Implementasi Algoritma Analytic Hierarchy Process (AHP) Pada Mesin Penetasan Telur Ayam Berbasis *Internet of Things* (IoT). *PRINSIP: Portal Riset & Inovasi Sistem Perangkat Lunak*, **3**(2), 1–10. <https://doi.org/10.59696/prinsip.v3i2.111>
- Manang, Y. E., Sarab, K., & Mandos, L. B. F. (2025). Sistem informasi penjualan obat berbasis web dengan implementasi algoritma sequential search pada Apotek Bunda. *Denasya Smart Public: Jurnal Riset Teknik Komputer*, **2**(3), 1–9. <https://doi.org/10.69714/k48s0h60>
- Prafanto, A., et al. (2021). Pendeteksi kehadiran menggunakan ESP32 untuk sistem pengunci pintu otomatis. *Jurnal Teknologi Terapan*, **7**(1), 37–42.
- Riza, F., Martiano, & Arianty, N. (2025). Smart Quality Control Berbasis IOT untuk Peningkatan Mutu Pengemasan Makanan Kering di Umkm Te-Man Pospera Kampung Kurnia Belawan. *Prioritas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, **7**(2), 59–65.
- Rizaldy, M. F. R., Lapi, I. Z., Akbar, M. A., & Widayaka, P. D. (2023). Inventarisasi peminjaman buku secara otomatis pada perpustakaan menggunakan RFID berbasis IoT via Telegram. *JIPi (Jurnal Ilmu Perpustakaan dan Informasi)*, **8**(1). <https://doi.org/10.30829/jipi.v8i1.13843>
- Sari, I. P., Novita, A., Al-Khowarizmi, Ramadhani, F., & Satria, A. (2024). Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) pada bidang pertanian menggunakan Arduino

- UnoR3. *Blend Sains Jurnal Teknik*, **2(4)**, 338–343. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i4.505>
- Siregar, M. F., Jufrizel, Faizal, A., & Zarory, H. (2024). A library locker *security* system with integrated RFID, dual camera monitoring, and Telegram notification. *Jurnal Sistem Cerdas*, **7(1)**, 75–86. <https://doi.org/10.37396/jsc.v7i1.390>
- Sumarno, L. Z., & Puspitaningayu, P. (2024). Rancang bangun sistem layanan sirkulasi ruang baca menggunakan teknologi RFID berbasis IoT. *Jurnal Teknik Elektro*, **14(2)**, 131–139. <https://doi.org/10.26740/jte.v14n2.p131-139>
- Syahfitri, A. (2025). *Internet of Things (IoT): Sejarah, teknologi, dan penerapannya*. *Jurnal Teknologi Informasi*, **5(1)**, 1–10.
- Tisna, D. R., Maharani, T., & Nugroho, K. T. (2024). Pemanfaatan chatbot Telegram untuk monitoring dan kontrol kualitas air menggunakan ESP32. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*.
- Utami, R., & Apridiansyah, Y. (2019). Implementasi algoritma *Sequential Searching* pada sistem pelayanan berbasis web. *Jurnal Sistem Informasi dan Artificial Intelligence*, **1(1)**, 15–22.