

SISTEM PENGESAHAN DOKUMEN DENGAN QR CODE DAN MEMANFAATKAN JSON WEB TOKEN (JWT) UNTUK MENGURANGI PENYIMPANAN (STUDI KASUS : UNIVERSITAS ESA UNGGUL KAMPUS BEKASI)

Arizki Putra Rahman, Nixon Erzed

Teknik Informatika, Universitas Esa Unggul

Jl. Harapan Indah Boulevard No.2 Pusaka Rakyat Kabupaten Bekasi, Indonesia

arizkiputrar@gmail.com

ABSTRAK

Dalam era digital yang berkembang pesat, penanganan dan perlindungan data yang efektif menjadi prioritas utama, terutama di institusi pendidikan seperti Universitas Esa Unggul Kampus Bekasi. Penelitian ini mengembangkan sistem dan layanan mikro menggunakan metode *waterfall*, memanfaatkan teknologi *JSON Web Token (JWT)* untuk enkripsi dan verifikasi data, serta *QR Code* untuk akses data terenkripsi. Solusi ini memungkinkan pengesahan dokumen secara efisien dan aman, mengurangi risiko penyalahgunaan data dan meminimalkan kebutuhan penyimpanan berlebih. Hasil penelitian yang telah dilakukan pengujian menggunakan *black-box testing* menunjukkan sistem ini dapat berjalan sesuai dengan skenario yang ditentukan. Selain itu, sistem ini mampu melindungi data sensitif secara efektif dan memberikan akses aman kepada pengguna. *QR Code* yang dihasilkan memudahkan akses cepat ke data terenkripsi, sementara pendekatan *storageless* dengan *JWT* meningkatkan efisiensi dan keamanan sistem. Sistem ini memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam berbagai konteks yang memerlukan validasi data dan pengelolaan akses aman, khususnya di lingkungan pendidikan.

Kata kunci : Pengesahan, JSON Web Token, QR Code, Sistem, Storageless

1. PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan teknologi informasi dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam pengelolaan dan validasi data, telah membawa dampak signifikan pada kebutuhan akan sistem yang efisien dan aman. Saat ini, proses validasi dan pengelolaan data menjadi krusial terutama dalam lingkup pengesahan dokumen dan tautan. Namun, banyak sistem validasi yang masih menghadapi kendala, seperti kebutuhan penyimpanan data yang besar dan potensi risiko keamanan. Oleh karena itu, pengembangan sistem dan layanan mikro yang menggabungkan validasi, pengelolaan tanpa penyimpanan (*storageless*) dan enkripsi menjadi suatu kebutuhan mendesak.

Universitas Esa Unggul sebagai lembaga pendidikan tinggi yang terus berinovasi dan beradaptasi dengan perkembangan teknologi membutuhkan solusi yang efektif dan aman dalam pengelolaan dan pengesahan dokumen mahasiswa, dosen, dan akademis. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem dan layanan mikro yang memanfaatkan *JSON Web Token (JWT)* dan *QR Code* untuk pengesahan data tanpa menyimpannya dalam basis data.

Keunggulan dari pendekatan *storageless* adalah pengurangan kebutuhan penyimpanan data, sehingga meminimalkan risiko keamanan terkait dengan penyimpanan data yang besar. Penggunaan *QR Code* sebagai media penyimpanan informasi terenkripsi juga mempermudah proses validasi dengan memanfaatkan teknologi pemindaian *QR Code* yang umum digunakan. Dengan demikian, sistem yang diusulkan diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif,

aman, dan efisien dalam mengelola dan melakukan validasi data.

Selain itu, integrasi *JSON Web Token (JWT)* sebagai metode enkripsi menambah lapisan keamanan pada data yang dikirim dan diverifikasi di antara berbagai sistem yang terlibat. Sistem ini tidak hanya memberikan kemudahan dalam validasi dokumen dan tautan tetapi juga memastikan keamanan informasi yang terkandung dalam *JWT*. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengelolaan dan validasi data di lingkungan akademis Universitas Esa Unggul Kampus Bekasi.

Dalam konteks yang lebih luas, pengembangan sistem ini memiliki potensi untuk diadopsi dan disesuaikan dengan berbagai entitas, seperti lembaga pendidikan tinggi, instansi pemerintah, dan perusahaan yang memerlukan solusi efektif dan aman dalam pengelolaan dan validasi data. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya memberikan dampak signifikan pada lingkungan akademis tetapi juga membuka peluang untuk aplikasi lebih luas di masyarakat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Nur Cahyo Hendro Wibowo, Albadru Muh Izul Khaq, dan Siti Nur'aini dalam penelitian yang berjudul "Pengembangan Sistem Layanan Administrasi Kependudukan Desa Papasan dengan *QR Code* sebagai Validasi Dokumen". Sistem pelayanan administrasi yang dikembangkan menggunakan *QR code* berhasil diuji dengan hasil sangat baik

berdasarkan *User Acceptance Test (UAT)* dengan persentase total 88% [1].

Novan Adi Musthofa, Siti Mutrofin, dan Mohamad Ali Murtadho dalam penelitian yang berjudul "Implementasi *Quick Response (QR) Code* Pada Aplikasi Validasi Dokumen Menggunakan Perancangan *Unified Modelling Language (UML)*". Aplikasi validasi dokumen mampu melakukan enkripsi serta deskripsi data dalam bentuk URL dan diubah ke bentuk *QR Code*. Aplikasi ini hanya mampu menangani 5 jenis dokumen [2].

Antika Lorien dan Theophilus Wellem dalam penelitian yang berjudul "Implementasi Sistem Otentikasi Dokumen Berbasis *Quick Response (QR) Code* dan *Digital Signature*". Sistem berhasil memisahkan dan verifikasi digital *signature* dari data yang ada pada *QR code*, memastikan keaslian dokumen [3].

Unggul Budi Astowo dan Ari Sujarwo dalam penelitian yang berjudul "Penerapan *JSON Web Token* sebagai Strategi Pengamanan Data pada Aplikasi MultiMasjid". Sistem otentikasi dan otorisasi berbasis *JWT* pada aplikasi mobile Multimasjid dapat berjalan dengan aman dan efisien [4].

Andi Setiawan dan Ade Irma Purnamasari dalam penelitian yang berjudul "Implementasi *JSON Web Token* Berbasis Algoritma SHA-512 untuk Otentikasi Aplikasi BatikKita". *JWT* dengan algoritma SHA-512 berhasil diimplementasikan pada aplikasi BatikKita dan menunjukkan kinerja yang baik [5].

2.2. Sistem Pengesahan

Sistem pengesahan adalah proses memastikan bahwa data yang dimasukkan ke dalam sistem itu data yang benar dan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Proses pengujian kebenaran dari data atau bahan yang akan dijadikan dasar kajian dalam penelitian. Proses Pengesahan data dapat melibatkan pemeriksaan format data, ketentuan panjang, dan ketentuan tipe data yang benar. Dalam pengembangan sistem dan layanan mikro, pengesahan data dapat dilakukan dengan menggunakan metode-metode tertentu seperti uji coba atau pengujian kualitas data [3]. Pengesahan akan berkaitan dengan enkripsi dan deskripsi data.

2.3. JSON Web Token

JSON Web Token (JWT) adalah sebuah token berbentuk string JSON yang sangat padat ukurannya, memuat informasi yang gunanya untuk melakukan sistem autentikasi dan pertukaran informasi. Karena bentuknya kecil, parameter HTTP POST atau di dalam Header HTTP dan juga dapat ditransmisikan dengan lebih cepat. Token yang dihasilkan memiliki informasi dari pengguna yang dibutuhkan, sehingga tidak perlu query ke basis data lebih dari satu kali. Token tersebut dapat dipercaya karena sudah di-sign secara digital. Token *JWT* dapat di-sign dengan menggunakan *secret key* (algoritma HMAC) atau pasangan public/private key (algoritma RSA). *JWT* tidak bergantung pada

bahasa program tertentu, struktur *JWT* terdiri atas tiga bagian yang dipisahkan oleh titik ("."), yaitu *header*, *payload*, dan *signature* [6].

2.4. QR Code

QR Code (Quick Response Code) adalah bentuk matriks dua dimensi yang digunakan untuk menyimpan dan mentransfer data. Dikembangkan oleh perusahaan Jepang Denso Wave pada tahun 1994, *QR Code* telah menjadi populer dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemasaran, pembayaran, dan pengelolaan informasi. *QR Code* terdiri dari blok-blok hitam dan putih yang membentuk pola matriks. Setiap *QR Code* dapat menyimpan informasi yang lebih besar dibandingkan dengan barcode tradisional. Pola hitam dan putih pada *QR Code* membentuk pola yang dapat dibaca dengan cepat oleh perangkat pemindai kamera, seperti kamera ponsel pintar. *QR Code* bekerja dengan cara membaca beberapa komponen pada kotak kode. Tiga kotak besar di setiap sudutnya menggambarkan pembatas kode. Quick response pada penelitian ini berfungsi untuk mengamankan data dan mempercepat pemindahan parameter tautan yang berisi token [7].

2.5. Website Application

Website Application adalah sistem informasi yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem melalui antarmuka web. Proses interaksi pengguna dengan internet terdiri dari tiga tahap: permintaan, pemrosesan, dan jawaban. Semua halaman web yang saling terhubung dan file-filenya disebut sebagai web.

2.6. Rekayasa Perangkat Lunak

Rekayasa Perangkat Lunak merupakan sebuah disiplin ilmu yang mencakup segala aspek produksi perangkat lunak. Dimulai dari tahap awal seperti komunikasi, pengumpulan kebutuhan pengguna (analisis kebutuhan), penentuan spesifikasi dari kebutuhan pengguna, desain, pemrograman, pengujian, hingga pemeliharaan sistem setelah digunakan [8].

2.7. Storageless

Storageless (tanpa penyimpanan) adalah konsep yang mengabstraksi detail infrastruktur penyimpanan, mirip dengan pendekatan "serverless". Konsep ini memungkinkan data tidak terikat pada sistem penyimpanan tertentu, serta memungkinkan akses dan pengelolaan data yang lebih fleksibel dan dinamis melalui sistem. *Storageless* (tanpa penyimpanan) ini mengacu pada pendekatan pengelolaan data yang tidak memerlukan penyimpanan data secara fisik. Dalam hal ini, data yang diinput oleh pengguna dikonversi menjadi format JSON menggunakan teknologi *JWT*, sehingga data tersebut dapat diambil kembali tanpa harus disimpan secara fisik. Penerapan *storageless* ini memiliki manfaat seperti mengurangi biaya

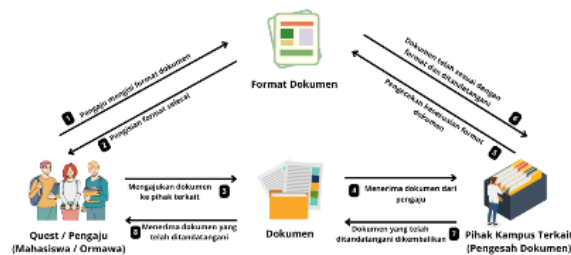
penyimpanan data, meningkatkan keamanan data, dan mempercepat proses pengambilan data.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Model Konseptual

Model konseptual dibuat untuk mengetahui konsep pengajuan surat tanpa sistem dan konsep pengajuan surat dengan sistem.

- a. Model konseptual untuk menggambarkan konsep pengajuan surat tanpa menggunakan sistem dapat dilihat pada gambar 1 dibawah.



Gambar 1. Model konseptual pengajuan surat tanpa sistem

- b. Model konseptual untuk menggambarkan konsep pengajuan surat dengan menggunakan sistem dapat dilihat pada gambar 2 dibawah.



Gambar 2. Model konseptual pengajuan surat menggunakan sistem

3.2. Metode Waterfall

Metode yang digunakan dalam pengembangan perangkat lunaknya adalah metode *waterfall*. Metode *waterfall* adalah metode pengembangan sistem di mana setiap fase diselesaikan secara berurutan sebelum melanjutkan ke fase berikutnya. Pada proses penerapan metode *waterfall*, setiap tahap harus diselesaikan secara berurutan terlebih dahulu, mulai dari tahap pertama sampai tahap terakhir, sebelum pindah ke tahap berikutnya [9].

- a. *Communication (Project Initiation & Requirements Gathering)*

Komunikasi bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan Pengumpulan data tambahan juga diambil dari jurnal, artikel, paper, dan internet.

- b. *Planning (Estimating, Scheduling, Tracking)*

Perencanaan yang meliputi estimasi tugas-tugas teknis yang akan dilakukan, risiko-risiko yang mungkin terjadi, sumber daya yang diperlukan

untuk membuat sistem, produk kerja yang diinginkan, penjadwalan kerja, dan pelacakan proses pengerjaan sistem.

- c. *Modeling (Analysis & Design)*

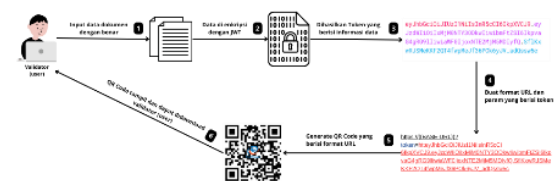
Perancangan dan pemodelan arsitektur sistem yang berfokus pada perancangan struktur data, arsitektur perangkat lunak, antarmuka pengguna, dan algoritma program.

3.3. Arsitektur Sistem

Berikut merupakan arsitektur sistem untuk pengesahan dokumen dan arsitektur sistem untuk pengecekan keabsahan dokumen.

- a. *Arsitektur Sistem Untuk Pengesahan Dokumen*

Arsitektur sistem untuk pengesahan dokumen dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Arsitektur sistem untuk pengesahan dokumen

- b. *Arsitektur Sistem Untuk Pengecekan Keabsahan Dokumen*

Arsitektur sistem untuk pengecekan keabsahan dokumen dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Arsitektur sistem untuk pengecekan keabsahan dokumen

- c. *Construction (Code & Test)*

Penerjemahan desain menjadi kode atau bahasa yang dapat dibaca oleh mesin. Setelah pengkodean selesai, dilakukan pengujian terhadap sistem dan kode yang sudah dibuat untuk menemukan dan memperbaiki kesalahan yang mungkin terjadi.

- d. *Deployment (Delivery, Support, Feedback)*

Implementasi perangkat lunak kepada pihak terkait, perbaikan perangkat lunak dan pengembangan perangkat lunak berdasarkan umpan balik yang diberikan agar sistem dapat berjalan dan berkembang sesuai dengan fungsinya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah suatu sistem pengesahan yang dapat membantu meningkatkan keamanan dan efisiensi terdapat alur pengajuan surat/dokumen di Universitas Esa Unggul Kampus

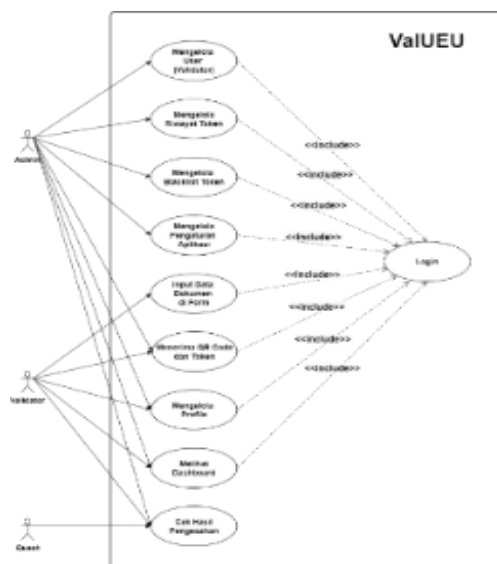
Bekasi dengan memanfaatkan teknologi terbaru yaitu QR Code dan JWT dalam bentuk *website*.

4.1. Desain Sistem

Desain sistem digambarkan dengan menggunakan *use case diagram* dan *Entity-Relationship Diagram*. *Use Case Diagram* adalah model yang digunakan untuk menggambarkan perilaku suatu sistem yang akan dibuat. Diagram ini menceritakan interaksi antara satu atau lebih dari satu aktor pada sistem. [10].

Entity-Relationship Diagram adalah diagram yang digunakan untuk memodelkan struktur basis data (*database*) dalam sebuah sistem informasi, *Use case diagram* dan *entity-relationship diagram* yang dibuat sesuai sistem sebagai berikut.

4.2. Use Case Diagram



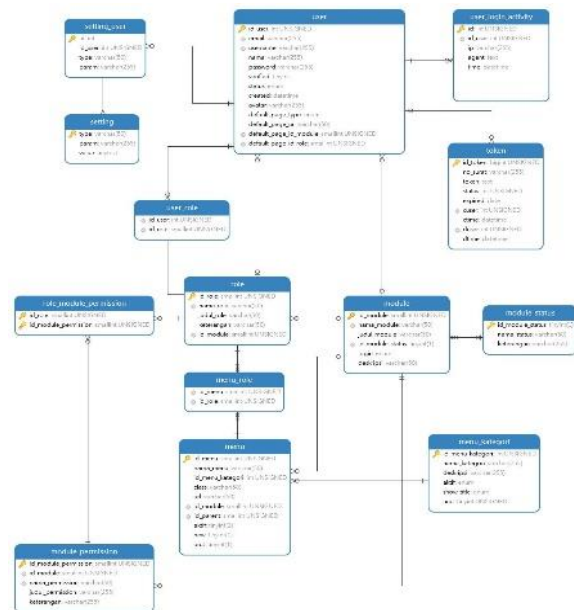
Gambar 5. Use case diagram sistem

Berdasarkan gambar 5 diatas, aktor yang terdapat pada sistem ini yaitu berjumlah 3 aktor diantaranya *admin* (pihak administrasi), *validator* (pihak terkait), dan *guest* (pengaju). Setiap aktor memiliki aksesnya masing-masing, berikut penjelasan dari masing-masing aktor.

- Admin dapat mengakses semua yang terdapat pada sistem diantaranya mengelola *user* (*validator*), mengelola riwayat token, mengelola blacklist token, mengelola pengaturan aplikasi, menerima QR Code dan token, mengelola profile, melihat dashboard, dan cek hasil pengesahan. Tetapi sebelum dapat mengakses hal tersebut, admin harus login terlebih dahulu ke sistem.
- Validator dapat mengakses input dokumen di form, menerima QR Code dan token, mengelola profile, melihat dashboard, dan cek hasil pengesahan. Tetapi sebelum dapat mengakses hal tersebut, admin harus login terlebih dahulu ke sistem.
- Guest (pengguna) hanya dapat melakukan cek hasil pengesahan

4.3. Entity-Relationship Diagram (ERD)

Entity-relationship diagram yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Entity-Relationship Diagram

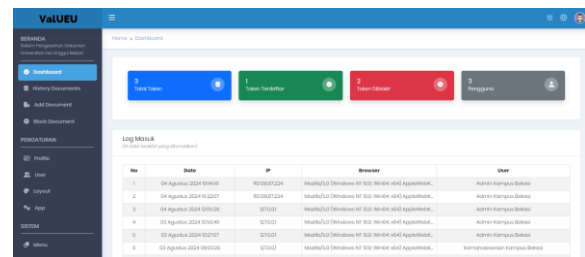
4.4. Tampilan Sistem

Tampilan dari sistem dengan web application yang telah dibuat sebagai berikut:



Gambar 7. Tampilan login

Pada gambar 4 diatas, menjelaskan tampilan login dari sistem yang terdiri logo, deskripsi, *form* dan *copyright*.



Gambar 8. Tampilan dashboard

Pada gambar 5 diatas, menampilkan *dashboard* (halaman utama setelah *login*) dengan memuat informasi tentang total token, token terdaftar, token diblokir dan pengguna serta tabel aktivitas/*login user* masuk sistem. Terlihat juga sidebar berisi daftar menu/fitur yang tersedia.

4.6. Halaman Login

Hasil pengujian halaman *login* dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Pengujian Halaman *Login*

Skenario Pengujian	Pengguna mengisi <i>form</i> yang terdiri dari <i>username</i> dan <i>password</i> dengan benar
Test Case	Username: user dan Password: user123
Hasil yang diharapkan	Sistem berhasil memverifikasi login dan mengarahkan pengguna ke halaman <i>dashboard</i>
Hasil Pengujian	Sesuai harapan
Hasil jika ada kesalahan	 Gambar 16. Pesan ketika salah memasukkan <i>username</i> atau <i>password</i>

4.7. Halaman Dashboard

Hasil pengujian halaman *dashboard* dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil pengujian tampilan *dashboard*

Skenario Pengujian	Pengguna melihat tampilan <i>card</i> dan <i>table</i> pada <i>dashboard</i>
Test Case	Ke navigasi <i>Dashboard</i>
Hasil yang diharapkan	Halaman <i>dashboard</i> menampilkan: total token, token terdaftar, token diblokir, pengguna, tabel aktivitas masuk pengguna, <i>sidebar</i> dengan menu/fitur yang sesuai
Hasil Pengujian	Sesuai harapan
Hasil jika ada kesalahan	-

4.8. Halaman Riwayat Dokumen

Hasil pengujian halaman riwayat dokumen dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

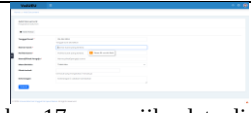
Tabel 3. Hasil pengujian tampilan riwayat token

Skenario Pengujian	Pengguna melihat <i>button</i> dan <i>table</i> yang berisi data-data dokumen
Test Case	Ke navigasi <i>history documents</i>
Hasil yang diharapkan	Halaman Riwayat dokumen menampilkan tombol ke tambah dan blokir pengesahan dokumen serta data pada tabel
Hasil Pengujian	Sesuai harapan
Hasil jika ada kesalahan	-

4.9. Halaman Tambah Pengesahan Dokumen

Hasil pengujian halaman tambah pengesahan dokumen dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

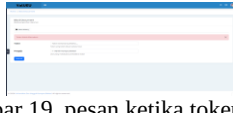
Tabel 4. Hasil pengujian tambah pengesahan dokumen

Skenario Pengujian	Pengguna mengisi form dari field yang tersedia dengan benar dan melewati validasi pada form
Test Case	Ke navigasi “Add Document” input pada field <i>freetext</i> , <i>select</i> , dan <i>multiple select</i>
Hasil yang diharapkan	Data berhasil ditambahkan
Hasil Pengujian	Sesuai harapan
Hasil jika ada kesalahan	 Gambar 17. pesan jika data di input salah atau tidak sesuai aturan <i>field</i>

4.10. Halaman Blokir Pengesahan Dokumen

Hasil pengujian halaman blokir pengesahan dokumen dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Pengujian halaman blokir pengesahan dokumen

Skenario Pengujian	Pengguna mengisi <i>form field token</i> dengan token yang telah didapatkan sebelumnya
Test Case	Ke navigasi “Block Document” dan Token diawali eyJhbGci...
Hasil yang diharapkan	Sistem berhasil mengubah status token dari aktif ke blokir
Hasil Pengujian	Sesuai harapan
Hasil jika ada kesalahan	 Gambar 18. pesan ketika token sudah terblokir  Gambar 19. pesan ketika token tidak tervalidasi atau tidak ditemukan

4.11. Halaman Pengguna

Hasil pengujian halaman daftar pengguna dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Pengujian halaman Pengguna

Skenario Pengujian	Pengguna melihat tabel yang berisi data pengguna
Test Case	Ke navigasi “User”
Hasil yang diharapkan	Halaman menampilkan daftar pengguna beserta informasi umum pengguna
Hasil Pengujian	Sesuai harapan
Hasil jika ada kesalahan	-

4.12. Halaman Profil

Hasil pengujian halaman profil dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Pengujian halaman profil

Skenario Pengujian	Pengguna mengisi <i>form</i> yang tersedia dengan benar
Test Case	Ke navigasi " <i>Profile</i> "
Hasil yang diharapkan	Sistem berhasil merubah profil sesuai data dari pengguna
Hasil Pengujian	Sesuai harapan
Hasil jika ada kesalahan	-

4.13. Halaman layout

Hasil pengujian halaman layout dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. Pengujian halaman layout web

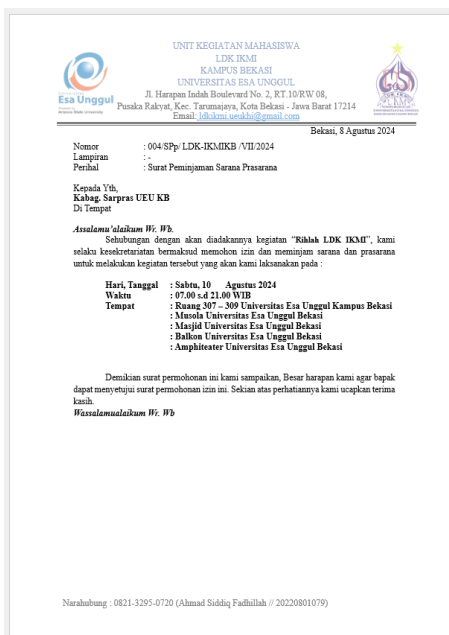
Skenario Pengujian	Pengguna memilih tampilan <i>web</i> seperti apa yang diinginkan
Test Case	Ke navigasi " <i>Layout</i> "
Hasil yang diharapkan	Sistem berhasil merubah tampilan <i>web</i> sesuai perubahan yang dilakukan oleh pengguna
Hasil Pengujian	Sesuai harapan
Hasil jika ada kesalahan	-

4.14. Hasil Pengimplementasian Sistem

Dalam implementasi sistem di lingkungan Universitas Esa Unggul Kampus Bekasi diperlukan contoh satu surat (dokumen). Dokumen yang dipilih sebagai sampel adalah Surat Peminjaman Sarana dan Prasarana. Hasil pengesahan berupa *QR Code*. *QR Code* tersebut di bubuhkan di halaman pertama pada surat (dokumen). Dan disahkan oleh pihak/biro terkait. Contoh surat sebagai berikut

4.15. Surat Sebelum Disahkan

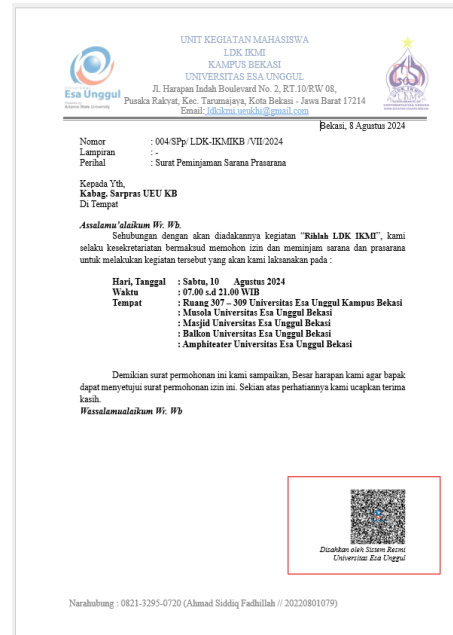
Tampak dari surat yang sebelum disahkan oleh pihak terkait dapat dilihat pada gambar 19 dibawah ini.



Gambar 20. Surat sebelum disahkan oleh pihak terkait

4.16. Surat Setelah Disahkan

Tampak dari surat yang setelah disahkan oleh pihak terkait dapat dilihat pada gambar 20 dibawah ini.



Gambar 21. Surat setelah disahkan oleh pihak terkait

4.17. Sosialisasi Penggunaan Sistem

Implementasi sistem ini diakhiri dengan sosialisasi tentang sistem, penggunaan sistem serta harapan dan masukan dari pihak terkait untuk diterapkan sepenuhnya sistem ini, yang akan mendukung peningkatan teknologi pada lingkup Universitas Esa Unggul Kampus Bekasi.



Gambar 22. Sosialisasi dengan pengguna (pihak terkait)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pengesahan dokumen yang aman, efisien, dan mudah diintegrasikan dengan sistem lain, menggunakan pendekatan *web-based* yang memungkinkan data pengesahan dapat digunakan pada berbagai perangkat.

Sistem ini dibangun dengan *CodeIgniter 4*, *MySQL*, *Laragon*, *Cpanel*, *Apache*, serta pustaka seperti *JWT-PHP* dan *QR Code-PHP*, dan telah diimplementasikan di Universitas Esa Unggul Kampus Bekasi. Menggunakan algoritma *HMAC SHA 256* dan pustaka *PHP-JWT*, sistem mampu menghasilkan token yang aman untuk setiap dokumen yang disahkan, yang kemudian disimpan dalam basis data untuk verifikasi. *QR Code*, yang dicetak dengan pustaka *soldair/qrcode*, dapat diunduh pengguna dan digunakan untuk memverifikasi dokumen secara efisien melalui *JavaScript* dan *jQuery*. Pengujian *blackbox* menunjukkan bahwa sistem stabil dan siap digunakan, serta berhasil meningkatkan keamanan dan efisiensi proses validasi dokumen, mengurangi kebutuhan penyimpanan di *database*, dengan contoh implementasi pada Surat Peminjaman Sarana dan Prasarana yang berhasil diverifikasi menggunakan *QR Code*.

Berdasarkan penelitian ini disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut dalam skala yang lebih besar dan di berbagai institusi, mengembangkan fitur tambahan seperti *audit trail*, serta melakukan pelatihan dan sosialisasi kepada pengguna untuk memastikan penerapan sistem yang optimal dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. C. H. Wibowo, A. M. I. Khaq, and S. Nur'aini, "Pengembangan Sistem Layanan Administrasi Kependudukan Desa Papasan dengan QR Code sebagai Validasi Dokumen," *Walisongo J. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 27–40, 2023, doi: 10.21580/wjit.2023.5.1.13936.
- [2] N. A. M. S. M. Mohamad Ali Murtadho, "Implementasi Quick Response (Qr) Code Pada Aplikasi Validasi Dokumen Menggunakan Perancangan Unified Modelling Language (Uml)," *Antivirus J. Ilm. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1, pp. 42–50, 2022, doi: 10.35457/antivirus.v10i1.87.
- [3] A. Lorien and T. Wellem, "Implementasi Sistem Otentikasi Dokumen Berbasis Quick Response (QR) Code dan Digital Signature," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 5, no. 4, pp. 663–671, 2021, doi: 10.29207/resti.v5i4.3316.
- [4] U. B. Astowo and A. Sujarwo, "Penerapan JSON Web Token sebagai Strategi Pengamanan Data pada Aplikasi MultiMasjid," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, no. 6, pp. 5279–5292, 2023.
- [5] A. Setiawan and A. I. Purnamasari, "Implementasi JSON Web Token Berbasis Algoritma SHA-512 untuk Otentikasi Aplikasi BatikKita," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 4, no. 6, pp. 4–10, 2020, doi: 10.29207/resti.v4i6.2533.
- [6] G. Yoda Gustiegan and Painem, "Implementasi Web Service Restful Dengan Autentikasi Json Web Token Dan Algoritma Kriptografi Aes-256 Untuk Aplikasi Peminjaman Laboratorium Berbasis Mobile Pada Universitas Budi Luhur," *Bit (Fakultas Teknol. Inf. Univ. Budi Luhur)*, vol. 19, no. 1, pp. 9–16, 2022.
- [7] N. P. R. N. Asta, A. Kusyanti, and K. Amron, "Implementasi Algoritme SIMON untuk Enkripsi dan Dekripsi Berbasis QR Code," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 11, pp. 10721–10728, 2019.
- [8] Y. E. Rachmad, L. P. D. Tampubolon, W. Purbaratri, I. G. I. Sudipa, A. A. G. B. Ariana, and M. I. Faried, *Rekayasa Perangkat Lunak*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=JSeuEAAAQBAJ>
- [9] E. Elisa and N. Azwanti, "Rekayasa Perangkat Lunak Untuk Jasa Pindah Berbasis Web," *Rang Tek. J.*, vol. 2, no. 2, 2019, doi: 10.31869/rtj.v2i2.1430.
- [10] M. N. D. Satria, "Sistem Informasi Pemeringkatan Prestasi Siswa Berbasis Web Pada Smk Pelita Pesawaran," *J. Soc. Sci. Technol. Community Serv.*, vol. 3, no. 1, p. 114, 2022, doi: 10.33365/jsstcs.v3i1.1908.