

Sistem Tanda Tangan Digital Berbasis Web untuk Dokumen Akademik di Kampus

Satrio Rully Priyambodo¹, Rangga Sanjaya²

¹Program Studi Teknik Informatika, Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya

²Program Studi Sistem Informasi, Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya

e-mail: ¹satrioarul@gmail.com, ²rangga@ars.ac.id

Abstrak

Transformasi digital dalam administrasi akademik mendorong perlunya sistem yang efisien dan aman dalam proses legalisasi dokumen. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem tanda tangan digital berbasis web untuk pengelolaan dokumen akademik secara elektronik di lingkungan kampus. Sistem ini dirancang untuk mendukung tiga peran utama pengguna, yaitu staf admin dan staf rektor sebagai pengelola dokumen, serta penandatanganan sebagai pihak yang memberikan tanda tangan digital. Sistem dikembangkan menggunakan metode *Waterfall* dan diimplementasikan dengan *framework* CodeIgniter dan basis data MySQL. Integrasi dilakukan dengan library SetaPDF Signer untuk pembubuhan tanda tangan digital pada dokumen PDF dan *Endroid/qr-code* untuk pembuatan QR Code sebagai alat validasi. Sistem memungkinkan pengguna mengunggah dokumen, menentukan posisi tanda tangan secara visual, menandatangani dokumen secara otomatis, serta memverifikasi keaslian dokumen melalui pemindaian QR Code secara daring. Pengujian menggunakan metode *black box* menunjukkan bahwa seluruh fungsi berjalan dengan baik sesuai kebutuhan pengguna. Meskipun sistem belum terintegrasi dengan Penyelenggara Sertifikasi Elektronik (PSrE), prinsip dasar tanda tangan digital telah diterapkan. Sistem ini mampu mempercepat proses legalisasi dokumen akademik dan meningkatkan keamanan serta keandalan administrasi kampus secara keseluruhan.

Kata kunci— tanda tangan digital, dokumen akademik, QR Code, validasi dokumen

Abstract

The digital transformation of academic administration has created a need for an efficient and secure system to handle document legalization processes. This study aims to develop a web-based digital signature system for electronically managing academic documents within a university environment. The system is designed to support three primary user roles: administrative staff and rector staff as document managers, and signers as the parties responsible for applying digital signatures. The system was developed using the Waterfall methodology and implemented with the CodeIgniter framework and a MySQL database. It integrates the SetaPDF Signer library to digitally sign PDF documents and the Endroid/qr-code library to generate QR Codes for document validation. The system allows users to upload documents, visually determine the signature position, sign documents automatically, and verify document authenticity through QR Code scanning online. Testing using the black box method shows that all system functions perform well according to user requirements. Although the system has not yet been integrated with a legally recognized Certificate Authority (CA/PSrE), it applies the fundamental principles of digital signatures. This system is proven to accelerate the academic document legalization process while enhancing the security and reliability of campus administrative services.

Keywords— digital signature, academic documents, QR Code, document validation

Corresponding Author:

Rangga Sanjaya,

Email: rangga@ars.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi telah mendorong perguruan tinggi untuk melakukan digitalisasi dalam berbagai aspek administrasi, termasuk pada pengelolaan dokumen akademik [1]. Proses penandatanganan dokumen akademik seperti surat rekomendasi, surat keterangan, dan lembar persetujuan tugas akhir masih banyak dilakukan secara manual, yang berpotensi menyebabkan keterlambatan, duplikasi, serta kesalahan administratif [1,2].

Tanda tangan digital menjadi salah satu solusi yang mampu meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam proses pengesahan dokumen. Dengan memanfaatkan teknologi kriptografi dan identitas digital, dokumen dapat ditandatangani secara elektronik dan diverifikasi keasliannya secara daring [3,4,5]. Selain itu, penggunaan QR Code sebagai alat bantu validasi memungkinkan siapa pun untuk memeriksa keabsahan dokumen hanya dengan memindai kode tersebut [6,7].

Namun, penerapan tanda tangan digital yang terintegrasi dengan sistem informasi kampus masih belum banyak diimplementasikan, khususnya pada lingkup internal tanpa melibatkan Penyelenggara Sertifikat Elektronik (PSrE) [3]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem tanda tangan digital berbasis web yang dapat digunakan oleh pihak kampus dalam memproses dokumen akademik secara efisien, aman, dan terdokumentasi dengan baik [1,8].

Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan framework CodeIgniter, database MySQL, serta memanfaatkan library SetaPDF Signer untuk pembubuhan tanda tangan digital dan Endroid/qr-code untuk pembuatan QR Code yang mengarah ke halaman validasi dokumen. Sistem ini diharapkan mampu menggantikan proses tanda tangan manual dan memperkuat aspek legalitas serta integritas data dalam lingkungan akademik [6,8].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem *Waterfall*, yang meliputi lima tahapan utama, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan [9,10]. Metode ini dipilih karena memberikan pendekatan yang terstruktur dan sistematis, di mana setiap tahap diselesaikan terlebih dahulu sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya [9,11].

Tahap pertama adalah analisis kebutuhan, di mana penulis melakukan studi terhadap alur kerja administrasi dokumen akademik di lingkungan kampus, khususnya yang berkaitan dengan legalisasi dokumen [12]. Dalam tahap ini, dilakukan pengumpulan informasi melalui wawancara dan observasi terhadap proses manual yang selama ini digunakan [9]. Hasilnya menunjukkan bahwa proses tersebut memerlukan waktu yang lama dan rentan terhadap kesalahan [9,12]. Oleh karena itu, kebutuhan utama sistem dirumuskan, seperti fitur unggah dokumen PDF, pengaturan posisi tanda tangan, mekanisme tanda tangan digital, dan validasi dokumen menggunakan *QR Code* [13,14].

Tahap kedua adalah perancangan sistem, yang dilakukan dengan membuat berbagai model perancangan seperti use case diagram untuk memetakan interaksi antar pengguna dan sistem, activity diagram untuk menjelaskan alur proses, dan *entity relationship diagram* (ERD) untuk merancang basis data [15]. Selain itu, dilakukan juga perancangan antarmuka pengguna (UI) dengan mempertimbangkan aspek kemudahan penggunaan bagi tiga peran utama pengguna: staf admin, staf rektor, dan penandatanganan [9,10]. Desain dibuat interaktif untuk memudahkan pengelola dokumen menentukan posisi tanda tangan langsung pada tampilan dokumen [11].

Tahap ketiga adalah implementasi, di mana penulis mengembangkan sistem menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework CodeIgniter* serta basis data MySQL [16,17]. Proses implementasi mencakup pembangunan fitur login dan manajemen pengguna, unggah dan pratinjau dokumen, penempatan tanda tangan, pembubuhan tanda tangan digital menggunakan SetaPDF Signer, serta pembuatan dan integrasi *QR Code* menggunakan Endroid/qr-code [14]. Sistem dibangun dengan struktur modular agar memudahkan pengelolaan dan pengembangan di masa depan [18].

Tahap keempat adalah pengujian sistem, yang dilakukan dengan metode *black box testing* [19]. Pada tahap ini, setiap fitur diuji berdasarkan skenario pengguna yang nyata [20]. Pengujian mencakup verifikasi login, unggahan dokumen, fungsi penempatan tanda tangan, pembubuhan tanda tangan digital, hingga validasi dokumen melalui pemindaian *QR Code*. Semua pengujian dilakukan untuk memastikan sistem berjalan sesuai fungsinya dan dapat memenuhi kebutuhan pengguna secara efektif [19].

Tahap terakhir adalah pemeliharaan, yang mencakup perbaikan kesalahan kecil selama masa uji coba dan penyesuaian minor berdasarkan umpan balik [21]. Selain itu, disusun juga kemungkinan pengembangan sistem di masa mendatang, seperti integrasi dengan penyedia sertifikat digital resmi (PSrE) agar sistem dapat memenuhi standar legalitas nasional [14].

Dengan melalui seluruh tahapan ini secara terstruktur, sistem tanda tangan digital yang dikembangkan mampu menjawab permasalahan dalam proses administrasi dokumen akademik dan mendukung digitalisasi layanan internal kampus [9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sistem tanda tangan digital berbasis web yang dibangun melalui lima tahap pengembangan sesuai metode Waterfall, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Hasil dari masing-masing tahapan dijelaskan sebagai berikut.

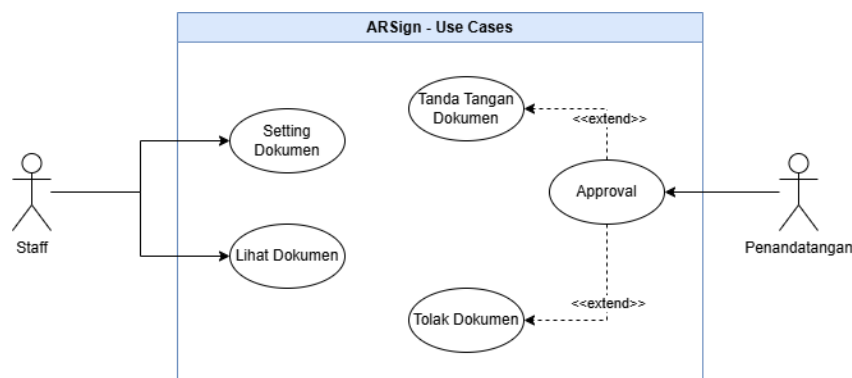
3.1. Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan dilakukan dengan meninjau proses administrasi dokumen akademik yang masih bersifat manual, termasuk proses penandatanganan dokumen oleh pihak rektorat. Dari hasil observasi, ditemukan bahwa proses tersebut tidak efisien dan sulit untuk diverifikasi keasliannya secara daring. Berdasarkan hal tersebut, disusun kebutuhan sistem yang mencakup unggah dokumen PDF, pengelolaan peran pengguna (admin, rektor, penandatangan), penempatan tanda tangan secara visual, pembubuhan tanda tangan digital, serta validasi melalui QR Code.

3.2. Perancangan Sistem

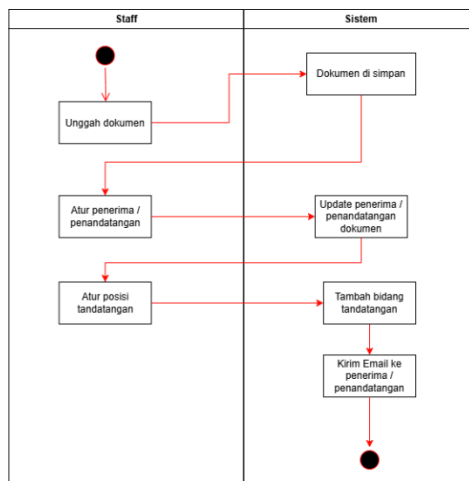
Pada tahap perancangan sistem, dibuat beberapa model perancangan untuk menggambarkan proses dan struktur sistem yang akan dibangun.

Use Case Diagram menggambarkan hubungan antara aktor sistem dengan fungsionalitas yang tersedia. Terdapat tiga aktor utama: staf admin, staf rektor, dan penandatangan. Use case mencakup aktivitas seperti login, unggah dokumen, pengaturan posisi tanda tangan, pemberian tanda tangan digital, dan validasi dokumen.

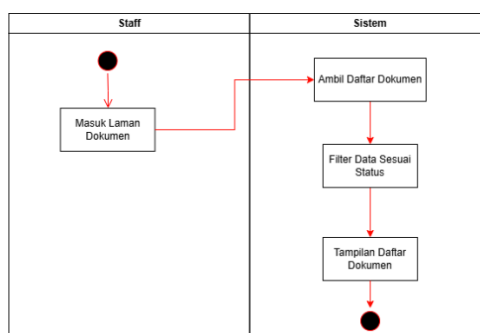


Gambar 1. Use Cases Diagram

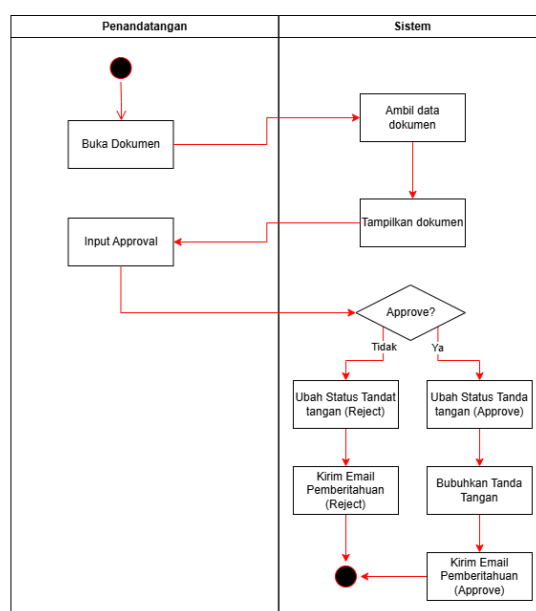
Activity Diagram digunakan untuk menunjukkan alur aktivitas utama dalam sistem. Diagram ini menjelaskan bagaimana alur dokumen dimulai dari unggahan oleh staf admin, dilanjutkan dengan proses penugasan kepada penandatangan, hingga dokumen ditandatangani secara digital dan divalidasi melalui QR Code.



Gambar 2. Activity Diagram Setting Dokumen

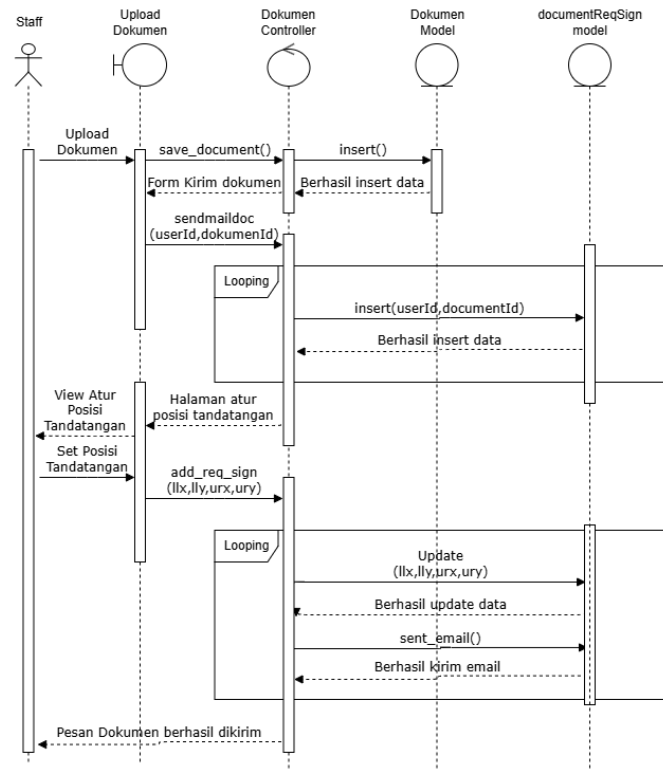


Gambar 3. Activity Diagram Lihat Dokumen

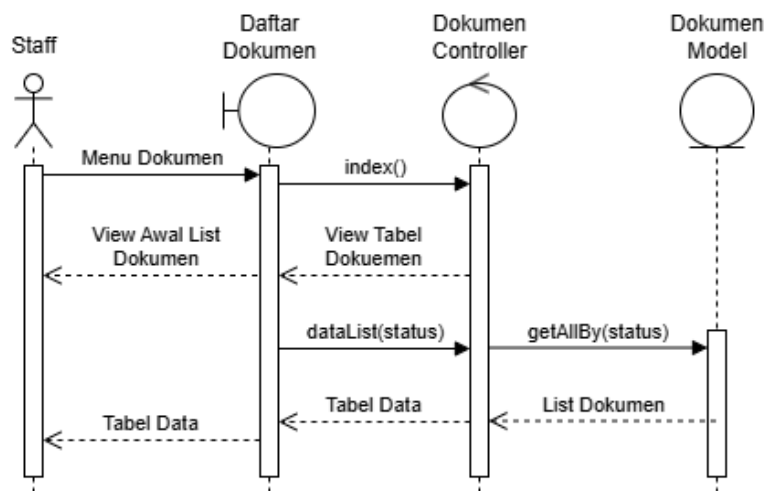


Gambar 4. Activity Diagram Tanda Tangan Dokumen

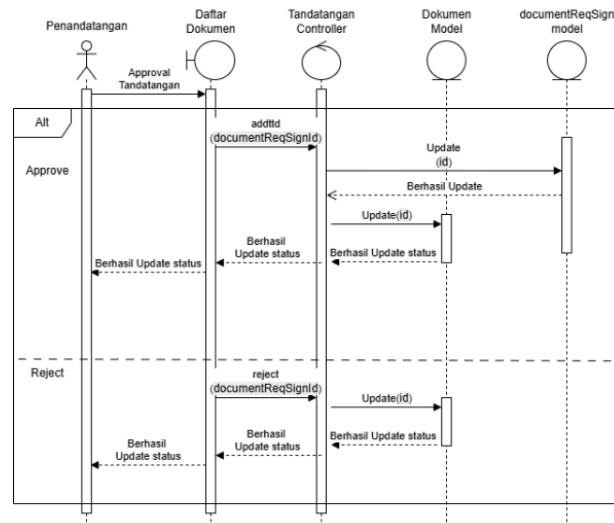
Sequence Diagram digunakan untuk memvisualisasikan urutan interaksi antar objek di dalam sistem dalam satu skenario tertentu. Salah satu sequence utama yang dirancang adalah alur “unggah dan tanda tangan dokumen”. Pada skenario ini, staf admin mengunggah dokumen ke sistem, sistem menyimpan dokumen dan menyiapkan form pengaturan tanda tangan, kemudian data dikirim ke penandatangan. Penandatangan membuka dokumen, memproses permintaan tanda tangan, dan sistem mengeksekusi pembubuhan tanda tangan digital secara otomatis. Sequence Diagram ini penting untuk memahami alur komunikasi antar komponen sistem dan server secara terstruktur.



Gambar 5. Sequence Diagram Setting Dokumen

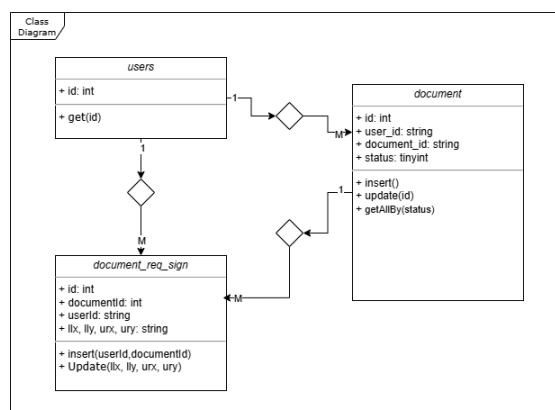


Gambar 6. Sequence Diagram Lihat Dokumen



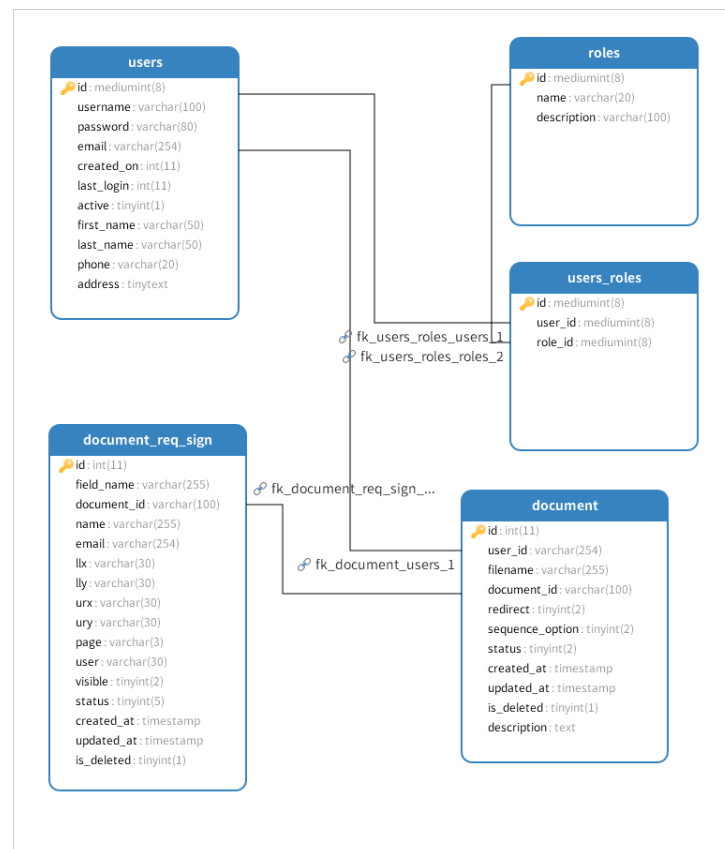
Gambar 7. Activity Diagram Tanda Tangan Dokumen

Class Diagram disusun untuk menggambarkan struktur kelas dalam sistem serta relasi antar objek. Diagram ini menunjukkan entitas seperti *User*, *Document*, *SignRequest*, dan *Validation*. Masing-masing kelas memiliki atribut dan metode yang sesuai dengan fungsinya, misalnya kelas *Document* memiliki atribut *title*, *file_path*, *status*, dan metode seperti *generateQRCode()* dan *signPDF()*. *Class Diagram* ini mencerminkan implementasi sistem berbasis objek pada sisi backend dan mempermudah proses coding yang konsisten dengan rancangan.



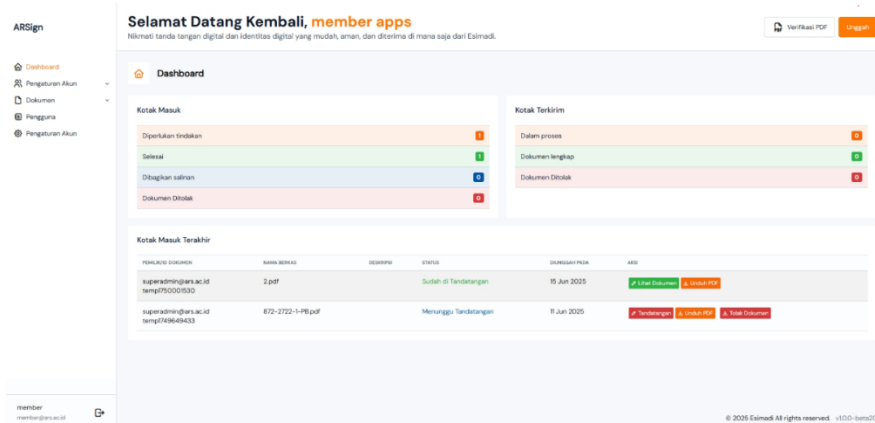
Gambar 8. Class Diagram

Entity Relationship Diagram (ERD) dirancang untuk merepresentasikan struktur basis data. Entitas utama dalam sistem meliputi *users*, *documents*, *roles*, *document_sign_requests*, dan *document_validations*. Relasi antar entitas disusun agar sistem dapat menyimpan informasi pengguna, hak akses, status tanda tangan, dan riwayat validasi secara terstruktur.



Gambar 9. Entity Relationship Diagram (ERD)

Desain Antarmuka Pengguna (UI) dibuat dengan pendekatan sederhana dan responsif menggunakan Bootstrap. Antarmuka utama mencakup halaman login, dashboard pengguna, form unggah dokumen, pratinjau dokumen dengan fitur drag-and-drop penempatan tanda tangan, halaman daftar dokumen untuk penandatanganan, dan halaman validasi untuk pihak eksternal. Desain difokuskan pada kemudahan navigasi dan interaksi yang intuitif.



Gambar 10. Perancangan Antarmuka

3.3. Perancangan Sistem

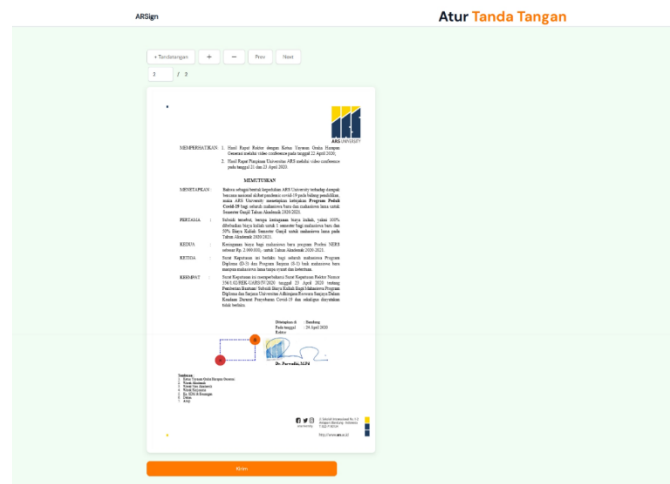
Tahap implementasi merupakan realisasi dari hasil rancangan sistem ke dalam bentuk aplikasi yang dapat digunakan. Sistem ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan framework CodeIgniter serta basis data MySQL. Implementasi sistem mencakup

seluruh fitur utama yang telah dirancang sebelumnya, mulai dari autentikasi pengguna hingga pembubuhan tanda tangan digital dan validasi dokumen.

Sistem memiliki tiga jenis pengguna utama, yaitu staf admin, staf rektor, dan penandatangan. Ketiganya diatur melalui modul login dan manajemen peran. Setelah login berhasil, pengguna diarahkan ke dashboard yang sesuai dengan hak akses masing-masing. Staf admin dan staf rektor memiliki akses untuk mengunggah dokumen akademik dalam format PDF, serta menetapkan siapa saja yang ditugaskan untuk menandatangani dokumen tersebut. Antarmuka unggah dokumen dibuat sederhana dan mendukung pratinjau dokumen agar pengguna dapat meninjau isi dokumen sebelum diproses lebih lanjut.

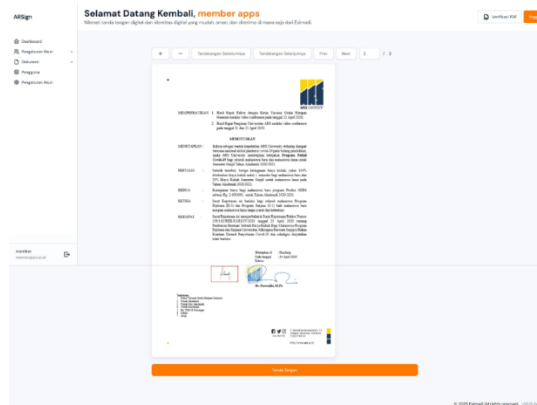
Gambar 11. Antarmuka Unggah Dokumen

Setelah dokumen diunggah, pengguna dapat mengatur posisi tanda tangan secara visual melalui tampilan pratinjau dokumen. Fitur ini dikembangkan menggunakan integrasi JavaScript yang memungkinkan pengguna melakukan drag-and-drop untuk menentukan koordinat letak tanda tangan. Posisi yang telah ditentukan kemudian disimpan dan digunakan saat proses penandatanganan berlangsung.



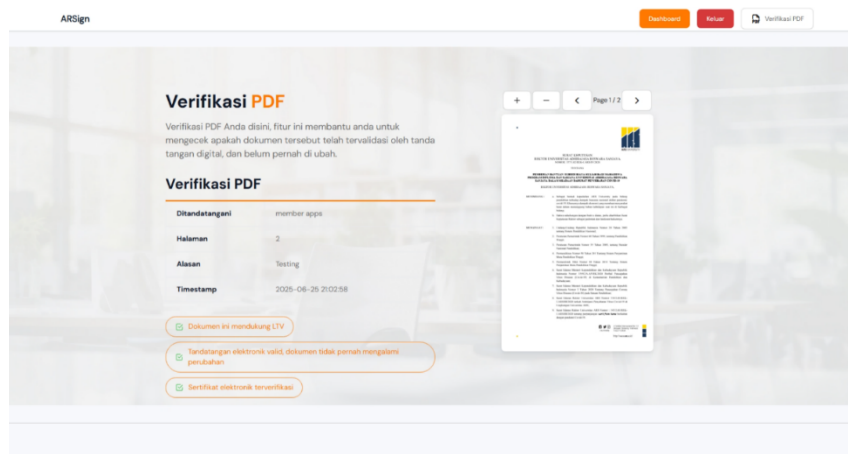
Gambar 12. Antarmuka Atur Posisi Tanda Tangan

Penandatangan yang telah ditugaskan akan melihat daftar dokumen yang menunggu ditandatangani. Setelah meninjau isi dokumen, pengguna dapat menekan tombol untuk menandatangani. Sistem kemudian memproses file PDF menggunakan library SetaPDF Signer, menyisipkan tanda tangan digital sesuai posisi yang ditentukan, serta mengunci file agar tidak dapat diubah. Proses ini berlangsung secara otomatis tanpa perlu manipulasi file secara manual oleh pengguna.



Gambar 13. Antarmuka Pembubuhan Tanda Tangan

Setelah dokumen berhasil ditandatangani, sistem secara otomatis menghasilkan QR Code menggunakan library Endroid/qr-code. QR Code tersebut disematkan ke dalam dokumen PDF dan dapat dipindai oleh siapa saja untuk memverifikasi keaslian dokumen. Ketika QR Code dipindai, pengguna diarahkan ke halaman validasi dokumen yang menampilkan metadata seperti judul dokumen, tanggal tanda tangan, dan identitas penandatangan.



Gambar 14. Antarmuka Validasi Tanda Tangan

Implementasi ini menunjukkan bahwa sistem telah mampu mengakomodasi kebutuhan proses legalisasi dokumen akademik secara digital, dengan fitur yang lengkap, interaktif, dan aman. Setiap komponen berhasil diterapkan sesuai rancangan, dan siap untuk digunakan dalam lingkungan nyata.

3.4. Perancangan Sistem

Tahap pengujian sistem dilakukan menggunakan metode black box. Pengujian mencakup berbagai skenario penggunaan oleh ketiga peran pengguna. Hasilnya menunjukkan bahwa semua fungsi berjalan sesuai dengan yang dirancang, tanpa ditemukan kesalahan kritis. Pengguna dapat dengan mudah menavigasi sistem dan menyelesaikan proses tanda tangan dokumen secara digital.

Tabel 1. Hasil Pengujian Fungsi

No	Fitur yang Diuji	Langkah Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Login Pengguna	Masukkan email dan password yang valid	Pengguna masuk ke dashboard sesuai peran	Berhasil	Sesuai
2	Login Gagal	Masukkan email atau password yang salah	Muncul pesan kesalahan	Berhasil	Sesuai
3	Unggah Dokumen	Staf mengunggah file PDF ke sistem	Dokumen tersimpan dan tampil di daftar dokumen	Berhasil	Sesuai
4	Lihat Dokumen	Pengguna membuka detail dokumen	Informasi dokumen ditampilkan	Berhasil	Sesuai
5	Atur Posisi Tanda Tangan	Penandatanganan memilih posisi pada halaman PDF	Tanda tangan muncul sesuai koordinat	Berhasil	Sesuai
6	Tanda Tangan Dokumen	Penandatanganan menyetujui dokumen	Sistem membubuhkan tanda tangan digital	Berhasil	Sesuai
7	Generate QR Code	Setelah dokumen ditandatangani	QR Code muncul di halaman akhir dokumen	Berhasil	Sesuai
8	Validasi Dokumen	Pindai QR Code dan akses link validasi	Sistem menampilkan data dokumen dan status valid	Berhasil	Sesuai
9	Tambah Pengguna	Admin menambahkan akun baru	Akun baru tersimpan dan dapat login	Berhasil	Sesuai
10	Hapus Dokumen	Pengguna menghapus dokumen tertentu	Dokumen dihapus dari sistem	Berhasil	Sesuai

Melalui tahapan tersebut, sistem tanda tangan digital yang dihasilkan telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi, keamanan, dan keterlacakan dokumen akademik. Verifikasi melalui QR Code memungkinkan pengguna untuk memastikan keaslian dokumen tanpa perlu validasi manual, mendukung kampus dalam memperkuat digitalisasi layanan akademik secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem tanda tangan digital berbasis web yang dirancang untuk memfasilitasi proses legalisasi dokumen akademik secara elektronik di lingkungan kampus. Sistem ini mampu mengakomodasi tiga peran utama pengguna, yaitu staf admin dan staf rektor sebagai pengelola dokumen, serta penandatangan sebagai pihak yang memberikan tanda tangan digital. Dengan peran yang terdefinisi dengan baik, sistem ini mempermudah alur kerja tanda tangan tanpa perlu proses manual seperti pencetakan dan penandatanganan fisik.

Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode Waterfall, dengan teknologi PHP (CodeIgniter), MySQL, SetaPDF Signer, dan Endroid/qr-code. Sistem ini memungkinkan dokumen diunggah, diposisikan tandatangannya, ditandatangani secara digital, dan divalidasi secara daring melalui pemindaian QR Code. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna, serta mampu meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam proses administrasi dokumen.

Sistem ini telah berhasil menjawab kebutuhan kampus dalam mengurangi ketergantungan terhadap proses manual, mempercepat waktu proses legalisasi dokumen, dan meningkatkan integritas dokumen melalui validasi digital. Meskipun belum terintegrasi dengan Penyelenggara Sertifikasi Elektronik (PSrE), sistem ini telah menerapkan prinsip dasar tanda tangan digital dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk memenuhi standar hukum nasional di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya, khususnya Program Studi Teknik Informatika, atas dukungan yang diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Rangga Sanjaya, S.T., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan secara konsisten hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Muhammad Ibda atas kontribusinya dalam perancangan antarmuka pengguna (UI/UX) pada sistem yang dikembangkan. Terakhir, penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyusunan karya ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Sanjaya and R. N. Handayani, "Pengembangan Sistem Informasi MBKM Pada Universitas Ars Berbasis Website," Aug. 2023.
- [2] J. D. Irawan, I. Satrio, M. M. Munir, and R. K. Putra, "Sistem Informasi Manajemen Tanda Tangan Elektronik untuk Menghindari Pemalsuan Tanda Tangan," vol. 13, Jul. 2022.
- [3] M. A. I. Putri and Hermawan Denny, "Pengembangan Sistem Tanda Tangan Elektronik Menggunakan Fungsi Hash Sha-512 Dan Algoritma Kunci Publik RSA Di Universitas Al Azhar Indonesia (Studi Kasus Di Lingkungan Fakultas Sains Dan Teknologi)," Feb. 2023.
- [4] N. Arwa and S. Arifianto, "Implementasi Tanda Tangan Digital menggunakan ECDSA (Studi Kasus: Jurnal Tipe File pdf)," *REPOSITOR*, vol. 3, no. 3, pp. 321–330, 2021.
- [5] F. F. Roji, R. Setiawan, R. Gusdiana, M. R. Cahyadi Putra, and W. H. Hamdi, "Implementasi Tanda Tangan Digital pada Pembuatan Surat Keterangan dengan Metodologi Scrum," 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.itg.ac.id/>

- [6] Henderi, D. Rositawati, and P. Romansyah, "Model Digital Signature Pada Dokumen Formal Akademik," Feb. 2020.
- [7] F. Adila and Fitriyani, "Pengembangan Sistem Informasi Kasir Berbasis Website Pada Biya Salon Muslimah," *JIKA (Jurnal Informatika)*, vol. 8, no. 2, p. 171, Apr. 2024, doi: 10.31000/jika.v8i2.9990.
- [8] S. Supriadi and Ign. W. P. Agung, "Rancang Bangun Sistem Pakar Tes Psikologi Kepribadian Dengan Metode Certainty Factor," vol. 4, no. 2, Nov. 2023.
- [9] S. Anggrian and B. Y. Geni, "Perancangan Dan Pengembangan Sistem Informasi Kepegawaian Menggunakan Metode Waterfall (Studi Kasus: PT. Dola Usaha Indonesia)," Feb. 2024.
- [10] E. Prasetyo and A. Putra, "Implementasi Waterfall Model Dalam Pengembangan Sistem Informasi Eksekutif Penduduk," *Journal of Information Systems and Informatics*, vol. 3, no. 1, Mar. 2021, [Online]. Available: <http://journal-isi.org/index.php/isi>
- [11] P. Juventauricula, B. T. Hanggara, and D. Pramono, "Pengembangan Sistem Informasi Point of Sale (POS) berbasis Web menggunakan Pendekatan Metode Waterfall (Studi Kasus: Restoran Altari)," Jan. 2024. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [12] L. P. A. S. Tjahyanti, G. Rai Utama, and P. Korespondensi, "Peran Analisis Kebutuhan Dalam Menciptakan Sistem Informasi Yang Responsif Dan Berkelanjutan," *Jurnal Komputer dan Teknologi Sains (KOMTEKS)*, vol. 3, no. 2, pp. 1–11, Oct. 2024.
- [13] J. Simorangkir, Mhd. A. Hasan, and Guntoro, "Sistem Verifikasi Dokumen Menggunakan QR-Code di Prodi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Lancang Kuning," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (Justin)*, vol. 8, no. 4, p. 369, Oct. 2020, doi: 10.26418/justin.v8i4.42315.
- [14] R. R. Kurniawan, R. F. Sari, and N. Azizah, "Sistem Validasi Keaslian Dokumen Digital Berbasis QR-Code," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 2, Dec. 2020.
- [15] D. Tiara and A. Syukron, "Perancangan Sistem Informasi Monitoring Perkembangan Anak Berbasis Website Pada Rumah Pintar Indonesia (RPI) Yogyakarta," vol. 7, no. 2, p. 2019, 2019.
- [16] D. Nurmadewi, "Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Laboratorium Komputer Menggunakan Framework CodeIgniter," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi*, vol. 7, no. 3, pp. 1007–1012, Jul. 2024, doi: 10.32493/jtsi.v7i3.38754.
- [17] I. Ali, H. Fernandy, and N. Fauziyyah, "Pengembangan Sistem Informasi Penjaminan Mutu Internal Berbasis Web Menggunakan Framework Codeigniter 4," *JURNAL DEVICE*, vol. 14, pp. 243–250, Nov. 2024.
- [18] R. J. A. Mendrofa, J. laoli, C. Y. Waruwu, and A. G. Zai, "Evaluasi Implementasi Framework Codeigniter Pada Pengembangan Aplikasi Web: Kelebihan Dan Kekurangan," Jan. 2025.
- [19] M. P. A. Ginting and A. S. Lubis, "Pengujian Aplikasi Berbasis Web Data Ska Menggunakan Metode Black Box Testing," *FEBRUARI*, vol. 2, no. 1, pp. 41–48, Feb. 2024, doi: 10.55537/cosmic.
- [20] Saifudin, "Penerapan Model Waterfall Dan Blackbox Testing Dalam Pembuatan Sistem Informasi E-Aset Desa Berbasis Web," Jul. 2021.
- [21] M. Mailasari, M. N. Winnarto, and A. Purnamawati, "Penerapan Metode Waterfall dalam Pengembangan Aplikasi Schedule Maintenance Alat Produksi," *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 7, no. 1, pp. 133–141, Jan. 2024, doi: 10.29408/jit.v7i1.24080.