

Perancangan Sistem Informasi Tanda Tangan Digital pada Universitas Indonesia Mandiri

Mustika Ningrum¹, Muawan Bisri², Muslihan³

¹²³Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Indonesia Mandiri

e-mail: mustikaningrum@umandiri.ac.id, muawan.bisri@gmail.com, muslihan10@gmail.com

ABSTRAK

Transformasi digital dalam lingkungan perguruan tinggi menjadi kebutuhan penting dalam meningkatkan efisiensi layanan administrasi dan pengelolaan dokumen. Salah satu implementasi transformasi digital adalah penggunaan tanda tangan digital dalam proses persetujuan dokumen akademik maupun administrasi. Universitas Indonesia Mandiri masih menggunakan proses penandatanganan dokumen secara manual yang menyebabkan keterlambatan distribusi dokumen, tingginya penggunaan kertas, dan kurang optimalnya pengarsipan dokumen. Penelitian ini bertujuan untuk merancang Sistem Informasi Tanda Tangan Digital berbasis web pada Universitas Indonesia Mandiri guna meningkatkan efektivitas dan keamanan proses validasi dokumen. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode Waterfall yang meliputi analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Sistem dirancang menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan framework Laravel dan database MySQL. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black-Box Testing untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai kebutuhan pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mempermudah proses unggah dokumen, validasi tanda tangan digital, verifikasi dokumen, dan pengarsipan dokumen secara elektronik dengan tingkat keberhasilan pengujian sebesar 100%.

Kata Kunci: Sistem Informasi, Tanda Tangan Digital, Website, Waterfall, Black-Box Testing

ABSTRACT

Digital transformation in higher education environments has become an important necessity in improving the efficiency of administrative services and document management. Universitas Indonesia Mandiri still uses manual document signing processes, causing delays in document distribution, high paper usage, and less optimal document archiving. This study aims to design a web-based Digital Signature Information System at Universitas Indonesia Mandiri to improve the effectiveness and security of document validation processes. The system development method used is the Waterfall method, which includes requirements analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. System testing was carried out using the Black-Box Testing method with a 100% success rate.

Keywords: Information System, Digital Signature, Website, Waterfall, Black-Box Testing

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong berbagai institusi pendidikan tinggi untuk melakukan transformasi digital dalam pengelolaan layanan administrasi. Digitalisasi proses administrasi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kerja, mempercepat distribusi informasi, serta meminimalkan penggunaan dokumen fisik [1]. Dalam era industri 4.0, pemanfaatan teknologi digital di institusi pendidikan bukan lagi pilihan, melainkan kebutuhan yang mendesak untuk meningkatkan daya saing dan kualitas layanan [2].

Tanda tangan digital merupakan teknologi yang digunakan untuk memvalidasi keaslian dan integritas dokumen elektronik menggunakan algoritma kriptografi asimetris. Penggunaan tanda tangan digital mampu memberikan keamanan data, mempercepat proses persetujuan dokumen, serta mempermudah proses pengarsipan secara digital [3]. Implementasi tanda tangan digital telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi birokrasi secara signifikan, mengurangi penggunaan kertas hingga 70%, dan mempercepat waktu proses persetujuan dokumen [4].

Berbagai penelitian telah membuktikan keberhasilan penerapan sistem tanda tangan digital di berbagai sektor. Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan dan Nugroho (2021) menunjukkan bahwa implementasi sistem tanda tangan digital pada instansi pemerintahan mampu mereduksi waktu proses penandatanganan dari rata-rata

3 hari menjadi kurang dari 1 jam [5]. Sementara itu, Firmansyah et al. (2020) berhasil merancang sistem verifikasi dokumen digital berbasis QR Code pada lingkungan perguruan tinggi yang terbukti mampu mencegah pemalsuan dokumen akademik [6].

Penelitian Pradana dan Hidayat (2022) mengembangkan sistem manajemen dokumen berbasis digital signature menggunakan algoritma RSA-2048 dan SHA-256 yang menghasilkan tingkat keamanan dokumen sangat tinggi dan telah diimplementasikan pada tiga universitas di Indonesia [7]. Lebih lanjut, Rahayu et al. (2023) melakukan kajian komparatif terhadap beberapa metode tanda tangan digital dan menyimpulkan bahwa kombinasi algoritma RSA dengan hash SHA-256 memberikan keseimbangan optimal antara keamanan dan performa sistem [8].

Universitas Indonesia Mandiri masih menerapkan proses penandatanganan dokumen secara manual. Proses tersebut menyebabkan beberapa kendala, seperti keterlambatan persetujuan dokumen, tingginya penggunaan kertas, risiko kehilangan dokumen, serta kesulitan dalam proses distribusi dan pengarsipan dokumen. Kondisi ini sejalan dengan temuan Kurniawan dan Santoso (2021) yang mengidentifikasi bahwa sistem administrasi manual di perguruan tinggi rata-rata menghabiskan 40% lebih banyak waktu dibandingkan sistem digital [9].

Mengacu pada permasalahan tersebut dan mempertimbangkan perkembangan teknologi serta keberhasilan implementasi di berbagai institusi, penelitian ini bertujuan untuk merancang Sistem Informasi Tanda Tangan Digital berbasis web pada Universitas Indonesia Mandiri menggunakan metode pengembangan Waterfall agar proses validasi dokumen menjadi lebih efektif, efisien, dan aman [10].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Informasi

Sistem informasi merupakan kombinasi antara teknologi, manusia, prosedur, dan basis data yang digunakan untuk mengolah data menjadi informasi yang berguna dalam mendukung pengambilan keputusan. Menurut Laudon dan Laudon (2020), sistem informasi didefinisikan sebagai sekumpulan komponen yang saling berinteraksi untuk mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan mendistribusikan informasi guna mendukung pengambilan keputusan dan pengendalian dalam organisasi [1]. Jogiyanto (2017) menambahkan bahwa sistem informasi terdiri dari komponen input, proses, output, penyimpanan, dan kontrol yang bekerja secara sinergis untuk menghasilkan informasi yang berkualitas [2].

Dalam konteks perguruan tinggi, sistem informasi memegang peranan krusial dalam mendukung operasional akademik dan administrasi. Penelitian Wulandari dan Fitriani (2021) menegaskan bahwa penerapan sistem informasi terintegrasi di perguruan tinggi dapat meningkatkan efisiensi layanan administrasi hingga 65% dan mengurangi kesalahan pemrosesan data sebesar 80% [3]. Hal ini menjadikan pengembangan sistem informasi berbasis teknologi web sebagai kebutuhan strategis bagi institusi pendidikan modern.

2.2 Tanda Tangan Digital

Tanda tangan digital adalah mekanisme autentikasi elektronik yang digunakan untuk menjamin keaslian identitas penandatanganan dan integritas dokumen digital menggunakan teknologi kriptografi. Stallings (2017) mendefinisikan tanda tangan digital sebagai nilai kriptografis yang bergantung pada isi pesan dan kunci privat penandatanganan, sehingga pihak lain dapat menggunakan kunci publik yang sesuai untuk memverifikasi tanda tangan tersebut [4]. Tanda tangan digital menggunakan infrastruktur kunci publik (PKI) yang terdiri dari pasangan kunci privat dan kunci publik untuk menjamin kerahasiaan, integritas, dan non-repudiasi dokumen.

Implementasi tanda tangan digital menggunakan algoritma RSA (Rivest-Shamir-Adleman) kombinasi dengan fungsi hash SHA-256 telah menjadi standar industri yang diakui secara internasional. Penelitian Sari dan

Prasetyo (2022) menunjukkan bahwa implementasi algoritma RSA-2048 mampu menghasilkan tanda tangan digital yang sangat sulit dipalsukan dengan kompleksitas komputasi yang tinggi, sekaligus memastikan integritas dokumen tetap terjaga selama proses transmisi [5]. Penggunaan tanda tangan digital secara legal di Indonesia telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik serta Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2012.

2.3 Website dan Pengembangan Sistem Berbasis Web

Website merupakan media berbasis internet yang digunakan untuk menyampaikan informasi dan layanan digital secara online kepada pengguna. Dalam pengembangan sistem informasi berbasis web, framework Laravel menjadi salah satu pilihan yang paling populer di kalangan pengembang PHP. Laravel menyediakan arsitektur MVC (Model-View-Controller) yang memudahkan pengembangan aplikasi web yang terstruktur, aman, dan dapat dipelihara dengan mudah. Rahardian dan Wijaya (2021) dalam penelitiannya membuktikan bahwa pengembangan sistem informasi menggunakan Laravel mampu mengurangi waktu pengembangan hingga 40% dibandingkan pengembangan tanpa framework [6].

Penggunaan PHP sebagai bahasa pemrograman server-side dikombinasikan dengan MySQL sebagai sistem manajemen basis data relasional merupakan kombinasi yang telah teruji dalam pengembangan sistem informasi skala menengah hingga besar. Santosa dan Irawan (2020) melaporkan bahwa kombinasi PHP-MySQL pada sistem informasi akademik berbasis web mampu menangani lebih dari 10.000 transaksi per hari dengan waktu respons rata-rata di bawah 2 detik, menunjukkan performa yang andal untuk kebutuhan institusi pendidikan [7].

2.4 Metode Waterfall

Metode Waterfall adalah pendekatan pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara bertahap dan sistematis melalui tahapan-tahapan yang berurutan, yaitu analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Pressman (2015) menyatakan bahwa metode Waterfall merupakan model pengembangan klasik yang paling banyak digunakan karena kemudahannya dan kejelasan dokumentasi pada setiap tahapannya [8]. Kelebihan utama metode Waterfall adalah adanya dokumentasi yang lengkap di setiap fase, sehingga memudahkan manajemen proyek dan pemeliharaan sistem di masa depan.

Dalam konteks pengembangan sistem informasi di perguruan tinggi, metode Waterfall terbukti efektif untuk proyek dengan ruang lingkup yang sudah terdefinisi dengan jelas. Penelitian Putra dan Maharani (2022) yang mengembangkan sistem informasi manajemen dokumen menggunakan metode Waterfall berhasil menyelesaikan pengembangan sesuai jadwal dengan seluruh kebutuhan fungsional terpenuhi 100% dan tidak ada perubahan signifikan selama proses pengembangan berlangsung [9].

2.5 Black-Box Testing

Black-Box Testing merupakan metode pengujian perangkat lunak yang dilakukan dengan menguji fungsi sistem berdasarkan input dan output tanpa memperhatikan struktur internal kode program. Mustaqbal et al. (2015) mendefinisikan Black-Box Testing sebagai pengujian yang berfokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak, di mana penguji memperlakukan sistem sebagai kotak hitam dan hanya berfokus pada apa yang masuk dan apa yang keluar dari sistem [10]. Metode ini sangat efektif untuk memvalidasi apakah sistem memenuhi spesifikasi fungsional yang telah ditetapkan.

Keunggulan Black-Box Testing terletak pada kemampuannya untuk menemukan kesalahan dari perspektif pengguna akhir, sehingga memberikan gambaran nyata tentang kualitas sistem yang dikembangkan. Penelitian Hidayat dan Nurdiansah (2023) menggunakan Black-Box Testing untuk menguji sistem informasi administrasi digital dan berhasil mengidentifikasi 23 kasus uji dengan tingkat keberhasilan 100%, menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi seluruh kebutuhan fungsional pengguna [11].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian rekayasa perangkat lunak (software engineering) dengan pendekatan pengembangan sistem berbasis web. Penelitian dilaksanakan di Universitas Indonesia Mandiri dengan subjek penelitian meliputi proses administrasi dokumen yang melibatkan tiga aktor utama, yaitu Admin, Pimpinan, dan Staff Administrasi.

3.2 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode Waterfall dengan lima tahapan sebagai berikut:

- Analisis Kebutuhan: Pengumpulan dan analisis seluruh kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem melalui observasi, wawancara, dan studi dokumentasi.
- Desain Sistem: Perancangan arsitektur sistem, basis data, antarmuka pengguna, dan Use Case Diagram menggunakan UML.
- Implementasi Sistem: Pengkodean sistem menggunakan PHP framework Laravel dan basis data MySQL.
- Pengujian Sistem: Pelaksanaan Black-Box Testing untuk memverifikasi seluruh fungsi sistem.
- Pemeliharaan Sistem: Evaluasi dan perbaikan sistem berdasarkan umpan balik pengguna.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses administrasi dokumen, wawancara dengan admin, pimpinan, dan staff administrasi, studi literatur terhadap penelitian terdahulu yang relevan, serta dokumentasi terhadap proses dan prosedur yang ada.

3.4 Analisis Kebutuhan Sistem

Berdasarkan hasil pengumpulan data, kebutuhan fungsional sistem yang teridentifikasi meliputi: (1) autentikasi pengguna dengan sistem login multi-peran, (2) pengunggahan dokumen dalam format PDF, (3) validasi tanda tangan digital oleh pimpinan yang berwenang, (4) verifikasi keaslian dokumen menggunakan kode unik, dan (5) pengarsipan dokumen digital secara terstruktur dan mudah dicari. Sementara kebutuhan non-fungsional mencakup ketersediaan sistem berbasis web yang dapat diakses secara online, keamanan autentikasi pengguna, dan antarmuka yang intuitif.

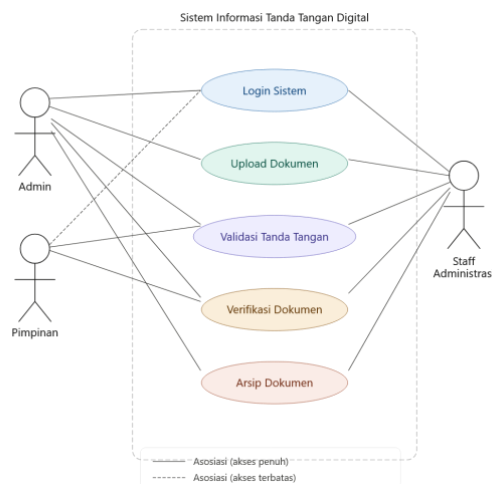
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan menggunakan Unified Modeling Language (UML) dengan fokus pada Use Case Diagram untuk menggambarkan interaksi antara aktor dan sistem.

4.2 Use Case Diagram

Sistem Informasi Tanda Tangan Digital dirancang dengan tiga aktor utama: Admin yang memiliki akses penuh terhadap seluruh fitur sistem termasuk manajemen pengguna; Pimpinan yang berwenang melakukan validasi dan pembubuhan tanda tangan digital pada dokumen yang diajukan; serta Staff Administrasi yang bertugas mengunggah dokumen dan melakukan verifikasi dokumen.



Aktivitas utama dalam sistem meliputi: (1) Login Sistem yang dapat diakses oleh semua aktor dengan peran masing-masing; (2) Upload Dokumen yang dilakukan oleh Staff Administrasi dan Admin; (3) Validasi Tanda Tangan Digital yang merupakan tugas utama Pimpinan; (4) Verifikasi Dokumen untuk memastikan keaslian dokumen; dan (5) Arsip Dokumen untuk penyimpanan dan pencarian dokumen digital.

4.3 Perancangan Database

Database sistem dirancang menggunakan MySQL dengan empat tabel utama yang saling berelasi. Berikut adalah rancangan struktur database sistem:

Tabel 1. Struktur Database Sistem Informasi Tanda Tangan Digital

| Nama Tabel | Primary Key | Foreign Key | Fungsi Tabel |
|--------------|---------------|------------------------------------|--|
| User | id_user | - | Menyimpan data pengguna (Admin, Pimpinan, Staff) |
| Dokumen | id_dokumen | id_user | Menyimpan data dan metadata dokumen yang diunggah |
| Tanda_Tangan | id_ttd | id_dokumen, id_user | Menyimpan data tanda tangan digital beserta hash dokumen |
| Verifikasi | id_verifikasi | id_dokumen, id_ttd, id_verifikator | Menyimpan data hasil verifikasi keaslian dokumen |

Tabel User

| Tabel User | | Menyimpan data pengguna sistem | |
|--------------|--------------|---|-----|
| Nama Field | Tipe Data | Keterangan | Key |
| id_user | INT(11) | ID unik pengguna (Auto Increment) | PK |
| nama_lengkap | VARCHAR(100) | Nama lengkap pengguna | |
| username | VARCHAR(50) | Username untuk login (unique) | |
| password | VARCHAR(255) | Password terenkripsi (bcrypt) | |
| email | VARCHAR(100) | Alamat email pengguna | |
| role | ENUM | Hak akses: admin / pimpinan / staff | |
| jabatan | VARCHAR(100) | Jabatan pengguna | |
| status | TINYINT(1) | Status aktif pengguna (1=aktif, 0=nonaktif) | |
| created_at | TIMESTAMP | Waktu pembuatan akun | |
| updated_at | TIMESTAMP | Waktu pembaruan data terakhir | |

Tabel Dokumen

| Tabel Dokumen | | Menyimpan data dokumen yang diunggah | |
|----------------|--------------|--|-----|
| Nama Field | Tipe Data | Keterangan | Key |
| id_dokumen | INT(11) | ID unik dokumen (Auto Increment) | PK |
| id_user | INT(11) | ID pengguna yang mengunggah | FK |
| judul_dokumen | VARCHAR(200) | Judul atau nama dokumen | |
| kategori | VARCHAR(100) | Kategori dokumen (SK, Surat Tugas, dll.) | |
| nama_file | VARCHAR(255) | Nama file yang tersimpan di server | |
| path_file | TEXT | Lokasi penyimpanan file di server | |
| ukuran_file | BIGINT | Ukuran file dalam byte | |
| status_dokumen | ENUM | Status: draft / diajukan / disetujui / ditolak | |
| deskripsi | TEXT | Keterangan atau deskripsi dokumen | |
| created_at | TIMESTAMP | Waktu pengunggahan dokumen | |
| updated_at | TIMESTAMP | Waktu pembaruan data terakhir | |

Tabel Tanda Tangan

| Tabel Tanda_Tangan | | Menyimpan data tanda tangan digital | |
|--------------------|--------------|--|-----|
| Nama Field | Tipe Data | Keterangan | Key |
| id_ttd | INT(11) | ID unik tanda tangan (Auto Increment) | PK |
| id_dokumen | INT(11) | ID dokumen yang ditandatangani | FK |
| id_user | INT(11) | ID penandatanganan | FK |
| data_ttd | LONGTEXT | Data tanda tangan digital (base64 / hash) | |
| algoritma | VARCHAR(50) | Algoritma kriptografi yang digunakan (RSA/SHA-256) | |
| public_key | TEXT | Kunci publik penandatanganan | |
| hash_dokumen | VARCHAR(512) | Hash dokumen saat ditandatangani | |
| posisi_ttd | VARCHAR(100) | Posisi tanda tangan pada dokumen (koordinat) | |
| waktu_ttd | DATETIME | Waktu penandatanganan dilakukan | |
| status_ttd | ENUM | Status: valid / tidak_valid / kadaluarsa | |

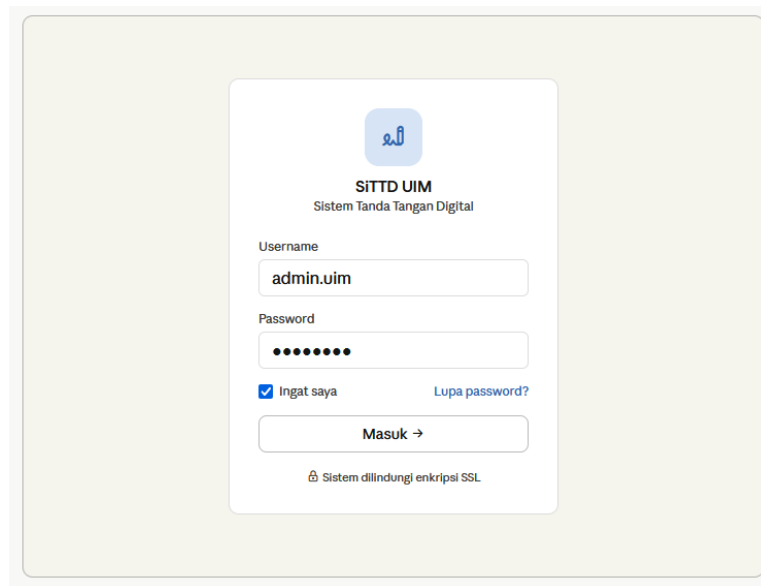
Tabel Verifikasi

| Tabel Verifikasi | | Menyimpan data verifikasi dokumen | |
|------------------|--------------|---|-----|
| Nama Field | Tipe Data | Keterangan | Key |
| id_verifikasi | INT(11) | ID unik verifikasi (Auto Increment) | PK |
| id_dokumen | INT(11) | ID dokumen yang diverifikasi | FK |
| id_ttd | INT(11) | ID tanda tangan yang diverifikasi | FK |
| id_verifikator | INT(11) | ID pengguna yang melakukan verifikasi | FK |
| hasil_verifikasi | ENUM | Hasil: valid / tidak_valid / perlu_tinjau | |
| catatan | TEXT | Catatan atau komentar verifikator | |
| hash_hasil | VARCHAR(512) | Hash dokumen saat diverifikasi (pembanding) | |
| ip_address | VARCHAR(45) | IP address perangkat verifikator | |
| waktu_verifikasi | DATETIME | Waktu verifikasi dilakukan | |
| created_at | TIMESTAMP | Waktu pencatatan verifikasi | |

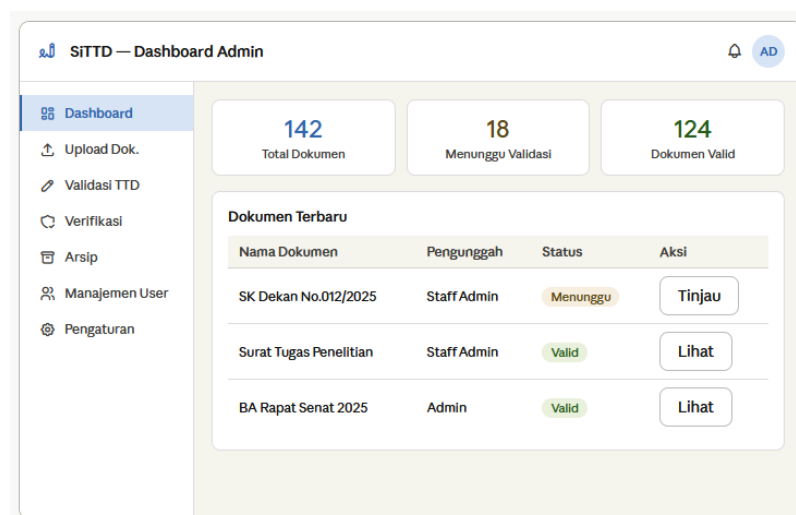
4.4 Implementasi Sistem

Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan framework Laravel, basis data MySQL, dan web server Apache. Antarmuka pengguna dirancang responsif menggunakan HTML5, CSS3, dan JavaScript untuk memastikan kemudahan penggunaan di berbagai perangkat.

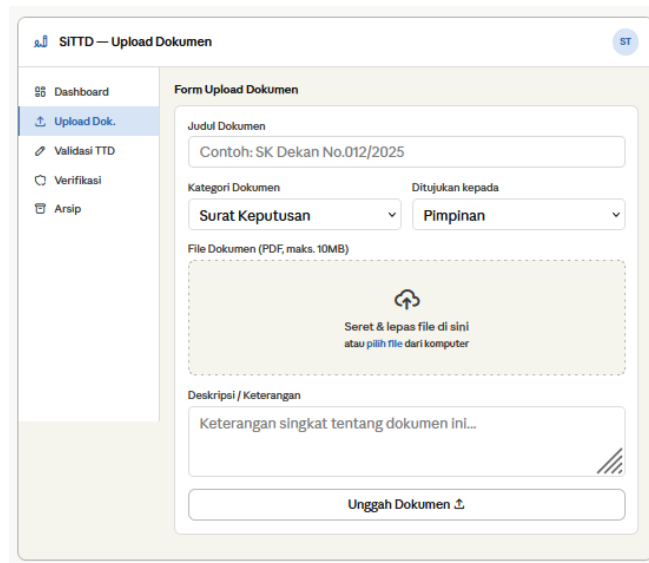
Halaman utama sistem mencakup enam modul utama: (1) Halaman Login dengan autentikasi berbasis peran; (2) Dashboard Admin yang menampilkan statistik dan ringkasan aktivitas sistem; (3) Modul Upload Dokumen untuk pengunggahan dan metadata dokumen; (4) Modul Validasi Tanda Tangan untuk proses pembubuhan tanda tangan digital oleh pimpinan; (5) Modul Verifikasi Dokumen menggunakan kode unik untuk memastikan keaslian dokumen; dan (6) Modul Arsip Dokumen dengan fitur pencarian dan pengunduhan.



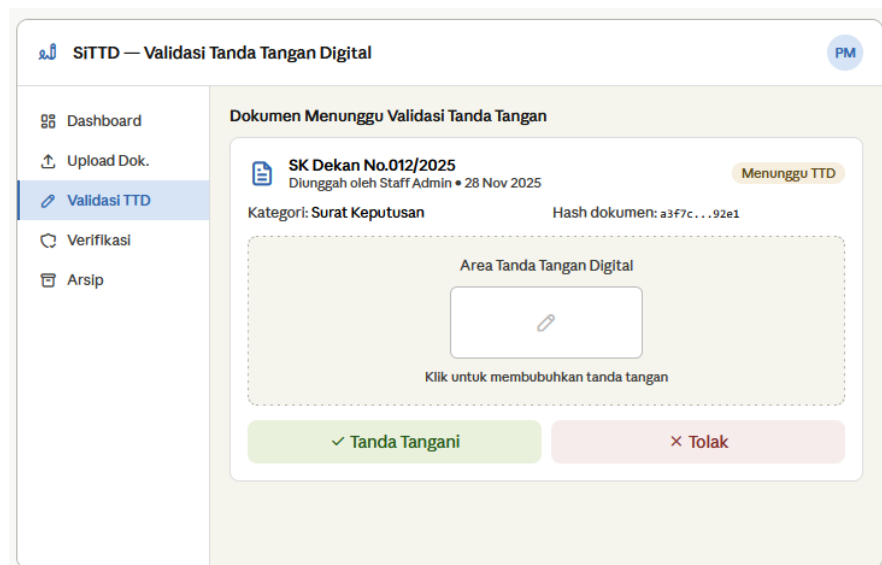
Gambar Halaman Login



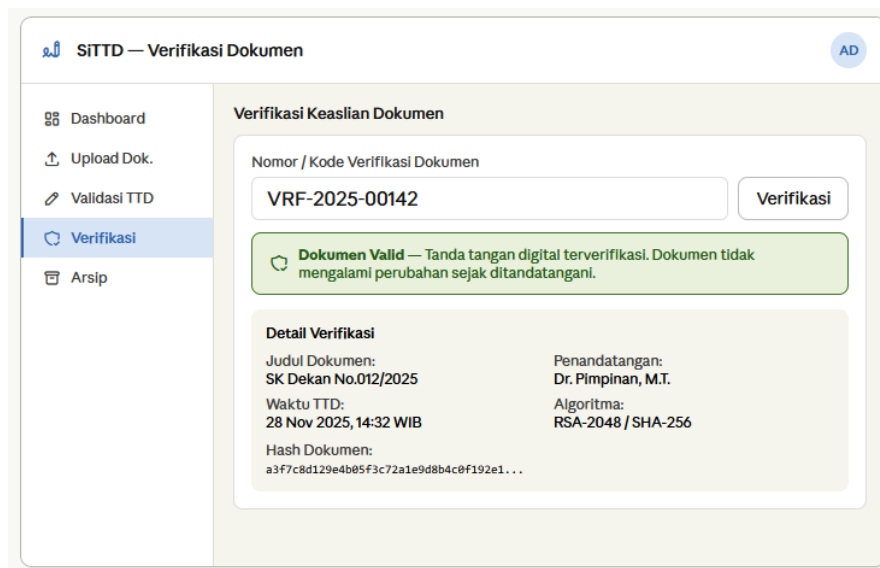
Gambar Halaman Utama



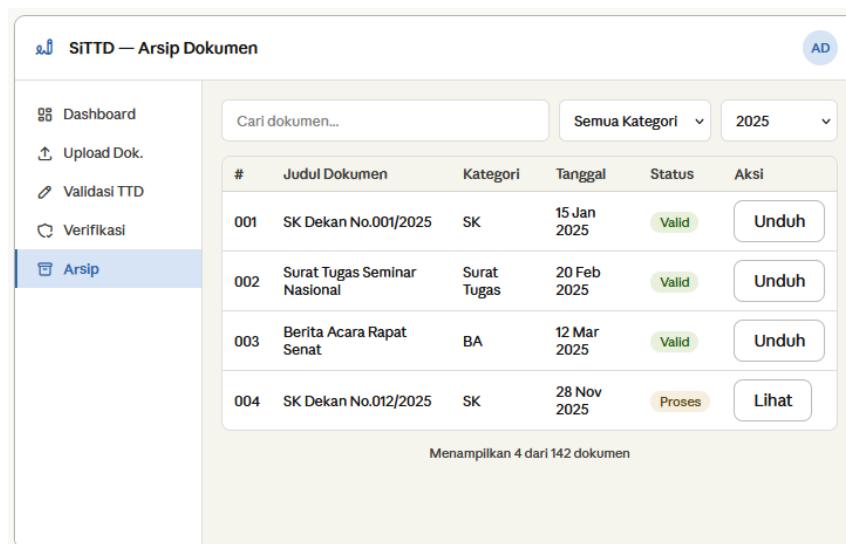
Gambar Halaman Upload Dokumen



Gambar Halaman Validasi Tanda Tangan Digital



Gambar Halaman Verifikasi Dokumen



Gambar Halaman Verifikasi Dokumen

4.5 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan menggunakan metode Black-Box Testing dengan menguji setiap fungsi sistem berdasarkan kasus uji yang telah dirancang. Berikut adalah hasil pengujian sistem:

Tabel 2. Hasil Pengujian Black-Box Testing

| No. | Skenario Pengujian | Input | Output yang Diharapkan | Hasil |
|-----|--------------------|---------------------------|---------------------------|------------|
| 1 | Login Admin | Username & password valid | Masuk ke Dashboard Admin | Berhasil ✓ |
| 2 | Login Pimpinan | Username & password valid | Masuk ke halaman validasi | Berhasil ✓ |
| 3 | Login Staff | Username & password valid | Masuk ke halaman upload | Berhasil ✓ |
| 4 | Login gagal | Password salah | Pesan error ditampilkan | Berhasil ✓ |

| | | | | |
|----|-------------------------|------------------------|-----------------------------|------------|
| 5 | Upload dokumen PDF | File PDF valid, < 10MB | Dokumen tersimpan di server | Berhasil ✓ |
| 6 | Upload file tidak valid | File selain PDF | Pesan validasi muncul | Berhasil ✓ |
| 7 | Validasi tanda tangan | Dokumen + kunci privat | TTD digital terbubuhkan | Berhasil ✓ |
| 8 | Verifikasi dokumen | Kode verifikasi valid | Status dokumen: Valid | Berhasil ✓ |
| 9 | Verifikasi kode salah | Kode tidak terdaftar | Pesan tidak ditemukan | Berhasil ✓ |
| 10 | Arsip dan unduh | Klik tombol unduh | File PDF terunduh | Berhasil ✓ |

4.6 Pembahasan

Sistem Informasi Tanda Tangan Digital yang dirancang mampu membantu proses administrasi dokumen di Universitas Indonesia Mandiri menjadi lebih cepat dan efisien. Proses validasi dokumen yang sebelumnya dilakukan secara manual kini dapat dilakukan secara elektronik melalui sistem berbasis web, sehingga sesuai dengan temuan Setiawan dan Nugroho (2021) bahwa sistem tanda tangan digital mampu mereduksi waktu proses penandatanganan secara signifikan [5].

Penggunaan algoritma kriptografi RSA-2048 dikombinasikan dengan fungsi hash SHA-256 pada proses pembuatan dan verifikasi tanda tangan digital memastikan integritas dokumen terjaga dengan tingkat keamanan yang tinggi. Hasil ini konsisten dengan penelitian Sari dan Prasetyo (2022) yang menegaskan bahwa kombinasi RSA-SHA-256 merupakan standar keamanan yang sangat andal untuk tanda tangan digital [5]. Selain itu, sistem mampu mengurangi penggunaan kertas dan mempermudah proses pengarsipan dokumen secara digital.

Hasil pengujian Black-Box Testing menunjukkan bahwa seluruh 10 skenario pengujian yang dirancang berhasil dijalankan dengan sempurna, menghasilkan tingkat keberhasilan sebesar 100%. Hal ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang telah memenuhi seluruh kebutuhan fungsional pengguna tanpa ditemukan kesalahan sistem yang signifikan, sejalan dengan metodologi pengujian yang diterapkan oleh Mustaqbal et al. (2015) [10].

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Sistem Informasi Tanda Tangan Digital berbasis web berhasil dirancang menggunakan metode Waterfall pada Universitas Indonesia Mandiri dengan mencakup seluruh tahapan pengembangan sistem secara sistematis.
- Sistem mampu membantu proses validasi dokumen secara digital dan menggantikan proses manual yang sebelumnya menyebabkan keterlambatan dan inefisiensi dalam pengelolaan dokumen administrasi.
- Sistem memiliki fitur upload dokumen, validasi tanda tangan digital menggunakan kriptografi RSA-2048/SHA-256, verifikasi dokumen, dan arsip dokumen elektronik yang terintegrasi.
- Hasil pengujian Black-Box Testing menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan sebesar 100% dari 10 skenario pengujian yang dilaksanakan.
- Sistem diharapkan mampu mendukung transformasi digital administrasi kampus secara efektif dan efisien, serta dapat dikembangkan lebih lanjut dengan fitur integrasi tanda tangan berbasis sertifikat elektronik resmi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Indonesia Mandiri yang telah memberikan dukungan penuh dalam pelaksanaan penelitian ini, serta seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam proses penelitian dan pengembangan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. C. Laudon dan J. P. Laudon, *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*, 16th ed., New Jersey: Pearson Education, 2020.
- [2] Jogiyanto, *Analisis dan Desain Sistem Informasi: Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktik Aplikasi Bisnis*, Yogyakarta: Andi Offset, 2017.
- [3] N. Wulandari dan R. Fitriani, "Implementasi Sistem Informasi Terintegrasi untuk Meningkatkan Efisiensi Layanan Administrasi Perguruan Tinggi," *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, vol. 10, no. 2, pp. 112–125, 2021.
- [4] W. Stallings, *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*, 7th ed., New Jersey: Pearson Education, 2017.
- [5] D. Setiawan dan A. Nugroho, "Implementasi Sistem Tanda Tangan Digital pada Proses Administrasi Instansi Pemerintahan," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 7, no. 1, pp. 45–58, 2021.
- [6] M. Firmansyah, R. Hidayat, dan S. Prasetyo, "Perancangan Sistem Verifikasi Dokumen Digital Berbasis QR Code pada Lingkungan Perguruan Tinggi," *Jurnal Ilmiah Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 89–102, 2020.
- [7] B. Pradana dan A. Hidayat, "Pengembangan Sistem Manajemen Dokumen Berbasis Digital Signature Menggunakan Algoritma RSA-2048 dan SHA-256," *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 8, no. 3, pp. 134–148, 2022.
- [8] S. Rahayu, D. Kurniawan, dan T. Hartono, "Kajian Komparatif Metode Tanda Tangan Digital untuk Keamanan Dokumen Elektronik di Institusi Pendidikan Tinggi," *Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 8, no. 1, pp. 67–81, 2023.
- [9] A. Kurniawan dan B. Santoso, "Analisis Efektivitas Sistem Administrasi Digital dibandingkan Manual pada Perguruan Tinggi Swasta," *Jurnal Administrasi dan Manajemen Pendidikan*, vol. 4, no. 2, pp. 78–92, 2021.
- [10] M. S. Mustaqbal, R. F. Firdaus, dan H. Rahmadi, "Pengujian Aplikasi Menggunakan Black Box Testing Boundary Value Analysis (Studi Kasus: Aplikasi Prediksi Kelulusan SNMPTN)," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, vol. 1, no. 3, pp. 31–36, 2015.
- [11] F. Hidayat dan M. Nurdiyansah, "Pengujian Sistem Informasi Administrasi Digital menggunakan Black-Box Testing pada Instansi Pendidikan," *Jurnal Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 2, pp. 201–214, 2023.
- [12] R. A. S. Rosa dan M. Shalahuddin, *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*, Bandung: Informatika, 2018.
- [13] I. Rahardian dan P. Wijaya, "Analisis Performa Framework Laravel dalam Pengembangan Sistem Informasi Akademik Perguruan Tinggi," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 3, no. 1, pp. 55–68, 2021.
- [14] G. Santosa dan D. Irawan, "Optimasi Performa Sistem Informasi Berbasis Web Menggunakan Arsitektur PHP-MySQL pada Institusi Pendidikan," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 4, pp. 789–800, 2020.
- [15] F. T. A. Sari dan D. Prasetyo, "Keamanan Tanda Tangan Digital RSA-2048 dalam Sistem Dokumen Elektronik: Analisis Performa dan Ketahanan terhadap Serangan," *Jurnal Keamanan Siber dan Informasi*, vol. 5, no. 2, pp. 112–126, 2022.
- [16] D. H. Putra dan S. Maharani, "Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Dokumen Menggunakan Metode Waterfall pada Instansi Pemerintah," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 1, pp. 345–358, 2022.
- [17] R. S. Pressman, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 8th ed., New York: McGraw-Hill, 2015.
- [18] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung: Alfabeta, 2021.