

Pengembangan Sistem Dokumen Akreditasi Program Studi D4 TRPL Berbasis *Website* dengan Penerapan BM25 dan *Inverted Index*

Muhammad Lukman Hakim^{1*}, M. Dermawan Mulyodiputro¹, Sirajunnasihin¹, Asmaul Husna RS¹

¹ Program Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Universitas Bima Internasional MFH, Indonesia

* Corresponding author: lukmanhkimm2409@gmail.com

Sitasi: M. L. Hakim, M. D. Mulyodiputro, S. Sirajunnasihin, and A. Husna RS 1, "Pengembangan Sistem Dokumen Akreditasi Program Studi D4 TRPL Berbasis *Website* dengan Penerapan BM25 dan *Inverted Index*," *Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 8, no. 4, pp. 863–878, 2026.

Diterima : 17-07-2026
Direvisi : 11-08-2026
Disetujui : 11-08-2026
Diterbitkan : 02-09-2026

Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

Abstrak. Dokumen akreditasi Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak tersebar sehingga menyulitkan pencarian, pengendalian versi, validasi, dan pemantauan kelengkapan. Penelitian ini mengembangkan SIDA TRPL berbasis website menggunakan Waterfall, Laravel 13, SQLite, Inverted Index di memori, dan BM25 ($k1 = 1,5; b = 0,75$). Pengujian black box menunjukkan 7/7 skenario berhasil (100%). Pada lima dokumen dan lima query multi-term, BM25 menempatkan target di peringkat pertama seluruh query (5/5; Hit@1 = 100%), sedangkan SQL LIKE literal hanya menemukan 1/5 target (20%). UAT berbasis peran menghasilkan 12/12 skenario diterima (100%). Inspeksi Nielsen menunjukkan delapan heuristik terpenuhi dan dua terpenuhi sebagian, terutama pada pembatalan/pemulihan dan bantuan/dokumentasi. Dalam lingkungan uji, SIDA TRPL mendukung pengelolaan terpusat, validasi berbasis peran, pemantauan kelengkapan, dan pencarian relevan; efektivitas produksi masih perlu dievaluasi.

Kata kunci: akreditasi program studi; sistem manajemen dokumen; BM25; inverted index; evaluasi heuristik

Abstract. Accreditation documents in the D4 Software Engineering Technology Study Program are dispersed across devices and locations, complicating retrieval, version control, validation, and completeness monitoring. This study develops web-based SIDA TRPL using Waterfall, Laravel 13, SQLite, an in-memory Inverted Index, and BM25 ($k1 = 1.5; b = 0.75$). Black-box testing showed 7/7 scenarios successful (100%). On five documents and five multi-term queries, BM25 ranked the target first in all cases (5/5; Hit@1 = 100%), while literal SQL LIKE retrieved only 1/5 targets (20%). Role-based UAT accepted 12/12 scenarios (100%). Nielsen inspection found eight heuristics fulfilled and two partially fulfilled, mainly undo/recovery and help/documentation. In the test environment, SIDA TRPL supports centralized document management, role-based validation, completeness monitoring, and relevance-oriented retrieval; production effectiveness requires further evaluation.

Keywords: program accreditation; document management system; BM25; inverted index; heuristic evaluation

1. Pendahuluan

Akreditasi program studi merupakan bagian dari penjaminan mutu eksternal yang menuntut ketersediaan data dan dokumen pendukung yang lengkap, valid, mutakhir, serta mudah diverifikasi. Transformasi digital di perguruan tinggi dapat meningkatkan akses informasi, efisiensi administrasi, dokumentasi proses, dan kemampuan institusi dalam merespons kebutuhan mutu [1–5]. Dalam konteks akreditasi, kesiapan dokumen menjadi penting karena bukti kegiatan akademik, tata kelola, sumber daya manusia, kurikulum, penelitian, pengabdian kepada masyarakat, kerja sama, dan luaran harus dapat ditemukan serta ditelusuri ketika proses evaluasi dilakukan.

Pada Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak (TRPL), temuan awal dari observasi proses pengelolaan dokumen dan wawancara dengan pengelola program studi menunjukkan bahwa dokumen pendukung akreditasi belum sepenuhnya terpusat. Dokumen tersimpan pada beberapa perangkat dan lokasi, sehingga pencarian berkas membutuhkan penelusuran pada lebih dari satu tempat, berpotensi menimbulkan duplikasi dan ketidaksesuaian versi, serta menyulitkan pemantauan status validasi dan kelengkapan. Pembagian tanggung jawab dan status tindak lanjut dokumen juga belum terdokumentasi secara konsisten dalam satu media, sehingga pimpinan program studi belum dapat memperoleh gambaran kesiapan dokumen secara cepat. Kondisi tersebut menunjukkan kebutuhan terhadap sistem yang bukan hanya berfungsi sebagai repository, tetapi mendukung pengelolaan eviden secara berkelanjutan sepanjang tahun akademik. Permasalahan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa pengumpulan data dan informasi akreditasi membutuhkan waktu dan usaha besar karena banyaknya bukti yang harus disiapkan[6].

Solusi yang ditawarkan adalah Sistem Informasi Dokumen Akreditasi TRPL (SIDA TRPL) berbasis website yang mengintegrasikan penyimpanan, pengelompokan, pencarian, validasi status, dan pemantauan kelengkapan dokumen secara periodik. Kategori dokumen tidak di-hard-code pada jumlah standar tertentu; master kategori dapat dikelola oleh administrator sehingga nomenklatur dan pengelompokan eviden dapat disesuaikan dengan instrumen akreditasi yang berlaku, termasuk Instrumen Akreditasi Program Studi LAM INFOKOM versi 2.1[7]. Agar pencarian tidak hanya bergantung pada pencocokan kata secara literal, modul temu kembali dokumen menggunakan Inverted Index dan algoritma BM25. Inverted Index membentuk pemetaan term terhadap dokumen, sedangkan BM25 memberikan skor relevansi berdasarkan frekuensi term, panjang dokumen, dan kelangkaan term dalam koleksi sehingga hasil dapat diurutkan dari dokumen yang paling relevan[8, 9].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem berbasis website relevan untuk mendukung administrasi akreditasi. Made et al.[10] mengembangkan sistem informasi akreditasi dengan fungsi input, visualisasi, ekspor, dan penyimpanan terpusat. Asis et al.[11] mengembangkan sistem manajemen data akreditasi berdasarkan peran pengguna. Purwandari dan Firmansyah[12] mengembangkan repository dokumen akreditasi untuk mengatasi dokumen yang tersebar, sedangkan Fadillah dan Apriansyah[13] menerapkan e-document untuk pengelolaan dokumen yang lebih terstruktur. Studi tentang Document Management System juga menegaskan pentingnya penyimpanan, pengarsipan, pengelolaan, dan penelusuran dokumen dalam transformasi digital organisasi[14, 15].

Dari sisi pengembangan perangkat lunak, model Waterfall digunakan karena kebutuhan utama sistem dapat dirumuskan sejak awal dan dikembangkan secara berurutan melalui analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian[16]. Implementasi website menggunakan Laravel dengan pola Model-View-Controller (MVC) untuk memisahkan pengelolaan data, logika proses, dan antarmuka[17], sedangkan pengujian fungsional digunakan untuk memastikan fungsi sistem bekerja sesuai kebutuhan[18]. Evaluasi pada penelitian ini diperluas dengan User

Acceptance Testing (UAT) berbasis skenario peran untuk memeriksa apakah alur utama sistem memenuhi kriteria penerimaan yang ditetapkan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat gap bahwa sebagian besar sistem akreditasi masih menitikberatkan repository, pengelolaan data, dan pencarian berbasis kata kunci tanpa menempatkan pemeringkatan relevansi dokumen sebagai bagian utama dari mekanisme pencarian. Selain itu, fungsi penyimpanan, pengelompokan, validasi berjenjang, pemantauan kelengkapan, pembagian peran, dan evaluasi penerimaan pengguna belum selalu diintegrasikan dalam satu sistem yang secara spesifik diarahkan untuk kebutuhan internal Program Studi D4 TRPL. Penelitian ini mengisi gap tersebut dengan menggabungkan manajemen dokumen akreditasi dan mekanisme information retrieval berbasis Inverted Index-BM25.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan memverifikasi SIDA TRPL berbasis website menggunakan model Waterfall dengan fitur autentikasi dan hak akses, unggah serta pengelompokan dokumen, pencarian berbasis relevansi, validasi status, dan pemantauan kelengkapan dokumen secara berkelanjutan. Kontribusi penelitian terletak pada integrasi pengelolaan dokumen akreditasi tingkat program studi dengan Inverted Index dan BM25 sebagai mekanisme temu kembali, konfigurasi kategori yang dapat disesuaikan terhadap kebutuhan instrumen akreditasi, serta evaluasi melalui black box testing, pengujian penerimaan berbasis skenario peran, dan inspeksi usability berbasis heuristik. Sistem tidak menggantikan proses penilaian lembaga akreditasi dan belum dievaluasi sebagai sistem produksi; sistem diposisikan sebagai prototipe operasional yang diuji untuk mendukung keteraturan, keterlacakan, dan kesiapan dokumen internal

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan model Waterfall dengan alur penelitian yang menghubungkan identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, perancangan mekanisme pencarian Inverted Index-BM25, implementasi, pengujian black box, pengujian penerimaan berbasis skenario peran, inspeksi usability berbasis heuristik, analisis hasil, serta penarikan kesimpulan. Setiap tahap menghasilkan keluaran yang menjadi masukan bagi tahap berikutnya sehingga proses pengembangan dapat didokumentasikan dan dievaluasi secara sistematis.

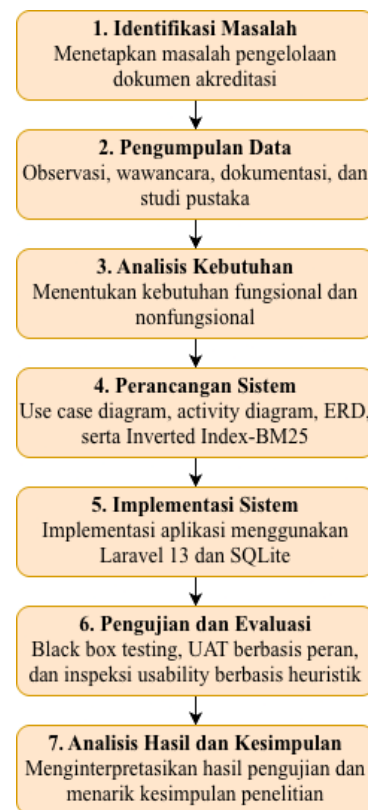
2.1. Tahapan Penelitian

Alur tahapan penelitian disajikan pada Gambar 1 untuk memperjelas urutan proses pengembangan SIDA TRPL. Penelitian dimulai dari identifikasi masalah dan pengumpulan data, dilanjutkan dengan analisis kebutuhan, perancangan sistem dan mekanisme pencarian Inverted Index-BM25, implementasi, pengujian serta evaluasi, kemudian analisis hasil dan penarikan kesimpulan. Setiap tahap menghasilkan keluaran yang menjadi masukan bagi tahap berikutnya sesuai alur pengembangan yang sistematis.

Secara rinci, tahapan pada Gambar 1 terdiri atas: (1) identifikasi masalah pengelolaan dokumen akreditasi; (2) pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka; (3) analisis kebutuhan fungsional dan nonfungsional; (4) perancangan sistem menggunakan use case diagram, activity diagram, dan ERD; (5) perancangan Inverted Index dan BM25 untuk pencarian dokumen; (6) implementasi menggunakan Laravel 13 dan SQLite; (7) pengujian black box; (8) pengujian penerimaan berbasis skenario peran; (9) inspeksi usability berbasis heuristik; (10) analisis hasil; dan (11) penarikan kesimpulan. Rincian metode pengumpulan data, perancangan, implementasi, serta pengujian dijelaskan pada subbagian berikutnya.

2.2. Pengumpulan dan Analisis Kebutuhan

Data kebutuhan diperoleh dari observasi proses pengelolaan dokumen dan wawancara dengan pengelola Program Studi D4 TRPL, kemudian dipadukan de-



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian pengembangan SIDA TRPL

ngan dokumentasi dan studi pustaka. Analisis difokuskan pada lokasi penyimpanan dokumen, proses pencarian, pengelompokan bukti, pembagian hak akses, alur validasi, kebutuhan pemantauan kelengkapan, serta kebutuhan pengumpulan eviden secara periodik agar persiapan akreditasi tidak hanya dilakukan menjelang asesmen. Kebutuhan tersebut kemudian diterjemahkan menjadi kebutuhan sistem yang dapat diuji pada tahap pengujian.

2.3. Metode Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan menggunakan use case diagram untuk memodelkan interaksi kelas peran dan fungsi, activity diagram untuk menggambarkan alur validasi dokumen, serta Entity Relationship Diagram (ERD) untuk merancang struktur dan relasi basis data. Diagram konteks/DFD tidak digunakan pada penyajian akhir karena informasi aktor dan batas sistem telah direpresentasikan oleh use case, sedangkan alur proses utama telah direpresentasikan oleh activity diagram. Pemilihan tiga artefak tersebut mengurangi redundansi pemodelan dan memusatkan pembahasan pada struktur data, hak akses, serta proses validasi.

2.4. Inverted Index dan Algoritma BM25

Mekanisme pencarian dokumen menggunakan Inverted Index dan BM25. Pada implementasi aktual, kandidat dokumen terlebih dahulu dibatasi berdasarkan hak akses serta filter kategori, tahun akademik, dan status. Judul dan deskripsi kandidat kemudian ditokenisasi, kata umum diabaikan, dan Inverted Index dibangun di memori untuk memetakan term ke dokumen yang memuat term tersebut[9]. Term pada judul diberi bobot dua kali untuk menegaskan informasi utama dokumen. Selanjutnya, BM25 menghitung skor relevansi dokumen D terhadap query Q menggunakan

$$\text{Score}(D, Q) = \sum_{i=1}^n \text{IDF}(q_i) \times \frac{f(q_i, D)(k_1 + 1)}{f(q_i, D) + k_1 \left(1 - b + b \frac{|D|}{\text{avgdl}}\right)} \quad (1)$$

Implementasi menggunakan $k1 = 1,5$ dan $b = 0,75$; skor akhir dipakai untuk mengurutkan dokumen dari relevansi tertinggi ke terendah[8].

2.5. Implementasi

Sistem diimplementasikan sebagai aplikasi berbasis website menggunakan PHP dengan framework Laravel 13 dan pola Model-View-Controller (MVC). Build uji yang dianalisis menggunakan Laravel Framework 13.18.1 dan basis data SQLite. Empat tabel domain utama adalah users, document_categories, documents, dan document_validations; tabel terakhir menyimpan riwayat keputusan validasi, validator, catatan, dan waktu validasi. Modul utama meliputi Dashboard, Kelengkapan Dokumen, Daftar Dokumen, unggah dan unduh dokumen, validasi, pengelolaan pengguna dan kategori, serta pencarian yang mengurutkan kandidat dokumen berdasarkan skor relevansi BM25. Hak akses aplikasi dibedakan menjadi admin, tim_akreditasi, dan dosen/pengguna internal.

2.6. Pengujian Black Box

Black box testing digunakan untuk menguji kesesuaian masukan dan keluaran fungsi tanpa memeriksa struktur kode. Skenario mencakup penambahan dokumen, pengelompokan kategori, pencarian, validasi status, pembatasan akses berbasis peran, rekapitulasi dashboard, dan penampilan dokumen yang memerlukan revisi. Persentase keberhasilan dihitung menggunakan

$$P = \frac{N_s}{N_t} \times 100\% \quad (2)$$

dengan N_s sebagai jumlah skenario berstatus sesuai dan N_t sebagai total skenario yang diuji.

2.7. User Acceptance Testing (UAT)

Pengujian penerimaan dilakukan sebagai acceptance test berbasis skenario dengan tiga akun demo yang merepresentasikan peran admin, tim akreditasi, dan dosen/pengguna internal. Setiap skenario memuat tindakan, kondisi hak akses, dan kriteria penerimaan yang harus dipenuhi. Skenario dinyatakan Diterima apabila hasil aktual atau aturan implementasi yang terverifikasi sesuai dengan kriteria penerimaan. Persentase penerimaan dihitung menggunakan

$$UAT = \frac{N_a}{N_t} \times 100\% \quad (3)$$

dengan N_a sebagai jumlah skenario yang diterima dan N_t sebagai jumlah seluruh skenario. Pengujian ini mengevaluasi pemenuhan alur operasional per peran dan tidak diposisikan sebagai pengukuran persepsi usability.

2.8. Evaluasi Usability Berbasis Heuristik

Sebagai evaluasi tambahan di luar pengujian fungsional, dilakukan inspeksi usability terstruktur berdasarkan sepuluh heuristik Nielsen[19] pada antarmuka dan logika interaksi build uji. Ruang lingkup inspeksi mencakup halaman login, dashboard, kelengkapan dokumen, daftar dokumen, unggah dokumen, detail dan validasi dokumen, pengelolaan kategori, serta pengelolaan pengguna. Setiap heuristik diklasifikasikan sebagai Terpenuhi, Terpenuhi Sebagian, atau Belum Terpenuhi berdasarkan bukti yang dapat diamati pada komponen antarmuka, validasi input, umpan balik sistem, navigasi, pembatasan peran, serta mekanisme pencegahan dan pemulihan kesalahan. Inspeksi ini digunakan untuk mengidentifikasi masalah usability pada implementasi dan bukan sebagai pengganti pengukuran persepsi pengguna seperti System Usability Scale (SUS).

2.9. Objek Penelitian dan Data Pengujian

Penelitian dilaksanakan pada Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak. Pada level aplikasi terdapat tiga kelas peran: admin, tim akreditasi,

dan dosen/pengguna internal. Peran admin merupakan fungsi administrator yang secara operasional dapat diberikan kepada staf administrasi/akademik program studi; tim akreditasi bertugas memeriksa dan memvalidasi dokumen; sedangkan peran dosen/pengguna internal digunakan untuk pengunggah dokumen. Dengan pemetaan ini, aktor organisasi tidak dibatasi pada nama akun teknis, tetapi ditempatkan sesuai tanggung jawab proses bisnis. Basis data uji memuat 5 pengguna, 9 kategori internal, 5 dokumen, dan 5 catatan validasi. Sembilan kategori internal tersebut adalah Kurikulum, Mahasiswa, Dosen, Sarana & Prasarana, Penelitian, Pengabdian Masyarakat, Kerja Sama, Penjaminan Mutu, dan Luaran Program Studi. Kategori-kategori ini merupakan konfigurasi data uji, bukan klaim bahwa nomenklaturnya identik dengan seluruh kriteria resmi LAM INFO-KOM; master kategori dapat ditambah, diubah, atau dihapus oleh admin untuk menyesuaikan instrumen yang berlaku[7]. Verifikasi retrieval menggunakan lima query multi-term dengan satu dokumen target yang ditetapkan berdasarkan judul dan deskripsi dokumen uji.

3. Hasil

Bagian ini menyajikan hasil berdasarkan urutan tahapan penelitian, yaitu hasil analisis kebutuhan, hasil perancangan, hasil implementasi, penerapan mekanisme pencarian Inverted Index-BM25, hasil pengujian black box, hasil pengujian penerimaan berbasis skenario peran, dan hasil inspeksi usability berbasis heuristik. Pemisahan ini digunakan agar setiap temuan yang dibahas pada bagian Pembahasan terlebih dahulu ditampilkan sebagai hasil penelitian.

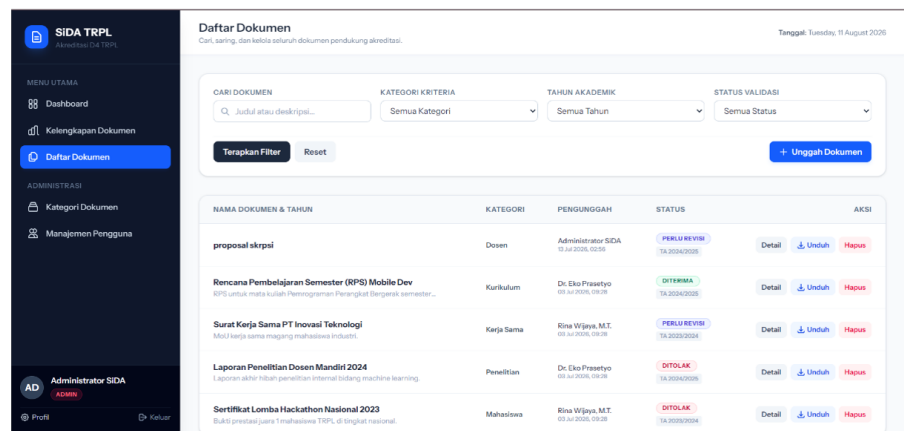
3.1. Hasil Analisis Kebutuhan

Hasil observasi dan wawancara mengidentifikasi empat masalah utama: (1) dokumen pendukung akreditasi tersebar pada berbagai perangkat dan belum berada pada satu repositori; (2) belum tersedia pemantauan status kelengkapan dokumen per kategori secara berkelanjutan; (3) pembagian tanggung jawab dan status tindak lanjut dokumen belum terdokumentasi secara konsisten; dan (4) pimpinan program studi belum dapat memperoleh gambaran kesiapan dokumen secara cepat. Temuan tersebut menghasilkan kebutuhan inti berupa repositori terpusat, pencarian dokumen, kategori yang dapat dikonfigurasi, hak akses berbasis peran, riwayat validasi, rekapitulasi kelengkapan, dan pengelompokan berdasarkan tahun akademik untuk mendukung pengumpulan eviden sejak jauh hari sebelum asesmen.

3.2. Hasil Perancangan Sistem

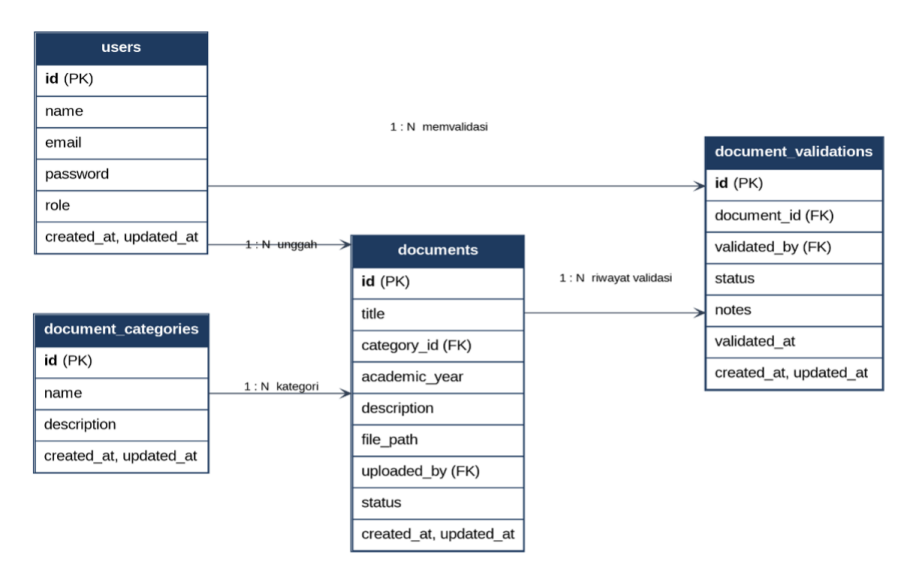
Hasil perancangan menghasilkan SIDA TRPL dengan pengelompokan dokumen berdasarkan master kategori yang dapat dikonfigurasi admin. Pada basis data uji terdapat sembilan kategori internal, sedangkan jumlah kategori pada aplikasi tidak dibatasi oleh jumlah tabel basis data. Setiap dokumen memiliki metadata judul, kategori, tahun akademik, deskripsi, berkas, pengunggah, serta status Menunggu, Diterima, Perlu Revisi, atau Ditolak. Field tahun akademik memungkinkan dokumen dikumpulkan dan ditelusuri secara periodik, sehingga pemantauan tidak hanya dilakukan menjelang asesmen. Antarmuka Daftar Dokumen pada [Gambar 2](#) menampilkan fungsi pencarian, filter kategori, tahun akademik, status validasi, dan unggah dokumen.

Rancangan basis data aktual terdiri atas empat entitas domain utama, yaitu users, document_categories, documents, dan document_validations. Tabel document_categories menyimpan master kategori sebagai baris data sehingga satu kriteria/kategori tidak memerlukan satu tabel tersendiri. Relasi users-documents merekam pengunggah, document_categories-documents merekam pengelompokan, sedangkan document_validations menyimpan setiap riwayat pemeriksaan beserta validator, status, catatan, dan waktu validasi. Struktur ini memungkinkan jumlah kategori dikonfigurasi sesuai kebutuhan instrumen akreditasi tanpa mengubah skema tabel utama serta membuat riwayat validasi lebih tertelusuri. Entity re-



Gambar 2. Antarmuka halaman daftar dokumen pada sistem SIDA TRPL

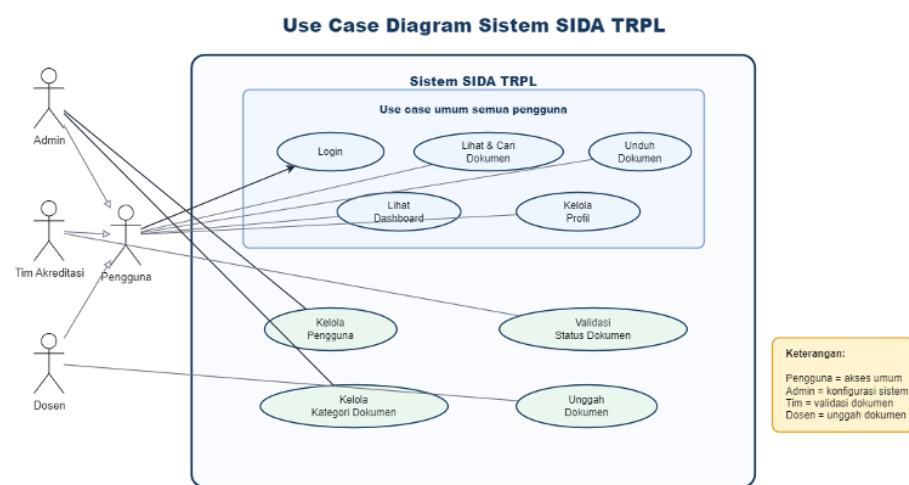
relationship diagram yang telah disesuaikan dengan migration aplikasi ditampilkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Entity relationship diagram (ERD) sistem SIDA TRPL

Interaksi pengguna dan sistem dirumuskan melalui use case diagram pada **Gambar 4**. Diagram menampilkan tiga kelas peran aplikasi: admin, tim akreditasi, dan dosen/pengguna internal. Admin memiliki akses untuk mengelola pengguna dan kategori dokumen; role ini dapat dioperasikan oleh staf administrasi/akademik program studi yang diberi tanggung jawab administrator. Dosen/pengguna internal dapat login, mengunggah dokumen, melihat dan mencari dokumen sesuai cakupan akses, mengunduh dokumen, melihat dashboard, dan mengelola profil. Tim akreditasi memiliki akses untuk memvalidasi status dokumen, melihat dan mengunduh dokumen, serta memantau dashboard. Pemisahan kelas peran digunakan untuk membedakan fungsi pengelolaan sistem, penyediaan eviden, dan pemeriksaan tanpa mengunci jabatan organisasi pada satu nomenklatur teknis.

Alur proses validasi dokumen digambarkan melalui activity diagram pada **Gambar 5**. Proses dimulai ketika dosen/pengguna internal mengunggah eviden sesuai periode akademik, kemudian sistem menyimpan dokumen dengan status Menunggu. Tim akreditasi memeriksa dokumen dan menentukan keputusan validasi, yaitu Diterima, Perlu Revisi, atau Ditolak. Apabila status dokumen Perlu



Gambar 4. Use case diagram sistem SIDA TRPL

Revisi atau Ditolak, catatan pemeriksaan disimpan pada riwayat validasi sehingga pengunggah dapat menindaklanjuti dan mengunggah dokumen perbaikan. Siklus ini dapat dilakukan sepanjang periode akademik sehingga persiapan eviden tidak bergantung pada waktu menjelang asesmen.

3.3. Hasil Implementasi Sistem

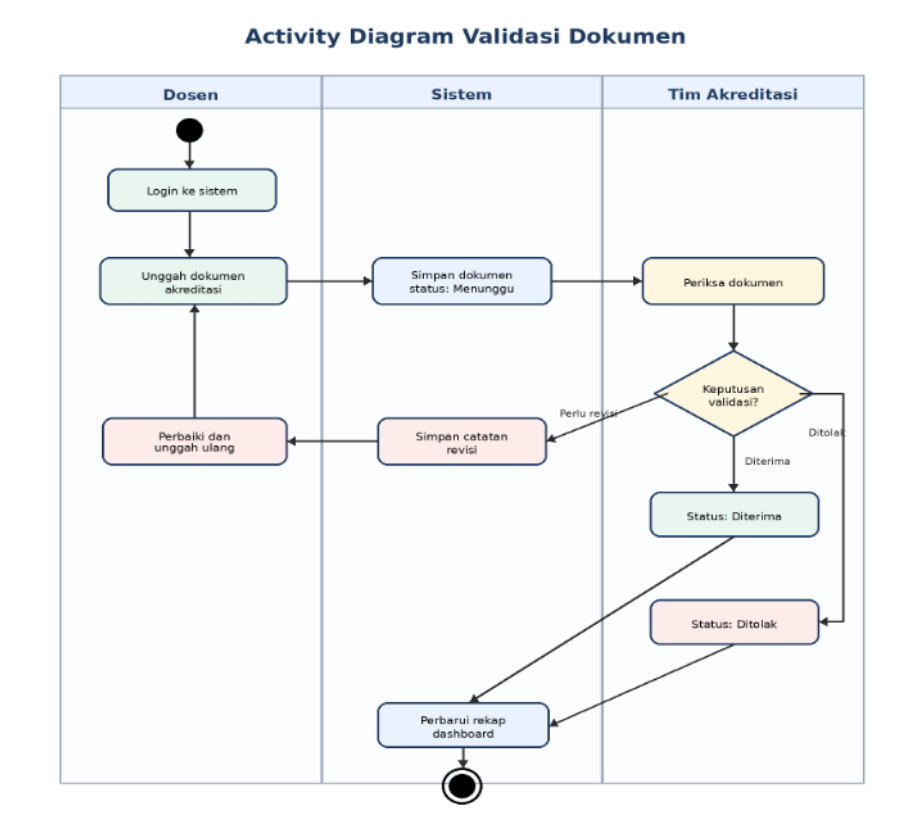
Halaman Dashboard, sebagaimana ditunjukkan pada [Gambar 6](#), menyajikan rekapitulasi status dokumen akreditasi, meliputi jumlah dokumen berdasarkan status pemeriksaan, persentase kategori yang telah memiliki dokumen berstatus Diterima, serta daftar dokumen terbaru. Tampilan dashboard disesuaikan menurut peran pengguna. Dosen/pengguna internal melihat statistik dokumen yang menjadi cakupan akunnya, sedangkan admin dan tim akreditasi melihat rekapitulasi global. Dashboard diposisikan sebagai alat monitoring periodik untuk mengidentifikasi kategori yang memerlukan tindak lanjut, bukan sebagai estimasi skor akreditasi.

Halaman Kelengkapan Dokumen pada [Gambar 7](#) berfungsi sebagai ringkasan monitoring, sedangkan fungsi inti sistem informasi dokumen ditunjukkan melalui halaman Daftar Dokumen dan detail dokumen yang memuat judul, kategori, tahun akademik, pengunggah, status validasi, pencarian, filter, serta aksi melihat, mengunduh, dan memvalidasi berkas. Kelengkapan dihitung dari master kategori internal yang telah dikonfigurasi pada sistem dan dapat ditelusuri kembali ke dokumen sumber. Karena kategori bersifat configurable, pemetaan dapat disesuaikan dengan instrumen LAM INFOKOM yang berlaku[7]; sistem tidak mengasumsikan bahwa sembilan kategori data uji merupakan sembilan kriteria resmi.

Proses validasi dokumen dilakukan pada halaman detail dokumen yang dapat diakses oleh tim akreditasi melalui tombol aksi pada halaman Daftar Dokumen. Pada halaman tersebut, tim akreditasi memilih salah satu keputusan pemeriksaan, yaitu Diterima, Perlu Revisi, atau Ditolak, kemudian memberikan catatan pemeriksaan sesuai kebutuhan. Keputusan tersebut secara langsung memperbarui status dokumen pada halaman Daftar Dokumen dan direkapitulasi pada Dashboard serta halaman Kelengkapan Dokumen.

3.4. Hasil Penerapan Inverted Index dan BM25

Modul pencarian pada aplikasi aktual membangun Inverted Index di memori dari kandidat dokumen yang telah lolos pembatasan hak akses dan filter, kemudian menghitung skor BM25 menggunakan $k1 = 1,5$ dan $b = 0,75$. Verifikasi ulang menggunakan implementasi Bm25SearchService pada dataset SQLite yang dikirimkan menghasilkan hasil yang konsisten untuk lima query multi-term. Query

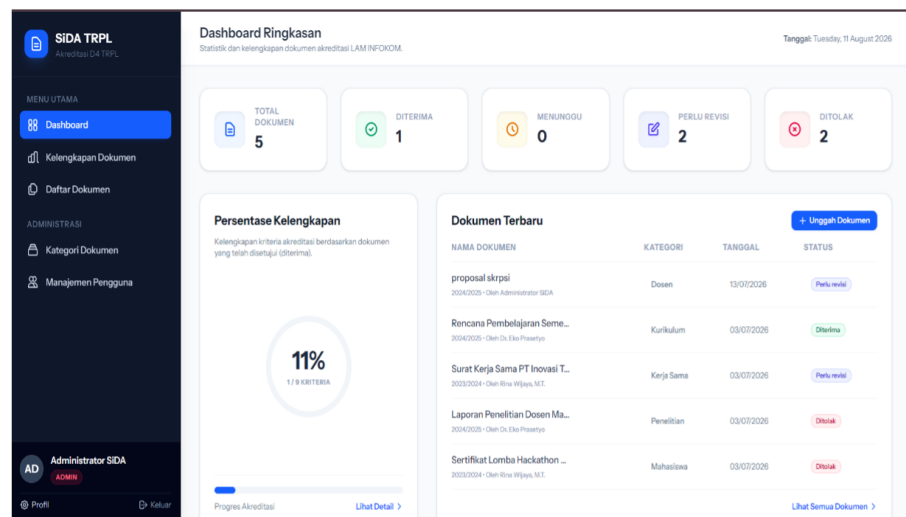


Gambar 5. Activity diagram proses validasi dokumen

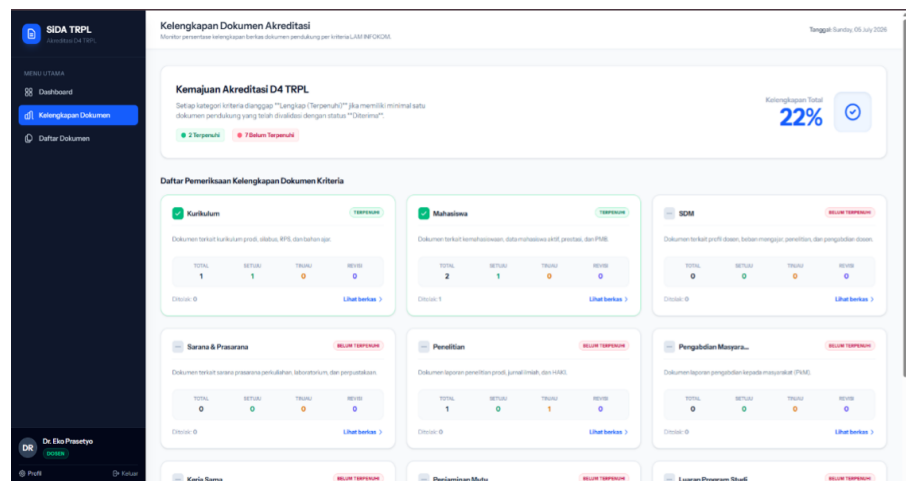
“machine learning penelitian” menempatkan Laporan Penelitian Dosen Mandiri 2024 pada peringkat pertama dengan skor 4,793737; “kerja sama magang” menempatkan Surat Kerja Sama PT Inovasi Teknologi dengan skor 5,722247; “RPS pemrograman mobile” menempatkan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) Mobile Dev dengan skor 5,178912; “prestasi hackathon nasional” menempatkan Sertifikat Lomba Hackathon Nasional 2023 dengan skor 5,492794; dan “proposal skripsi” menempatkan dokumen uji “proposal skripsi” pada peringkat pertama dengan skor 2,598775. Seluruh lima query menempatkan dokumen target pada rank 1 ($\text{Hit}@1 = 5/5$ atau 100%). Sebagai pembanding, pencarian literal menggunakan satu pola SQL LIKE terhadap keseluruhan query hanya menemukan target untuk query “kerja sama magang” (1/5 atau 20%). Hasil ini memverifikasi peningkatan kemampuan pencarian multi-term pada dataset uji, tetapi belum dapat digeneralisasi ke koleksi dokumen berukuran besar.

3.5. Hasil Pengujian Black Box

Pengujian black box dilakukan terhadap tujuh fungsi utama yang merepresentasikan kebutuhan pengguna. Seluruh skenario memperoleh status Sesuai sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 6. Dashboard sistem SIDA TRPL



Gambar 7. Halaman kelengkapan dokumen akreditasi pada SIDA TRPL

Tabel 1. Hasil pengujian black box sistem SIDA TRPL

Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Dihasilkan	Status
Tambah dokumen baru	Mengisi seluruh field pada form lalu menyimpan data dokumen.	Data dokumen baru tersimpan dengan status Menunggu.	Sesuai
Pengelompokan dokumen berdasarkan kategori	Memilih salah satu kategori pada halaman Daftar Dokumen.	Sistem menampilkan dokumen sesuai kategori yang dipilih.	Sesuai
Pencarian dokumen	Memasukkan kata kunci sesuai judul atau deskripsi dokumen.	Sistem menampilkan dokumen yang sesuai kata kunci pencarian.	Sesuai
Validasi status dokumen	Tim akreditasi memilih keputusan Diterima, Perlu Revisi, atau Ditolak.	Status dokumen berubah sesuai keputusan dan catatan validasi tersimpan.	Sesuai
Pembatasan akses berdasarkan peran	Login sebagai dosen lalu membuka halaman Daftar Dokumen.	Sistem hanya menampilkan dokumen sesuai hak akses pengguna.	Sesuai
Penyajian dashboard rekapitulasi	Membuka halaman Dashboard setelah data dokumen tersedia.	Sistem menampilkan jumlah dokumen per status dan persentase kelengkapan kategori.	Sesuai
Penampilan dokumen perlu revisi	Tim akreditasi menandai dokumen dengan status Perlu Revisi.	Dokumen tampil dengan status Perlu Revisi dan terhitung pada dashboard.	Sesuai

Berdasarkan [Tabel 1](#), jumlah skenario berhasil (N_s) adalah 7 dan total skenario (N_t) adalah 7. Dengan [Persamaan \(2\)](#), tingkat keberhasilan pengujian black box adalah $(7/7) \times 100\% = 100\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh fungsi yang diuji memberikan keluaran sesuai dengan hasil yang diharapkan pada skenario pengujian.

3.6. Hasil User Acceptance Testing (UAT)

Pengujian penerimaan berbasis skenario dilakukan menggunakan tiga akun demo yang merepresentasikan admin, tim akreditasi, dan dosen/pengguna internal. Verifikasi terhadap database dan implementasi mengonfirmasi bahwa ketiga kredensial demo menggunakan kata sandi uji yang valid, rute pengelolaan pengguna dan kategori dibatasi untuk admin, validasi dokumen dibatasi untuk admin/tim akreditasi, tim akreditasi ditolak ketika mencoba mengunggah dokumen, dosen ditolak ketika mencoba memvalidasi, serta pencarian menampilkan ranking dan skor relevansi BM25. Dua belas skenario penerimaan mencakup autentikasi, hak akses, pengelolaan data, pembatasan unggah dan validasi, filter, pencarian BM25, dashboard, dan unduh berkas yang tersedia pada storage. Hasil setiap skenario disajikan pada [Tabel 2](#).

Tabel 2. Hasil User Acceptance Testing berbasis skenario peran

Peran	Skenario/Kriteria Penerimaan	Hasil
Admin	Login dengan akun admin dan diarahkan ke dashboard	Diterima
Tim Akreditasi	Login dengan akun tim akreditasi dan diarahkan ke dashboard	Diterima
Dosen/Pengguna internal	Login dengan akun dosen dan diarahkan ke dashboard	Diterima
Admin	Mengakses pengelolaan pengguna dan kategori yang dibatasi role admin	Diterima
Dosen/Pengguna internal	Melihat dokumen milik sendiri dan dokumen pengguna lain yang berstatus Diterima	Diterima
Tim Akreditasi	Mencoba mengunggah dokumen; sistem menolak karena role hanya melakukan pemeriksaan	Diterima
Admin/Tim	Memvalidasi dokumen menjadi Diterima, Perlu Revisi, atau Ditolak dan menyimpan catatan validasi	Diterima
Dosen/Pengguna internal	Mencoba melakukan validasi dokumen; akses ditolak	Diterima
Semua role	Memfilter daftar dokumen berdasarkan kategori, tahun akademik, dan status	Diterima
Semua role	Mencari dokumen multi-term dan memperoleh ranking berdasarkan skor BM25	Diterima
Admin/Tim/Dosen-Pengguna internal	Melihat rekap dashboard sesuai cakupan hak akses role	Diterima
Role berhak	Mengunduh berkas dokumen yang tersedia pada storage	Diterima

Dengan [Persamaan \(3\)](#), tingkat penerimaan skenario adalah $(12/12) \times 100\% = 100\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa alur utama yang diuji memenuhi kriteria penerimaan untuk tiga kelas peran pada lingkungan pengujian. Hasil tersebut tidak digunakan untuk menyimpulkan kepuasan atau persepsi usability pengguna akhir; aspek usability dievaluasi secara terpisah melalui inspeksi heuristik.

3.7. Hasil Evaluasi Usability Berbasis Heuristik

Inspeksi usability dilakukan pada komponen antarmuka dan logika interaksi yang tersedia pada build uji. Evaluasi menggunakan sepuluh heuristik Nielsen untuk memeriksa visibilitas status sistem, kesesuaian istilah, kontrol pengguna, konsistensi, pencegahan kesalahan, kemudahan pengenalan, efisiensi, desain minimalis, dukungan pemulihan kesalahan, serta bantuan/dokumentasi. Hasil inspeksi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil inspeksi usability berdasarkan heuristik Nielsen

No.	Heuristik	Bukti pada Implementasi	Hasil
1	Visibility of system status	Dashboard, badge status, flash message, dan status validasi memberikan umpan balik keadaan sistem.	Terpenuhi
2	Match between system and the real world	Istilah kategori, tahun akademik, Diterima, Perlu Revisi, Ditolak, dan kelengkapan menggunakan terminologi kerja akreditasi.	Terpenuhi
3	User control and freedom	Tersedia batal/edit/filter dan konfirmasi hapus, tetapi belum ada undo setelah penghapusan permanen.	Terpenuhi Sebagian
4	Consistency and standards	Navigasi, label status, komponen form, dan pola aksi konsisten pada halaman utama.	Terpenuhi
5	Error prevention	Validasi server, pembatasan role, validasi tipe/ukuran file, catatan wajib untuk revisi/penolakan, dan konfirmasi hapus.	Terpenuhi
6	Recognition rather than recall	Menu, label, filter, role badge, dan pilihan status terlihat sehingga pengguna tidak perlu mengingat perintah.	Terpenuhi
7	Flexibility and efficiency of use	Pencarian BM25, filter kategori/tahun/status, pagination, serta menu sesuai role mempercepat akses.	Terpenuhi
8	Aesthetic and minimalist design	Informasi utama disajikan melalui dashboard, kartu ringkasan, tabel, dan form tanpa elemen proses yang tidak relevan.	Terpenuhi
9	Help users recognize, diagnose, and recover from errors	Pesan validasi field dan catatan revisi/penolakan memberi arahan untuk memperbaiki input atau dokumen.	Terpenuhi
10	Help and documentation	Terdapat hint dan penjelasan kontekstual, tetapi belum tersedia panduan/pusat bantuan terintegrasi.	Terpenuhi Sebagian

Dari sepuluh heuristik, delapan dikategorikan Terpenuhi dan dua Terpenuhi Sebagian. Aspek yang masih parsial adalah user control and freedom karena aplikasi belum menyediakan mekanisme undo setelah penghapusan permanen, serta help and documentation karena bantuan masih berupa label, hint, dan pesan kontekstual tanpa pusat bantuan atau panduan terintegrasi. Tidak ditemukan pelanggaran yang dikategorikan Belum Terpenuhi pada alur yang diinspeksi. Hasil ini merupakan temuan inspeksi antarmuka, bukan skor persepsi pengguna seperti SUS.

4. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan yang ditemukan pada tahap analisis telah diterjemahkan menjadi fungsi sistem yang saling terhubung pada lingkungan uji. Repositori dan master kategori memusatkan metadata dokumen,

riwayat validasi memperjelas tindak lanjut, sedangkan dashboard dan halaman kelengkapan menyediakan ringkasan monitoring. Pengujian black box menghasilkan 7 dari 7 skenario sesuai (100%), pengujian penerimaan berbasis peran menghasilkan 12 dari 12 skenario diterima (100%), dan inspeksi usability menunjukkan delapan heuristik terpenuhi serta dua terpenuhi sebagian. Temuan tersebut menunjukkan konsistensi fungsi, hak akses, dan antarmuka pada skenario yang diuji, tetapi belum merupakan bukti efektivitas operasional pada penggunaan produksi.

Integrasi Inverted Index dan BM25 memperkuat posisi SIDA TRPL dibanding pencarian berbasis pencocokan literal. Pada lima query multi-term, BM25 menempatkan dokumen target pada peringkat pertama untuk seluruh query ($\text{Hit}@1 = 100\%$), sedangkan pola SQL LIKE lama hanya menemukan target pada satu query (20%). Perbedaan tersebut terjadi karena Inverted Index memetakan term secara individual dan BM25 memberikan ranking dengan mempertimbangkan frekuensi term, panjang dokumen, dan kelangkaan term pada koleksi[8, 9]. Hasil ini mendukung penggunaan ranking relevansi untuk pencarian metadata dokumen akreditasi, tetapi belum dapat digeneralisasi sebagai ukuran performa retrieval pada koleksi besar.

Dibandingkan dengan Made et al.[10] dan Asis et al.[11] yang menekankan input, visualisasi, penyimpanan, serta pengelolaan data akreditasi berdasarkan peran pengguna, SIDA TRPL mengintegrasikan kelas peran admin, tim akreditasi, dan dosen/pengguna internal dengan alur validasi status serta riwayat pemeriksaan. Pada konteks organisasi, role admin dapat dipetakan kepada staf administrasi/akademik program studi sehingga fungsi akademik tidak diabaikan meskipun pada implementasi teknis tidak dibuat role terpisah. Pendekatan repository Purwandari dan Firmansyah[12] serta e-document Fadillah dan Apriansyah[13] diperluas melalui status Menunggu, Diterima, Perlu Revisi, dan Ditolak, catatan pemeriksaan, pengelompokan tahun akademik untuk pengumpulan eviden berkelanjutan, monitoring kelengkapan, dan pencarian berbasis ranking relevansi.

Penggunaan Waterfall menghasilkan keterhubungan yang jelas antara tahap analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian. Hasil perancangan akhir disederhanakan menjadi use case diagram, activity diagram, dan ERD. Use case digunakan untuk memperlihatkan fungsi per kelas peran, activity diagram menunjukkan siklus unggah-validasi-perbaikan, sedangkan ERD menunjukkan empat tabel domain termasuk document.validations yang sebelumnya tidak tampak pada diagram sederhana. Penghapusan diagram konteks/DFD dari penyajian akhir mengurangi pengulangan informasi aktor dan batas sistem tanpa menghilangkan informasi inti perancangan.

Keterbatasan penelitian terletak pada ukuran dataset retrieval yang masih kecil, yaitu lima dokumen dan lima query, sehingga evaluasi berikutnya perlu menggunakan koleksi dokumen akreditasi yang lebih besar serta ground truth relevansi untuk menghitung precision, recall, MRR, atau nDCG. Konfigurasi sembilan kategori pada database uji bersifat tematik dan belum memodelkan struktur standar-subkriteria-kebutuhan eviden sebagai entitas terpisah; karena itu pengembangan lanjutan dapat menambahkan pemetaan instrumen yang lebih granular sambil tetap mengacu pada instrumen LAM INFOKOM yang berlaku[7]. Evaluasi usability pada penelitian ini berupa inspeksi heuristik dan belum mengukur persepsi sejumlah pengguna melalui kuesioner; penelitian lanjutan dapat menambahkan SUS dengan responden pengguna akhir[20, 21]. Selain itu, sistem belum diterapkan sebagai layanan produksi, sehingga efektivitas operasional, keamanan, performa, audit trail, notifikasi tugas/deadline, dan integrasi dengan sistem informasi akademik institusi masih memerlukan pengujian lapangan.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan prototipe operasional SIDA TRPL berbasis website dengan pengelolaan pengguna berbasis peran, master kategori yang dapat dikonfigurasi, pengunggahan dan pengelompokan dokumen berdasarkan tahun

akademik, riwayat validasi status, monitoring kelengkapan, serta pencarian berbasis Inverted Index dan BM25. Pada lingkungan pengujian, black box testing menunjukkan 7 dari 7 skenario berjalan sesuai hasil yang diharapkan (100%) dan pengujian penerimaan berbasis tiga kelas peran menghasilkan 12 dari 12 skenario diterima (100%). Verifikasi retrieval terhadap lima dokumen dan lima query menempatkan dokumen target pada peringkat pertama untuk seluruh query ($\text{Hit}@1 = 100\%$), sedangkan pencarian literal SQL LIKE hanya menemukan target pada satu query (20%). Inspeksi usability berdasarkan sepuluh heuristik Nielsen menunjukkan delapan prinsip terpenuhi dan dua terpenuhi sebagian. Hasil tersebut mendukung kesimpulan bahwa fungsi yang diimplementasikan memenuhi skenario pengujian dan berpotensi mendukung pengelolaan eviden akreditasi secara lebih terstruktur dan berkelanjutan. Karena sistem belum diterapkan pada lingkungan produksi, penelitian ini tidak mengklaim peningkatan efektivitas operasional program studi; validasi lapangan dengan dataset lebih besar, pengguna aktual, evaluasi SUS, keamanan, performa, dan pemetaan eviden yang lebih granular tetap diperlukan.

Pernyataan Penggunaan Artificial Intelligence. Penulis menggunakan ChatGPT (OpenAI) sebagai alat bantu dalam pemeriksaan tata bahasa, penyuntingan bahasa, perbaikan struktur kalimat, peningkatan kejelasan penyajian naskah, dan penyesuaian format artikel. Artificial Intelligence tidak digunakan untuk menggantikan proses pengumpulan data, perancangan dan pengembangan sistem, implementasi Inverted Index dan BM25, maupun penentuan hasil pengujian penelitian. Seluruh keluaran yang dihasilkan oleh Artificial Intelligence telah diperiksa, diverifikasi, dan disesuaikan kembali oleh penulis berdasarkan implementasi aktual Sistem Informasi Dokumen Akreditasi TRPL (SIDA TRPL), data pengujian, serta hasil evaluasi penelitian. Penulis bertanggung jawab sepenuhnya atas keakuratan, orisinalitas, dan integritas isi artikel.

Pernyataan Kontribusi Penulis. **MLH (Muhammad Lukman Hakim)** berkontribusi dalam konseptualisasi penelitian, identifikasi dan analisis kebutuhan, pengumpulan data, perancangan sistem, pengembangan dan implementasi SIDA TRPL, penerapan Inverted Index dan algoritma BM25, pelaksanaan pengujian, analisis hasil, serta penyusunan naskah. **MDM (M. Dermawan Mulyodiputro)** berkontribusi dalam pengembangan metodologi, peninjauan rancangan dan implementasi sistem, evaluasi metode pengujian, interpretasi hasil penelitian, serta peninjauan naskah. **S (Sirajunnasih)** berkontribusi dalam peninjauan kebutuhan sistem, evaluasi proses pengembangan dan hasil pengujian, serta penyempurnaan substansi penelitian. **AHRS (Asmaul Husna RS)** berkontribusi dalam peninjauan metodologi, evaluasi hasil penelitian, penyuntingan, dan penyempurnaan naskah. Seluruh penulis telah membaca, meninjau, dan menyetujui versi akhir artikel serta bertanggung jawab atas seluruh aspek penelitian dan publikasi.

Pernyataan Konflik Kepentingan. Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan yang berkaitan dengan penelitian, kepengarangan, dan publikasi artikel berjudul “Pengembangan Sistem Dokumen Akreditasi Program Studi D4 TRPL Berbasis Website dengan Penerapan BM25 dan Inverted Index.”

Pernyataan Pendanaan. Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pemerintah, komersial, maupun organisasi nirlaba. Penelitian dilaksanakan dalam konteks kegiatan akademik dengan dukungan data, informasi, dan fasilitas yang diperlukan dari Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak Universitas Bima Internasional MFH.

Ucapan Terima Kasih. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, arahan, data, dan informasi selama proses penelitian dan pengembangan sistem dokumen akreditasi berbasis website ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, pengelola program studi, serta pihak-pihak yang telah berpartisipasi dalam proses pengumpulan kebutuhan, pengujian, dan evaluasi sistem. Dukungan dan kontribusi tersebut sangat membantu dalam penyelesaian penelitian serta penyusunan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. Fernández, B. Gómez, K. Binjaku, and E. K. Meçe, “Digital transformation initiatives in higher education institutions: A multivocal literature review,” *Education and Information Technologies*, vol. 28, pp. 12351–12382, Oct. 2023. <https://doi.org/10.1007/S10639-022-11544-0>.
- [2] H. W. Aripardono, I. Nursyamsi, A. Wahab, and Z. Sultan, “Educational technology for digital transformation of higher education institutions into entrepreneurial universities,” *Policy & Governance Review*, vol. 8, pp. 303–322, Nov. 2024. <https://doi.org/10.30589/PGR>.
- [3] J. E. S. Carmo, D. P. Lacerda, C. O. Klingenberg, and F. A. S. Piran, “Digital transformation in the management of higher education institutions,” *Sustainable Futures*, vol. 9, May 2025. <https://doi.org/10.1016/J.SFTR.2025.100692>.
- [4] N. Duarte and R. Vardasca, “Literature review of accreditation systems in higher education,” *Education Sciences*, vol. 13, Jun. 2023. <https://doi.org/10.3390/educsci13060582>.
- [5] A. Acevedo-De-Los-Ríos and D. R. Rondinel-Oviedo, “Impact, added value and relevance of an accreditation process on quality assurance in architectural higher education,” *Quality in Higher Education*, vol. 28, no. 2, pp. 186–204, 2022. <https://doi.org/10.1080/13538322.2021.1977482>.
- [6] H. Hamrul and N. Zulkarnaim, “Pengembangan sistem informasi pengukur kesiapan akreditasi program studi 9 kriteria,” *JCIS (Journal of Computer and Information System)*, vol. 4, pp. 30–41, Oct. 2021. <https://doi.org/10.31605/JCIS.V4i2>.
- [7] LAM INFOKOM, “Perlam no. 11/perlam/ma/lam-infokom/x/2025 tentang instrumen akreditasi program studi 2.1 lingkup informatika dan komputer,” 2025. <https://laminfokom.or.id/official/peraturan7.html>.
- [8] S. E. Robertson and H. Zaragoza, “The probabilistic relevance framework: Bm25 and beyond,” *Foundations and Trends in Information Retrieval*, vol. 3, no. 4, pp. 333–389, 2009. <https://doi.org/10.1561/15000000019>.
- [9] C. D. Manning, P. Raghavan, and H. Schütze, *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2008.
- [10] N. Made et al., “Pengembangan sistem informasi akreditasi program studi berbasis web di fakultas teknik universitas udayana,” *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 11, pp. 12–19, Jun. 2025. <https://doi.org/10.54914/jtt.v11i1.1505>.
- [11] M. A. Asis, P. Purnawansyah, and Y. Salim, “Rancang bangun sistem manajemen data akreditasi berbasis web,” *Journal CERITA*, vol. 10, pp. 32–38, Feb. 2024. <https://doi.org/10.33050/CERITA.V10i1.2989>.
- [12] N. Purwandari and B. Firmansyah, “Sistem repository dokumen akreditasi program studi berbasis web pada institut bisnis dan informatika kosgoro 1957,” *REMik*, vol. 7, pp. 196–210, Jan. 2023. <https://doi.org/10.33395/remik.v7i1.11976>.
- [13] A. Fadillah and A. Apriansyah, “Penerapan sistem e-document akreditasi dengan menggunakan metode rapid application development di bagian unit lembaga penjamin mutu ikest muhammadiyah Palembang,” *Jurnal Digital Teknologi Informasi*, vol. 8, p. 16, Apr. 2025. <https://doi.org/10.32502/digital.v8i1.9500>.
- [14] S. Jordan, S. S. Zabukovšek, and I. Š. Klančnik, “Document management system – a way to digital transformation,” *Naše Gospodarstvo/Our Economy*, vol. 68, pp. 43–54, Jun. 2022. <https://doi.org/10.2478/ngoe-2022-0010>.
- [15] S. Sternad Zabukovšek, S. Jordan, and S. Bobek, “Managing document management systems’ life cycle in relation to an organization’s maturity for digital transformation,” *Sustainability*, vol. 15, Nov. 2023. <https://doi.org/10.3390/su152115212>.
- [16] Taufiqurrahman, Junaedy, and R. Syarifuddin, “Development of a web-based accreditation system for study program management using the waterfall model,” *Nusantara Journal of Artificial Intelligence and Information Systems*, vol. 1, pp. 59–66, Dec. 2025. <https://doi.org/10.47776/NUAI.V1i2.1663>.
- [17] T. S. Huynh, D. T. Tran, Q. H. Vu, and L. A. T. Nguyen, “Design and implementation of web application based on mvc laravel architecture,” *EJECE, European Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 6, Aug. 2022. <https://doi.org/10.24018/EJECE.2021.6.4.448>.

- [18] B. Destiana, P. Priyanto, R. Irfan, M. G. Khamim, M. Y. Ridlo, and M. Iqbal, "Development of a web-based information system for student leave permission at dar al-raudhah islamic boarding school: Iso quality standards analysis," *ELINVO (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 8, pp. 275–289, Sep. 2024. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v8i2.66420>.
- [19] J. Nielsen and R. Molich, "Heuristic evaluation of user interfaces," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '90)*, pp. 249–256, 1990. <https://doi.org/10.1145/97243.97281>.
- [20] J. Brooke, "Sus: A 'quick and dirty' usability scale," in *Usability Evaluation in Industry* (P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, and I. L. McClelland, eds.), pp. 189–194, London, U.K.: Taylor & Francis, 1996.
- [21] A. Bangor, P. Kortum, and J. Miller, "Determining what individual sus scores mean: Adding an adjective rating scale," *Journal of Usability Studies*, vol. 4, no. 3, pp. 114–123, 2009. https://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/JUS_Bangor_May2009.pdf.