
PENGEMBANGAN WEB PERPUSTAKAAN DIGITAL BERBASIS PHP DAN BOOTSTRAP UNTUK MENINGKATKAN AKSES INFORMASI KOLEKSI BUKU

I Kadek Andika Dharmabuddha¹, Ni Putu Candra Aryantini², Ni Wayan Suarningsih³,
Anak Agung Istri Bintang Pradnyadewi⁴, I Kadek Edho Teguh Sentosa⁵, I Gede Wahyu
Sanjaya⁶

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Informatika, Universitas Hindu Negeri I Gusti Bagus Sugriwa Denpasar, Denpasar,
Indonesia

Email: andikabuda@gmail.com

Diajukan: 26 Juni 2025; Diterima: 21 November 2025; DOI: doi.org/10.25078/nivedita.v2i1.5171

ABSTRACT : This research is designed to build a web-based digital library system by utilizing the PHP programming language, Bootstrap framework, and MySQL database. This system is developed as a solution for small to medium educational institutions in providing organized, efficient, and easily accessible library services. The methodology used is Research and Development (R&D) with a Waterfall model approach, which contains the stages of needs analysis, design, implementation, testing, and evaluation. System features include book data management, student information, loan transactions, and keyword-based searches. This test uses the black box testing method and shows full validation results for all features. The results of the study show that the system runs as expected and has a responsive and easy-to-use interface. This system is expected to support the library digitization process and increase access to book information optimally.

Keywords: Digital library, Information system, PHP, MySQL, Bootstrap, Responsive web.

ABSTRAK : Penelitian ini dirancang untuk membangun sistem perpustakaan digital berbasis web dengan memanfaatkan bahasa pemrograman PHP, *framework* Bootstrap, dan basis data MySQL. Sistem ini dikembangkan sebagai solusi bagi institusi pendidikan kecil hingga menengah dalam menyediakan layanan perpustakaan yang terorganisir, efisien, dan mudah diakses. Metodologi yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* dengan pendekatan model *Waterfall*, yang berisi tahap analisis kebutuhan, desain, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Fitur sistem mencakup pengelolaan data buku, informasi mahasiswa, transaksi peminjaman, serta pencarian berbasis kata kunci. Pengujian ini menggunakan dengan metode *Black Box Testing* dan menunjukkan hasil validasi penuh terhadap seluruh fitur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berjalan sesuai harapan serta memiliki tampilan antarmuka yang responsif dan mudah digunakan. Sistem ini diharapkan dapat mendukung proses digitalisasi perpustakaan dan meningkatkan akses informasi buku secara optimal.

Kata Kunci: Perpustakaan Digital, Sistem Informasi, PHP, MySQL, Bootstrap, Web Responsif.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong perubahan signifikan dalam transformasi digital di berbagai sektor, termasuk bidang pendidikan dan manajemen informasi pustaka. Perpustakaan digital kini menjadi kebutuhan penting guna menunjang penyediaan informasi yang cepat, akurat, dan merata, bukan lagi sekadar tren [1]. Akses terhadap literatur akademik, referensi pembelajaran, dan sumber informasi ilmiah yang sebelumnya terbatas secara fisik, kini dapat dijangkau secara luas melalui sistem informasi perpustakaan berbasis *web* [2].

Namun, kenyataannya masih banyak institusi pendidikan yang mengelola koleksinya secara manual, seperti madrasah, sekolah menengah, hingga perguruan tinggi swasta [3], [4]. Hal ini menyebabkan lambannya pencatatan transaksi peminjaman dan pengembalian, kesulitan dalam pencarian data pustaka, serta risiko kehilangan data. Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan sistem informasi berbasis teknologi yang mampu menyatukan seluruh aktivitas pengelolaan perpustakaan dalam satu *platform* yang efisien dan terstandarisasi [5].

Salah satu solusi yang relevan adalah membangun sistem perpustakaan digital berbasis *web* menggunakan bahasa pemrograman PHP, MySQL sebagai basis data, dan Bootstrap sebagai kerangka kerja

antarmuka. Pemilihan teknologi ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa PHP dan MySQL efektif diterapkan dalam pengembangan sistem perpustakaan karena mudah diimplementasikan, memiliki dokumentasi yang luas, serta kompatibel dengan kebutuhan institusi pendidikan [1], [2], [4], [5], [7]. Selain itu, Bootstrap terbukti mampu menyediakan antarmuka yang responsif dan mempercepat proses perancangan tampilan sistem [6]. Penggunaan tech stack ini juga sesuai dengan kebutuhan institusi pendidikan yang umumnya memerlukan solusi yang ringan, efisien, dan mudah dikelola, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian terkait pengembangan layanan perpustakaan berbasis web [10].

METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan menerapkan model pengembangan *System Development Life Cycle (SDLC)* tipe *Waterfall*. Model ini dipilih karena menawarkan alur kerja yang terstruktur dan sesuai diterapkan pada proyek dengan kebutuhan yang sudah jelas sejak awal [9]. Tahapan-tahapan dalam model ini memungkinkan pengembangan dilakukan secara bertahap dan sistematis, mulai dari analisis awal hingga tahap pengujian akhir, sehingga dapat meningkatkan ketepatan dalam perancangan sistem informasi perpustakaan. Adapun prosedur yang diterapkan dalam proses pengembangan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan

Langkah pertama dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan dan kebutuhan yang ada di lingkungan perpustakaan melalui metode observasi langsung dan wawancara dengan pihak terkait. Informasi yang diperoleh meliputi proses peminjaman dan pengembalian buku, kendala pencatatan manual, serta keterbatasan akses terhadap data koleksi secara waktu nyata. Tujuan dari tahap ini adalah menyusun spesifikasi kebutuhan sistem, dari segi fungsional maupun non-fungsional [1], [5].

2. Perancangan Sistem

Hasil analisis kebutuhan kemudian diwujudkan dalam bentuk rancangan sistem, yang terdiri atas desain logis dan fisik. Desain logis dikembangkan memakai diagram *Unified Modeling Language (UML)*, seperti *use case*, *activity diagram*, dan *class diagram*. Sementara itu, desain fisik mencakup struktur basis data yang dibangun dengan MySQL serta rancangan antarmuka pengguna berbasis Bootstrap untuk menjamin responsivitas tampilan di berbagai perangkat [3], [4], [6].

3. Implementasi Sistem

Tahapan ini mencakup proses pengkodean program menggunakan *PHP native* yang dikombinasikan dengan HTML, CSS, dan JavaScript. Pengelolaan data, termasuk data koleksi buku, informasi mahasiswa, transaksi peminjaman, dan laporan, dilakukan melalui sistem basis data MySQL. Seluruh implementasi dijalankan dalam lingkungan pengembangan lokal menggunakan XAMPP sebagai *web server* untuk mensimulasikan sistem secara keseluruhan [2], [7].

4. Pengujian Sistem

Pada tahap ini, sistem yang telah dikembangkan diuji menggunakan metode *Black Box Testing*, yaitu metode pengujian yang memfokuskan pada keluaran sistem berdasarkan input yang diberikan, tanpa memeriksa kode internal secara langsung. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa seluruh fungsi utama sistem, seperti pencatatan transaksi, pencarian data buku, dan login pengguna, berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan [8], [9].

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, sistem perpustakaan digital ini dibuat untuk digunakan oleh dua jenis pengguna, yakni admin dan mahasiswa. Admin bertugas mengelola seluruh data dalam sistem, termasuk pengelolaan koleksi buku, data mahasiswa, serta transaksi peminjaman dan pengembalian. Fitur-fitur utama dalam sistem mencakup: halaman beranda, data buku, data mahasiswa, data peminjaman, serta fungsi *CRUD (Create, Read, Update, Delete)*. Selain itu, terdapat fitur pencarian data yang dirancang untuk mempermudah admin dalam menelusuri data yang besar.

2. Hasil Desain Sistem

Tahap perancangan sistem dilakukan setelah analisis kebutuhan untuk menghasilkan gambaran menyeluruh mengenai struktur dan mekanisme kerja sistem. Pada tahap ini disusun model interaksi

pengguna, alur proses utama, struktur kelas aplikasi, serta rancangan basis data sebagai acuan implementasi. Pemodelan dilakukan menggunakan *UML*, seperti use case diagram untuk menggambarkan peran dan fungsi sistem, activity diagram untuk memperlihatkan alur proses, dan class diagram untuk menunjukkan struktur objek. Selain itu, basis data dirancang dengan *Entity Relationship Diagram (ERD)* guna memastikan relasi antar tabel tersusun logis. Tahap desain ini penting untuk meminimalkan kesalahan implementasi dan memastikan sistem dibangun sesuai kebutuhan pengguna.

2.1 Use Case Diagram

Use case diagram digunakan untuk menggambarkan hubungan antara aktor dan fungsi sistem. Pada aplikasi perpustakaan digital ini terdapat dua aktor utama, yaitu admin dan mahasiswa. Admin memiliki akses penuh untuk mengelola data buku, mahasiswa, serta transaksi peminjaman dan pengembalian. Sementara itu, mahasiswa berperan sebagai pengguna yang dapat melihat informasi koleksi dan melakukan permintaan peminjaman melalui admin.

2.2 Activity Diagram

Activity diagram dibuat untuk menunjukkan alur proses bisnis dalam sistem. Diagram ini menggambarkan bagaimana aktivitas dimulai, keputusan yang terjadi, hingga proses berakhir. Beberapa aktivitas penting yang dimodelkan antara lain proses login, peminjaman, dan pengembalian buku.

2.3 Class Diagram

Class diagram menunjukkan struktur objek dalam sistem, termasuk atribut, metode, dan relasi antar objek. Rancangan ini membantu pengembang mengelola alur data dan dependensi selama implementasi. Kelas utama dalam sistem meliputi entitas Buku, Mahasiswa, Peminjaman, dan User (admin). Relasi antar class menunjukkan bahwa satu mahasiswa dan satu buku dapat memiliki banyak riwayat peminjaman pada waktu yang berbeda.

2.4 Entity Relationship Diagram (ERD)

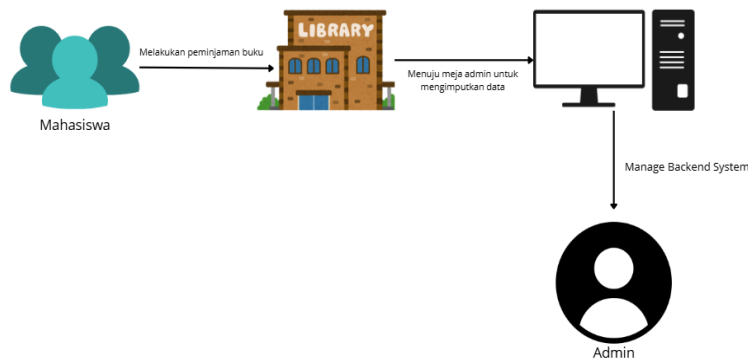
ERD digunakan untuk menggambarkan rancangan basis data yang dibangun dalam sistem. Struktur *ERD* dirancang agar dapat mendukung operasi *CRUD* pada data buku, mahasiswa, dan transaksi peminjaman, serta memastikan integritas hubungan antar tabel. Terdapat empat tabel utama yaitu buku, mahasiswa, peminjaman, dan user.

2.5 Desain Antarmuka Pengguna

Desain antarmuka dirancang menggunakan *framework* Bootstrap dengan tujuan menghadirkan tampilan yang responsif, mudah digunakan, dan mendukung berbagai ukuran layar perangkat. Rancangan antarmuka terdiri atas halaman login, dashboard admin, halaman data buku, data mahasiswa, peminjaman, pengembalian, serta halaman detail transaksi. Setiap komponen dirancang untuk mempermudah admin dalam mengelola data perpustakaan secara efisien..

3. Alur Sistem

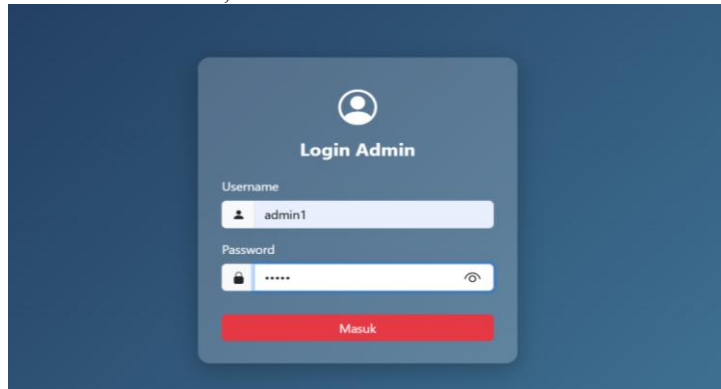
Sistem ini dibangun dengan dua peran utama: admin sebagai pengelola sistem dan database, serta mahasiswa sebagai pengguna yang melakukan peminjaman buku. Proses peminjaman akan diinput oleh admin setelah mahasiswa melakukan permintaan.



Gambar 1 Rancangan Alur Sistem

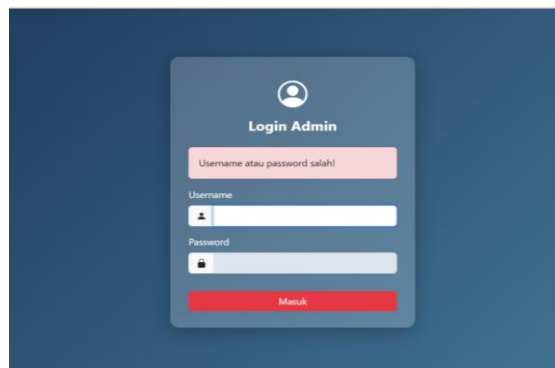
4. Halaman Login

Halaman *login* digunakan untuk membatasi akses terhadap sistem dan memastikan hanya pengguna sah yang bisa masuk. Proses otentikasi dilakukan melalui kombinasi *username* dan *password*. Jika salah satu data yang dimasukkan tidak sesuai, sistem akan memberikan notifikasi kesalahan.



Gambar 2 Halaman *Login* Sistem

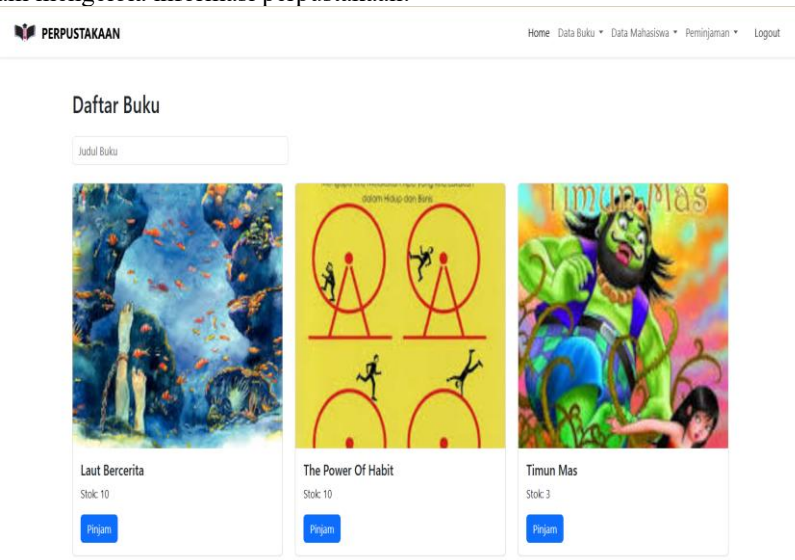
Jika terdapat *input username* atau *password* yang salah maka sistem akan memunculkan notifikasi seperti di Gambar 3.



Gambar 3 Notifikasi jika gagal *login*

5. Halaman Utama

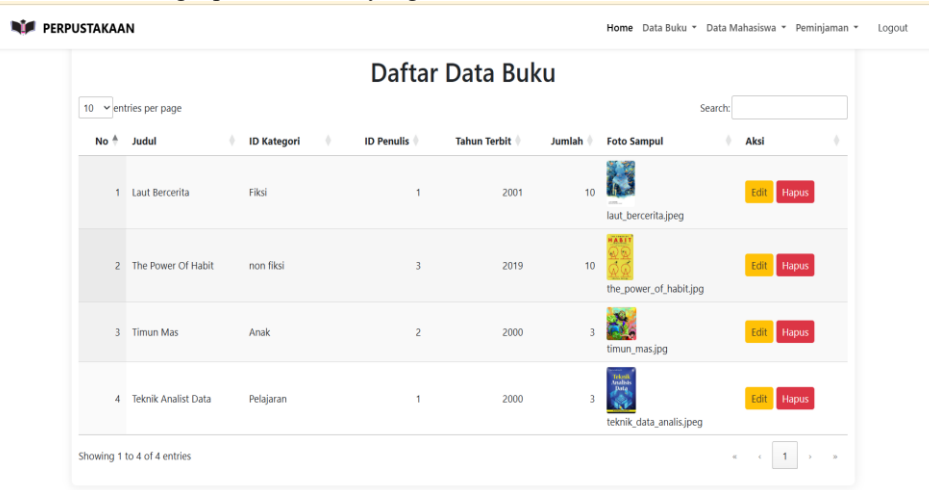
Pada halaman ini, admin dapat melihat berbagai menu utama seperti pencarian buku, daftar mahasiswa, daftar peminjaman, serta tombol keluar. Halaman ini berfungsi sebagai pusat kendali utama bagi admin dalam mengelola informasi perpustakaan.



Gambar 4 Halaman Utama

6. Halaman Data Buku

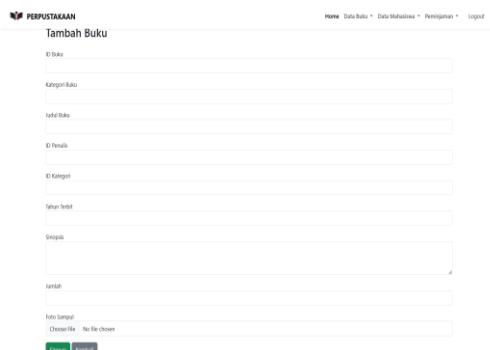
Admin dapat memantau seluruh koleksi buku, melakukan pembaruan jumlah stok, menambah entri buku baru, atau menghapus data buku yang sudah tidak tersedia.



Gambar 5 Halaman data buku

6.1 Fitur Tambah Buku

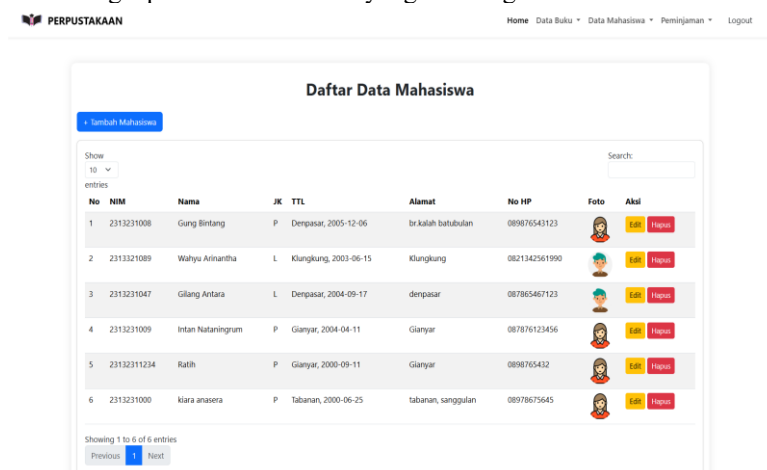
Pada fitur sesuai gambar 6, merupakan tampilan yang digunakan admin menginputkan buku yang baru untuk ditambahkan ke data buku.



Gambar 6 Fitur Tambah Buku

7. Halaman Data Mahasiswa

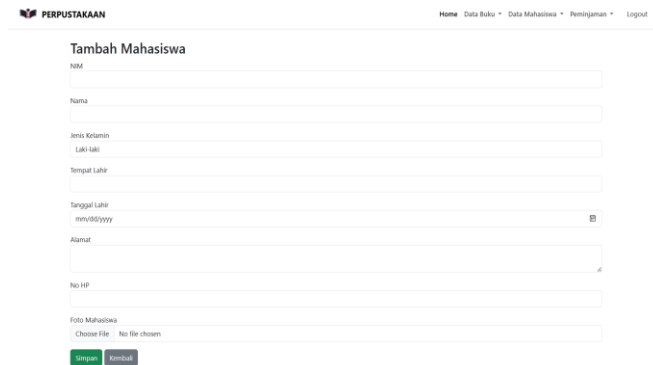
Fitur ini memungkinkan admin untuk menambahkan dan mengedit data mahasiswa baru, informasi yang sudah ada, serta menghapus data mahasiswa yang tidak lagi aktif.



Gambar 7 Halaman Data Mahasiswa

7.1 Fitur Tambah Data Mahasiswa

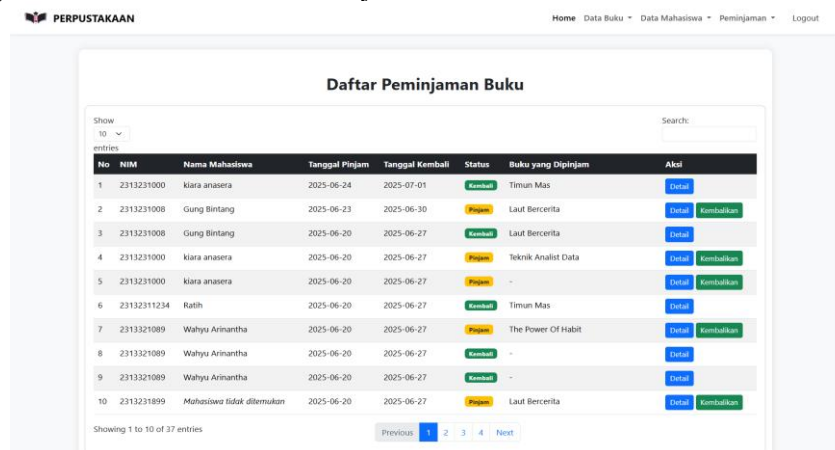
Pada fitur sesuai gambar 8, merupakan tampilan form dimana jika admin ingin menambahkan data mahasiswa.



Gambar 8 Fitur Tambah Data Mahasiswa

8. Halaman Data Peminjaman

Halaman data peminjaman, seperti ditunjukkan pada Gambar 9, merupakan tampilan yang digunakan admin untuk melihat daftar mahasiswa yang meminjam buku. Pada halaman ini terdapat status “Pinjam” dan “Kembali”. Status tersebut berfungsi sebagai indikator peminjaman, sekaligus memungkinkan admin memperbarui informasi ketika buku dipinjam atau dikembalikan. Setelah tombol pengembalian ditekan, status peminjaman akan otomatis berubah menjadi “Kembali”.

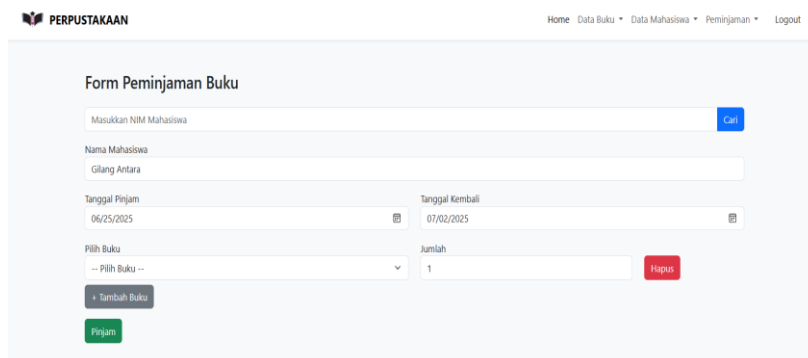


No	NIM	Nama Mahasiswa	Tanggal Pinjam	Tanggal Kembali	Status	Buku yang Dipinjam	Aksi
1	2313231000	kiara anasera	2025-06-24	2025-07-01	Kembali	Timun Mas	Detail
2	2313231008	Gung Bintang	2025-06-23	2025-06-30	Pinjam	Laut Bercerita	Detail, Kembalikan
3	2313231008	Gung Bintang	2025-06-20	2025-06-27	Kembali	Laut Bercerita	Detail
4	2313231000	kiara anasera	2025-06-20	2025-06-27	Pinjam	Teknik Analist Data	Detail, Kembalikan
5	2313231000	kiara anasera	2025-06-20	2025-06-27	Pinjam	-	Detail, Kembalikan
6	23132311234	Rath	2025-06-20	2025-06-27	Kembali	Timun Mas	Detail
7	2313231089	Wahyu Arinantha	2025-06-20	2025-06-27	Pinjam	The Power Of Habit	Detail, Kembalikan
8	2313231089	Wahyu Arinantha	2025-06-20	2025-06-27	Kembali	-	Detail
9	2313231089	Wahyu Arinantha	2025-06-20	2025-06-27	Kembali	-	Detail
10	2313231899	Mahasiswa tidak ditemukan	2025-06-20	2025-06-27	Pinjam	Laut Bercerita	Detail, Kembalikan

Gambar 9 Tampilan Daftar Peminjam

8.1 Fitur Form Peminjaman

Pada tampilan sesuai gambar 10, merupakan tampilan yang digunakan untuk admin menginputkan buku yang dipinjam mahasiswa, dan setelah klik pinjam maka datanya akan masuk ke daftar peminjaman pada gambar 9.



Gambar 10 Fitur Form Peminjaman

8.2 Tampilan Detail Peminjaman

Pada tampilan sesuai gambar 11, merupakan tampilan yang digunakan admin untuk melihat detail peminjaman buku.



Gambar 11 Tampilan Detail Peminjaman

9. Pengujian Sistem

Metode pengujian sistem menggunakan metode *Black Box Testing*, pengujian dilakukan terhadap sistem yang telah siap untuk dipublikasikan. pengujian sistem ini menggunakan 9 jenis pengujian, yang terdiri dari pengujian Admin. Pengujian sistem dilakukan terhadap kemampuan sistem dalam handle proses *login*, penginputan, penghapusan, pengeditan mahasiswa, buku, peminjaman dan pencarian berdasarkan kata kunci yang ingin dicari. Secara terperinci hasil pengujian sistem sesuai pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian *Black Box Testing*

No.	Jenis User	Jenis Pengujian	Ekspektasi	Hasil Pengujian
1	Admin	Log in website, masuk ke halaman home	Sistem berhasil melakukan proses <i>login</i> menggunakan <i>username</i> dan <i>password</i> dan mengarahkan ke halaman home <i>website</i>	Valid
2	Admin	Mencoba fitur pencarian di halaman daftar buku	Sistem berhasil menampilkan buku berdasarkan kata kunci yang diinputkan admin di halaman daftar buku	Valid
3	Admin	Mencoba fitur pinjam	Sistem berhasil menggunakan fitur pinjam dan masuk ke form peminjaman	Valid
4	Admin	Menginputkan buku yang dipinjam di form peminjaman	Sistem berhasil menyimpan data buku yang dipinjam ke data peminjaman	Valid
5	Admin	Mencoba fitur kembalikan di data penyimpanan	Sistem berhasil mengembalikan buku yang sudah selesai dipinjam	Valid
6	Admin	Mencoba fitur detail di data penyimpanan	Sistem berhasil menampilkan informasi data buku dan mahasiswa yang meminjam buku	Valid
7	Admin	Menambahkan, mengedit, dan menghapus buku	Sistem berhasil menyimpan data buku yang baru, menyimpan perbaikan data buku, dan menghapus buku yang tidak ada	Valid
8	Admin	Menambahkan, mengedit, dan menghapus data mahasiswa	Sistem berhasil menyimpan data mahasiswa yang baru, menyimpan perbaikan, dan menghapus data mahasiswa yang sudah tidak ada	Valid
9	Admin	Mencoba menu <i>logout</i>	Sistem berhasil menjalankan fitur <i>logout</i> dan Kembali ke halaman <i>login</i>	Valid

Pengujian dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk mengevaluasi fungsi sistem dari sisi pengguna tanpa melihat kode internal. Pengujian ini meliputi login, input dan edit data mahasiswa, pengelolaan data buku, transaksi peminjaman dan pengembalian, serta fitur pencarian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi berjalan dengan baik dan valid 100% berdasarkan ekspektasi.

KESIMPULAN

Melalui penelitian ini, telah berhasil dikembangkan sistem informasi perpustakaan digital berbasis *web* dengan memanfaatkan PHP, Bootstrap, dan MySQL. Pengembangan sistem dilakukan secara runtut dengan model *Waterfall*, dimulai dari analisis hingga tahap pengujian. Hasil uji coba menunjukkan bahwa semua fitur sistem berfungsi sesuai harapan. Sistem ini menyediakan berbagai fitur penting seperti manajemen buku, pencarian, otentikasi pengguna, serta peminjaman dan pengembalian koleksi. Dengan antarmuka yang ramah pengguna dan responsif, sistem ini diharapkan mempermudah digitalisasi perpustakaan yang praktis, terutama untuk lembaga pendidikan skala kecil dan menengah.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar sistem informasi perpustakaan digital yang telah dikembangkan terus disempurnakan melalui penambahan fitur lanjutan seperti rekomendasi buku, notifikasi pengembalian, dan integrasi barcode guna meningkatkan efisiensi layanan. Aspek keamanan dan skalabilitas perlu diperkuat melalui penerapan mekanisme proteksi data serta pengujian beban untuk memastikan sistem tetap stabil saat jumlah pengguna meningkat. Selain itu, optimalisasi antarmuka dan aksesibilitas perlu dilakukan secara berkala melalui uji kegunaan agar sistem tetap ramah bagi seluruh kelompok pengguna. Integrasi dengan platform pendidikan seperti LMS juga penting untuk memperluas pemanfaatan dalam konteks pembelajaran. Terakhir, diperlukan strategi pemeliharaan berkelanjutan, termasuk pembaruan perangkat lunak, manajemen backup, serta penyediaan dokumentasi teknis yang memadai agar sistem dapat dikembangkan dan dipelihara secara optimal di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Penulis ucapkan kepada Tim Journal Informatics Nivedita atas diterimanya artikel ini, karena kami diberikan kesempatan untuk berkontribusi dengan menulis artikel ini. Walaupun artikel ini masih jauh dari kata sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Nuraeni *et al.*, "Sistem Informasi Perpustakaan Digital Berbasis Web Menggunakan PHP dan MySQL di AMIK Citra Buana Indonesia." [Online]. Available: <https://journal.cbi.ac.id/index.php/buanainformatikacbi>
- [2] A. Baijuri, "Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Madrasah Ibtidaiyah Miftahul Ulum Menggunakan PHP Dan MYSQL."
- [3] K. Fahrezi, A. R. Mulana, S. Melinda, N. Nurhaliza, and S. Mulyati, "Penerapan Model Waterfall dalam Pengembangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web sebagai Sistem Pengolahan Nilai Siswa," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi*, vol. 4, no. 2, p. 98, Apr. 2021, doi: 10.32493/jtsi.v4i2.10196.
- [4] A. Santoni and H. Mulyono, "Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Website pada SMKN 1 Pancung Soal," 2022.
- [5] K. sari, D. Sri Agustina, and F. Kusuma Astuti, "Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web di MAN 1 OKU Menggunakan PHP DAN MYSQL," 2022. [Online]. Available: <http://perpustakaan-man1oku.sch.id/>
- [6] G. Agus Supriatmaja, I. Putu Mas Yuda Pratama, K. Mahendra, K. Dwika Darma Widyaputra, J. Deva, and G. Surya Mahendra, "Sistem Informasi Perpustakaan Menggunakan Framework Bootstrap Dengan PHP Native dan Database MySQL Berbasis Web Pada SMP Negeri 2 Dawan," *Jurnal Teknologi Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 1, pp. 7–15, 2022, doi: 10.56854/jtik.v1i1.30.
- [7] Ade Ajie Ferizal, Mohamad Anas Sobarnas, and Djoko nursanto, "Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web di SMK Fatahillah Cileungsi," *INFOTECH : Jurnal Informatika & Teknologi*, vol. 2, no. 2, pp. 104–113, Dec. 2021, doi: 10.37373/infotech.v2i2.178.
- [8] A. A. Ilham, A. Azmi, A. R. Ramadhani, D. F. Abeda Falah, and A. Saifudin, "Pengujian Sistem Informasi Parkir PT KISP Berbasis Desktop dengan Metode Black-Box," *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, vol. 6, no. 1, p. 96, Mar. 2021, doi: 10.32493/informatika.v6i1.8547.
- [9] B. F. Nugraha, F. Aditama, M. Arrofi, S. U. Ahmad, and Y. Yulianti, "Pengujian Black Box pada Aplikasi Penghitungan Parkir Swalayan ADA Menggunakan Teknik Equivalence Partitions,"

- Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, vol. 5, no. 2, p. 146, Jun. 2020, doi: 10.32493/informatika.v5i2.5350.
- [10] F. Luthfi Asari, R. S. Meimaharini, and T. Khotimah, "Implementasi Sistem Perpustakaan Berbasis Web untuk Meningkatkan Efisiensi Layanan Peminjaman dan Pengguna," *bit-Tech*, vol. 7, no. 3, pp. 770–778, Apr. 2025, doi: 10.32877/bt.v7i3.2185.