

Optimasi Presensi Karyawan Menggunakan Model QR Code dengan Koreksi Error Reed Solomon untuk Keamanan dan Akurasi Data

Aris Martono^{*1)}, Padeli²⁾, Muhamad Iip Suhaepi³⁾

^{*1,2,3)}Fakultas sains dan Teknologi, Universitas Raharja

Email: ¹⁾aris.martono@raharja.info, ²⁾padeli@raharja.info, ³⁾iip@raharja.info

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan model quick response code (QR code) dengan koreksi error Reed Solomon untuk presensi karyawan pada Perusahaan. Sistem absensi fingerprint, meskipun lebih canggih, tetap memiliki kekurangan, seperti kesulitan dalam penggunaan di lingkungan yang tidak higienis, serta biaya yang tinggi untuk pemasangan perangkat. Selain itu, absensi tradisional juga kurang fleksibel dalam mengelola karyawan yang bekerja di lapangan atau karyawan yang tidak bekerja di kantor utama. Perusahaan yang memiliki banyak cabang atau karyawan yang bekerja di luar kantor utama seringkali kesulitan dalam mengawasi absensi secara efektif dan akurat. Mekanisme model QR code ini dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu: pengkodean QR code berdasarkan nomor ID karyawan, pengelompokan data encoder setiap 8 bit, konversi data encoder ke format biner, koreksi error menggunakan algoritma Reed Solomon, pembuatan kode koreksi error (Error Correction/EC) dalam bentuk polinomial, penghitungan data koreksi error berdasarkan korespondensi dan indeks bilangan integer dalam Galois Field (GF), perhitungan fungsi $f(x)$ melalui proses pembagian berulang hingga selesai, penentuan sisa pembagian berupa $R(x)$, serta penggabungan data encoder dengan kode koreksi error sebagai hasil akhir. Dengan mekanisme ini, sistem presensi berbasis QR code mampu menjaga keamanan dan keakuratan data sekaligus meminimalkan terjadinya anomali selama proses presensi kerja.

Keyword— Quick Response code, koreksi error dengan Reed Solomon, encoder dengan EC, Galois Field

Abstract

This research aims to determine the process of creating a quick response code (QR code) model with Reed Solomon error correction for employee attendance at the Company. Fingerprint attendance systems, even though they are more sophisticated, still have disadvantages, such as difficulties in use in unhygienic environments, as well as high costs for installing the device. Apart from that, traditional attendance is also less flexible in managing employees who work in the field or employees who do not work in the main office. Companies that have many branches or employees who work outside the main office often have difficulty monitoring absenteeism effectively and accurately. The mechanism of this QR code model is carried out through several steps, namely: coding QR codes based on employee ID numbers, grouping encoder data every 8 bits, converting encoder data to binary format, error

correction using the Reed Solomon algorithm, creating error correction codes (EC).) in polynomial form, calculating error correction data based on the correspondence and index of integer numbers in the Galois Field (GF), calculating the function $f(x)$ through an iterative division process until completion, determining the remainder of the division in the form of $R(x)$, as well as merging encoder data with error correction code as result end. With this mechanism, the QR code-based attendance system is able to maintain data security and accuracy while minimizing the occurrence of anomalies during the work attendance process.

Keyword— *Quick Response code, Error correction with Reed Solomon, Encoder with EC, Galois Field*

1. PENDAHULUAN

Dalam era digital yang terus mengalami kemajuan, perusahaan perlu beradaptasi dengan teknologi untuk mempertahankan efisiensi operasional sekaligus meningkatkan pengelolaan sumber daya manusia (SDM). Sistem absensi menjadi salah satu aspek penting dalam manajemen SDM yang membutuhkan perhatian khusus. Perusahaan memerlukan sistem pencatatan kehadiran yang akurat, efisien, dan sederhana untuk digunakan. Oleh sebab itu, penerapan teknologi dalam mendukung pengelolaan absensi menjadi sangat krusial, dengan salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah Quick Response Code (QR Code), yang memungkinkan sistem presensi yang lebih mudah dan efisien. [1][2]

QR Code adalah jenis kode batang dua dimensi yang dapat menyimpan berbagai informasi dalam bentuk data digital, seperti alamat URL, teks, atau informasi lainnya. QR Code memiliki banyak keunggulan, antara lain kemudahan dalam pembacaan, efisiensi waktu, serta fleksibilitas dalam penggunaannya. Saat ini, QR Code telah digunakan di berbagai sektor, mulai dari perbankan, e-commerce, hingga pengelolaan data karyawan. Penggunaannya dalam sistem absensi karyawan menawarkan potensi untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi data kehadiran. [3]

Sistem presensi tradisional di banyak perusahaan, seperti absensi manual menggunakan daftar hadir atau fingerprint, seringkali menimbulkan beberapa masalah. Absensi manual cenderung membutuhkan waktu yang lama, rentan terhadap kesalahan manusia, dan tidak efektif dalam memantau kehadiran secara real-time. Sistem absensi fingerprint, meskipun lebih canggih, tetap memiliki kekurangan, seperti kesulitan dalam penggunaan di lingkungan yang tidak higienis, serta biaya yang tinggi untuk pemasangan perangkat.

Selain itu, absensi tradisional juga kurang fleksibel dalam mengelola karyawan yang bekerja di lapangan atau karyawan yang tidak bekerja di kantor utama. Perusahaan yang memiliki banyak cabang atau karyawan yang bekerja di luar kantor utama seringkali kesulitan dalam mengawasi absensi secara efektif dan akurat. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah solusi yang lebih efisien, mudah digunakan, dan dapat diakses di mana saja, yaitu melalui penerapan QR Code.

QR Code dapat menjadi solusi untuk memecahkan permasalahan absensi yang dihadapi perusahaan. Dengan menggunakan model QR Code, setiap karyawan dapat melakukan presensi secara cepat dan praktis hanya dengan memindai kode menggunakan perangkat mobile. [4] Setiap karyawan dapat diberikan kode unik yang dapat dipindai di lokasi yang telah ditentukan, baik di pintu masuk kantor, ruang kerja, atau area lainnya. Kode QR yang dipindai akan langsung terhubung dengan sistem absensi yang tercatat dalam basis data, mencatat waktu kehadiran dan kepulangan secara otomatis.

Sistem QR Code untuk presensi memiliki sejumlah keuntungan yang jelas. Pertama, teknologi ini mengurangi kemungkinan kecurangan atau ketidaktepatan dalam pencatatan

waktu karena setiap karyawan hanya dapat memindai kode QR-nya sendiri. Kedua, QR Code dapat diintegrasikan dengan sistem lain dalam perusahaan, seperti penggajian dan manajemen proyek, untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang jam kerja karyawan. Ketiga, penerapan sistem ini lebih murah dibandingkan dengan penggunaan perangkat absensi berbasis fingerprint atau kartu identitas.

Sebagai contoh, sebuah perusahaan manufaktur yang memiliki banyak karyawan yang bekerja di beberapa lokasi, seperti kantor pusat dan pabrik, mengalami kesulitan dalam mengelola sistem absensi yang terpisah di setiap lokasi. Perusahaan ini menggunakan absensi manual, di mana karyawan mencatatkan kehadirannya di daftar hadir fisik. Namun, sistem ini menyebabkan kesalahan pencatatan, seperti karyawan yang lupa menulis kehadiran atau tidak mencatatkan waktu pulang. Selain itu, ada juga masalah terkait akurasi data karena laporan absensi sering terlambat dikirimkan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perusahaan memutuskan untuk mengimplementasikan sistem presensi berbasis QR Code. Setiap karyawan diberikan kartu identitas dengan kode QR unik yang dapat dipindai menggunakan aplikasi yang terpasang di ponsel pintar mereka. Karyawan dapat melakukan presensi dengan memindai QR Code di pintu masuk pabrik atau kantor. Setiap pemindaian akan langsung terhubung ke sistem absensi perusahaan dan mencatat waktu kehadiran atau kepulangan secara otomatis.

Dengan implementasi sistem QR Code, perusahaan mengalami peningkatan efisiensi dalam proses absensi. Kesalahan pencatatan berkurang signifikan, dan data absensi yang lebih akurat dapat diperoleh secara real-time. Hal ini juga memudahkan pihak Human Resources dalam mengelola dan menganalisis data kehadiran karyawan, serta mempercepat proses penggajian. Keuntungan lainnya adalah perusahaan tidak perlu lagi mengeluarkan biaya untuk perangkat absensi yang mahal, karena sistem QR Code dapat diakses menggunakan perangkat yang sudah dimiliki oleh karyawan. [5]

Dalam konteks perusahaan yang berfokus pada efisiensi operasional dan pengelolaan SDM yang lebih baik, penelitian tentang model Quick Response Code untuk presensi hadir maupun pulang bagi karyawan menjadi sangat relevan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model sistem presensi berbasis QR Code yang dapat diimplementasikan di berbagai perusahaan. Dengan menggunakan QR Code, perusahaan diharapkan dapat mengurangi biaya operasional yang terkait dengan absensi tradisional dan meningkatkan akurasi serta efisiensi data kehadiran. [6].

Selain itu, penelitian ini juga akan mengidentifikasi tantangan yang mungkin dihadapi perusahaan dalam implementasi sistem QR Code, seperti masalah teknis, pelatihan karyawan, dan faktor keamanan data. Penelitian ini juga akan menganalisis keuntungan yang bisa diperoleh perusahaan melalui pengintegrasian sistem QR Code dengan sistem manajemen lainnya, seperti sistem penggajian dan manajemen proyek.

Penggunaan teknologi QR Code dalam sistem presensi karyawan di perusahaan dapat membawa perubahan yang signifikan dalam pengelolaan kehadiran. Dengan efisiensi, kemudahan, dan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem absensi tradisional, QR Code menjadi pilihan yang tepat untuk meningkatkan manajemen SDM [7]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model sistem presensi QR Code yang dapat diterapkan dalam berbagai perusahaan, serta memberikan solusi untuk mengatasi permasalahan yang ada di sistem absensi yang ada saat ini. Ke depannya, penerapan teknologi ini diharapkan dapat mendukung perusahaan dalam menciptakan sistem manajemen kehadiran yang lebih baik dan lebih efisien.

Presensi karyawan merupakan salah satu indikator penting dalam menilai tingkat kedisiplinan seorang karyawan [8], baik di instansi pemerintah maupun swasta. Kedisiplinan yang tinggi mencerminkan tanggung jawab terhadap pekerjaan dan menumbuhkan rasa kepemilikan terhadap kemajuan instansi tempat karyawan

bekerja [9]. Semangat disiplin ini menjadi fondasi utama yang membantu instansi bersaing dalam dunia bisnis yang semakin kompetitif, terutama bagi instansi swasta [10]. Di sisi lain, bagi instansi pemerintah, penerapan disiplin yang baik dapat meningkatkan kualitas pelayanan kepada masyarakat dan perusahaan, khususnya dalam pembuatan regulasi yang mendukung kebutuhan dunia usaha. Dengan regulasi yang efektif, perusahaan-perusahaan dapat bersaing secara sehat, berkeadilan, dan menjaga keseimbangan antara kepentingan internal maupun eksternal.

Penelitian ini dilakukan di lingkungan perusahaan PT. Savoria Kreasi Rasa selama periode Januari 2022 hingga Agustus 2022. Fokus penelitian adalah menganalisis sistem presensi karyawan yang menggunakan mesin finger print. Data yang dikumpulkan mencakup jumlah hari kerja, jumlah karyawan, dan jenis-jenis abnormalitas presensi, seperti lupa check-out, kerusakan sistem, atau gangguan pada mesin finger print. Penelitian ini menghasilkan rekapitulasi jumlah kasus abnormalitas beserta persentase masing-masing kategori. Rincian hasil survei disajikan secara detail dalam Tabel 1 di bawah ini [11].

No	Bulan	Jumlah Hari Kerja	Jumlah Karyawan	Jenis – Jenis Abnormal			Total Abnormal	Presentase Abnormal (%)
				Lupa Check Out	Sistem Error	Sistem Fingerprint		
1	Januari	24	46	21	21	12	54	4,89
2	Februari	24	46	22	22	12	56	5,07
3	Maret	25	48	22	21	10	53	4,41
4	April	25	48	23	21	14	58	4,83
5	Mei	23	48	25	26	15	66	5,97
6	Juni	25	49	23	24	9	56	4,57
7	Juli	23	49	24	23	20	67	5,94
8	Agustus	25	47	22	21	9	52	4,42

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan model presensi berbasis Quick Response (QR) Code sebagai solusi alternatif untuk mencatat kehadiran dan kepulangan karyawan. Dalam model ini, nomor ID karyawan digunakan sebagai kunci (keyword) untuk mengaktifkan sistem pencatatan waktu pada komputer. Proses presensi dilakukan dengan memindai QR code, yang berisi data nomor ID karyawan, untuk mencatat waktu kehadiran dan kepulangan secara otomatis. Pendekatan ini diharapkan mampu menggantikan metode konvensional seperti finger print yang sering menghadapi kendala, seperti lupa check-out atau kerusakan sistem.

Dengan memanfaatkan teknologi QR code, sistem presensi diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keamanan dalam pencatatan kehadiran karyawan.

2. METODE PENELITIAN

Setiap karyawan biasanya diberikan nomor ID unik yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan melacak biodata karyawan dalam database perusahaan. Nomor ID ini juga digunakan sebagai kunci (keyword) dalam proses presensi, baik saat kehadiran maupun kepulangan. Dengan menggunakan nomor ID tersebut, sistem dapat mencatat jumlah jam kerja setiap hari. Data ini kemudian diakumulasi untuk mengetahui total jam kerja karyawan dalam satu minggu, guna memastikan bahwa mereka memenuhi kewajiban kerja sesuai dengan ketentuan yang diatur dalam undang-undang ketenagakerjaan [12].

Pada model ini, data nomor ID karyawan disimbolkan dalam bentuk QR code. QR code memiliki kapasitas penyimpanan data yang besar, sehingga mampu menyimpan berbagai jenis informasi. Informasi yang dapat disimpan mencakup data angka, teks, kode biner, hingga simbol huruf kanji [13]. Secara spesifik, QR code mampu menyimpan hingga 7.089 karakter data angka, 4.296 karakter data teks, 1.817 karakter simbol kanji, dan hingga 2.844 byte data dalam bentuk kode biner. Kemampuan ini menjadikan QR code sebagai teknologi yang fleksibel dan andal untuk mendukung sistem presensi berbasis digital yang efisien dan akurat.

Dibandingkan dengan kode batang (barcode), QR code memiliki ukuran yang lebih kecil dan efisien. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya untuk menyimpan data secara dua dimensi, baik secara horizontal maupun vertikal. Secara fisik, ukuran QR code hanya sekitar sepersepuluh dari ukuran kode batang, menjadikannya lebih praktis untuk diterapkan pada berbagai media.

Keunikan lain dari QR code adalah kemampuannya untuk memperbaiki kesalahan data secara otomatis, bahkan jika sebagian dari QR code mengalami kerusakan. Fitur koreksi error pada QR code ini didukung oleh empat level koreksi, yaitu:

- **Level L:** mampu memperbaiki hingga 7% data yang rusak,
- **Level M:** mampu memperbaiki hingga 15% data yang rusak,
- **Level Q:** mampu memperbaiki hingga 25% data yang rusak, dan
- **Level H:** mampu memperbaiki hingga 30% data yang rusak.

Kemampuan koreksi error ini menjadikan QR code lebih tahan terhadap kerusakan fisik, seperti goresan, lipatan, atau kotoran, sehingga tetap dapat diakses dan diandalkan dalam berbagai kondisi. Fleksibilitas ini menjadikan QR code pilihan yang unggul dibandingkan barcode dalam berbagai aplikasi, termasuk untuk sistem presensi karyawan berbasis digital.

Meskipun QR code mengalami kerusakan atau terkena kotoran, data yang tersimpan di dalamnya tetap dapat dibaca dengan baik berkat fitur koreksi error yang dimilikinya. Salah satu keunggulan desain QR code adalah adanya tiga tanda persegi yang terletak di ketiga sudutnya. Tanda ini berfungsi sebagai penanda posisi, memungkinkan perangkat pembaca untuk mendeteksi dan membaca data secara akurat tanpa terpengaruh oleh orientasi QR code.

Dengan kata lain, QR code dapat dibaca dari sudut manapun, baik itu vertikal, horizontal, maupun dalam posisi miring—hingga 360 derajat. Fitur ini tidak hanya meningkatkan fleksibilitas penggunaannya tetapi juga memastikan keandalan data, bahkan dalam situasi di mana QR code tidak berada dalam posisi yang ideal untuk dipindai. Keunggulan ini menjadikan QR code sangat efektif untuk berbagai aplikasi, termasuk sistem presensi, karena meminimalkan potensi kegagalan pembacaan data.

Seiring dengan perkembangannya, QR code hadir dalam berbagai versi, yang masing-masing memiliki kapasitas data dan tingkat kompleksitas yang berbeda. Versi QR code dimulai dari versi 1 dengan ukuran modul 21 x 21 hingga versi 40 dengan ukuran modul 177 x 177. Setiap versi dirancang untuk mendukung jumlah data maksimum yang berbeda, tergantung pada jenis karakter yang disimpan (angka, teks, simbol, atau biner) serta tingkat koreksi error yang digunakan.

Tingkat koreksi error dalam setiap versi memungkinkan QR code untuk mempertahankan keandalan pembacaan meskipun sebagian data mengalami kerusakan. Semakin tinggi versinya, semakin besar kapasitas data yang dapat disimpan. Penjelasan lebih rinci mengenai kapasitas data, jenis karakter, dan tingkat koreksi error pada setiap versi QR code dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini. Tabel tersebut memberikan gambaran menyeluruh tentang fleksibilitas dan kemampuan QR code dalam berbagai skenario penggunaan.

Tabel 2. Versi QR Code

Versi	Modul	Tingkat Koreksi Error	Data bit	Numerik	Alphanumerik	Biner	Kanji
1	21 X 21	L	125	41	25	17	10
		M	128	34	20	14	8
		Q	104	27	16	11	7
		H	72	17	10	7	4
2	25 X 25	L	272	77	47	32	20
		M	224	63	38	26	16
		Q	176	48	29	20	12
		H	128	34	20	14	8
:	:		:	:	:	:	:

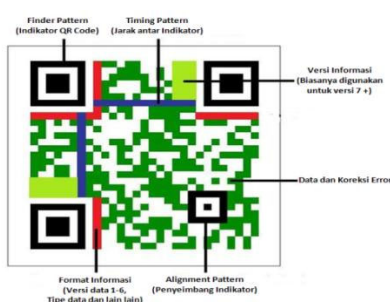
Simbol QR code memiliki bentuk persegi dengan ukuran yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan kode batang (barcode). Salah satu ciri khas QR code adalah adanya tiga persegi besar di tiga sudutnya, yang dikenal sebagai **finder pattern**. Fungsi utama dari finder pattern adalah membantu perangkat pembaca (decoder) untuk mendeteksi posisi QR code dan memastikan hasil pembacaan data yang konsisten, terlepas dari sudut orientasi atau arah pemindaian.

Selain finder pattern, QR code juga terdiri dari beberapa bagian penting lainnya yang mendukung fungsionalitasnya, yaitu:

- **Timing pattern:** berfungsi untuk mengatur posisi modul-modul di dalam QR code.
- **Informasi versi:** mencantumkan versi QR code yang digunakan.

- **Data dan koreksi error:** menyimpan informasi utama serta data koreksi error untuk memulihkan data yang rusak.
- **Alignment pattern:** memastikan pembacaan yang akurat, terutama pada versi QR code yang lebih besar.
- **Informasi format:** memuat data tentang level koreksi error dan pola masking yang digunakan.

Struktur QR code yang terdiri dari bagian-bagian tersebut dirancang untuk memastikan efisiensi, keandalan, dan ketahanan dalam penyimpanan serta pembacaan data. Bentuk dan struktur QR code secara visual dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Area QR Code

Dalam aplikasi decoder, keberadaan **finder pattern** menjadi elemen yang sangat penting. Finder pattern berfungsi untuk mendeteksi area simbol pada QR code dan menentukan posisi serta orientasinya. Dengan menggunakan finder pattern, perangkat pembaca (decoder) dapat mengenali batas-batas QR code, bahkan jika QR code dipindai dalam posisi miring atau terbalik.

Finder pattern pada QR code dirancang untuk memungkinkan deteksi data dari berbagai sudut, termasuk dalam rotasi 360 derajat. Kemampuan ini menjadikan QR code lebih fleksibel dan andal, karena data yang tersimpan dapat dibaca dengan akurat, terlepas dari orientasi fisik kode tersebut saat dipindai. Dengan demikian, finder pattern memainkan peran kunci dalam memastikan keakuratan pembacaan data pada berbagai aplikasi QR code.

Untuk mendukung kinerja **finder pattern** dan memastikan akurasi dalam pembacaan data QR code, dibutuhkan **alignment pattern** sebagai penyeimbang. Kedua elemen ini—finder pattern dan alignment pattern—merupakan komponen paling penting dalam membantu perangkat pembaca menemukan dan mengidentifikasi simbol QR code secara efektif. Perbedaan utama antara versi-versi QR code terletak pada penggunaan alignment pattern. Pada QR code versi 1, alignment pattern tidak digunakan sama sekali. Namun, pada versi 2 hingga versi 6, QR code hanya menggunakan satu alignment pattern, sedangkan pada versi 7 hingga versi 40, lebih dari satu alignment pattern digunakan untuk mendukung pembacaan data pada QR code yang lebih besar dan kompleks.

Selain itu, dalam aplikasi **QR code decoder**, untuk menentukan koordinat modul simbol dan memastikan pembacaan data yang cepat dan akurat, **timing pattern** diperlukan. Timing pattern membantu mengatur struktur data dalam QR code dan memudahkan perangkat

pembaca untuk mengidentifikasi posisi modul-modul yang ada. Agar QR code dapat dibaca dengan efisien, dibutuhkan juga **quiet zone**—area kosong yang berada di sekitar QR code. Quiet zone berfungsi sebagai batas pelindung yang memastikan pembaca QR code tidak salah dalam mendeteksi simbol.

QR code juga memiliki **format area** yang menyimpan beberapa informasi penting, seperti versi QR code, tipe data yang disimpan, dan tingkat koreksi error yang diterapkan. Sebelum sebuah QR code dapat terbentuk, diperlukan proses encoding dengan memasukkan data teks. Dalam tahapan ini, penentuan tipe data, versi QR code, dan tingkat koreksi error yang akan diterapkan dilakukan terlebih dahulu sebelum data tersebut siap diproses dan digunakan oleh pengguna. Proses ini memastikan QR code yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan dan standar yang diinginkan.

Penentuan kapasitas

Sebelum pembuatan QR code dilakukan, langkah pertama adalah menentukan kapasitas data yang akan disimpan di dalamnya. Dalam konteks ini, QR code akan menyimpan ID karyawan sebagai kontennya, misalnya ID yang berbentuk “ABC1234”. Setelah itu, tahap berikutnya adalah penentuan tipe data, versi data, dan tingkat koreksi error yang akan diterapkan pada QR code tersebut.

Tipe data yang dapat disimpan dalam QR code meliputi numerik, alfanumerik, biner, dan kanji, yang masing-masing memiliki karakteristik penyimpanan yang berbeda. Versi data QR code sendiri bervariasi, mulai dari versi 1 hingga versi 40, yang mempengaruhi kapasitas dan struktur QR code yang dihasilkan. Sementara itu, tingkat koreksi error pada QR code terdiri dari empat level: L, M, Q, dan H. Pilihan tingkat koreksi error ini akan disesuaikan dengan versi QR code yang digunakan, dan berpengaruh terhadap kemampuan QR code dalam memperbaiki kerusakan atau kehilangan data.

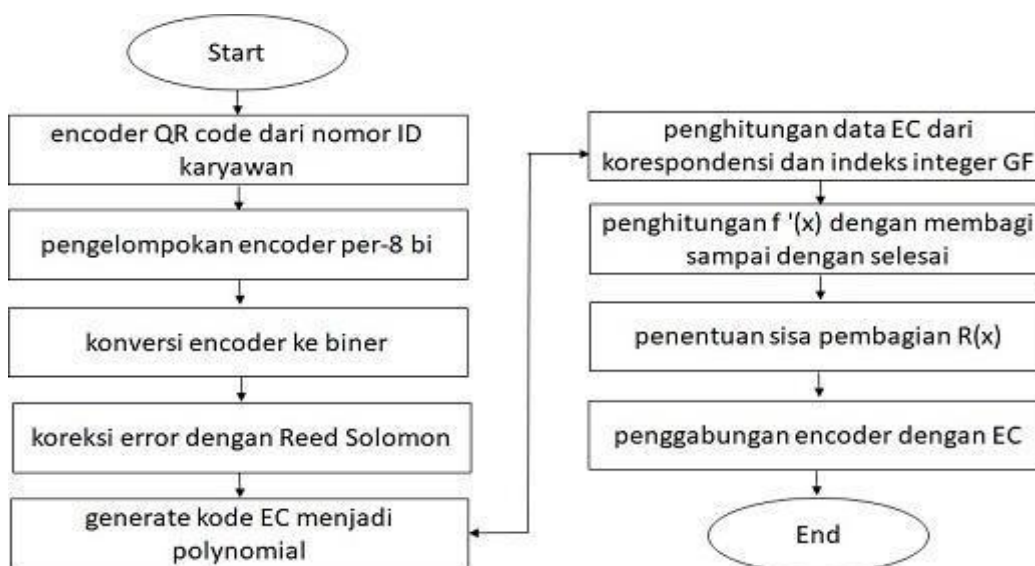
Meskipun QR code dapat menyimpan data dalam kapasitas yang cukup besar, terkadang QR code dapat mengalami kerusakan atau kotor, bahkan sebagian simbol pada cetakan bisa hilang. Namun, berkat adanya mekanisme koreksi error, QR code ini masih dapat dipulihkan dalam kondisi tertentu, tergantung pada tingkat koreksi error yang diterapkan. Terdapat empat tingkat koreksi error yang memungkinkan QR code untuk memperbaiki data yang hilang, antara lain:

- Pada tingkat koreksi error **H**, QR code dapat memulihkan hingga 30% data yang hilang.
- Pada tingkat koreksi error **Q**, QR code dapat memulihkan hingga 25% data yang hilang.
- Pada tingkat koreksi error **M**, QR code dapat memulihkan hingga 15% data yang hilang.
- Pada tingkat koreksi error **L**, QR code hanya dapat memulihkan hingga 7% data yang hilang.

Dengan tingkat koreksi error yang fleksibel ini, QR code mampu menjaga integritas data meskipun dalam kondisi rusak atau tercetak tidak sempurna, sehingga menjadikannya solusi yang sangat andal untuk berbagai aplikasi, termasuk dalam sistem presensi atau penyimpanan informasi penting lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penyusunan model QR code ini langkah-langkah nya dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Proses Model QR Code

Pengkodean Data

Setiap karyawan diberikan nomor ID yang bersifat unik untuk memudahkan pencarian dan pelacakan biodata mereka. Nomor ID ini berfungsi sebagai *keyword* yang digunakan untuk sistem presensi, baik saat karyawan hadir maupun pulang, yang memungkinkan perusahaan untuk menghitung jumlah jam kerja setiap hari. Dengan demikian, jumlah jam kerja yang dipenuhi oleh setiap karyawan dapat dipantau secara akurat, serta memastikan bahwa mereka memenuhi kewajiban kerja mereka selama satu minggu sesuai dengan ketentuan yang diatur dalam undang-undang ketenagakerjaan.

Dalam proses pembuatan QR code untuk presensi karyawan, nomor ID ini, misalnya “ABCD123”, akan digunakan sebagai data yang dikodekan. Tipe data yang digunakan adalah alfanumerik, dengan versi QR code 1 dan tingkat koreksi error **H** (30%). Proses pengkodean QR code dimulai dengan penambahan 4 bit indikator untuk menentukan tipe data. Ketentuan indikator tipe data adalah sebagai berikut:

- Numerik: 0001
- Alfanumerik: 0010
- Biner: 0100
- Kanji: 1000

Untuk contoh data di atas, indikator tipe data yang digunakan adalah **0010**, yang menunjukkan bahwa data yang akan dikodekan adalah alfanumerik. Selanjutnya, penghitungan jumlah karakter yang akan dikodekan dilakukan dengan memperhatikan alokasi bit untuk setiap tipe data. Untuk data numerik, digunakan 10 bit, sementara alfanumerik memerlukan 9 bit, biner membutuhkan 8 bit, dan kanji menggunakan 8 bit.

Setelah indikator ditentukan, proses berikutnya adalah mengonversi data teks ke dalam bentuk biner. Data teks akan dibagi menjadi kelompok-kelompok yang terdiri dari dua karakter, di mana setiap karakter akan dicocokkan dengan tabel konversi alfanumerik ke biner. Nilai karakter pertama akan dikalikan dengan 45, kemudian ditambahkan dengan nilai karakter kedua. Hasil penjumlahan ini kemudian dikodekan dalam bentuk biner sebanyak 11 digit. Jika jumlah karakter yang dikodekan ganjil, maka kelompok terakhir hanya akan terdiri dari satu karakter yang akan dikodekan ke dalam bentuk biner.

Sebagai contoh, proses ini dapat dijelaskan lebih lanjut melalui tabel 3 yang tertera di bawah ini, yang merinci langkah-langkah dan hasil konversi data ID karyawan "ABCD123" ke dalam bentuk QR code yang siap diproses.

Tabel 3. Pengkodean QR Code

Data No.ID	ABCD123			
Kelompok	"AB"	"CD"	"E1"	"23"
Pengali 45	$(45 \times 10) + 11 = 461$	$(45 \times 12) + 13 = 553$	$(45 \times 14) + 1 = 631$	$(45 \times 2) + 3 = 93$
Konversi biner	00111001101	01000101001	01001110111	00001011101
Hasil	0010 - 000001000 - 00111001101 - 01000101001 - 01001110111 - 00001011101			

Jika dalam proses pembuatan QR code tidak diperlukan koreksi error, maka hasil pengkodean QR code akan dilengkapi dengan tambahan "0000". Penambahan ini berfungsi sebagai indikator bahwa tingkat koreksi error tidak diterapkan, yang pada gilirannya dapat mengurangi ukuran data yang dikodekan dan meningkatkan efisiensi penggunaan ruang penyimpanan. Biasanya, ini diterapkan pada situasi di mana ketahanan terhadap kerusakan atau kehilangan data tidak menjadi prioritas utama, misalnya ketika QR code digunakan dalam lingkungan yang relatif stabil dan tidak terpapar risiko kerusakan fisik yang tinggi.

Sebagai contoh, jika koreksi error tidak digunakan, data yang telah diproses dan dikodekan akan diakhiri dengan empat bit tambahan "0000", yang dapat dilihat lebih jelas dalam Tabel 4 di bawah ini. Tabel ini mengilustrasikan bagaimana proses pengkodean dilakukan, dengan memperlihatkan penambahan "0000" setelah pengkodean data selesai, serta menunjukkan bagaimana pengaruhnya terhadap keseluruhan struktur QR code.

Tabel 4. Encoder Tanpa Koreksi Error

Hasil + "0000"	0010- 000001000- 00111001101- 01000101001- 01001110111- 00001011101-0000
----------------	---

Setelah proses pengkodean selesai, hasil yang diperoleh akan disatukan dan dikelompokkan menjadi unit-unit berukuran 8 bit. Setiap kelompok 8 bit ini mewakili satu unit data yang dapat dibaca oleh sistem. Namun, jika pada kelompok terakhir jumlah bit yang tersisa kurang dari 8, maka akan ditambahkan bit "0" hingga jumlahnya genap menjadi 8 bit. Penambahan bit "0" ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap kelompok data memiliki panjang yang konsisten, yaitu 8 bit, sehingga dapat diproses dengan benar oleh sistem pembaca QR code.

Dengan cara ini, meskipun jumlah total bit yang diperlukan untuk menyimpan data tidak selalu kelipatan delapan, pengelompokan data ke dalam unit 8 bit akan tetap terjaga. Proses ini penting untuk memastikan bahwa QR code dapat dipindai dan dibaca secara akurat, meskipun ada perbedaan dalam panjang data yang sebenarnya. Penjelasan lebih lanjut mengenai proses ini dan bagaimana data diproses dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini, yang menunjukkan bagaimana pengelompokan dan penambahan bit dilakukan untuk memastikan kelengkapan setiap kelompok 8 bit.

Tabel 5. Pengelompokan Encoder Per-8 bit

Pengelompokan per-8 bit	00100000-01000001-11001101- 01000101-00101001-11011100-00101110-10000000							
Encoder	1	2	3	4	5	6	7	8

Jumlah karakter yang telah dikodekan dalam proses encoder dapat mencapai 8 bit per kelompok, namun untuk memastikan keseluruhan struktur QR code terisi dengan lengkap, karakter encoder tambahan akan ditambahkan pada bagian belakang. Misalnya, tambahan bit yang digunakan adalah "11101100" dan "00010001", yang akan ditambahkan hingga jumlah karakter encoder mencapai kapasitas penuh sesuai dengan tingkat koreksi error yang dipilih sebelumnya. Proses penambahan ini penting untuk menjaga konsistensi dalam jumlah bit yang diperlukan untuk memastikan QR code dapat diproses dengan benar.

Setelah seluruh karakter encoder terisi dengan tepat, langkah selanjutnya adalah mengonversi hasilnya ke dalam format desimal. Proses konversi ini diperlukan agar data yang telah dikodekan dapat diterjemahkan dan dipahami oleh sistem yang memindai QR code. Hasil konversi ini akan memberikan angka desimal yang mewakili data yang telah diproses sebelumnya dalam bentuk biner. Penjelasan lebih lanjut mengenai hasil akhir dari proses konversi ini dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini, yang menggambarkan bagaimana data biner yang telah dikodekan dikonversi menjadi format desimal sesuai dengan prosedur yang telah dijelaskan.

Tabel 6. Encoder Konversi ke Biner

Encoder	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	00100000-01000001-11001101-01000101-00101001-11011100-00101110-10000000-11101100								
Konversi ke biner	32	65	205	69	41	220	46	128	236

Proses Koreksi Error

Dalam proses **koreksi error (Error Correction - EC)** pada QR code, digunakan algoritma Reed-Solomon (RS) untuk mendeteksi dan memperbaiki kesalahan yang mungkin terjadi pada data yang tersimpan. Reed-Solomon adalah metode pengkodean yang sangat efektif dalam memperbaiki data yang hilang atau rusak, yang sering terjadi akibat kerusakan fisik pada QR code, seperti kotoran, goresan, atau kerusakan lainnya.

Pada penggolongan Reed-Solomon, hasil perhitungan menunjukkan angka 1, dan setelah dilakukan perhitungan lebih lanjut, ditemukan bahwa jumlah kata kode EC yang diperlukan adalah 17. Berdasarkan hasil ini, tingkat koreksi error yang diterapkan adalah **H**, yang merupakan tingkat koreksi tertinggi, mampu memperbaiki hingga 30% data yang hilang atau rusak. Selain itu, jumlah karakter encoder yang diperlukan dalam pengkodean ini adalah

9, dengan versi QR code yang digunakan adalah versi 1, seperti yang telah dijelaskan dalam proses sebelumnya.

Tabel 7 di bawah ini mengilustrasikan proses perhitungan dan penggolongan koreksi error dengan menggunakan algoritma Reed-Solomon, serta menunjukkan bagaimana tingkat koreksi error H diterapkan dalam struktur QR code. Tabel ini juga menunjukkan jumlah karakter encoder yang digunakan untuk memastikan data yang terkandung dalam QR code dapat dipulihkan meskipun ada kerusakan pada kode tersebut.

Tabel 7. Reed Solomon

Versi	Tingkat EC	Hitungan kode data	Hitungan kode EC	Hitungan blok RS (Reed Solomon)
1	L	19	7	1
	M	16	10	1
	Q	13	13	1
	H	9	17	1
2	L	34	10	1
	M	28	16	1
	Q	22	22	1
	H	16	28	1
3	L	55	15	1
	M	44	26	1
	Q	34	36	2
	H	26	44	2

Dari hasil perhitungan kode **Error Correction (EC)** yang menghasilkan angka 17, kita dapat memperoleh **polinomial $g(x)$** yang digunakan dalam algoritma Reed-Solomon untuk koreksi error pada QR code. Proses ini melibatkan penghitungan polinomial yang dapat mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan dalam data yang terkandung dalam QR code. Polinomial ini berfungsi untuk membangun kode yang memungkinkan pemulihan data yang hilang atau rusak akibat kerusakan fisik pada QR code.

Polinomial **$g(x)$** dihitung berdasarkan jumlah kode EC yang diperlukan, yang dalam hal ini adalah 17. Dengan menggunakan rumus tertentu dalam teori pengkodean Reed-Solomon, polinomial ini kemudian digunakan untuk menghasilkan kode yang memungkinkan proses koreksi error di tingkat QR code.

Hasil dari perhitungan ini dapat dilihat dalam **Tabel 8**, yang menunjukkan generator EC yang digunakan untuk menghasilkan polinomial **$g(x)$** , serta **Tabel 9** yang menyajikan hasil akhir dari perhitungan polinomial tersebut. Tabel-tabel ini memberikan gambaran tentang bagaimana generator EC bekerja dalam menghasilkan polinomial untuk koreksi error dan bagaimana hal ini berkontribusi pada kemampuan QR code untuk memperbaiki kesalahan atau kehilangan data saat dipindai.

Tabel 8. Generator EC

Hitungan kode EC	Generator polynomial g(x)
13	$x^{13} + \alpha^{74}x^{12} + \alpha^{152}x^{11} + \alpha^{176}x^{10} + \alpha^{100}x^9 + \alpha^{86}x^8 + \alpha^{100}x^7 + \alpha^{106}x^6 + \alpha^{104}x^5 + \alpha^{130}x^4 + \alpha^{218}x^3 + \alpha^{206}x^2 + \alpha^{140}x + \alpha^{78}$
16	$x^{16} + \alpha^{120}x^{15} + \alpha^{104}x^{14} + \alpha^{107}x^{13} + \alpha^{109}x^{12} + \alpha^{102}x^{11} + \alpha^{161}x^{10} + \alpha^{76}x^9 + \alpha^3x^8 + \alpha^{91}x^7 + \alpha^{191}x^6 + \alpha^{147}x^5 + \alpha^{169}x^4 + \alpha^{182}x^3 + \alpha^{194}x^2 + \alpha^{225}x + \alpha^{120}$
17	$x^{17} + \alpha^{43}x^{16} + \alpha^{139}x^{15} + \alpha^{206}x^{14} + \alpha^{78}x^{13} + \alpha^{43}x^{12} + \alpha^{239}x^{11} + \alpha^{123}x^{10} + \alpha^{206}x^9 + \alpha^{214}x^8 + \alpha^{147}x^7 + \alpha^{147}x^6 + \alpha^{24}x^5 + \alpha^{99}x^4 + \alpha^{150}x^3 + \alpha^{39}x^2 + \alpha^{243}x + \alpha^{136}$

Tabel 9. Polinomial Hasil Generate EC

$g(x) = x^{17} + \alpha^{43}x^{16} + \alpha^{139}x^{15} + \alpha^{206}x^{14} + \alpha^{78}x^{13} + \alpha^{43}x^{12} + \alpha^{239}x^{11} + \alpha^{123}x^{10} + \alpha^{206}x^9 + \alpha^{214}x^8 + \alpha^{147}x^7 + \alpha^{24}x^6 + \alpha^{99}x^5 + \alpha^{150}x^4 + \alpha^{39}x^3 + \alpha^{243}x^2 + \alpha^{163}x + \alpha^{136}$

Dalam proses koreksi error QR code, dua polinomial yang dihasilkan dari perhitungan kode EC dijumlahkan untuk menghasilkan polinomial $g(x)$, yang berfungsi sebagai alat untuk memperbaiki kesalahan data yang terjadi. Proses ini melibatkan konversi elemen-elemen α dan penggunaan sifat-sifat dalam transformasi polinomial. Salah satu langkah penting dalam proses ini adalah penerapan empat operasi aritmatika yang dilakukan pada elemen-elemen dalam polinomial. Dalam hal ini, nilai α yang digunakan adalah 255, yang mengacu pada elemen dalam **Galois Field (GF(28))**.

Penyederhanaan koefisien α dilakukan dengan memanfaatkan **Tabel 10**, yang menunjukkan **Korespondensi dan Indeks Integer dari Galois Field (GF(28))**. Tabel ini digunakan untuk menyederhanakan koefisien α dan memungkinkan transformasi yang lebih efisien selama perhitungan. Melalui penggunaan tabel ini, koefisien yang lebih kompleks dapat disederhanakan menjadi nilai yang lebih mudah dihitung dan diproses dalam bentuk biner.

Penghitungan koreksi error QR code didasarkan pada tiga sifat transformasi polinomial tersebut, yang diterapkan selama operasi penjumlahan logika berlangsung. Proses ini memastikan bahwa kode yang hilang atau rusak dapat diperbaiki dengan cara yang efisien dan akurat.

Setelah proses ini selesai, polinomial yang dihasilkan oleh encoder kemudian dikonversi menjadi bentuk biner. Persamaan pertama yang diperoleh dari hasil konversi biner tersebut akan digunakan untuk membangun QR code yang memiliki kemampuan koreksi error yang baik.

$$f(x) = 32x^{25} + 65x^{23} + 205x^{23} + 69x^{22} + 41x^{21} + 220x^{20} + 46x^{19} + 128x^{18} + 236x^{17} \dots\dots\dots(1)$$

Koefisien dalam persamaan $f(x) = 32$ dihasilkan dari konversi nilai 32 menjadi α^5 , yang merujuk pada representasi dalam **Galois Field (GF(28))**. Dalam hal ini, angka 32 dikaitkan dengan eksponen α pada **GF(28)**, yang dapat dilihat pada tabel korespondensi dan indeks integer α , seperti yang tercantum pada **Tabel 10**. Tabel tersebut memetakan nilai-nilai α dalam bentuk eksponen yang memungkinkan konversi antara bilangan bulat dan nilai α dalam Galois Field.

Maka didapat persamaan kedua sebagai-berikut:

$$g(x) * \alpha^5 * x^8 = (\alpha^5 * x^8 * x^{17}) + (\alpha^5 * \alpha^{43} * x^8 * x^{16}) + (\alpha^5 * \alpha^{139} * x^8 * x^{15}) + (\alpha^5 * \alpha^{206} * x^8 * x^{14}) + (\alpha^5 * \alpha^{78} * x^8 * x^{13}) + \dots = 32x^{25} + 70x^{24} + 168x^{23} + 178x^{22} + 187x^{21} + \dots \dots \dots (2)$$

Tabel 10 Korespondensi dan Indeks Integer dari GF(2⁸) α

Exponen t of α	Integer	Exponen t of α	Integer	Exponent of α	Integer	Exponen t of α	Integer
0	1	11	232	22	234	33	39
1	2	12	205	23	201	34	78
2	4	13	135	24	143	35	156
3	8	14	19	25	3	36	37
4	16	15	38	26	90	37	74
5	32	16	76	27	12	38	148
6	64	17	152	28	24	39	53
7	128	18	45	29	48	40	106
8	29	19	90	30	96	41	212
9	58	20	180	31	192	42	181
10	116	21	117	32	157	43	119
....
48	70	83	187	144	168	211	178

Penghitungan f'(x) yaitu f(x) XOR g(x) sehingga dihasilkan antara-lain:

$$f'(x) = (1) \text{ XOR } (2)$$

$$f'(x) = 0 + 7x^{24} + 101x^{23} + 247x^{22} + 146x^{21} + \dots$$

Proses perhitungan koreksi error pada QR code dilakukan dengan mengulangi langkah-langkah logika yang sama, sehingga setiap perhitungan pembagian akan terus berlangsung hingga selesai. Pada setiap tahap perhitungan, jika eksponen dari α melebihi nilai 255, maka α akan diatur ulang menjadi 1255. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa perhitungan tetap berada dalam batasan yang berlaku dalam **Galois Field (GF(28))**, yang memungkinkan operasional dalam bidang aljabar finite. Setelah serangkaian pembagian ini selesai, hasil akhir yang diperoleh adalah **sisa pembagian** atau **R(x)**, yang merupakan polinomial sisa yang dapat digunakan untuk koreksi error.

Selanjutnya, proses pengulangan perhitungan terus dilakukan untuk memperoleh nilai **f(x)** yang terbaru dan tertinggi, dengan syarat nilai dari **f(x)** harus lebih kecil daripada eksponen **g(x)**. Proses ini penting untuk memastikan bahwa hasil akhir dari polinomial koreksi error yang dihitung berada dalam parameter yang sesuai dan dapat diterapkan dengan tepat dalam struktur QR code.

Jika dalam proses logika berulang ini eksponen α kembali melebihi 255, maka pengaturan ulang α menjadi 1255 akan dilakukan sekali lagi. Setelah beberapa kali pengulangan, akan diperoleh polinomial sisa terakhir yang merupakan hasil akhir dari perhitungan koreksi error tersebut. Hasil sisa ini akan menjadi bagian dari struktur QR code yang memungkinkan pemulihan data yang hilang atau rusak. Penjelasan lebih lanjut mengenai hasil perhitungan ini dapat dilihat pada **Tabel 11**, yang menggambarkan polinomial sisa terakhir yang diperoleh melalui serangkaian operasi penghitungan ini.

Tabel 11. Sisa Pembagian R(x) Terakhir dan EC

R(x) =	$42x^{16} + 159x^{15} + 74x^{14} + 221x^{13} + 224x^{12} + 169x^{11} + 239x^{10} + 138x^9 + 138x^8 + 70x^7 + 237x^6 + 85x^5 + 224x^4 + 96x^3 + 74x^2 + 219x + 61$										
EC	42	159	74	221	224	169	239	138	138	70	237
	85	224	96	74	219	61					

Selanjutnya dilakukan penggabungan antara encoder dan EC seperti tabel 12 di bawah ini.

Tabel 12. Penggabungan Data Encoder dan EC

Encoder	EC
32 65 205 69 41 220 46 128	42 159 74 221 224 169 239 138 138 70 237 85 224
236	96 74 219 61

Proses yang dilakukan hingga diperoleh data encoder ini bertujuan untuk menghasilkan QR code yang dapat digunakan sebagai **keyword** atau identifikasi unik berdasarkan nomor **ID karyawan**. Dalam proses ini, data ID karyawan tidak hanya dikodekan ke dalam QR code, tetapi juga dilengkapi dengan **Error Correction (EC)** untuk memastikan bahwa data tetap akurat dan dapat dipulihkan meskipun terdapat kerusakan atau gangguan pada QR code. Dengan adanya fitur koreksi error ini, QR code menjadi lebih tahan terhadap kondisi yang tidak ideal, seperti goresan, kotoran, atau kerusakan fisik lainnya yang dapat mengganggu pembacaan data.

Lebih dari itu, penggunaan EC pada QR code juga berperan penting dalam menjaga **keamanan** dan **kerahasiaan** data yang tersimpan dalam QR code tersebut. Dengan demikian, data yang terkandung dalam QR code tetap terjaga dari upaya penyalahgunaan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Misalnya, meskipun QR code tersebut jatuh ke tangan yang salah atau digunakan dalam kondisi yang kurang optimal, fitur koreksi error memastikan bahwa data tetap dapat dipulihkan dengan baik, dan bahwa kerusakan pada QR code tidak menyebabkan kehilangan data yang krusial.

Melalui penerapan metode koreksi error ini, QR code tidak hanya menyediakan solusi untuk presensi karyawan yang efisien, tetapi juga memastikan perlindungan terhadap integritas dan kerahasiaan informasi yang terkandung di dalamnya, yang pada gilirannya membantu mencegah potensi penyalahgunaan oleh pihak yang berniat buruk.

4. KESIMPULAN

1. Perubahan sistem presensi dari mesin fingerprint menuju penggunaan QR code bertujuan untuk meningkatkan **keamanan** dan **keakuratan** data presensi karyawan, sekaligus mengurangi kemungkinan terjadinya kondisi tidak normal yang dapat terjadi selama proses presensi kerja. Mesin fingerprint, meskipun efektif, dapat menghadapi masalah seperti kesalahan pembacaan sidik jari atau kerusakan teknis pada perangkat, yang dapat mengganggu kelancaran sistem presensi. Oleh karena itu, penggunaan QR code menawarkan solusi yang lebih fleksibel dan efisien dalam mencatat kehadiran karyawan, dengan tetap menjaga integritas data.

2. Proses pembuatan QR code untuk presensi ini melibatkan beberapa langkah teknis yang saling terkait. Pertama, **nomor ID karyawan** digunakan sebagai **keyword** untuk memulai proses pengkodean. ID ini akan diolah melalui langkah-langkah **pengelompokan encoder per-8 bit**, yang bertujuan untuk mempermudah konversi data menjadi bentuk biner. Selanjutnya, data yang telah dikelompokkan ini dikonversi menjadi **kode biner**, yang menjadi dasar dari struktur QR code.
3. Setelah itu, proses **koreksi error** menggunakan algoritma **Reed-Solomon** diterapkan untuk mengatasi kemungkinan terjadinya kesalahan atau kerusakan dalam QR code. Langkah ini melibatkan pembuatan **kode EC** (Error Correction) yang kemudian dikembangkan menjadi **polinomial**, yang memungkinkan data dapat dipulihkan meskipun terdapat bagian dari QR code yang rusak. Proses penghitungan **data EC** dilakukan dengan memanfaatkan **korespondensi dan indeks integer** dalam **Galois Field (GF)**, yang memungkinkan pemulihan data yang hilang dengan tingkat akurasi yang tinggi.
4. Selanjutnya, penghitungan $f'(x)$ dilakukan dengan membagi polinomial hingga proses pembagian selesai, yang menghasilkan **sisa pembagian $R(x)$** . Sisa ini akan menjadi bagian dari informasi koreksi error yang memungkinkan QR code berfungsi dengan baik meskipun terdapat kerusakan pada bagian-bagian tertentu dari kode tersebut. Terakhir, **encoder** yang berisi data ID karyawan digabungkan dengan **kode EC**, sehingga menghasilkan QR code yang lengkap dan siap digunakan untuk presensi.
5. Dengan pendekatan ini, QR code menjadi solusi yang lebih handal dalam menjaga keakuratan data presensi karyawan, serta menawarkan perlindungan yang lebih baik terhadap kemungkinan penyalahgunaan atau kesalahan teknis selama proses presensi kerja.

5. SARAN

1. Perubahan sistem presensi kerja dengan menggunakan QR code ini tidak hanya membawa efisiensi dalam pencatatan kehadiran, tetapi juga menciptakan kebiasaan baru di tempat kerja. Setiap karyawan diharuskan memiliki perangkat (gadget) yang dilengkapi dengan **QR code** yang berisi **nomor ID karyawan** mereka. QR code ini berfungsi sebagai identitas digital yang memudahkan proses presensi secara cepat dan akurat, sekaligus mengurangi potensi kesalahan yang bisa terjadi pada sistem presensi tradisional seperti mesin fingerprint. Dengan penggunaan teknologi ini, setiap karyawan dapat melakukan presensi hadir maupun pulang hanya dengan memindai QR code, yang tentunya lebih praktis dan aman.
2. Selain dalam konteks presensi kerja, model proses QR code ini memiliki potensi untuk diimplementasikan dalam berbagai bidang bisnis lain, baik itu dalam sektor **barang** maupun **jasa**. Sistem QR code dapat digunakan untuk memberikan identitas yang unik bagi setiap produk atau layanan, sehingga kerahasiaan dan keamanan data pelanggan atau produk dapat terjaga dengan lebih baik. Misalnya, dalam e-commerce atau retail, setiap barang dapat dilengkapi dengan QR code yang berisi informasi terkait produk tersebut, seperti asal-usul barang, detail produk, dan riwayat pengiriman, yang semuanya terjamin keasliannya. Demikian juga dalam layanan pelanggan, QR code dapat digunakan untuk memberikan akses eksklusif kepada

pelanggan terhadap layanan khusus atau informasi tertentu yang hanya bisa diakses dengan QR code yang valid.

3. Dengan demikian, penerapan QR code sebagai sistem identifikasi tidak hanya terbatas pada presensi kerja, tetapi juga dapat memperluas manfaatnya ke berbagai sektor bisnis, meningkatkan efisiensi operasional, dan memperkuat aspek keamanan data dalam pengelolaan informasi yang sensitif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M Nishom, T Abidin, S Wiyono. Pemanfaatan teknologi QR-Code untuk presensi siswa di era disrupsi digital. hal 1984-1992. Vol 7 No 2. April 2023. JMM (Jurnal Masyarakat mandiri).2023.
- [2] R Sidik, K Aryansyah. Implementasi QR Code pada Pengembangan Sistem Informasi Presensi Lokakarya dan Seminar. 88-101. Vol 11 no 2. Oktober 2021. Jurnal Manajemen Informatika. 2021.
- [3] Qurotul Aini, Yuliana Isma Graha, Siti Ria Zuliana. Penerapan Absensi QRCode Mahasiswa Bimbingan Belajar pada Website berbasis Yii Framework. 207-218 .Vol 7 No 2, Juli 2017. Jurnal sisfoteknika. 2017.
- [4] Muhammad Luthfi Syam. Sistem Informasi Stok Barang Menggunakan QR-Code Berbasis Android. 17-21.vol 4 no 1 - Maret 2022. Jurnal informatika ekonomi bisnis. 2022.
- [5] Jatoth, P., & Ravi, S. Digitalization in Attendance Management: A Case Study of QR Code Systems. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 17(12), 21-30. 2019.
- [6] Smith, M., & Jones, A. Application of QR Codes in Employee Attendance Systems. *Journal of Business Technology and Management*, 22(4), 201-212. 2020.
- [7] Jun, M., & Wang, J. .QR Code-Based Attendance System. *Journal of Information Technology and Applications*, 35(1), 45-58. 2017.
- [8] Indra Yugusna, Aziz Fathoni, Andi Tri Haryono. Pengaruh Gaya Kepemimpinan Demokratis Dan Lingkungan Kerja Terhadap Kinerja Dan Kedisiplinan Karyawan (Studi Empiris Pada Perusahaan SPBU 44.501.29 Randu Garut Semarang). Vol 2, No 2. Universitas Pandanaran Semarang, Indonesia: Journal of Management. 2016.
- [9] Sakban Sakban, Ifnaldi Nural, Rifanto Bin Ridwan. Manajemen Sumber Daya Manusia. Vol 2 No 1. Institute of mathematics, computer, nursing, education and economics : Journal Of Administration and Educational Management (ALIGNMENT). 2019.
- [10] Dwi Sulistiani. Analisis SWOT Sebagai Strategi Perusahaan Dalam Memenangkan Persaingan Bisnis.Vol 10(2014). LPPM-UIN Maulana Malik Ibrahim Malang: Jurnal Integrasi Sains dan Islam El-Qudwah. 2014.
- [11] Mohamad Fauji. Aplikasi Sistem Absensi Karyawan Dengan Menggunakan Metode Qr Code Berbasis Android Pada PT. Savoria Kreasi Rasa. Tangerang: Universitas Raharja.
- [12] Undang-undang No. 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan. 2022.
- [13] A Walsh. Quick response codes and libraries. Emerald Publishing: Library hi tech news. 2009 .
- [14] Lutfi Ali Muharom. Penerapan Model Presensi Ujian Semester Berbasis Quick Response Code (QR Code) di Universitas Muhammadiyah Jember. Vol 1, No 2 (2016). LPPM-Universitas Muhammadiyah Jember: Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia. 2016.

- [15] Bernd Sturmfels. Solving Systems of Polynomial Equations. USA: Department of Mathematics University of California at Berkeley. 2002.