

IMPLEMENTASI SENARA UNTUK OTOMATISASI PENOMORAN DAN ARSIP SURAT BERBASIS WEB DI LSP UNPAM

Revaldi Winata^{1*}, Adi Pramadianto Putra², Jupron Gatana³

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang, Kampus Viktor (Kampus 2), Jl. Raya Puspiptek No. 46, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

Keywords:

Persuratan Digital;
Arsip Digital;
Penomoran Surat;
Sistem Informasi;
Otomatisasi Administrasi.

Correspondent Email:

revaldiwinata321@gmail.com

Abstrak. Pengelolaan persuratan di Lembaga Sertifikasi Profesi Universitas Pamulang (LSP UNPAM) masih mengandalkan Microsoft Excel untuk pencatatan nomor surat dan Microsoft Word untuk pembuatan dokumen, sehingga mengakibatkan duplikasi nomor surat rata-rata 5-8 kali per bulan, ketidakkonsistenan penanganan surat bertanggal lampau (backdated letter), serta ketiadaan repositori arsip digital terpusat. Penelitian ini merancang dan membangun Sistem Elektronik Nomor dan Arsip Surat (SENARA) berbasis web menggunakan framework Laravel 12 dengan pendekatan TALL stack. Pengembangan dilakukan menggunakan metode Agile dan pengujian fungsional menggunakan Black Box Testing. SENARA mengimplementasikan algoritma penomoran otomatis yang dilengkapi mekanisme suffix alfabet untuk surat backdated, serta atomic transaction dengan pessimistic locking (`lockForUpdate()`) untuk mencegah race condition pada sistem multi-pengguna. Seluruh tujuh skenario Black Box Testing menunjukkan hasil Valid. Pengujian konkurensi mengonfirmasi eliminasi duplikasi nomor pada kondisi concurrent access. Pembuatan surat tunggal menurun dari 10-15 menit menjadi di bawah 30 detik, dan pembuatan 150 surat massal yang sebelumnya membutuhkan 3-5 hari kerja dapat diselesaikan dalam sekitar 2 menit 14 detik dengan konsumsi memori server stabil di bawah 20 MB.



Copyright © 2026 The Author(s),
Published by Jurnal Informatika dan
Teknik Elektro Terapan. This is an
open-access article distributed under
the terms of the Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International License (CC BY-NC
4.0).

Abstract. Letter management at the Professional Certification Institute of Pamulang University (LSP UNPAM) still relies on Microsoft Excel for number recording and Microsoft Word for document creation, resulting in letter number duplication averaging 5-8 times per month, inconsistent backdated letter handling, and the absence of a centralized digital archive. This research designs and builds a web-based Electronic Letter Numbering and Archive System (SENARA) using the Laravel 12 framework with the TALL stack approach. Development was conducted using the Agile method with Black Box Testing for functional validation. SENARA implements an automatic numbering algorithm with an alphabetical suffix mechanism for backdated letters, and atomic transactions with pessimistic locking (`lockForUpdate()`) to prevent race conditions in multi-user environments. All seven Black Box Testing scenarios yielded Valid results. Concurrency testing confirmed the elimination of duplicate numbers under concurrent access conditions. Single letter creation time decreased from 10-15 minutes to under 30 seconds, and 150 bulk letters previously requiring 3-5 working days were completed in approximately 2 minutes and 14 seconds with stable server memory below 20 MB.

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital pada tata kelola administrasi instansi merupakan respons terhadap meningkatnya tuntutan efisiensi, akuntabilitas, dan ketertelusuran dokumen. Sistem informasi berbasis web tidak sekadar berfungsi sebagai media penyimpanan, melainkan sebagai infrastruktur yang mengintegrasikan proses penomoran, pembuatan dokumen, pengarsipan, dan pengendalian akses secara terpadu [1], [2].

Lembaga Sertifikasi Profesi Universitas Pamulang (LSP UNPAM) merupakan lembaga sertifikasi kompetensi berstatus LSP Pihak Pertama (LSP-P1) yang beroperasi berdasarkan lisensi resmi Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) dengan nomor BNSP-LSP-1426-ID, mengacu pada Pedoman BNSP 201/ISO 17024 [3]. Dalam mendukung siklus operasional sertifikasi kompetensi, LSP UNPAM menerbitkan rata-rata 150 hingga 300 surat per bulan, dengan total lebih dari 3.200 dokumen sepanjang tahun 2025 yang terdistribusi ke dalam 12 jenis surat aktif [4].

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan selama kegiatan Kerja Praktik, pengelolaan surat di LSP UNPAM masih sepenuhnya mengandalkan Microsoft Excel sebagai buku besar pencatatan nomor dan Microsoft Word sebagai alat pembuatan dokumen. Mekanisme tersebut menunjukkan sejumlah kelemahan struktural yang dapat diverifikasi: (1) duplikasi nomor surat terjadi rata-rata 5-8 kali per bulan akibat dua staf mengakses lembar Excel yang sama tanpa koordinasi waktu nyata; (2) penanganan surat backdated dilakukan secara ad hoc menggunakan penambahan suffix manual yang tidak sistematis, tercatat lebih dari 20 kali dalam setahun; (3) setiap siklus pembuatan satu surat membutuhkan 10-15 menit waktu operasional lintas aplikasi; (4) terdapat tiga versi berkas Excel agenda yang tersebar di komputer berbeda tanpa mekanisme sinkronisasi otomatis; serta (5) tidak tersedia rekam jejak digital (audit trail) yang mencatat siapa, kapan, dan perubahan apa yang terjadi pada dokumen [4].

Kajian terhadap penelitian terdahulu mengindikasikan adanya celah yang belum tertangani. Firdyanti dan Syahidin [5]

mengembangkan sistem arsip surat berbasis Laravel yang menunjukkan peningkatan efisiensi penelusuran dokumen, namun tidak membahas mekanisme penomoran otomatis maupun penanganan backdated. Dyarenggasto dan Setiyawati [6] membangun sistem pengarsipan dan penugasan berbasis Laravel yang mengintegrasikan pelaporan, namun tidak menyentuh permasalahan concurrency pada penomoran. Ismail [7] menerapkan metode Agile pada sistem informasi pengajuan nomor surat dan mencatat peningkatan efisiensi administrasi, namun tidak membahas penanganan backdated letter secara algoritmik. Purba dan Muhathir [8] mengembangkan sistem penomoran surat otomatis yang mampu mengurangi kesalahan penomoran, namun tidak mengintegrasikannya dengan pembuatan dokumen berbasis template dan pengarsipan terpusat. Setiadi et al. [2] mengimplementasikan arsitektur MVC pada sistem e-arsip berbasis web namun tidak membahas mekanisme atomisitas dan integritas penomoran pada lingkungan multi-pengguna.

Sintesis terhadap literatur tersebut mengungkapkan celah penelitian yang dapat dieksplisitkan: belum ada sistem yang mengintegrasikan secara bersamaan penomoran otomatis dengan penanganan algoritmik backdated, pembuatan dokumen berbasis template, pengarsipan digital terpusat, dan jaminan integritas data berbasis atomic transaction dalam satu platform pada lingkungan lembaga sertifikasi profesi. Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini mengembangkan SENARA sebagai solusi terintegrasi yang mengisi celah tersebut di lingkungan LSP UNPAM.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Sistem Informasi Persuratan dan Arsip Digital*

Sistem informasi persuratan merupakan kombinasi komponen manusia, perangkat keras, perangkat lunak, basis data, dan prosedur yang terintegrasi untuk mengelola siklus hidup dokumen dari pembuatan hingga pengarsipan [7]. Pengelolaan surat secara manual sering menimbulkan kendala seperti keterlambatan pencarian dokumen, duplikasi data, risiko kehilangan arsip, dan kesulitan pengendalian

dokumen yang terus bertambah [5], [6]. Sistem informasi persuratan berbasis web terbukti mampu meningkatkan efisiensi administrasi, mempercepat akses terhadap dokumen, serta mengurangi risiko kesalahan pencatatan [5], [6], [7].

Arsip digital merupakan metode penyimpanan dokumen dalam format elektronik yang memungkinkan penelusuran dan pengelolaan dilakukan lebih efektif dibandingkan arsip konvensional [1]. Penerapan arsip digital tidak hanya meningkatkan efisiensi ruang penyimpanan, tetapi juga mempermudah penelusuran dokumen, pengawasan aktivitas pengguna, dan menjaga keamanan data melalui mekanisme pencadangan dan pengaturan hak akses [1], [5]. Dalam konteks transformasi administrasi pemerintahan dan kelembagaan, sistem informasi kearsipan digital memiliki peran krusial dalam mendukung transparansi, akuntabilitas, dan efisiensi tata kelola [9], [10].

2.2. Sistem Penomoran Surat Otomatis

Penomoran surat merupakan mekanisme pemberian identitas unik pada setiap dokumen resmi yang diterbitkan suatu organisasi. Pengelolaan manual sering menimbulkan duplikasi nomor, ketidaksesuaian urutan, dan kesulitan penelusuran, khususnya saat volume dokumen meningkat [8]. Sistem penomoran berbasis web dengan integrasi basis data memungkinkan setiap nomor yang diterbitkan dijaga konsistensi dan keunikannya secara otomatis [7], [8]. Penerapan sistem penomoran otomatis juga mempercepat proses pembuatan surat serta mengurangi ketergantungan pada pencatatan manual yang rentan terhadap human error [7], [8].

2.3. Framework Laravel dan Ekosistem TALL Stack

Laravel merupakan framework pengembangan aplikasi web berbasis PHP yang menerapkan arsitektur Model-View-Controller (MVC). Framework ini menyediakan fitur bawaan seperti routing, middleware, autentikasi pengguna, Eloquent ORM, dan sistem migrasi [7]. Penelitian Firdayanti dan Syahidin [5] serta Dyarenggasto dan Setiyawati [6] menunjukkan bahwa Laravel dapat digunakan secara efektif dalam pembangunan sistem pengarsipan dan administrasi berbasis web. Dalam konteks

keamanan, penerapan Rate Limiting dan Role-Based Access Control (RBAC) pada framework Laravel 12 secara signifikan meningkatkan postur keamanan terhadap serangan brute-force dan akses tidak sah [11]. Pengelolaan hak akses berbasis peran memungkinkan segregasi tugas yang memastikan setiap pengguna hanya mengakses fungsi yang sesuai kewenangannya [11], [12].

Ekosistem TALL stack yang menggabungkan Tailwind CSS, Alpine.js, dan Laravel Livewire memungkinkan pembangunan antarmuka reaktif tanpa perpindahan halaman penuh, memberikan pengalaman interaktif yang lebih responsif pada aplikasi administrasi multi-fitur [11].

2.4. Concurrency Control: Atomic Transaction dan Pessimistic Locking

Concurrency control merupakan mekanisme kritis dalam sistem basis data multi-pengguna untuk mencegah anomali seperti race condition yang dapat mengakibatkan dua pengguna menerima nomor urut yang sama [13]. Bayya [13] mengemukakan bahwa dalam sistem basis data terdistribusi berkinerja tinggi, mempertahankan integritas data sambil mendukung operasi simultan merupakan tantangan yang memerlukan protokol commit terdistribusi dan mekanisme concurrency control adaptif. Pendekatan pessimistic locking memberikan kontrol ketat atas akses data dengan mengunci baris selama durasi transaksi, sehingga cocok untuk skenario di mana konflik penulisan berpotensi tinggi [13]. Metode `lockForUpdate()` pada Laravel mengimplementasikan pessimistic locking di tingkat mesin basis data, memaksa permintaan konkurens masuk ke antrian tunggu hingga kunci transaksi aktif dilepaskan [14]. Kombinasi `DB::transaction()` dengan `lockForUpdate()` memastikan sekumpulan operasi basis data bersifat atomik, sehingga kegagalan di tengah proses memicu rollback penuh tanpa menyisakan data yang tidak konsisten [14].

2.5. Perancangan Basis Data dan Normalisasi

Basis data merupakan kumpulan data yang disusun secara terstruktur dan saling berhubungan sehingga dapat dikelola dan diakses secara efisien oleh sistem informasi

[15]. Pradipta et al. [15] mengemukakan bahwa normalisasi basis data menggunakan metode Database System Development Lifecycle (DBSDLC), khususnya pada fase Database Design yang mencakup model konseptual dan logikal, merupakan praktik terbaik untuk membangun struktur basis data yang handal dan sesuai kebutuhan pengguna. Normalisasi hingga Bentuk Normal Ketiga (3NF) mengeliminasi ketergantungan transitif antar atribut non-kunci, sehingga setiap entitas tersimpan sesuai fungsi dan ketergantungannya. Pada sistem persuratan, pemisahan entitas penandatanganan, jenis surat, dan template ke dalam tabel tersendiri mencegah anomali pembaruan yang dapat terjadi jika data tersebut tersimpan berulang dalam setiap record surat [15].

2.6. Pengujian Perangkat Lunak: Black Box Testing dan Jaminan Kualitas

Pengujian perangkat lunak merupakan proses untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan telah berjalan sesuai dengan kebutuhan dan fungsi yang direncanakan [16]. Black Box Testing berfokus pada pengujian fungsi sistem berdasarkan masukan dan keluaran tanpa memperhatikan struktur internal kode program [16]. Syahrohim et al. [17] menegaskan bahwa evaluasi kualitas perangkat lunak menggunakan standar ISO/IEC 9126 mencakup enam aspek, yaitu functionality, reliability, usability, efficiency, maintainability, dan portability, dengan pengujian black-box sebagai instrumen utama verifikasi aspek functionality. Pendekatan ini relevan untuk memvalidasi apakah setiap fitur berperilaku sesuai kebutuhan pengguna akhir secara langsung [16], [17].

2.7. Audit Trail dan Keamanan Dokumen Digital

Audit trail merupakan rekam jejak kronologis yang mencatat siapa pengguna yang melakukan perubahan, kapan perubahan terjadi, dan apa yang berubah pada suatu sistem atau dokumen. Ali et al. [18] melalui kajian komprehensif terhadap manajemen dan keamanan audit log menyatakan bahwa audit log merupakan sumber daya kunci yang menunjukkan kondisi sistem dan aktivitas pengguna, sekaligus satu-satunya sumber yang dapat membantu mendeteksi jejak aktivitas

berbahaya. Immutability pada audit log berfungsi memastikan non-repudiation, sehingga pihak yang menerbitkan dokumen tidak dapat menyangkal tindakannya [18]. Jannah et al. [19] lebih lanjut menjelaskan bahwa penerapan audit pada sistem EDRMS (Electronic Document and Records Management System) berbasis web mencakup aspek keamanan, kepatuhan, dan efisiensi pengelolaan dokumen di institusi pendidikan tinggi, dengan audit trail sebagai komponen kunci untuk menjamin keandalan data dan akuntabilitas pengguna.

2.8. Rekayasa Perangkat Lunak dan Pengembangan Aplikasi Berbasis Web

Hasanah dan Untari [20] dalam buku ajar rekayasa perangkat lunak mengemukakan bahwa siklus hidup pengembangan perangkat lunak (Software Development Life Cycle/SDLC) mencakup fase analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian yang harus dilaksanakan secara sistematis. Metode Agile sebagai pendekatan iteratif dan inkremental memungkinkan tim pengembang beradaptasi dengan perubahan kebutuhan pengguna secara cepat tanpa mengorbankan kualitas produk [7], [20]. Suryawinata [21] menjelaskan bahwa aplikasi berbasis web dapat diakses dari berbagai perangkat selama terhubung ke jaringan, dan pengelolaan aplikasi dilakukan secara terpusat pada server, menjadikan model ini lebih mudah dalam proses distribusi, pemeliharaan, dan pembaruan sistem dibandingkan aplikasi desktop.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Lembaga Sertifikasi Profesi Universitas Pamulang (LSP UNPAM) yang berlokasi di Jl. Surya Kencana No. 1, Pamulang, Tangerang Selatan. Pengembangan sistem menggunakan metode Agile dengan pendekatan iteratif dan inkremental selama periode Kerja Praktik. Metode Agile dipilih karena memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara bertahap dan fleksibel terhadap perubahan kebutuhan pengguna yang ditemukan melalui evaluasi mingguan bersama pihak LSP UNPAM [7].

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode yang saling melengkapi. Observasi lapangan dilakukan secara langsung untuk mengamati proses bisnis persuratan yang berjalan, mencakup mekanisme penomoran manual melalui Excel, pembuatan dokumen melalui Word, dan pola penyimpanan arsip. Wawancara dilaksanakan dengan staf administrasi dan pengurus LSP UNPAM untuk memperoleh informasi kebutuhan pengguna, kendala operasional, dan ekspektasi terhadap sistem baru. Studi literatur dilakukan terhadap jurnal ilmiah, buku ajar, dokumentasi teknis framework, dan referensi standar yang relevan [21].

3.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem SENARA dilakukan secara iteratif mengikuti siklus Agile dan mencakup beberapa artefak utama. Activity diagram sistem berjalan menggambarkan proses manual yang terdiri dari lebih dari 15 langkah lintas aplikasi. Activity diagram sistem usulan memperlihatkan reduksi menjadi 4 langkah utama: Pilih Template, Input/Upload Data, Generate, dan Unduh. Use Case Diagram mendefinisikan tiga aktor dengan hak akses berbeda berdasarkan prinsip RBAC: Admin (kontrol penuh terhadap master data dan pengguna), Staf (operasional pembuatan surat), dan Pengurus (akses baca rekap laporan) [11], [12].

3.4 Perancangan Basis Data

Normalisasi basis data dilakukan dari bentuk tidak normal (UNF) hingga Bentuk Normal Ketiga (3NF) [15], menghasilkan enam tabel utama sebagaimana disajikan pada Tabel 3.4.1.

Tabel 3.4.1. Hasil Normalisasi Basis Data SENARA

No	Nama Tabel	Primary Key	Fungsi
1.	users	id	Data autentikasi dan hak akses pengguna
2.	letter_types	id	Konfigurasi jenis dan format nomor surat
3.	letter_templates	id	Metadata template dokumen .docx
4.	signatories	id	Data pejabat penandatanganan terpusat
5.	letter_sequences	id	Buku besar nomorurut per jenis dan tahun

6.	letters	id	Transaksi surat dengan kolom template_data (JSON)
----	---------	----	---

Tabel letter_sequences berperan sebagai objek kunci dalam mekanisme atomic transaction. Kolom template_data bertipe JSON pada tabel letters mengadopsi pendekatan penyimpanan fleksibel yang mengakomodasi variabilitas atribut form antar jenis surat tanpa memerlukan perubahan skema tabel, sehingga menjaga kesesuaian dengan prinsip normalisasi sekaligus memberikan fleksibilitas NoSQL-style pada basis data relasional [15].

3.5. Spesifikasi Teknis Implementasi

SENARA dibangun menggunakan stack teknologi berikut: PHP 8.2+ dengan Laravel 12 sebagai core framework; Livewire 4.2 dan Alpine.js untuk antarmuka reaktif; Tailwind CSS untuk styling; phppoffice/phpword v1.4 untuk injeksi variabel pada template .docx; LibreOffice dalam mode headless (--headless --convert-to pdf) untuk konversi PDF presisi tinggi; spatie/simple-excel v3.7 dengan arsitektur Stream Reader untuk pemrosesan Excel pada fitur bulk generate; serta MySQL 8.x/MariaDB dengan mesin InnoDB sebagai basis data [14]. Laravel documentation [14], [22] menjadi acuan implementasi mekanisme transaksi dan pessimistic locking. Konversi dokumen menggunakan LibreOffice dipilih karena mampu merender struktur .docx kompleks termasuk tabel bersarang, header/footer, dan elemen grafis dengan presisi layout setara rendering Microsoft Word.

3.6 Algoritma Penomoran Surat

Algoritma penomoran surat otomatis pada SENARA menangani dua skenario utama. Pada skenario normal (forward), sistem membaca nilai last_no terkini dari tabel letter_sequences dan menerbitkan nomor baru dengan nilai last_no + 1. Pada skenario backdated, sistem mendeteksi kondisi temporal ketika tanggal input lebih lampau dari surat terakhir yang tercatat, kemudian melakukan query untuk menemukan anchor point (surat terakhir pada atau sebelum tanggal target), dan menambahkan suffix alfabet (a, b, c, dst.) pada nomor tersebut tanpa mengubah nilai last_no di buku besar. Seluruh proses penomoran dieksekusi dalam blok DB::transaction() yang

dilengkapi `lockForUpdate()` pada baris `letter_sequences` yang relevan untuk mencegah race condition [13], [14].

3.7 Mekanisme SEAL (State & Entity Assurance Logic)

SENARA mengimplementasikan mekanisme SEAL pada level model Eloquent yang mencakup tiga lapisan perlindungan. Pertama, Absolute Seal mencegah mutasi apapun pada dokumen berstatus APPROVED. Kedua, Hard Seal mencegah regresi status dari PROCESSING atau APPROVED ke DRAFT. Ketiga, Identity Seal mengunci atribut identitas surat (jenis, penandatanganan, tanggal terbit) setelah nomor resmi diterbitkan. Mekanisme ini beroperasi tanpa bergantung pada validasi dari lapisan Controller atau UI, berfungsi sebagai pertahanan terakhir terhadap manipulasi data [18].

3.8 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan menggunakan Black Box Testing yang mencakup tujuh skenario fungsional utama: autentikasi pengguna (valid dan invalid), pembuatan surat baru, penerbitan nomor surat otomatis, pembuatan dokumen PDF, penyimpanan arsip digital, dan pengunduhan dokumen [16], [17]. Selain pengujian fungsional, dilakukan pengujian integritas konkurensi untuk memverifikasi bahwa mekanisme pessimistic locking mencegah duplikasi nomor pada kondisi concurrent access [13].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Antarmuka dan Fitur Utama SENARA

SENARA diimplementasikan sebagai aplikasi web responsif yang dapat diakses melalui browser tanpa instalasi perangkat lunak tambahan di sisi klien, sesuai dengan karakteristik utama aplikasi berbasis web [21]. Sistem menyediakan empat modul utama yang terintegrasi: manajemen pengguna berbasis RBAC, penomoran surat otomatis, pembuatan dokumen (tunggal dan massal), serta arsip digital terpusat.

Halaman login menerapkan autentikasi berbasis Laravel Breeze dengan proteksi rate limiting yang membatasi percobaan masuk berulang dari IP yang sama dalam rentang waktu singkat [11]. Setelah autentikasi,

pengguna diarahkan ke halaman dashboard yang menampilkan ringkasan aktivitas persuratan. Halaman Master Jenis Surat memungkinkan Admin mengonfigurasi pola penomoran secara dinamis menggunakan variabel [SEQ], [KODE], [ROMAWI], dan [TAHUN], memisahkan logika penomoran dari kode program sehingga perubahan format tidak memerlukan modifikasi source code.

4.2 Hasil Pengujian Fungsional (Black Box Testing)

Pengujian fungsional dilakukan terhadap tujuh skenario utama. Tabel 4.2.1 menyajikan rangkuman hasil pengujian.

Tabel 4.2.1. Hasil Pengujian Black Box Testing SENARA

No	Skenario Pengujian	Data Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1.	Login pengguna valid	Email dan password benar	Dashboard ditampilkan	Dashboard berhasil ditampilkan	Valid
2.	Login pengguna invalid	Password tidak sesuai	Pesan kesalahan ditampilkan	Pesan kesalahan muncul	Valid
3.	Pembuatan surat baru	Data surat lengkap	Data surat tersimpan	Surat berhasil tersimpan	Valid
4.	Generate nomor surat	Surat Tugas tanggal aktif	Nomor surat terbentuk otomatis	Nomor 045/ST/LSP-Unpam/V/2026 berhasil diterbitkan	Valid
5.	Generate dokumen PDF	Data surat lengkap	Dokumen PDF terbentuk	PDF berhasil dibuat	Valid
6.	Simpan arsip digital	Surat berhasil dibuat	Data arsip tersimpan di sistem	Arsip berhasil tersimpan	Valid
7.	Unduh dokumen PDF	Dokumen tersedia di arsip	File PDF dapat diunduh	Dokumen berhasil diunduh	Valid

Seluruh skenario menghasilkan status Valid, mengindikasikan bahwa sistem berperilaku sesuai kebutuhan operasional yang ditetapkan [16]. Hasil ini konsisten dengan temuan Syahrohim et al. [17] yang menegaskan bahwa functionality sempurna (nilai 1,0) merupakan indikator kualitas perangkat lunak yang dapat dicapai melalui pengujian black-box yang komprehensif.

4.3 Implementasi dan Pengujian Algoritma Penomoran Backdated

Pengujian terhadap algoritma penomoran mengonfirmasi perilaku sistem sesuai spesifikasi yang dirancang pada kedua skenario. Pada skenario backdated, ketika surat Surat Keterangan bertanggal 12 Mei 2026 dimasukkan setelah surat dengan sequence 040 telah lebih dulu diterbitkan pada tanggal tersebut, sistem tidak menerbitkan nomor 041 yang akan merusak kronologi. Sebaliknya,

sistem menerbitkan 040a/SK/LSP-Unpam/V/2026, menjaga keutuhan urutan kronologis buku besar. Surat backdated berikutnya di tanggal yang sama akan memperoleh 040b, dan seterusnya. Nilai last_no pada tabel letter_sequences tidak mengalami perubahan sepanjang seluruh proses backdated, mempertahankan integritas ledger secara penuh [8].

Mekanisme SEAL yang bekerja di level model Eloquent memastikan bahwa setelah nomor resmi diterbitkan, atribut identitas surat tidak dapat dimodifikasi melalui jalur manapun, termasuk melalui database tinker atau akses langsung. Pendekatan ini memperkuat prinsip non-repudiation yang ditekankan oleh Ali et al. [18] dalam konteks keamanan audit log dan rekam jejak digital.

4.4. Pengujian Integritas Konkurensi

Pengujian konkurensi dilakukan dengan mensimulasikan kondisi di mana dua pengguna pada perangkat berbeda menekan tombol "Generate Surat" pada milidetik yang sama, dengan nilai last_no terakhir adalah 050. Tanpa mekanisme penguncian, kedua pengguna berpotensi membaca nilai yang sama dan menerbitkan nomor duplikat 051.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa DB::transaction() bersama lockForUpdate() pada tabel letter_sequences berhasil memberlakukan antrian eksekusi: Staf A mengunci baris ledger selama sekitar 0,5 detik, sementara permintaan dari Staf B dimasukkan ke dalam blocking queue oleh mesin InnoDB. Setelah kunci dilepaskan, Staf B membaca nilai yang telah diperbarui (051) dan menerbitkan nomor 052, tanpa duplikasi. Hasil ini mengonfirmasi bahwa risiko duplikasi nomor akibat race condition dapat dieliminasi melalui pessimistic locking [13], [14], konsisten dengan argumen Bayya [13] bahwa kombinasi protokol commit adaptif dengan strategi locking yang tepat memberikan performa superior pada sistem multi-pengguna.

4.5. Pengujian Performa Pembuatan Surat Massal

Pengujian performa dilakukan pada skenario yang merepresentasikan beban kerja nyata di LSP UNPAM: pembuatan 150 Surat Tugas Asesor untuk keperluan uji kompetensi massal.

Tabel 4.5.1 menyajikan perbandingan antara sistem lama dan SENARA.

Tabel 4.5.1. Perbandingan Kinerja Sistem Lama vs SENARA

Indikator	Sistem Lama (Excel + Word)	SENARA
Waktu pembuatan 1 surat	10-15 menit	< 30 detik
Waktu pembuatan 150 surat massal	3-5 hari kerja	~2 menit 14 detik
Langkah eksekusi per surat	> 15 langkah manual	4 langkah
Konsumsi memori server (bulk 150)	N/A	< 20 MB (stabil)
Risiko duplikasi nomor	Tinggi (5-8 kasus/bulan)	0%
Waktu pencarian arsip	> 5 menit	< 2 detik

Efisiensi waktu pada pembuatan surat tunggal meningkat dari rentang 10-15 menit menjadi di bawah 30 detik, sementara pembuatan 150 surat massal yang sebelumnya membutuhkan 3-5 hari kerja dapat diselesaikan dalam sekitar 2 menit 14 detik. Konsumsi memori server yang stabil di bawah 20 MB mengonfirmasi efektivitas arsitektur Stream Reader dari library spatie/simple-excel yang membaca data Excel per baris. Pendekatan ini relevan dengan prinsip efisiensi pada basis data relasional sebagaimana diuraikan Pradipta et al. [15], yang menekankan pentingnya pengelolaan sumber daya komputasi secara efisien pada sistem informasi bervolume transaksi tinggi.

4.6. Evaluasi Keamanan Sistem dan Dokumen

Aspek keamanan SENARA mencakup dua dimensi yang saling melengkapi. Pada dimensi keamanan sistem, proteksi terhadap SQL Injection diimplementasikan melalui Eloquent ORM dengan PDO parameter binding secara menyeluruh. Proteksi CSRF diterapkan pada setiap pengiriman form Livewire melalui validasi token otomatis. Proteksi XSS dilakukan melalui escape otomatis pada output string. Enkripsi password menggunakan algoritma Bcrypt. Proteksi rate limiting pada rute login mencegah serangan brute-force [11].

Pada dimensi keamanan dokumen, penyimpanan file PDF dilakukan di direktori

storage/app/private yang tidak diekspor ke direktori publik web server. Akses unduh dokumen hanya dapat dilakukan melalui Controller khusus yang memverifikasi sesi autentikasi dan hak akses, menutup celah Insecure Direct Object Reference (IDOR). Pengujian keamanan akses dokumen mengonfirmasi bahwa permintaan langsung ke path penyimpanan menghasilkan respons 404 Not Found atau 403 Forbidden. Mekanisme SEAL pada model Eloquent berfungsi sebagai "gembok digital" yang menjamin immutability dokumen pasca-penerbitan, mendukung prinsip non-repudiation yang ditekankan Ali et al. [18]. Tabel `letter_status_logs` mencatat seluruh perubahan status dokumen secara kronologis beserta identitas pengguna, membentuk rekam jejak yang tidak dapat dimanipulasi [18], [19].

Temuan evaluasi keamanan ini bersesuaian dengan Mary dan Febriyani [11] yang menunjukkan bahwa implementasi RBAC dan proteksi berlapis pada Laravel 12 menghasilkan peningkatan skor keamanan yang signifikan, serta dengan perspektif Ke dan Byung-Won [12] yang menegaskan bahwa model RBAC yang disempurnakan dengan manajemen hak akses dinamis mampu memenuhi kebutuhan sistem multi-level yang semakin kompleks.

4.7. Pembahasan Komparatif dengan Penelitian Terdahulu

SENARA menunjukkan kontribusi yang dapat dibandingkan secara eksplisit dengan penelitian terdahulu. Tabel 4.7.1 menyajikan perbandingan fitur antara sistem-sistem yang relevan.

Tabel 4.7.1. Perbandingan Fitur SENARA dengan Penelitian Terdahulu

Fitur	Findayani & Syahidin [5]	Dyarenggasto & Setiyawati [6]	Ismail [7]	Purba & Muhatir [8]	Setiadi et al. [9]	SENARA
Penomoran surat otomatis	Tidak	Tidak	Ada	Ada	Tidak	Ada
Penanganan backdated algoritmik	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ada (suffix)
Pembuatan dokumen berbasis template	Tidak	Ada	Tidak	Tidak	Tidak	Ada
Pengarsipan digital terpusat	Ada	Ada	Tidak	Tidak	Ada	Ada
Atomic transaction / concurrency control	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ada
Mekanisme immutability dokumen	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ada (SEAL)
Audit trail	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ada

Dari perbandingan tersebut, SENARA mengintegrasikan tiga domain yang sebelumnya ditangani secara terpisah dalam

satu platform, sambil menambahkan dimensi yang belum dibahas penelitian sebelumnya: atomic transaction dengan pessimistic locking untuk integritas penomoran, algoritma suffix untuk backdated letter, dan mekanisme SEAL berbasis Eloquent untuk immutability dokumen pasca-penerbitan.

Dalam konteks yang lebih luas, temuan penelitian ini bersesuaian dengan argumen Suprayitno et al. [9] bahwa masa depan manajemen rekod di Indonesia memerlukan sistem yang tidak hanya menyimpan dokumen secara digital, tetapi juga menjamin integritas, ketertelusuran, dan keamanan dokumen sepanjang siklus hidupnya. SENARA menyediakan infrastruktur teknis yang mendukung aspirasi tersebut pada skala institusi.

Kendati demikian, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu dikemukakan secara eksplisit. Pertama, pengujian dilakukan pada lingkungan terbatas dengan pengguna internal LSP UNPAM, sehingga generalisasi hasil ke organisasi lain dengan karakteristik berbeda memerlukan validasi tambahan. Kedua, pengujian konkurensi dilakukan secara simulasi dengan dua pengguna, bukan load testing berskala besar; skalabilitas mekanisme concurrency control pada ratusan pengguna simultan belum diverifikasi. Ketiga, evaluasi kualitas perangkat lunak difokuskan pada aspek functionality melalui Black Box Testing; aspek lain seperti usability, efficiency, dan reliability sebagaimana diukur dalam standar ISO/IEC 9126 [17] belum dievaluasi secara terstruktur.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian, penelitian ini menghasilkan beberapa temuan yang dapat dikemukakan sebagai berikut:

- SENARA berhasil dikembangkan sebagai sistem informasi persuratan berbasis web yang mengintegrasikan penomoran otomatis, pembuatan dokumen berbasis template, dan pengarsipan digital dalam satu platform terintegrasi di lingkungan LSP UNPAM, menggantikan ketergantungan pada pendekatan manual berbasis Excel dan Word.
- Algoritma penomoran otomatis yang dikembangkan menunjukkan kemampuan menangani dua skenario kritis: penomoran

normal dengan mekanisme increment sekuensial, dan penomoran backdated dengan injeksi suffix alfabet yang mempertahankan integritas urutan buku besar. Pengujian fungsional mengonfirmasi perilaku sistem sesuai spesifikasi pada kedua skenario tanpa kesalahan fungsional yang terdeteksi.

- c. Mekanisme atomic transaction berbasis DB::transaction() dan pessimistic locking (lockForUpdate()) pada tabel letter_sequences berhasil mengeliminasi risiko duplikasi nomor surat akibat race condition, sebagaimana diverifikasi melalui pengujian concurrent access yang menghasilkan penerbitan nomor berurutan (051 dan 052) tanpa duplikasi.
- d. Pengujian performa menunjukkan peningkatan efisiensi yang substansial: waktu pembuatan surat tunggal menurun dari 10-15 menit menjadi di bawah 30 detik (penurunan lebih dari 95%), dan pembuatan 150 surat massal yang sebelumnya membutuhkan 3-5 hari kerja dapat diselesaikan dalam sekitar 2 menit 14 detik dengan konsumsi memori server stabil di bawah 20 MB.
- e. Seluruh tujuh skenario Black Box Testing menunjukkan hasil Valid, mengindikasikan bahwa fitur autentikasi, penomoran, pembuatan dokumen, pengarsipan, dan pengunduhan berjalan sesuai kebutuhan operasional LSP UNPAM.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem berpotensi diperluas dengan menambahkan approval workflow yang lebih granular, notifikasi berbasis email, integrasi dengan layanan cloud storage, serta evaluasi kualitas perangkat lunak menggunakan standar ISO/IEC 9126 yang mencakup aspek usability, reliability, dan efficiency untuk memperoleh gambaran kualitas sistem yang lebih komprehensif [18].

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Octaviana Anugrah Ade Purnama, S.Kom., M.Kom., selaku pembimbing lapangan di LSP UNPAM, serta seluruh staf dan pengurus Lembaga Sertifikasi Profesi

Universitas Pamulang yang telah memberikan dukungan dan data selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Wahyuningsih, E. Helmud, T. Suwanda, P. Romadiana, and D. Irawan, "Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Arsip Digital," *J. SISFOKOM (Sistem Inf. dan Komputer)*, vol. 10, pp. 419–425, 2021.
- [2] A. B. H. Setiadi, Ade; Alfiah, Fifit; Ardiansah, Teddy; Bin Ladjamudin, "Implementasi MVC Arsitektur Pada Sistem Pengelolaan Surat (E-Arsip) berbasis Web," *J. Sensi*, vol. 10, no. 2, pp. 168–180, 2024.
- [3] Badan Nasional Sertifikasi Profesi, "BNSP - Badan Nasional Sertifikasi Profesi," BNSP. [Online]. Available: <https://bnsf.go.id/>
- [4] Lembaga Sertifikasi Profesi Universitas Pamulang, "Lembaga Sertifikasi Profesi Universitas Pamulang." Accessed: May 13, 2026. [Online]. Available: <https://lsp.unpam.ac.id/>
- [5] S. Firdayanti and Y. Syahidin, "Model Sistem Informasi Arsip Surat Berbasis Web Menggunakan Framework Laravel," *Jutisi J. Ilm. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 10, no. 3, pp. 367–378, 2021.
- [6] Y. P. Dyarenggasto and N. Setiyawati, "Perancangan Sistem Pengarsipan Surat dan Penugasan Berbasis Web Menggunakan Framework Laravel," *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.* www.jurnal.amikindonesia.ac.id/jimik/, vol. 5, no. 1, pp. 622–634, 2024.
- [7] A. R. Ismail, "Penerapan Metode Agile Pada Perancangan Sistem Informasi Pengajuan Nomor Surat di Pemerintahan Desa," *JTeksis J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 7, no. 2, pp. 285–290, 2025.
- [8] S. O. Purba and Muhathir, "Aplikasi Sistem Penomoran Surat Otomatis Berbasis Website Di PERUMDA Tirtanadi Medan," *J. Ilm. Tek. Inform. dan Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 27–38, 2025, doi: 10.31289/jitek.v4i1.5656.
- [9] S. Suprayitno, "Imagining the Future of Records Management: An Analysis of the SRIKANDI in Indonesia through Documentation Studies," vol. 11, no. 2, 2024.
- [10] R. A. Jannah, Richatul; Rizkyana, Fitrarena Widhi; Budiantoro, "AUDIT OF A WEB-BASED ELECTRONIC DOCUMENTS AND RECORD MANAGEMENT SYSTEM (WEDRMS): OVERSIGHT EFFORTS TO IMPROVE ADMINISTRATION IN HIGHER," *BISECER (bus. Econ. Entrep.)*, vol. V, no. 2, pp. 53–60, 2022.

- [11] T. Mary and N. Febriyani, "Peningkatan Keamanan Sistem Informasi Berbasis Laravel 12 dengan Rate Limiting dan Role-Based Access Control (RBAC)," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 7, no. 3, pp. 473–481, 2025, doi: 10.47233/jteksis.v7i3.1976. Available: <https://laravel.com/docs>
- [12] M. Ke, Li; Byung-Won, "Improvement of Permission Management System Based on RBAC (Role-Based Access Control) Model," *Int. J. Contents*, vol. 19, no. 4, pp. 86–97, 2023, doi: 10.5392.
- [13] A. K. Bayya, "Ensuring atomicity and concurrency in distributed database systems for high- performance applications," *Int. J. Front. Eng. Technol. Res.*, vol. 07, no. 02, pp. 82–92, 2024.
- [14] H. Rafto, "Preventing Data Races with Pessimistic Locking in Laravel," Medium. Accessed: Jun. 01, 2026. [Online]. Available: <https://medium.com/@harrisrafto/preventing-data-races-with-pessimistic-locking-in-laravel-549596051457>
- [15] R. A. Pradipta, P. B. Wintoro, and D. Budiyo, "PERANCANGAN PEMODELAN BASIS DATA SISTEM INFORMASI SECARA KONSEPTUAL DAN LOGIKAL," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 10, no. 2, 2022.
- [16] A. T. Handono, Bagus Tri; Gunawan; Hartono, Rudi; Khotimah, Nur; Zy, "Pengujian Dan Penjaminan Kualitas Software Point Of Sale Toko Elektronik Dengan Metode Black Box," *J. Sains Komput. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 131–140, 2024.
- [17] I. Syahrohim, S. D. Saputra, and Widiatry, "ANALISIS KUALITAS DAN PENERAPAN SQA PADA SITUS WEB GEN-IT MENGGUNAKAN MODEL ISO / IEC," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 14, no. 1, pp. 363–372, 2026.
- [18] A. Ali, Ahmad; Ahmed, Mansoor; Khan, "Audit logs management and security - A survey," *Kuwait J. Sci. (Kuwait J.Sci.)*, vol. 48, no. 3, pp. 1–18, 2021.
- [19] I. Aminudin, Nur; Hidayat, Nurul; Feriyanto, Dwi; Mukaromah, Hafsa; Septasari, Dita; Awaliyani, "A User-Driven E-Audit System for Improving Transparency and Efficiency in Regional Government Supervision," *J. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 4, pp. 2348–2366, 2025.
- [20] F. N. Hasanah and R. S. Untari, *Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak*. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2020.
- [21] M. Suryawinata, *Buku Ajar Pengembangan Aplikasi Berbasis Web*. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2019.
- [22] Laravel, "Installation - Laravel Documentation," Laravel Docs. [Online].