
PENERAPAN QR CODE SEBAGAI TANDA TANGAN DIGITAL DALAM PENERBITAN SURAT KELUAR PADA STMIK METHODIST BINJAI

Marwa Halim¹⁾, Sukiman²⁾, Octara Pribadi³⁾

^{1,3)}Teknik Informatika, ²⁾Bisnis Digital

¹⁾STMIK Merthodist Binjai, ²⁾Institut Modern Arsitektur, ³⁾Teknologi, STMIK Time

email: marwahalim@stmikmethodistbinjai.ac.id¹⁾, sukiman.liu@gmail.com²⁾, octarapribadi@gmail.com³⁾

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi membawa perubahan signifikan dalam manajemen dokumen administrasi di institusi pendidikan. STMIK Methodist Binjai menghadapi tantangan dalam memastikan keaslian dan validitas dokumen administrasi surat keluar yang masih dilakukan secara manual. Untuk mengatasi masalah ini, institusi tersebut mengadopsi QR Code sebagai tanda tangan digital, yang menawarkan solusi inovatif dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi pengelolaan dokumen. QR Code memungkinkan penyimpanan data terenkripsi yang dapat dengan mudah diverifikasi, mendukung transformasi digital sejalan dengan agenda Revolusi Industri 4.0. Penelitian ini membahas implementasi QR Code dalam sistem administrasi STMIK Methodist Binjai, termasuk proses penerapan, manfaat, serta tantangan yang dihadapi. Studi ini bertujuan memberikan kontribusi praktis bagi institusi pendidikan lain yang ingin mengadopsi teknologi serupa, serta mendukung modernisasi sistem manajemen pendidikan berbasis teknologi. Dengan QR Code, proses verifikasi dokumen menjadi lebih cepat dan aman, meminimalkan risiko pemalsuan, serta mendukung penyimpanan data yang terintegrasi dan sistematis. Implementasi ini juga menunjukkan pentingnya pelatihan pengguna dan kesiapan infrastruktur untuk mendukung adopsi teknologi ini. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendorong institusi lain untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi dalam mendukung operasional mereka.

Kata Kunci: QR Code, tanda tangan digital, keamanan dokumen, Rapid Application Development (RAD).

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi informasi telah membawa dampak signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di bidang administrasi dan manajemen dokumen. Dalam era digital, kebutuhan akan sistem yang cepat, efisien, dan aman menjadi prioritas utama bagi institusi pendidikan maupun organisasi lainnya. Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan dokumen administrasi, khususnya surat keluar, adalah memastikan keaslian dan validitas dokumen tersebut. Pemalsuan tanda tangan dan dokumen masih menjadi ancaman serius yang dapat merugikan institusi, baik secara material maupun reputasi.

STMIK Methodist Binjai sebagai institusi pendidikan tinggi yang berorientasi pada teknologi memiliki tantangan yang serupa. Proses penerbitan surat keluar yang masih menggunakan metode manual tidak hanya memakan waktu, tetapi juga rentan terhadap risiko kesalahan administratif dan keamanan. Dalam konteks ini, pemanfaatan teknologi *QR Code* sebagai tanda tangan digital menjadi solusi inovatif yang relevan. *QR Code* menawarkan kemampuan untuk menyimpan data dalam bentuk terenkripsi yang dapat diakses secara cepat dan akurat menggunakan perangkat digital. Hal ini memungkinkan proses verifikasi dokumen menjadi lebih sederhana sekaligus meningkatkan tingkat keamanan dan efisiensi.

Implementasi *QR Code* dalam sistem administrasi juga mendukung upaya transformasi digital yang menjadi prioritas pemerintah Indonesia dalam menghadapi Revolusi Industri 4.0. Dengan memanfaatkan *QR Code* sebagai tanda tangan digital, STMIK Methodist Binjai tidak hanya dapat mengoptimalkan proses penerbitan surat keluar, tetapi juga memperkuat komitmen terhadap modernisasi sistem manajemen pendidikan berbasis teknologi. Selain itu, teknologi ini memungkinkan penyimpanan data secara terintegrasi, sehingga mendukung pengarsipan dokumen secara sistematis dan berkelanjutan.

Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji penerapan *QR Code* sebagai tanda tangan digital dalam penerbitan surat keluar di STMIK Methodist Binjai, mencakup proses implementasi, manfaat, serta tantangan yang dihadapi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi institusi pendidikan lainnya yang ingin mengadopsi teknologi serupa. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya menjadi langkah strategis bagi STMIK Methodist Binjai, tetapi juga menjadi inspirasi bagi institusi lain untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi dalam mendukung operasional mereka.

2. Landasan Teori

QR Code, sebuah inovasi dalam teknologi barcode dua dimensi, pertama kali dirancang untuk kebutuhan internal industri otomotif Jepang. Tujuannya adalah mempercepat identifikasi dan pelacakan suku cadang kendaraan. Kode ini, yang terdiri dari modul hitam pada latar putih, dapat dipindai dengan perangkat pencitraan dan diproses dengan koreksi kesalahan. Seiring waktu, dan terutama setelah spesifikasinya dipublikasikan, penggunaan QR Code berkembang pesat melampaui aplikasi awalnya. Kini, QR Code sering dimanfaatkan untuk menyimpan berbagai jenis informasi, mulai dari tautan situs web hingga detail kontak dan informasi produk, menjadikannya alat yang serbaguna di berbagai bidang.

QR Code (Quick Response Code) adalah bentuk evolusi dari barcode dua dimensi yang memungkinkan penyimpanan informasi lebih banyak dibandingkan barcode konvensional. QR Code mampu menyimpan data dalam bentuk teks, URL, hingga informasi terenkripsi yang dapat dengan mudah dipindai menggunakan perangkat digital seperti smartphone atau scanner. Teknologi ini dirancang untuk memberikan kemudahan akses informasi secara cepat dan efisien. (Wang, Liu, & Zhang, 2014)

Tanda tangan digital adalah metode otentikasi elektronik yang menjamin keaslian dan integritas dokumen digital. Tanda tangan digital menggunakan teknologi kriptografi asimetris, yang terdiri dari kunci publik dan kunci privat, untuk menghasilkan tanda tangan yang unik dan tidak dapat dipalsukan. Dalam konteks administrasi, tanda tangan digital dapat mempercepat proses verifikasi dokumen serta meningkatkan keamanan. (Priyanto, 2019)

Penggunaan QR Code sebagai tanda tangan digital merupakan inovasi yang memadukan teknologi kriptografi dengan kemudahan akses data. QR Code dapat menyimpan data tanda tangan digital dalam bentuk terenkripsi, yang kemudian dapat diverifikasi melalui perangkat lunak khusus. Dengan cara ini, QR Code berfungsi sebagai media autentikasi yang aman dan praktis. (Zhang, Chen, & Zhao, 2020)

Beberapa keunggulan utama dari *QR Code* dalam administrasi dokumen meliputi:

- **Efisiensi Waktu:** Proses verifikasi dokumen menjadi lebih cepat dibandingkan dengan metode manual (Wang, Liu, & Zhang, 2014).
- **Keamanan Data:** *QR Code* dapat menyimpan informasi dalam bentuk terenkripsi yang sulit untuk diretas (Zhang, Chen, & Zhao, 2020).
- **Integrasi Teknologi:** *QR Code* mendukung integrasi dengan sistem digital lainnya seperti database dan arsip elektronik (Priyanto, 2019).

Studi sebelumnya menunjukkan keberhasilan penerapan QR Code dalam berbagai sektor. QR Code digunakan secara luas dalam sistem pembayaran digital karena kemampuannya untuk menyimpan data transaksi secara aman. Di sektor pendidikan, QR Code mulai diimplementasikan dalam manajemen dokumen akademik seperti ijazah dan sertifikat untuk menjamin keasliannya.

Transformasi digital merupakan proses penting bagi institusi pendidikan untuk tetap relevan di era teknologi. Penerapan teknologi digital seperti QR Code dalam sistem administrasi pendidikan mendukung efisiensi, transparansi, dan keamanan proses operasional. Dengan memanfaatkan QR Code sebagai tanda tangan digital, institusi dapat memenuhi kebutuhan modernisasi dan meminimalkan risiko administratif. (Tan, Wang, & Li, 2018)

Meskipun memiliki banyak manfaat, penerapan *QR Code* sebagai tanda tangan digital tidak terlepas dari tantangan. Tantangan tersebut meliputi:

- **Ketersediaan Infrastruktur:** Dibutuhkan perangkat dan perangkat lunak yang mendukung pemindaian dan verifikasi *QR Code* (Tan, Wang, & Li, 2018).
- **Kesadaran dan Pelatihan Pengguna:** Pengguna harus memiliki pemahaman dan keterampilan dalam memanfaatkan teknologi ini (Priyanto, 2019).
- **Keamanan Siber:** Ancaman keamanan seperti manipulasi data dan serangan siber tetap menjadi perhatian utama (Zhang, Chen, & Zhao, 2020).

STMIK Methodist Binjai sebagai institusi pendidikan tinggi berbasis teknologi memiliki peluang besar untuk memanfaatkan *QR Code* dalam proses administrasi. Dengan memadukan *QR Code* sebagai tanda tangan digital dalam penerbitan surat keluar, institusi ini dapat meningkatkan efisiensi kerja, mengurangi kesalahan manual, dan memperkuat keamanan dokumen administrasi.

QR Code dibangun berdasarkan algoritma encoding tertentu yang mengubah data input menjadi pola matriks dua dimensi. Proses pembuatan *QR Code* melibatkan beberapa langkah utama:

- **Encoding Data:** Data awal diubah menjadi format biner berdasarkan skema encoding tertentu, seperti Numeric, Alphanumeric, atau Binary (Byte).
- **Error Correction Coding:** Menggunakan algoritma seperti *Reed-Solomon*, *QR Code* menambahkan data redundan untuk memungkinkan koreksi kesalahan jika terjadi kerusakan atau kehilangan data.
- **Penyusunan Matriks:** Data yang telah diencode disusun ke dalam pola matriks 2D berdasarkan struktur tertentu yang mencakup area *finder pattern*, *timing pattern*, dan *alignment pattern*.
- **Masking:** Pola matriks diberi mask untuk mengurangi kemungkinan kebingungan antara data dan fitur struktural *QR Code*.

Algoritma ini dirancang untuk memastikan *QR Code* dapat dibaca bahkan jika terjadi kerusakan hingga 30% dari total data. Dengan pendekatan ini, *QR Code* menjadi salah satu metode encoding data yang andal. (Tanaka, Suzuki, & Nakamura, 2015)



Gambar 1. QR Code

QR Code dapat menampung data berupa:

- a. Angka / Numerik : Maksimal 7.089 karakter
- b. Alphanumerik : Maksimal 4.296 karakter
- c. Biner : Maksimal 2.844 byte
- d. Koreksi kesalahan : Level L = 7%, Level M = 15%, Level Q = 25%, Level H = 30%

QR Code, meskipun terlihat sederhana, memiliki beberapa versi dan variasi yang dikembangkan seiring waktu untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan data, koreksi kesalahan, dan efisiensi pemindaian. Berikut penjelasan tentang versi-versi *QR Code*:

1. Model 1 dan Model 2:

Model 1: Ini adalah versi *QR Code* yang paling awal. Kapasitas penyimpanannya lebih kecil dibandingkan Model 2. Model 1 dapat menyimpan hingga 1167 karakter numerik, 707 alfanumerik, dan 299 karakter Kanji. Tingkat koreksi kesalahannya juga lebih rendah.

Model 2: Merupakan pengembangan dari Model 1 dengan fitur yang lebih baik. Model ini memiliki kapasitas penyimpanan yang lebih besar, yaitu hingga 7089 karakter numerik, 4296 alfanumerik, 2953 byte biner, dan 1817 karakter Kanji. Penambahan pola penyelarasan (*alignment pattern*) membuat kode ini lebih mudah dideteksi dan dipindai. Model 2 inilah yang paling umum digunakan saat ini.

Perbedaan utama antara Model 1 dan Model 2 terletak pada kapasitas penyimpanan dan tingkat koreksi kesalahan. Model 2 memiliki kapasitas yang jauh lebih besar dan kemampuan koreksi kesalahan yang lebih baik, sehingga lebih andal dan serbaguna.

2. QR Code Mikro (Micro QR Code):

Seperti namanya, ini adalah versi *QR Code* yang lebih kecil. Ukurannya yang lebih ringkas membuatnya cocok untuk aplikasi di ruang terbatas, seperti pada komponen kecil atau produk dengan label kecil. Meskipun ukurannya lebih kecil, Micro QR Code masih dapat menyimpan informasi yang cukup, termasuk karakter Kanji, karakter grafis 8-bit, karakter alfanumerik, dan karakter khusus lainnya. Biasanya digunakan dalam produksi dan inventaris barang berukuran kecil.

3. rMQR (Rectangular Micro QR Code atau Strip QR Code):

Ini adalah versi persegi panjang dari Micro QR Code. Bentuknya yang sempit dan memanjang membuatnya hemat ruang. Meskipun ukurannya lebih kecil, rMQR tetap mudah dipindai dan dapat menyimpan informasi yang cukup, meskipun tidak sebanyak QR Code standar. rMQR sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kode yang ringkas dan mudah dibaca, misalnya pada label sempit atau ruang terbatas lainnya.

4. Versi 1-40 (dan seterusnya):

Selain model-model di atas, ada juga versi *QR Code* yang ditandai dengan angka 1 hingga 40 (dan kemungkinan akan berlanjut). Versi ini berkaitan dengan ukuran fisik kode dan kapasitas penyimpanan datanya. Semakin tinggi versinya, semakin besar ukuran fisiknya dan semakin banyak data yang dapat ditampung. Versi yang lebih tinggi juga memiliki tingkat koreksi kesalahan yang lebih baik. Versi 1 sampai 7 adalah yang paling umum digunakan.

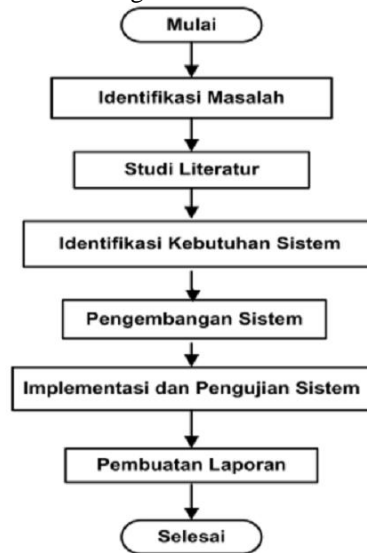
Faktor-faktor yang Mempengaruhi Versi *QR Code*:

- Jumlah karakter yang akan disimpan: Semakin banyak karakter, semakin tinggi versi *QR Code* yang dibutuhkan.
- Tingkat koreksi kesalahan (*Error Correction Level*): Semakin tinggi tingkat koreksi kesalahan, semakin besar ukuran kode dan semakin rendah kapasitas penyimpanannya. Koreksi kesalahan memungkinkan *QR Code* tetap dapat dipindai meskipun sebagian kodenya rusak atau tertutup. Ada empat level koreksi kesalahan: L (rendah, 7% data dapat dipulihkan), M (sedang, 15% data dapat dipulihkan), Q (tinggi, 25% data dapat dipulihkan), dan H (tertinggi, 30% data dapat dipulihkan).

- Ukuran fisik yang diinginkan: Jika ruang terbatas, versi yang lebih kecil atau *Micro QR Code* mungkin lebih sesuai.

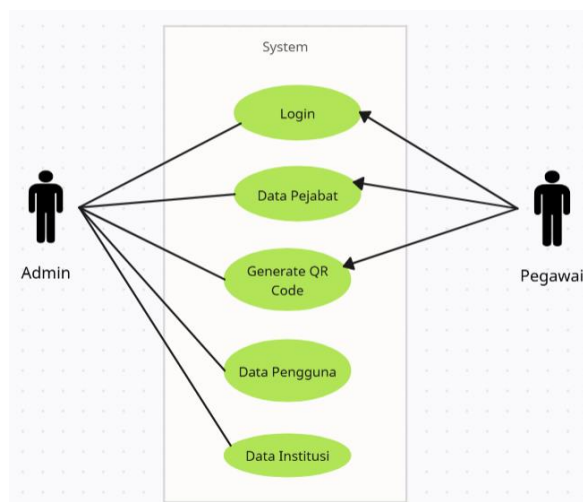
2. Metode Penelitian

Dalam konteks pengembangan sistem tanda tangan digital, penelitian ini menerapkan metode *Rapid Application Development* (RAD). Metode ini dipilih karena keunggulannya dalam mempercepat proses pengembangan melalui tahapan yang terstruktur, yaitu perencanaan, analisis, perancangan, dan implementasi. Efisiensi dan siklus pengembangan yang singkat menjadikan RAD pilihan yang tepat untuk aplikasi berskala kecil seperti yang diteliti. Proses penelitian meliputi identifikasi masalah, studi literatur, identifikasi kebutuhan sistem, pengembangan, implementasi dan pengujian sistem, dan penyusunan laporan, yang divisualisasikan dalam gambar berikut.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Peneliti menggunakan UML yang merupakan bahasa pemodelan dengan tujuan umum yang standar di bidang ilmu komputer dan rekayasa perangkat lunak, sehingga kerangka kerja yang digunakan menggunakan diagram use case untuk menggambarkan urutan proses kerja sistem. Berikut merupakan gambaran *use case* diagram untuk sistem *digital signature*.



Gambar 3. Use Case Diagram Sistem *Digital Signature*

Gambar tersebut menampilkan diagram *Use Case* untuk sebuah sistem. Diagram ini menggambarkan interaksi antara aktor (pengguna) dan sistem, serta fungsi-fungsi yang dapat diakses oleh masing-masing aktor.

Judul: Sistem *Digital Signature*

Aktor:

- Admin: Memiliki akses penuh ke sistem dan dapat melakukan berbagai fungsi administratif.
- Pegawai: Memiliki akses terbatas dan berinteraksi dengan sistem untuk keperluan tertentu.

Use Case:

- Login: Baik Admin maupun Pegawai harus melakukan login untuk mengakses sistem. Ini menunjukkan bahwa sistem memiliki mekanisme autentikasi.

- Data Pejabat: Admin dapat mengelola data pejabat. Ini bisa meliputi menambah, mengubah, atau menghapus data pejabat. Pegawai juga memiliki akses ke data pejabat, kemungkinan untuk melihat atau mencari informasi.
- *Generate QR Code*: Admin dan Pegawai memiliki wewenang untuk menghasilkan kode QR berupa tanda tangan digital, verifikasi, atau identifikasi.
- Data Pengguna: Admin dapat mengelola data pengguna sistem. Ini bisa termasuk pendaftaran, pengaturan akun, dan manajemen hak akses.
- Data Institusi: Admin dapat mengelola data institusi. Ini mungkin informasi umum tentang organisasi atau pengaturan sistem yang berkaitan dengan institusi.

Relasi (Hubungan):

Garis yang menghubungkan aktor dengan *use case* menunjukkan interaksi. Misalnya, garis antara Admin dan "Login" berarti Admin dapat melakukan login ke sistem.

Interpretasi Keseluruhan:

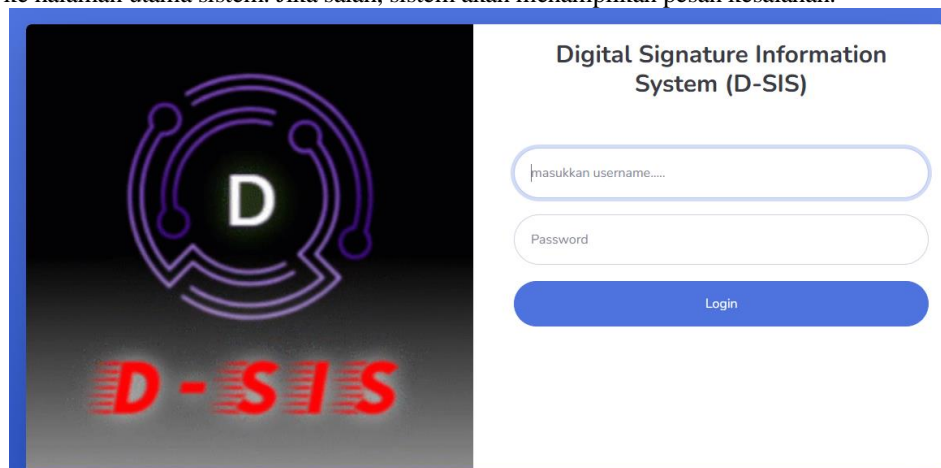
Diagram ini menggambarkan sebuah sistem yang memiliki dua peran pengguna utama: Admin dan Pegawai. Admin memiliki kontrol penuh atas sistem, termasuk pengelolaan data pejabat, pengguna, dan institusi, serta pembuatan kode QR. Pegawai memiliki akses terbatas, akses data pejabat dan berinteraksi dengan sistem setelah login. Fungsi "*Generate QR Code*" berguna untuk menghasilkan gambar *QR code* yang nantinya dapat digunakan dalam penerbitan surat keluar pada institusi.

4. Hasil Penelitian

Tahap implementasi menandai rampungnya seluruh proses pembuatan sistem *Digital Signature*, mengikuti tahapan metode *Rapid Application Development* (RAD). Setelah implementasi, dilakukan pengujian sistem untuk memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan pengguna dan validasi terhadap perencanaan yang telah ditetapkan dalam metode penelitian. Sistem ini dirancang untuk dua jenis pengguna: admin dan pegawai.

a. Tampilan Login

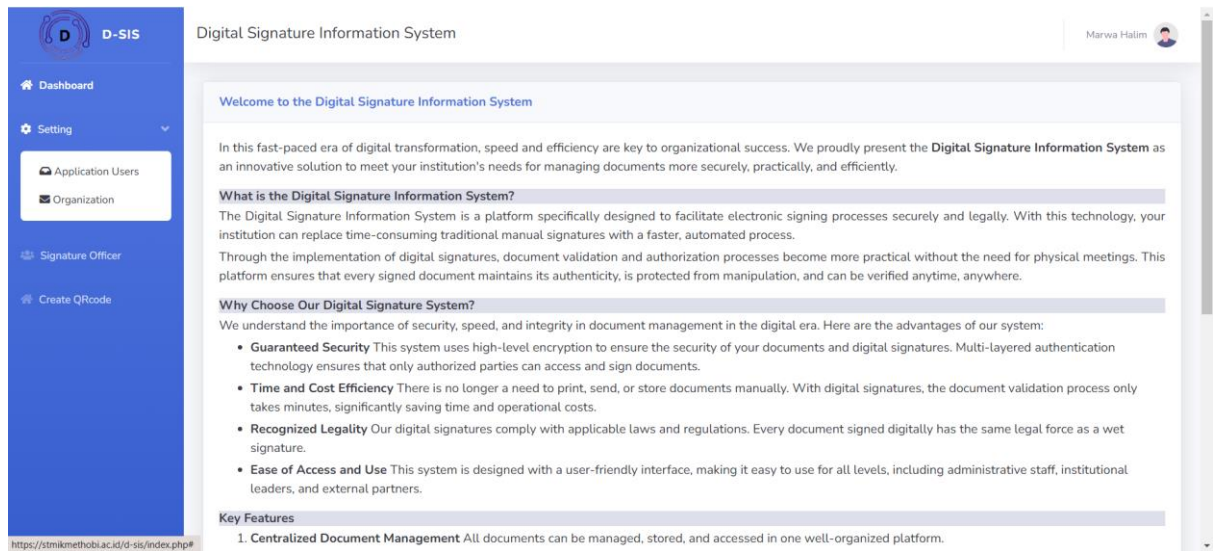
Tampilan ini berfungsi sebagai pintu masuk ke sistem D-SIS. Pengguna harus memasukkan username dan password yang valid untuk dapat mengakses fitur-fitur di dalam sistem. Tombol "Login" akan memproses informasi yang dimasukkan dan melakukan autentikasi. Jika informasi yang dimasukkan benar, pengguna akan diarahkan ke halaman utama sistem. Jika salah, sistem akan menampilkan pesan kesalahan.



Gambar 4. Tampilan Login

b. Tampilan Dashboard

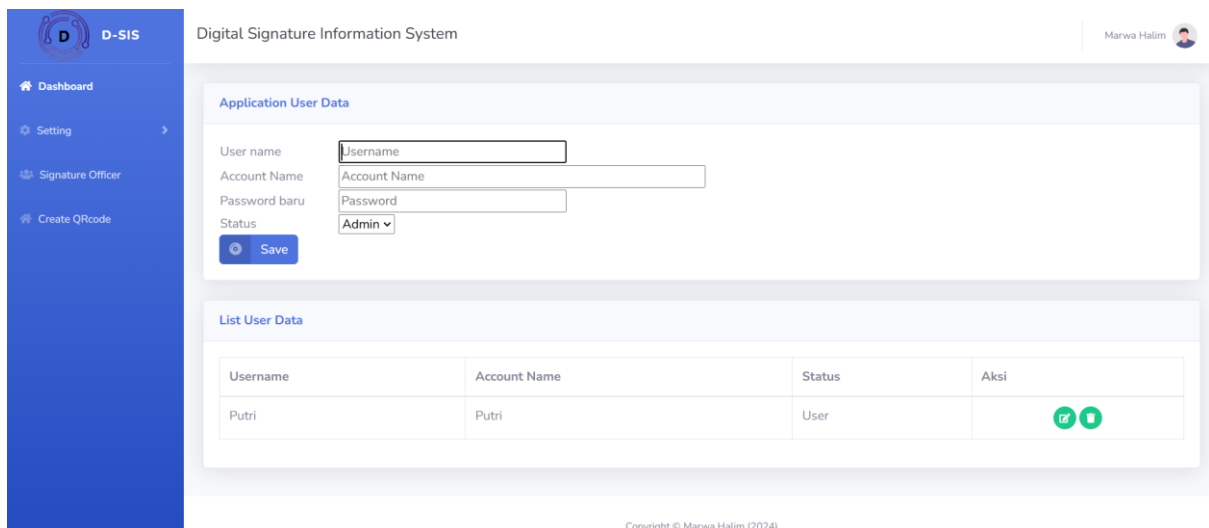
Dashboard Sistem *Digital Signature* (D-SIS) menyediakan antarmuka yang *user-friendly* untuk mengelola dokumen digital secara aman dan efisien. Dengan menu navigasi di sisi kiri, pengguna dapat dengan mudah mengakses fitur seperti pengelolaan pengguna aplikasi, organisasi, petugas tanda tangan, dan pembuatan kode QR. Sistem ini dirancang untuk memfasilitasi proses tanda tangan elektronik dengan teknologi enkripsi canggih, memastikan keamanan, efisiensi waktu, dan kepatuhan hukum. Semua dokumen dapat diakses dan dikelola melalui satu platform yang terorganisasi dengan baik.



Gambar 5. Tampilan Dashboard

- c. Tampilan program ini menunjukkan fitur pengelolaan data pengguna dalam Sistem *Digital Signature* (D-SIS). Bagian atas menyediakan formulir untuk menambahkan atau memperbarui informasi pengguna, termasuk username, nama akun, kata sandi baru, dan status (Admin atau User). Terdapat tombol "Save" untuk menyimpan perubahan.

Di bagian bawah, terdapat daftar pengguna yang sudah terdaftar, dengan informasi seperti username, nama akun, status, dan opsi aksi. Ikon edit memungkinkan pengguna untuk memperbarui data, sedangkan ikon hapus digunakan untuk menghapus data pengguna. Program ini mempermudah pengelolaan akun secara efisien dan terorganisir.



Gambar 6. Tampilan Pengguna Aplikasi

- d. Tampilan program ini menunjukkan fitur untuk mengelola data organisasi dalam Sistem Digital Signature (D-SIS). Formulir ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan atau memperbarui informasi organisasi, termasuk: Nama Organisasi, Alamat Organisasi, Kota/Kabupaten, Provinsi, Nomor Telepon, Alamat Email, Situs Web, Kode Pos, selain itu, pengguna dapat mengunggah logo organisasi yang akan ditampilkan sebagai identitas visual. Data yang diinput akan disimpan setelah menekan tombol "Save". Tampilan ini membantu memastikan informasi organisasi tercatat dengan lengkap dan terorganisasi, mendukung transparansi serta profesionalisme.

Enter Organization Data

Organization Data:

Organization Address:

Regency/City:

Province:



Phone number:

Email Address:

Website:

Postal code:

Organization Logo: Tidak ada file yang dipilih

Foto tersimpan :  Foto Baru : 

Gambar 7. Tampilan Data Organisasi


- e. Admin dan Pegawai dapat menggunakan formulir di bagian atas untuk menambahkan data pejabat baru, termasuk mengunggah gambar tanda tangan. Setelah data disimpan, data tersebut akan muncul dalam tabel di bagian bawah. Dari tabel ini, admin dan Pegawai dapat melihat daftar pejabat yang sudah ada dan melakukan aksi seperti mengedit atau menghapus data.

Enter Officer Data




Name of Official:

Position in the Organization:

Signature: Tidak ada file yang dipilih

Foto tersimpan :  Foto Baru :

List Officer Data

No	Name	Position	Signature	Action
1	Irwan Jani Tarigan, S.T., M.Kom	Ka. Prodi Sistem Informasi		<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Delete"/>
2	Marwa Halim, S.T., M.TI	Ka. Prodi Teknik Informatika		<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Delete"/>
3	Reza Alamsyah, S.Kom, M.Kom	Ketua STMIK		<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Delete"/>

Gambar 8. Tampilan Pejabat yang bertanda tangan.

- f. Pengguna mengisi formulir di bagian atas dengan informasi dokumen yang dibutuhkan. Setelah menekan tombol "Create QR Code", sistem akan menghasilkan kode QR yang kemudian akan ditampilkan dalam daftar di bagian bawah. Daftar ini memberikan ringkasan informasi dokumen dan kode QR yang terkait, serta memungkinkan pengguna untuk mengunduh atau melakukan aksi lain pada kode QR tersebut.

Create QR Code Document's

Document Number

Date

Subject

To

Name of Official

List QR Code Document's

No	Doc. Number	Date	Subject	Name of Official	QR Code	Action
1	SMB/2024/XII/K/2094	02-Jan-2025	Ketua Prodi Sistem Informasi	Reza Alamsyah, S.Kom, M.Kom		<input type="button" value="🗑"/>
2	SMB/2024/XII/K/2093	02-Jan-2025	Pengumuman Libur NATARU 2025	Marwa Halim, S.T., M.TI		<input type="button" value="🗑"/>

Gambar 9. Tampilan Pembuatan QR Code yang akan digunakan

5. Kesimpulan

Dengan kemajuan teknologi, STMIK Methodist Binjai telah beralih dari tanda tangan manual ke metode yang lebih modern berbasis teknologi. Sistem informasi tanda tangan digital mencakup serangkaian proses yang melibatkan pembuatan, penyimpanan, dan verifikasi tanda tangan digital. Teknologi ini menggunakan algoritma kriptografi khusus untuk menghasilkan tanda tangan digital yang unik dan sulit dipalsukan. Selain itu, integrasi keamanan dalam sistem ini menjamin keabsahan dokumen digital serta identitas pihak yang terkait.

Penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh tahapan pembuatan Sistem Tanda Tangan Digital telah diselesaikan dengan menggunakan metode RAD (Rapid Application Development). Setelah tahap pengembangan selesai, implementasi dan pengujian sistem diperlukan untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna dan rencana penelitian. Sistem ini melibatkan dua jenis pengguna, yaitu admin dan pegawai.

Konsep sistem ini menekankan otomatisasi berbasis teknologi informasi, yang dapat mengurangi keterlibatan tenaga kerja manual sehingga menciptakan lingkungan kerja yang lebih efektif dan efisien. Dalam era perkembangan ini, kita diharuskan untuk mengikuti dan beradaptasi dengan teknologi agar aktivitas sehari-hari dan pekerjaan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien.

6. Daftar Pustaka

- [1] J. Wang, H. Liu and K. Zhang, "The Evolution and Application of QR Code Technology," *International Journal of Information Systems*, pp. 89-100, 2014.
- [2] A. Priyanto, Pengantar Kriptografi untuk Keamanan Digital, Jakarta: Pustaka Teknologi, 2019.
- [3] Y. Zhang, L. Chen and F. Zhao, "Cryptographic Applications of QR Code in Document Verification," *Journal of Cybersecurity Research*, vol. 15, no. 4, pp. 78-95, 2020.
- [4] Y. Tan, X. Wang and J. Li, "QR Code in Digital Transactions: A Review," *Journal of Digital Innovation*, vol. 12, no. 3, pp. 45-60, 2018.
- [5] K. Tanaka, H. Suzuki and Y. Nakamura, " (2015). "Efficient QR Code Encoding and Error Correction Mechanisms". , 7(2), .," *Journal of Information Encoding Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 123-137, 2015.
- [6] B. Santoso, Transformasi Digital dalam Pendidikan: Peluang dan Tantangan, vol. 2021, Surabaya: EduTech Press, 2021.