



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 23396-23402

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Sistem Arsip Ijazah Digital Berbasis Private Cloud dengan Autentikasi Biometrik Wajah

Muhammad Algarin Widodo

Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Islam Indragiri

algarinwido@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan arsip ijazah pada institusi pendidikan masih banyak bergantung pada dokumen fisik yang rentan rusak, hilang, sulit ditemukan kembali, dan membutuhkan ruang penyimpanan besar. Pemanfaatan layanan cloud publik dapat meningkatkan aksesibilitas, tetapi menimbulkan persoalan privasi dan kedaulatan data akademik. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem arsip ijazah digital berbasis private cloud dengan autentikasi biometrik wajah di SMKN 1 Tembilahan. Pengembangan sistem menggunakan System Development Life Cycle dengan model Waterfall, diawali melalui observasi, wawancara, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian. Infrastruktur dibangun pada peladen lokal berbasis Ubuntu dengan Nextcloud sebagai pengelola penyimpanan dokumen. Lapisan keamanan mengintegrasikan pustaka face-api.js dan model Tiny Face Detector untuk memverifikasi identitas serta mendeteksi keaslian wajah melalui respons dinamis. Pengujian dilakukan menggunakan Black Box Testing terhadap fungsi login, unggah arsip, validasi wajah, penolakan foto statis, dan integrasi pengunduhan dokumen. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fungsi utama berjalan dengan tingkat keberhasilan 100 persen. Mekanisme liveness detection mampu menerima wajah asli dan menolak percobaan spoofing menggunakan gambar dua dimensi. Integrasi aplikasi web dengan private cloud juga berjalan stabil sehingga distribusi ijazah dapat dibatasi kepada pengguna yang terverifikasi. Sistem ini meningkatkan efisiensi pencarian dan penyimpanan arsip, memperkuat kontrol akses, serta menjaga privasi dan kedaulatan data akademik di bawah pengelolaan institusi.

Kata kunci: Arsip Digital, Private Cloud, Biometrik Wajah, Keamanan Data, Kedaulatan Data

1. Latar Belakang

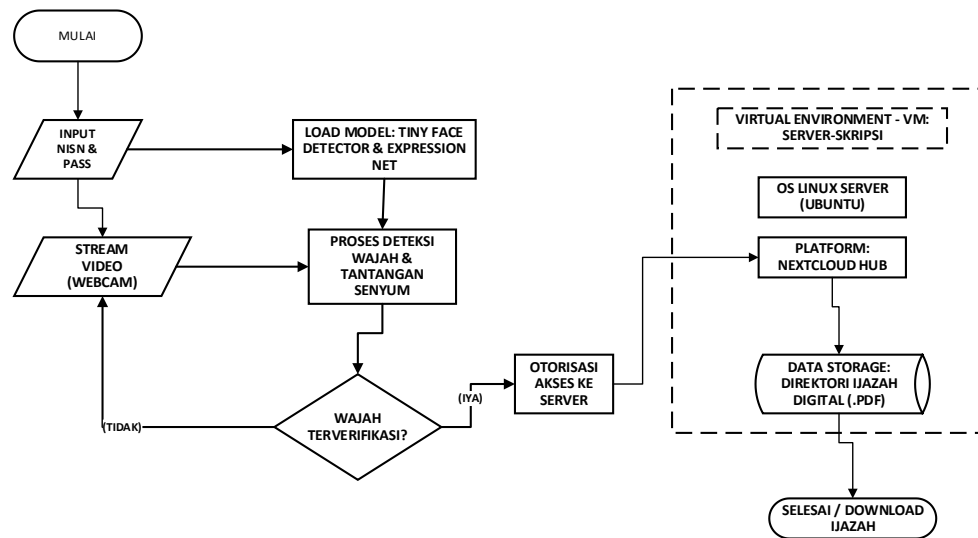
Dalam era transformasi digital global saat ini, isu keamanan dan kedaulatan data (*data sovereignty*) telah menjadi prioritas utama bagi institusi di berbagai sektor. Perkembangan teknologi penyimpanan berbasis komputasi awan (*Cloud Computing*), khususnya *Private Cloud*, semakin diminati karena menawarkan kontrol penuh terhadap data dibandingkan layanan publik [1]. Di sisi lain, teknologi autentikasi biometrik wajah (*Face Recognition*) telah berkembang menjadi standar keamanan modern untuk memverifikasi identitas pengguna secara akurat [2].

Menarik konteks ke tingkat nasional, institusi pendidikan vokasi (SMK) di Indonesia menghadapi tuntutan yang ketat terkait pengelolaan data alumni. Secara umum, pengelolaan arsip di banyak SMK di Indonesia masih mengandalkan metode konvensional [3,4]. Metode berbasis fisik ini terbukti memiliki banyak kelemahan, mulai dari inefisiensi ruang penyimpanan, lambatnya proses temu kembali informasi, hingga risiko kerusakan dokumen akibat kelembapan tinggi dan ancaman hama [5]. Kondisi geografis yang menyulitkan aksesibilitas juga memperlambat pelayanan legalisir arsip secara konvensional [6].

Sebagai upaya awal adaptasi digital, penggunaan *Public Cloud* seringkali dipilih, namun hal ini menghadirkan celah masalah baru terkait kedaulatan data. Menyimpan ijazah dan data pribadi di server pihak ketiga menimbulkan risiko kebocoran data dan ketidakpatuhan terhadap prinsip privasi institusi [7]. Berdasarkan celah (analisis kesenjangan) dari sistem konvensional dan *Public Cloud*, penelitian ini menawarkan kebaruan (*novelty*) berupa pengembangan sistem arsip digital berbasis *Private Cloud* yang dioperasikan secara mandiri (*self-hosted*). Sistem ini mengedepankan kedaulatan data secara mutlak. Sebagai inovasi perlindungan tambahan, sistem ini juga mengintegrasikan Autentikasi Biometrik Wajah (*Face Liveness Detection*) sebagai lapis keamanan untuk mencegah akses dan pengunduhan ijazah secara ilegal. Penelitian ini bertujuan untuk menguji tingkat efektivitas sistem *Private Cloud* tersebut dalam menyelesaikan permasalahan pencarian arsip dan memvalidasi keandalan deteksi wajah.

2. Metode Penelitian

Dalam melaksanakan pengembangan sistem informasi ini, penelitian mengadopsi kerangka kerja *System Development Life Cycle* (SDLC) dengan model *Waterfall*. Pengumpulan data sekunder terkait infrastruktur peladen dan kebutuhan sistem dilakukan melalui observasi langsung pada alur kerja staf serta wawancara komprehensif terkait manajemen dokumen fisik [4-6]. Berdasarkan analisis kebutuhan, sistem dibangun ke dalam tiga zona arsitektur. Zona pertama merupakan antarmuka (*front-end*) yang akan diakses pengguna untuk melakukan inisialisasi login. Zona kedua mengeksekusi lapisan keamanan ganda, di mana algoritma *Computer Vision* memproses citra wajah secara seketika (*real-time*) untuk membuktikan *liveness detection* (keaslian wajah melalui gerakan senyum). Apabila algoritma memverifikasi keabsahan wajah, pengguna akan diotorisasi untuk memasuki zona ketiga, yakni back-end peladen berbasis sistem operasi distribusi *Linux*. Di dalam server tervirtualisasi ini, platform *Nextcloud* bertindak sebagai manajer penyimpanan *Private Cloud* tersinkronisasi. Selain itu, studi literatur tambahan terkait implementasi biometrik, arsitektur komputasi awan, dan manajemen pengarsipan digital juga digunakan sebagai landasan teori dalam pengembangan sistem ini [8]-[16]. Penjabaran teknis dari alur kerja algoritma autentikasi hingga penarikan dokumen PDF dapat diilustrasikan melalui representasi diagram alir yang terstruktur pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Kerja Sistem

3. Hasil dan Diskusi

3.1 .Analisis Kebutuhan Sistem

Berdasarkan pengumpulan data melalui observasi dan wawancara di SMKN 1 Tembilahan, pengelolaan arsip ijazah manual memiliki kelemahan yang sangat signifikan. Analisis menggunakan kerangka kerja PIECES (*Performance, Information, Economy, Control, Efficiency, Service*) mengonfirmasi bahwa kinerja pencarian fisik memakan waktu lama, rentan terhadap kerusakan usia maupun hama, serta memiliki tingkat keamanan rendah karena hanya menggunakan lemari arsip konvensional. Sebagai solusi, sistem arsip digital berbasis *Private Cloud* diimplementasikan untuk memberikan efisiensi penyimpanan jangka panjang, penghematan anggaran ruang fisik, dan perlindungan kedaulatan data yang terpusat di lingkungan sekolah.

3.2 .Implementasi dan Pengujian Keamanan Biometrik

Sistem diimplementasikan menggunakan peladen lokal berbasis sistem operasi distribusi Linux (Ubuntu) dengan platform *Nextcloud* sebagai ruang penyimpanan utama. Pada lapisan keamanan antarmuka, algoritma kecerdasan buatan diimplementasikan melalui pustaka *face-api.js* menggunakan model *Tiny Face Detector*. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memvalidasi fungsionalitas dan keandalan mekanisme pertahanan (*defense mechanism*) pada modul biometrik.

Tabel 1. Hasil Pengujian Fungsionalitas dan Keamanan Sistem

Fitur	Skenario Pengujian	Hasil
Login Admin	Memasukkan kredensial admin yang valid dan invalid.	Berhasil (100%)
Unggah Arsip	Admin mengunggah file PDF ijazah untuk disinkronisasi ke <i>Nextcloud</i> .	Berhasil (100%)
Face Liveness (Valid)	Memindai wajah asli yang identik dengan pangkalan data serta mendeteksi senyuman.	Berhasil (100%)
Face Liveness (Invalid)	Memindai wajah menggunakan foto statis (kertas/layar) atau pergerakan wajah tidak wajar.	Berhasil Ditolak (100%)
Integrasi Cloud	Menekan tombol "Unduh PDF" pada brankas arsip digital.	Berhasil (100%)

Hasil pengujian fungsionalitas secara empiris mengonfirmasi bahwa alur komunikasi data antara aplikasi web (*front-end*) dan infrastruktur *Private Cloud* (*back-end*) berjalan stabil tanpa galat. Algoritma biometrik terbukti andal dalam menangani skenario masukan tidak valid. Segala bentuk upaya manipulasi atau intrusi, seperti percobaan *spoofing* menggunakan foto dua dimensi secara otomatis berhasil ditolak oleh algoritma, di mana sistem langsung memblokir sesi akses tersebut dan merekamnya ke dalam log keamanan.

3.3 Pembahasan Arsitektur Private Cloud

Penerapan *private cloud* pada penelitian ini memberikan perbedaan mendasar dibandingkan penyimpanan dokumen pada layanan publik. Seluruh data ijazah ditempatkan pada peladen yang dikelola institusi sehingga sekolah memiliki kewenangan langsung terhadap lokasi penyimpanan, konfigurasi pengguna, kebijakan berbagi dokumen, dan pencatatan aktivitas. Kendali tersebut penting karena ijazah memuat identitas pribadi, nomor dokumen, informasi kelulusan, dan data akademik yang tidak seharusnya dapat diakses secara terbuka. Dengan menempatkan *Nextcloud* pada lingkungan internal, sekolah dapat menentukan sendiri siapa yang berhak mengunggah, melihat, mengunduh, maupun menghapus berkas. Pendekatan ini sejalan dengan pengembangan repositori sekolah berbasis *private cloud* yang menempatkan kontrol administratif sebagai bagian utama dari pengelolaan dokumen digital [8], [10].

Arsitektur sistem dibagi ke dalam tiga zona, yaitu antarmuka pengguna, lapisan autentikasi, dan peladen penyimpanan. Pemisahan ini membantu mengurangi akses langsung ke direktori arsip karena permintaan pengguna harus melewati proses verifikasi sebelum diteruskan ke *Nextcloud*. Antarmuka berfungsi sebagai pintu masuk, sedangkan modul biometrik bertindak sebagai lapisan pengendali yang memastikan identitas pengguna sesuai dengan data yang telah terdaftar. Setelah verifikasi berhasil, aplikasi memberikan otorisasi menuju dokumen yang relevan. Struktur berlapis tersebut tidak hanya meningkatkan keamanan, tetapi juga memudahkan pemeliharaan karena setiap komponen dapat diperiksa dan diperbarui secara terpisah tanpa harus mengubah keseluruhan sistem.

Penggunaan *Ubuntu* sebagai sistem operasi peladen memberikan lingkungan yang fleksibel untuk pengelolaan layanan jaringan, penyimpanan, pencadangan, dan pembaruan keamanan. *Nextcloud* kemudian menyediakan fungsi sinkronisasi, manajemen folder, pembagian hak akses, serta penyimpanan dokumen PDF secara terpusat. Dalam konteks sekolah, kombinasi ini relevan karena dapat dijalankan pada perangkat yang tersedia secara lokal dan tidak selalu membutuhkan biaya langganan penyimpanan eksternal. Meskipun demikian, *private cloud* tidak berarti bebas risiko. Keamanan tetap bergantung pada kualitas konfigurasi peladen, pengelolaan kata sandi, pembaruan perangkat lunak, perlindungan jaringan, dan disiplin administrator dalam mengelola hak akses.

Pusat penyimpanan yang terintegrasi juga mengurangi fragmentasi arsip. Pada metode konvensional, dokumen dapat tersebar di lemari, ruang tata usaha, atau salinan pribadi petugas sehingga proses pencarian menjadi tidak konsisten. Melalui *private cloud*, berkas dapat disusun berdasarkan tahun kelulusan, program keahlian, nomor

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.12533>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

induk, atau identitas alumni. Struktur tersebut memudahkan proses temu kembali dan mengurangi ketergantungan pada ingatan petugas tertentu. Apabila pergantian pegawai terjadi, sistem tetap dapat digunakan melalui prosedur dan akun yang telah ditetapkan sehingga kesinambungan layanan arsip lebih terjaga.

3.4 Evaluasi Sistem Berdasarkan Kerangka PIECES

Dari dimensi Performance, sistem digital mempercepat proses pencarian dan distribusi dokumen. Petugas tidak lagi harus memeriksa bundel arsip secara manual karena pencarian dapat dilakukan melalui struktur folder dan metadata yang tersedia pada Nextcloud. Kecepatan ini berpengaruh langsung terhadap pelayanan alumni, terutama ketika dokumen dibutuhkan untuk melamar pekerjaan, melanjutkan pendidikan, atau melakukan verifikasi administrasi. Hasil pengujian integrasi menunjukkan tombol unduh mampu mengarahkan pengguna terverifikasi kepada dokumen PDF yang disimpan pada private cloud. Keberhasilan tersebut menunjukkan bahwa alur dari antarmuka, autentikasi, hingga penyimpanan telah bekerja sesuai rancangan.

Pada dimensi Information, digitalisasi meningkatkan keteraturan dan konsistensi informasi arsip. Dokumen dapat disimpan dalam format yang seragam, diberi nama berdasarkan aturan tertentu, dan dikelompokkan secara sistematis. Kondisi ini mengurangi risiko kesalahan pencarian akibat label fisik yang rusak atau penempatan dokumen yang tidak sesuai. Informasi juga dapat diperbarui melalui administrator yang berwenang tanpa harus menggandakan banyak salinan. Namun, kualitas informasi tetap ditentukan oleh ketelitian pada saat pemindaian, penamaan berkas, dan pengisian metadata. Oleh sebab itu, institusi perlu menetapkan standar resolusi pemindaian, format nama berkas, dan prosedur pemeriksaan agar arsip digital benar-benar mewakili dokumen sumber.

Pada dimensi Economy, sistem menawarkan penghematan jangka panjang melalui pengurangan kebutuhan ruang penyimpanan fisik, map, lemari, dan aktivitas pencarian manual. Biaya awal tetap diperlukan untuk penyediaan peladen, kamera, jaringan, listrik, dan pemeliharaan. Namun, perangkat tersebut dapat digunakan secara berulang untuk banyak angkatan dan jumlah dokumen yang terus bertambah. Pemanfaatan perangkat lunak sumber terbuka juga dapat menekan biaya lisensi. Analisis ekonomi sebaiknya tidak hanya mempertimbangkan harga perangkat, tetapi juga waktu kerja petugas yang dapat dihemat, berkurangnya risiko kerusakan arsip, dan peningkatan kecepatan pelayanan kepada alumni.

Pada dimensi Control, sistem memberikan peningkatan paling nyata melalui pembatasan hak akses dan autentikasi biometrik. Lemari arsip konvensional pada umumnya hanya dilindungi oleh kunci fisik dan sangat bergantung pada pengawasan petugas. Sistem yang dikembangkan mengharuskan pengguna memasukkan kredensial dan menjalani verifikasi wajah sebelum mengakses dokumen. Setiap percobaan akses yang tidak memenuhi syarat dapat ditolak dan dicatat dalam log keamanan. Mekanisme ini membuat pengendalian lebih terukur karena administrator dapat menelusuri waktu akses, akun yang digunakan, dan aktivitas yang dilakukan pada dokumen.

Pada dimensi Efficiency, pekerjaan berulang dapat dikurangi karena satu berkas digital dapat dikelola dan ditemukan kembali tanpa memindahkan dokumen fisik. Sinkronisasi penyimpanan memungkinkan petugas mengunggah arsip dari antarmuka dan menyimpannya secara terpusat. Efisiensi juga muncul pada proses distribusi karena alumni yang telah terverifikasi dapat memperoleh dokumen sesuai otorisasi tanpa petugas harus mencari dan memindai ulang setiap permintaan. Walaupun demikian, efisiensi hanya tercapai apabila struktur penyimpanan disusun dengan konsisten dan tersedia koneksi jaringan yang stabil di lingkungan sekolah.

Pada dimensi Service, sistem memberikan peluang peningkatan mutu layanan administrasi. Waktu tunggu dapat dipersingkat, risiko dokumen salah diberikan dapat ditekan, dan proses verifikasi identitas menjadi lebih terarah. Alumni tidak hanya memperoleh akses yang lebih cepat, tetapi juga mendapatkan kepastian bahwa dokumen disimpan dalam lingkungan yang dikendalikan sekolah. Bagi petugas, sistem membantu mengalihkan pekerjaan dari pencarian manual menuju pemeriksaan data dan pengawasan akses. Peningkatan layanan ini mendukung tujuan digitalisasi kearsipan sekolah sebagaimana dibahas dalam penelitian mengenai manajemen arsip dan repositori pendidikan [4], [5], [12].

3.5 Analisis Autentikasi Biometrik dan Liveness Detection

Autentikasi biometrik digunakan sebagai lapisan tambahan setelah pengguna memasukkan informasi login. Secara konseptual, kombinasi kredensial dan karakteristik wajah membentuk mekanisme autentikasi berlapis karena sistem tidak hanya bergantung pada sesuatu yang diketahui pengguna, tetapi juga pada karakteristik yang melekat pada pengguna. Model Tiny Face Detector pada face-api.js dipilih karena mampu melakukan deteksi melalui peramban dengan kebutuhan komputasi yang relatif ringan. Pilihan tersebut sesuai untuk lingkungan sekolah yang mungkin belum memiliki perangkat keras berkemampuan tinggi, tetapi tetap membutuhkan respons verifikasi secara real-time.

Fitur liveness detection menambahkan tantangan respons dinamis berupa senyuman, kedipan, atau pergerakan kepala. Tujuan utamanya adalah membedakan wajah hidup dari foto statis yang diarahkan ke kamera. Dalam skenario pengujian, wajah asli yang sesuai dengan pangkalan data diterima, sedangkan foto dua dimensi atau gerakan yang tidak wajar berhasil ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa modul mampu menjalankan logika pertahanan dasar terhadap presentation attack. Temuan tersebut konsisten dengan penelitian yang memanfaatkan pengenalan wajah dan autentikasi biometrik untuk meningkatkan keamanan akses pada aplikasi digital [9], [14], [16].

Tingkat keberhasilan 100 persen pada pengujian harus dipahami sebagai keberhasilan seluruh skenario Black Box Testing yang telah ditentukan, bukan sebagai jaminan bahwa algoritma selalu akurat pada setiap kondisi. Pengujian fungsional memastikan sistem memberikan keluaran yang benar ketika menerima masukan valid dan tidak valid. Akan tetapi, akurasi pengenalan wajah dalam penggunaan nyata dapat dipengaruhi oleh pencahayaan, kualitas kamera, posisi wajah, perubahan penampilan, jarak pengguna, dan kestabilan jaringan. Karena itu, hasil penelitian membuktikan kelayakan fungsi pada lingkungan uji, sementara evaluasi lebih luas tetap diperlukan sebelum sistem digunakan untuk volume pengguna yang besar.

Pengelolaan data biometrik juga memerlukan perhatian khusus karena citra atau representasi wajah merupakan data pribadi yang sensitif. Sekolah perlu memastikan bahwa data hanya dikumpulkan untuk tujuan autentikasi, disimpan dengan perlindungan yang sesuai, dan tidak digunakan untuk kepentingan lain tanpa persetujuan. Hak administrator terhadap data biometrik harus dibatasi, sedangkan proses pendaftaran dan penghapusan data perlu mengikuti prosedur resmi. Dengan demikian, peningkatan keamanan akses tidak menimbulkan risiko privasi baru akibat pengelolaan data biometrik yang tidak terkendali.

Log keamanan yang mencatat percobaan akses dapat dimanfaatkan sebagai bagian dari audit. Ketika sistem menolak foto statis atau wajah yang tidak sesuai, peristiwa tersebut perlu direkam dengan waktu, akun, dan status verifikasi. Informasi ini membantu administrator mendeteksi pola percobaan akses berulang, melakukan evaluasi insiden, dan menentukan tindakan lanjutan. Integrasi autentikasi berlapis dengan audit log memperkuat prinsip akuntabilitas karena setiap akses terhadap dokumen akademik memiliki jejak yang dapat diperiksa.

3.6 Interpretasi Hasil Pengujian Fungsional

Pengujian login admin menunjukkan bahwa sistem dapat membedakan kredensial yang valid dan tidak valid. Fungsi ini merupakan dasar pengendalian administratif karena hanya akun tertentu yang dapat mengunggah atau mengelola arsip. Keberhasilan modul unggah membuktikan bahwa aplikasi mampu meneruskan dokumen PDF menuju Nextcloud dan menempatkannya pada penyimpanan yang telah ditentukan. Kedua fungsi tersebut memperlihatkan bahwa integrasi antara aplikasi dan peladen tidak hanya berlangsung pada proses membaca dokumen, tetapi juga pada proses pengelolaan arsip oleh petugas.

Pengujian Face Liveness valid dan tidak valid memberikan gambaran mengenai dua sisi mekanisme autentikasi. Skenario valid memastikan pengguna sah tidak terhambat ketika wajah dan respons dinamis dapat dikenali. Sebaliknya, skenario tidak valid memastikan sistem mengambil pendekatan fail-safe dengan menolak akses ketika keaslian wajah tidak dapat dibuktikan. Dalam sistem pengarsipan ijazah, penolakan yang hati-hati lebih dapat diterima daripada memberikan akses kepada pihak yang tidak berwenang. Namun, prosedur bantuan tetap perlu disediakan bagi pengguna sah yang mengalami kegagalan verifikasi karena kondisi kamera atau perubahan penampilan.

Pengujian integrasi cloud memperlihatkan bahwa dokumen dapat diunduh setelah proses autentikasi selesai. Alur ini penting karena keberhasilan autentikasi tanpa akses dokumen yang tepat tidak akan menyelesaikan masalah pelayanan arsip. Sebaliknya, akses dokumen tanpa verifikasi akan menimbulkan risiko keamanan. Hasil 100 persen pada seluruh skenario menunjukkan bahwa komponen yang dikembangkan telah terhubung secara fungsional dan tidak ditemukan galat pada rangkaian pengujian yang dilakukan.

Meskipun Black Box Testing sesuai untuk mengevaluasi fungsi dari perspektif pengguna, pengujian lanjutan perlu mencakup beban sistem, ketahanan sesi, waktu respons, pemulihan setelah kegagalan, dan keamanan jaringan. Pengujian beban dapat mengetahui kemampuan peladen ketika banyak alumni mengakses sistem secara bersamaan. Pengujian pemulihan diperlukan untuk memastikan dokumen tetap tersedia setelah gangguan listrik atau kerusakan perangkat. Sementara itu, pengujian penetrasi dapat digunakan untuk memeriksa kerentanan pada konfigurasi web, autentikasi, dan koneksi antara aplikasi dengan Nextcloud.

3.7 Implikasi bagi Tata Kelola Arsip Sekolah

Implementasi sistem membawa perubahan dari pengelolaan arsip berbasis ruang fisik menuju tata kelola berbasis data. Perubahan tersebut memerlukan pembagian peran yang jelas antara administrator sistem, petugas tata usaha, pimpinan sekolah, dan pengguna alumni. Administrator bertanggung jawab terhadap konfigurasi teknis, pembaruan, pencadangan, dan pemantauan keamanan. Petugas tata usaha berfokus pada validasi dokumen, penamaan berkas, dan pemberian hak akses. Pimpinan sekolah perlu menetapkan kebijakan penggunaan, retensi, serta perlindungan data agar sistem tidak hanya berjalan sebagai proyek teknis, tetapi menjadi bagian dari prosedur resmi institusi.

Prosedur digitalisasi sebaiknya dimulai dengan pemeriksaan dokumen fisik, pemindaian, verifikasi keterbacaan, penamaan, pengunggahan, dan pencatatan lokasi arsip asli. Salinan digital tidak serta-merta menghilangkan kebutuhan terhadap dokumen fisik, terutama apabila terdapat ketentuan legal yang mewajibkan penyimpanan asli. Oleh sebab itu, sistem lebih tepat diposisikan sebagai sarana pengamanan, temu kembali, dan distribusi terkontrol. Hubungan antara arsip fisik dan digital perlu dijaga melalui nomor identifikasi yang konsisten sehingga petugas dapat menelusuri sumber dokumen ketika diperlukan.

Pencadangan menjadi unsur penting dalam private cloud karena kendali institusi juga berarti tanggung jawab terhadap kehilangan data berada pada institusi. Sekolah perlu menerapkan salinan cadangan berkala pada media atau lokasi yang berbeda dari peladen utama. Pencadangan harus diuji melalui proses pemulihan, bukan hanya dibuat dan disimpan. Selain itu, penggunaan sumber daya listrik yang stabil, perangkat pelindung daya, pemantauan kapasitas penyimpanan, dan pembaruan keamanan perlu dimasukkan ke dalam rencana operasional.

Penerimaan pengguna juga menentukan keberlanjutan sistem. Petugas memerlukan pelatihan mengenai unggah dokumen, pencarian, pengelolaan akun, dan penanganan kegagalan verifikasi. Alumni membutuhkan petunjuk penggunaan yang sederhana, termasuk posisi wajah, pencahayaan, dan langkah yang dilakukan apabila akses ditolak. Dukungan teknis yang jelas akan mengurangi resistensi dan mencegah pengguna kembali menggunakan proses manual karena menganggap sistem terlalu sulit.

Dalam jangka panjang, data aktivitas sistem dapat membantu sekolah mengevaluasi kebutuhan layanan. Jumlah permintaan arsip, waktu akses, kegagalan autentikasi, dan penggunaan kapasitas dapat dianalisis untuk menentukan peningkatan perangkat maupun prosedur. Dengan demikian, sistem tidak hanya menjadi tempat penyimpanan, tetapi juga sumber informasi bagi pengambilan keputusan terkait pelayanan alumni dan pengembangan infrastruktur teknologi informasi sekolah.

3.8 Keterbatasan Penelitian dan Arah Pengembangan

Penelitian ini berfokus pada implementasi prototipe dan pengujian fungsional, sehingga belum mengevaluasi sistem dalam penggunaan jangka panjang dengan jumlah pengguna yang besar. Skenario biometrik yang diuji masih terbatas pada wajah valid, foto statis, dan respons gerakan tertentu. Penelitian lanjutan perlu menggunakan variasi kondisi pencahayaan, jenis kamera, jarak, sudut wajah, penggunaan masker atau kacamata, serta perubahan penampilan. Pengujian tersebut diperlukan untuk menghitung tingkat penerimaan salah dan penolakan salah sehingga kinerja biometrik dapat dinilai secara lebih terukur.

Sistem juga perlu diuji terhadap serangan yang lebih beragam, misalnya video replay, manipulasi sesi, pencurian kredensial, dan akses langsung ke alamat penyimpanan. Mekanisme liveness detection berbasis gerakan sederhana dapat diperkuat dengan tantangan acak, pemeriksaan tekstur, atau model anti-spoofing yang lebih khusus. Integrasi multi-factor authentication sebagaimana dikembangkan pada penelitian keamanan akses data [11] dapat dipertimbangkan untuk akun administrator yang memiliki kewenangan tinggi.

Pengembangan ke platform mobile dapat memperluas akses alumni karena sebagian besar pengguna lebih mudah menggunakan telepon pintar. Namun, aplikasi mobile harus tetap menggunakan koneksi terenkripsi, pengelolaan sesi yang aman, dan pembatasan penyimpanan lokal agar dokumen tidak tersalin tanpa kendali. Integrasi Optical Character Recognition juga dapat membantu mengekstraksi nama, nomor ijazah, dan tahun kelulusan dari hasil pemindaian. Data hasil OCR sebaiknya diverifikasi oleh petugas sebelum dimasukkan sebagai metadata karena kesalahan pembacaan dapat menyebabkan dokumen sulit ditemukan atau dikaitkan dengan alumni yang salah.

Pengembangan berikutnya dapat menambahkan tanda tangan digital, kode verifikasi, atau tautan validasi untuk memastikan dokumen yang diterima pihak lain berasal dari sistem sekolah. Fitur tersebut akan memperluas manfaat sistem dari penyimpanan internal menuju layanan verifikasi ijazah. Akan tetapi, penerapannya harus disesuaikan dengan kebijakan institusi dan ketentuan yang berlaku agar salinan digital memiliki status dan proses penggunaan yang jelas.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi private cloud dan autentikasi biometrik merupakan pendekatan yang layak untuk meningkatkan efisiensi sekaligus keamanan pengelolaan arsip ijazah. Keunggulan utama tidak hanya terletak pada keberhasilan teknis seluruh modul, tetapi juga pada perubahan tata kelola dari penyimpanan fisik yang tersebar menuju layanan digital terpusat dan terkontrol. Keberlanjutan sistem selanjutnya bergantung pada kebijakan, pemeliharaan, pencadangan, pelatihan pengguna, dan evaluasi keamanan secara berkala.

4. Kesimpulan

Pengembangan Sistem Informasi Arsip Ijazah Digital Berbasis *Private Cloud* dengan Autentikasi Biometrik Wajah di SMKN 1 Tembilahan telah berhasil diimplementasikan secara terpusat untuk mengatasi permasalahan inefisiensi ruang dan lambatnya pencarian arsip fisik. Berdasarkan hasil pengujian fungsionalitas, seluruh modul utama aplikasi beroperasi secara optimal dan stabil dengan tingkat keberhasilan seratus persen. Modul *Face Liveness Detection* terbukti andal dalam memvalidasi wajah asli alumni secara seketika melalui tantangan respons dinamis berupa deteksi senyuman, kedipan mata, dan pergerakan kepala. Sistem ini juga sukses memblokir berbagai upaya pemalsuan akses. Komunikasi jaringan antara aplikasi web dan peladen Linux berjalan valid, memastikan bahwa hak akses distribusi dokumen hanya diberikan secara eksklusif kepada pemilik sah. Hal ini menjamin kedaulatan serta privasi data arsip ijazah tetap terjaga di dalam jaringan internal sekolah tanpa bergantung pada peladen publik pihak ketiga. Guna penyempurnaan di masa mendatang, disarankan untuk melakukan pengembangan lanjutan ke platform bergerak (*mobile*) serta mengintegrasikan fitur *Optical Character Recognition* (OCR) untuk kemudahan ekstraksi teks arsip secara otomatis.

Referensi

- [1] J. Dwi Santoso and A. Mustopa, "Private cloud Computing Infrastructure As A Service Dengan Owncloud Di Smk Al-Islam Joresan Kabupaten Ponorogo," 2022.
- [2] B. T. Utomo, I. Fitri, and E. Mardiani, "Penerapan Face Recognition Pada Aplikasi Akademik Online," Dec. 2020.
- [3] A. Kusumah et al., "Pelatihan Pengelolaan Bursa Kerja Khusus (Bkk) Sekolah Menengah Kejuruan (Smk) Se-Provinsi Riau," *Abdimas Ekodiksosiora Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Ekonomi, Pendidikan, dan Sosial Humaniora*, vol. 3, no. 2, pp. 80–83, 2023, [Online]. Available: <https://tracervokasi.kemdikbud.go.id/>
- [4] F. Puspita, H. Sawiji, and S. Susantiningrum, "Pelaksanaan manajemen kearsipan pada bagian tata usaha di SMK Kristen 1 Surakarta," *JIKAP (Jurnal Informasi dan Komunikasi Administrasi Perkantoran)*, vol. 8, no. 3, p. 278, May 2024, doi: 10.20961/jikap.v8i3.78843.
- [5] S. Sonya, "Preservasi Arsip Statis di Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Riau dalam Upaya Pelestarian Arsip," *Abdi Pustaka*, vol. 5, pp. 79–92, Jan. 2023.
- [6] W. Saputra and A. Fitra Yuza, "Volume: 1 Nomor : 4 Desember 2024 Efektivitas Pelayanan Publik Dalam Memberikan Pelayanan Kepada Masyarakat Di Desa Panglima Raja Kecamatan Concong Luar Kabupaten Indragiri Hilir."
- [7] Joni, teguh prasandy, and I. revelin murmanto, "Mitigasi Risiko Komputasi Awan," vol. X, pp. 98–103, Dec. 2019.
- [8] E. A. Laksana, S. -, V. Mardiansyah, Y. M. Madsu, and I. O. Herlistiono, "Perancangan Dokumen Repository Berbasis Private cloud untuk Membantu Administrasi Sekolah SMKN 2 Cimahi," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, vol. 6, no. 1, pp. 43–48, Nov. 2023, doi: 10.24853/jpmt.6.1.43-48.
- [9] T. Awaludin, A. Ichsan Pradana, and D. Hartanti, "Analisis Performa Autentikasi Wajah pada Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit Menggunakan Model Tiny Face Detector dari Face-API.js," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis (SENATIB)*, p. 2025, Jul. 2025.
- [10] Y. P. Widyastuti, A. A. Setiyanti, K. Satya Wacana, D. Universitas, K. Satya, and W. Abstract, "Perancangan Private cloud Storage Menggunakan Nextcloud untuk Meningkatkan Kinerja Administrasi di Sekolah," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 2024, no. 15, pp. 697–709, doi: 10.5281/zenodo.13834069.
- [11] S. Eko Prasetyo and A. Mindy, "Jurnal Manajemen Informatika (Jamika) Implementasi Multi-Factor Authentication Untuk Optimalisasi Keamanan Akses Data Implementation of Multi-Factor Authentication for Optimizing Data Access Security", doi: 10.34010/jamika.v15i1.14190.
- [12] Sohiron, "Manajemen Arsip dalam Ketatausahaan di Sekolah Menengah Atas Negeri 12 Pekanbaru Murniati, Sohiron Manajemen Arsip dalam Ketatausahaan di Sekolah Menengah Atas Negeri 12 Pekanbaru Murniati."
- [13] "Perancangan Sistem Absensi Pengenalan Wajah Mahasiswa Prodi Teknologi Informasi Berbasis Website."
- [14] F. M. Firdaus and H. Hidayat, "Perancangan dan Implementasi Sistem Absensi Siswa Berbasis Web Menggunakan Face Recognition dan SMS Gateway," *Jurnal Manajemen Informatika (Jamika)*, vol. 15, no. 1, pp. 32–46, Apr. 2025, doi: 10.34010/jamika.v15i1.13601.
- [15] P. Adytia, H. Ekawati, and M. Nurfajri, "Implementasi Private cloud Computing Untuk Praktek Siswa Dengan Menggunakan Openstack (Studi Kasus Pada Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 7 Samarinda)."
- [16] M. Jannah, M. Faris Hidayat, M. Agustiyani, P. Wira Buana, and F. Purwani, "Implementation Of Biometric Authentication To Enhance Security And Privacy Of Digital Wallet Users," *Journal of Sciencetech Research and Development*, vol. 6, no. 2, 2024, [Online]. Available: <https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>